

**LCH**

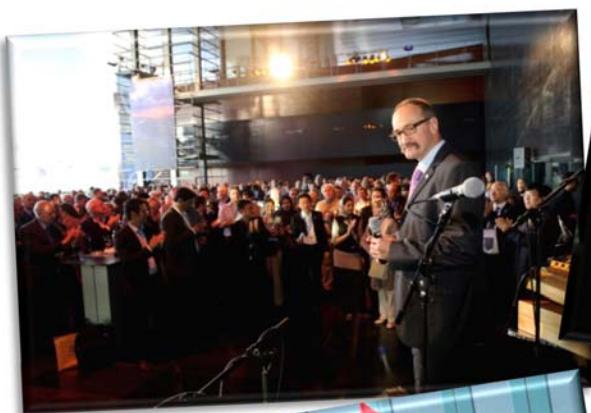
Laboratoire de Constructions Hydrauliques  
Laboratory of Hydraulic Constructions



ÉCOLE POLYTECHNIQUE  
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

# Rapport d'activité *Activity Report* 2011

Editeur : Prof. Dr A. Schleiss



# Préface / Foreword

Après l'accident majeur de Fukushima, le gouvernement suisse a décidé de renoncer pour l'avenir à l'énergie nucléaire et de mettre successivement hors service les centrales existantes d'ici 2035. Une grande partie de l'électricité manquante devra être remplacée par des énergies renouvelables.

L'énergie hydraulique qui contribue déjà aujourd'hui à 55 % de notre production devrait être augmentée de 4 TWh d'ici 2050, en tenant compte de la perte de production due aux législations environnementales. Cet objectif est très ambitieux et peut être atteint seulement si le cadre légal et politique est favorable. De plus, des solutions innovatrices sont indispensables pour obtenir un avis favorable sur des nouveaux projets de centrales hydroélectriques. Les aménagements à accumulation existants sont aussi confrontés à une diminution de la production due à l'alluvionnement des retenues ainsi qu'au retrait des glaciers.

Les projets de recherche et d'expertise menés au LCH répondent à ces préoccupations. En 2011, deux thèses, proposant des solutions innovatrices pour lutter contre les effets néfastes du marnage produit par les centrales à accumulation ainsi que contre l'alluvionnement des retenues, ont été terminées. De plus, un projet de recherche, étudiant l'effet du retrait des glaciers sur la production hydroélectrique ainsi que sur les opportunités que représentent les nouveaux lacs formés après le retrait des glaciers, vient d'être finalisé. Finalement, en 2012 un projet de recherche interdisciplinaire, proposant une gestion innovatrice des aménagements hydroélectriques complexes dans un grand bassin versant du point de vue impact environnemental, protection contre les crues et effets de changements climatiques, s'achèvera.

Les résultats de tous ces projets de recherche contribueront à la réalisation de l'objectif ambitieux de notre gouvernement.

Comme le confirme ce rapport d'activité, le LCH a atteint également un excellent résultat dans d'autres domaines en 2011 pour nos trois missions de recherche, d'enseignement et de services, grâce à l'effort exceptionnel de ses collaboratrices et collaborateurs.

En leur nom, je tiens à remercier vivement nos partenaires et clients de leur soutien dans l'accomplissement de nos importantes missions.

*After the major accident of Fukushima, the Swiss Government decided to put a stop to nuclear energy in the future and to put out of operation the existing nuclear power plants on a regular basis until 2035. A large part of the missing electricity will be replaced by renewable energy.*

*Hydropower, which contributes already today to 55 % of our total electricity production, should be increased by 4 TWh until 2050 by taking into account the loss of production due to environmental legislation. This goal is very ambitious and can be achieved only under favorable legal and political conditions. Furthermore, innovative solutions are required in order to obtain a favorable support of the new hydropower plant projects. The existing storage plants are also endangered by a diminution of the production due to reservoir sedimentation and glacier retreat.*

*The research projects and expertise work at LCH give an answer to these alarming questions. In 2011 two PhD theses were completed which suggested innovative solutions in order to fight against the negative effects of hydropeaking and reservoir sedimentation. Furthermore a research project was just accomplished which studied the effect of glacier retreat on hydropower production as well as the upcoming opportunities of the new lakes which are created by glacier retreat. Finally in 2012 an interdisciplinary research project will be finished which focuses on an optimum management of a complex hydropower scheme in a large catchment area in view of environmental impact, flood protection and climate change.*

*These excellent results will contribute to the mentioned ambitious goal of our government.*

*As confirmed by the present activity report, the LCH has also achieved excellent results in other fields especially in our three missions which are teaching, research and services. This again was only possible by an exceptional involvement of all the LCH staff.*

*In their name, I wish to sincerely thank our partners and clients for their support in fulfilling our important missions.*



Prof. Dr Anton Schleiss

Mars / March 2012

1	RECHERCHE / RESEARCH	1
1.1	Recherche fondamentale / Fundamental research	1
1.1.1	Méthodes d'observation et de prévision de l'alluvionnement des retenues des aménagements de pompage-turbinage / <i>Monitoring and prediction methods for sedimentation in pumped storage plants</i>	1
1.1.2	Surveillance des puits blindés en considérant les coups de bélier et l'interaction fluide-structure / <i>Monitoring of steel-lined pressure shafts considering water-hammer wave signals and fluid-structure interaction</i>	4
1.1.3	Mesures innovantes pour réduire les effets négatifs de l'exploitation d'aménagements hydroélectriques complexes sur le régime des cours d'eau / <i>Innovative measures to mitigate the negative effects of complex hydropower schemes on river systems</i>	8
1.1.4	Interaction fluide-mécanique entre un écoulement à haute vitesse et le massif rocheux dans une fosse d'érosion: prédiction de l'évolution de la fosse d'érosion / <i>Fluid-mechanical interaction between high-velocity transient flow and rock blocks in plunge pools for scour assessment</i>	10
1.1.5	Influence d'écrans de bulles sur la morphodynamique des rivières. Application aux canaux courbes à surface libre / <i>Influencing river morphodynamics by means of bubble screens. Application to open-channel bends</i>	14
1.1.6	Gestion des crues en temps réel sur un bassin versant complexe avec un système d'aide à la décision basé sur des prévisions hydrologiques - Projet MINERVE / <i>Flood management in a complex river basin with a real-time decision support system based on hydrological forecasts - MINERVE Project</i>	18
1.1.7	Influence de l'élargissement de l'affluent dans la morphodynamique d'une confluence / <i>Influence of tributary widening on confluence morphodynamics</i>	21
1.1.8	Etude expérimentale de refuges à poissons aménagés dans les berges de rivières soumises aux éclusées hydroélectriques / <i>Experimental study of fish shelters in riverbanks of rivers submitted to hydropeaking</i>	26
1.1.9	Evacuation de sédiments d'un réservoir à travers la prise d'eau à l'aide de jets / <i>Sediment evacuation from reservoirs through intakes by jet induced flow</i>	30
1.1.10	Optimisation à buts multiples de la gestion des ressources en eau sur le bassin versant du Zambèze / <i>Multipurpose optimization of water resources management in the Zambezi River Basin</i>	33
1.1.11	L'index hydro-morphologique de la diversité: un indicateur de l'intégrité écologique des cours d'eau / <i>The Hydro-Morphological Index of Diversity: an indicator for the ecological integrity of a water course</i>	35
1.1.12	Conditions d'écoulement et charriage intense dans les rivières de montagne considérant la présence de gros blocs immobiles / <i>Flow conditions and intense sediment transport in steep mountain rivers considering the large immobile boulders</i>	38
1.1.13	Hydrodynamique des écoulements à l'intérieur et à proximité des zones de végétation / <i>Hydrodynamics of flows with vegetated boundaries</i>	42
1.1.14	Modèle hydraulique-hydrologique du fleuve Zambèze basé sur des techniques de télédétection et d'apprentissage automatique / <i>Hydraulic-Hydrologic model for the Zambezi River using satellite data and machine learning techniques</i>	45

1.1.15	L'influence de la concentration d'air sur le développement de l'affouillement d'une fosse d'érosion et sur la stabilité des blocs du rocher / <i>Influence of air concentration on rock scour development and block stability in plunge pools</i>	48
1.1.16	Risque de défaillance des mesures de protection contre les crues en raison de la modification du transport sédimentaire liée aux changements climatiques / <i>Failure risk of flood protection measures due to changed sediment transport under the climate change</i>	52
1.1.17	Morphologie des confluences de rivières / <i>Morphology on river confluences</i>	54
1.2	Recherche appliquée (exemples sélectionnés) / Applied research (selected examples)	56
1.2.1	Projet de protection contre les crues Gampel Bratsch – bassin de rétention de sédiments Tschingelbach / <i>Gampel-Bratsch flood protection – sediment retention basin Tschingelbach</i>	56
1.2.2	IBER : Impact sur le ballast des eaux de ruissellement / <i>IBER : Impact of runoff on railroad ballast</i>	58
1.2.3	Chespí-Palma Real, Équateur – Etude sur modèle physique pour une galerie de dérivation des crues et des sédiments / <i>Chespí-Palma Real, Ecuador – Physical model tests for flood and sediment bypass</i>	61
1.2.4	Aménagement hydroélectrique sur le Rhône à Massongex : Etude expérimentale sur modèle physique / <i>Run-of-river hydropower plant on the Rhone River in Massongex : Experimental physical model study</i>	63
1.2.5	Etude du dessableur de Mörel (type Dufour) et proposition d'un nouveau concept / <i>Study of the Mörel sandtrap (Dufour type) and new concept proposition</i>	66
1.2.6	Modélisation hydraulique de la fosse d'érosion du barrage de Kariba - détermination de la fosse optimale en fonction des débits déversés / <i>Hydraulic Modeling of the Kariba Dam Plunge Pool - determination of the optimum pool profile with respect to the spillway discharges</i>	68
1.2.7	Barrage de Gage II – Etude sur modèle physique d'un évacuateur de crue complémentaire / <i>Gage II dam – Physical modelling of an auxiliary spillway</i>	70
1.2.8	Augmentation de la puissance de l'aménagement Hongrin-Léman – Modélisation du circuit hydraulique / <i>Power increase of the Hongrin-Léman hydropower plant – Modelling of the tailrace channel</i>	72
1.2.9	Projet d'aménagement de pompage-turbinage Lago Bianco, modélisation numérique 3D des écoulements dans le Lago di Poschiavo / <i>Lago Bianco pump-storage project, 3D numerical modeling of the flow in Lago di Poschiavo</i>	74
1.2.10	Projet d'extension Lavey+, modèle physique du diaphragme de la galerie d'équilibre / <i>Extension project Lavey+, physical model of the surge gallery diaphragm</i>	75
1.2.11	Le déversoir d'orage du Capelard sur le réseau d'assainissement de la ville de Lausanne / <i>Combined storm overflow Capelard on the main sewer of the city of Lausanne</i>	77
1.2.12	Transport des déchets ménagers par voie navigable sur le Rhône : In situ tests sur l'efficacité des mesures anti-vagues / <i>Waste transport by ship convoy on the Rhone River : In-situ measurements regarding efficiency of wave reducing devices</i>	78
1.2.13	Modélisation CFD 3D des conditions d'écoulement dans le réservoir de Räterichsboden / <i>3D CFD modeling of flow conditions in Lake Räterichsboden</i>	81

2	Enseignement / <i>Teaching</i>	83
2.1	Cours à l'EPFL donnés par les collaborateurs du LCH (année académique 2010/2011) / <i>Courses at EPFL given by LCH staff (academic year 2010/2011)</i>	83
2.1.1	Cours de cycle bachelor et de cycle master en génie civil / <i>Undergraduate and Graduate courses in Civil Engineering</i>	83
2.1.2	Cours de cycle Master en sciences et ingénierie de l'environnement / <i>Graduate courses in sciences and environmental engineering</i>	84
2.1.3	Ecole doctorale en Environnement / <i>Doctoral school in Environment</i>	84
2.2	Cours hors EPFL / <i>Courses outside EPFL</i>	84
2.3	Projets et laboratoires en section génie civil – semestres d'hiver 2010/2011 et de printemps 2011 / <i>Graduate student projects and laboratory work in Civil Engineering section – winter semester 2010/2011 and spring semester 2011</i>	85
2.4	Projets et laboratoires en section SIE – semestres d'hiver 2010/2011 / <i>Graduate student projects and laboratory work in Environmental Science and Engineering Section – winter semester 2010/2011</i>	86
2.5	Projets et laboratoires en section architecture – semestre de printemps 2011 / <i>Graduate student projects and laboratory work in architecture section – spring semester 2011</i>	86
2.6	Projets et laboratoires à la section d'électricité – semestre d'automne 2010/2011 / <i>Graduate student projects and laboratory work in electricity section – autumn semester 2010/2011</i>	87
2.7	Travaux pratiques de Master 2010 – 2011 (Automne) et 2011 (Printemps) / <i>Master thesis project 2010 – 2011 (Autumn) and 2011 (Spring)</i>	87
2.8	Travaux pratiques hors EPFL, Bachelor HES 2011 / <i>Thesis project outside EPFL, Bachelor HES 2011</i>	88
2.9	Excursions d'étudiants / <i>Student field trips</i>	88
2.10	Livres / <i>Textbooks</i>	89
2.11	Polycopiés / <i>Student course books</i>	90
3	Manifestations scientifiques / <i>Scientific events</i>	91
3.1	Participation à des manifestations scientifiques hors EPFL	91
3.1.1	ADAPT-African Dams Project – Project meeting, Zambezi basin, Trip to Mozambique and Zambia, du 17 au 28 janvier 2011	91
3.1.2	Workshop on Labyrinth and Piano Key Weirs à Liège, du 9 au 11 février 2011	93
3.1.3	World Environmental and Water Resources Congress – EWRI, ASCE, Palm Springs, California, du 22 au 26 mai 2011	94
3.1.4	79 <sup>ème</sup> ICOLD – Réunion annuelle, du 29 mai au 3 juin 2011	95
3.1.5	International Symposium "Dams and Reservoirs under changing Challenges", le 1 <sup>er</sup> juin 2011	97
3.1.6	Euromech Colloquium 523 – Ecohydraulics : linkages between hydraulics, morphodynamics and ecological processes in rivers, Clermont-Ferrand, France, du 15 au 17 juin 2011	97
3.1.7	34 <sup>th</sup> IAHR World Congress, Brisbane, Australie, du 26 juin au 1 <sup>er</sup> juillet 2011	98
3.1.8	Neue Seen als Folge der Entgletscherung im Hochgebirge – Herausforderungen für eine nachhaltige Nutzung (NELAK), Université de Berne, le 18 août 2011	100
3.1.9	1 <sup>st</sup> HydroNet Workshop, Hotel Allegro, Kursaal, Berne, le 25 août 2011	101
3.1.10	Symposium et 100 <sup>ème</sup> assemblée générale de l'ASAE (SWV), Soleure, les 1 <sup>er</sup> et 2 septembre 2011	101

3.1.11	Wasserbau, Hydraulik, Hydrologie – WHH-Festkolloquium anlässlich des 60. Geburtstages von Prof. Dr. W. Hager, ETH Zürich, le 5 septembre 2011	101
3.1.12	AGAW Symposium "Wasserkraft für Europa – Beitrag der Wasserkraft zu den Energiepolitischen Zielen Europas", Trier, Allemagne, les 15 et 16 septembre 2011	101
3.1.13	Les vingt-quatrièmes Entretiens du Centre Jacques Cartier, Montréal, Canada, du 29 septembre au 6 octobre 2011	102
3.1.14	Colloque PK-Weir à Lyon, Saint-Exupéry, France, le 2 décembre 2011	103
3.2	Organisation de manifestations scientifiques internes EPFL	104
3.2.1	TURBEAU – Turbinage des eaux potables – Atelier de formation, le 14 janvier 2011	104
3.3	Conférences publiques au LCH / <i>Public conferences at the LCH</i>	105
3.4	Conférences internes données au LCH / <i>In-house conferences given at the LCH</i>	105
3.5	Participation aux comités d'organisation / <i>Member of organising committees</i>	106
4	Personnel / <i>Staff</i>	107
4.1	Organisation du LCH (2012) / <i>Organisation of the LCH (2012)</i>	107
4.2	Collaborateurs en 2011 / <i>Staff in 2011</i>	108
4.3	Professeurs invités et hôtes académiques / <i>Visiting professors and academic visitors</i>	109
4.4	Événements spéciaux / <i>Special events</i>	110
4.4.1	Sortie à ski du LCH aux Colons, Valais, du 19 au 20 mars 2011	110
4.4.2	Journée des gymnasiens, les vendredis 11 et 18 mars 2011	111
4.4.3	Visite du Prof. Shang-Hsien (Patrick) Hsieh du NTU, le 8 avril 2011	111
4.4.4	Visite des gymnasiens de Nyon, le 12 avril 2011	111
4.4.5	Visit of a delegation from the Norwegian University of Science and Technology NTNU in Trondheim, March 31 <sup>st</sup> 2011	112
4.4.6	Dernière raclette de l'hiver au LCH, le 1 <sup>er</sup> avril 2011	113
4.4.7	Visite des élèves du collège de la Planta à Chavannes-près-Renens, le 5 mai 2011	114
4.4.8	Visite d'une délégation de l'Université de Gangneung-Wonju de Corée du Sud, le 16 juin 2011	114
4.4.9	Visite d'une délégation de l'Université de Wuhan en Chine, le 22 juillet 2011	115
4.4.10	Grillade chez le Professeur A. Schleiss, le 19 août 2011	115
4.4.11	Visite du groupe GRGR au LCH, le 24 août 2011	116
4.4.12	Visite des gymnasiens de Thoune, le 21 septembre 2011	116
4.4.13	Election de Jolanda Jenzer au sein de la SIA, le 11 novembre 2011	117
4.4.14	Journée "Futur en tous genres", EPFL, Lausanne, le 10 novembre 2011	117
4.4.15	Visite des gymnasiens de Suisse alémanique et du Tessin, EPFL, Lausanne, le 30 novembre 2011	119
5	Participation aux commissions, associations professionnelles et académiques / <i>Participation in commissions, professional and academic associations</i>	120
6	Conférences données par les collaborateurs du LCH / <i>Conferences presented by LCH staff</i>	123
6.1	Invités / <i>Invited</i>	123
6.2	Autres conférences / <i>Other conferences</i>	124

7	Participation aux congrès et visite des instituts de recherche / <i>Participation in congresses and visits of research institutes</i>	126
8	Participation au jury de thèses de doctorat / <i>Participation in doctoral thesis jury</i>	127
9	Participation à des comités de lecteurs et jury de fonds de recherche / <i>Participation in review committees of journals and research funds</i>	128
10	Publications	129
	10.1 Journaux scientifiques / <i>Scientific journals</i>	129
	10.1.1 Référés / <i>Referred</i>	129
	10.1.2 Autres / <i>Others</i>	130
	10.2 Comptes rendus des congrès / <i>Proceedings of congresses</i>	131
	10.2.1 Référés / <i>Referred</i>	131
	10.2.2 Autres / <i>Others</i>	133
	10.3 Revues de presse / <i>Press reviews</i>	134
	10.4 Communications du LCH / <i>LCH Communications</i>	135
	10.5 Rapports non publiés (recherche appliquée) / <i>Unpublished reports (applied research)</i>	136



# 1 RECHERCHE / RESEARCH

## 1.1 Recherche fondamentale / Fundamental research

### 1.1.1 Méthodes d'observation et de prévision de l'alluvionnement des retenues des aménagements de pompage-turbinage / Monitoring and prediction methods for sedimentation in pumped storage plants

En Suisse, deux grands projets de pompage-turbinage sont actuellement en phase de réalisation et d'autres sont en stade de planification. Ces aménagements hydroélectriques ont gagné en importance dans le pays helvétique et à échelle mondiale, pour satisfaire la demande énergétique croissante et assurer le réglage des réseaux. Les problèmes de sédimentation à long terme des réservoirs de ce type d'aménagement sont relativement peu connus. Dans le cadre du consortium CCEM-HydroNet, la présente recherche étudie la sédimentation des réservoirs soumis à des échanges d'eau fréquents pendant l'exploitation. L'influence des cycles répétés de pompage-turbinage et de la position de la prise d'eau sur les processus de sédimentation est étudiée, tant sur prototype que dans un modèle physique et des simulations numériques.

*At the moment, two big pumped storage schemes are constructed in Switzerland and some others are in planning stage. This type of hydropower projects has gained in importance because of the increasing energy demand and the need for regulation of the more and more complex power grids. Long-term sedimentation issues of reservoirs in such schemes are relatively unknown compared to traditional hydropower schemes. In the context of the project consortium CCEM-HydroNet, the sedimentation issues in reservoirs submitted to frequent exchanges of water during operation are investigated. The PhD work studies the influence of alternating pumped storage activity and the position of intake/outlet structures on the sedimentation processes, applying prototype measurements, as well as physical and numerical modeling.*

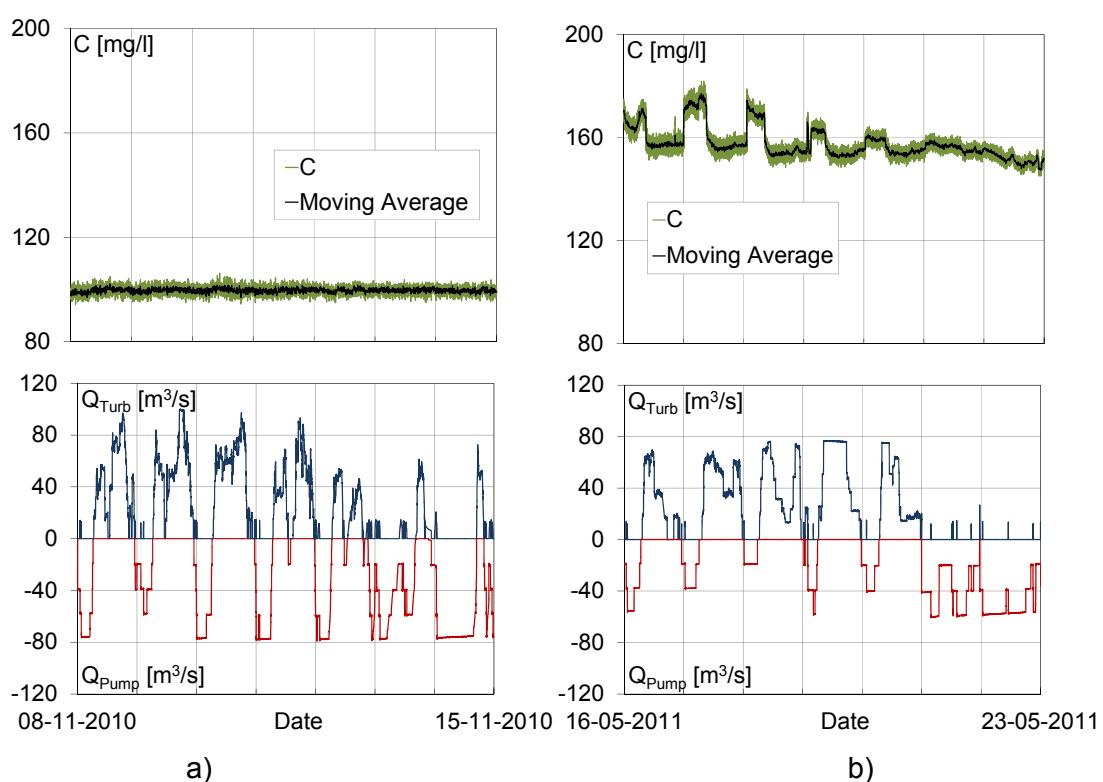


Figure 1: Concentration sédiminaire (haut) et débits d'exploitation correspondants (bas); semaines types "hiver" (a) et "été" (b) / Sediment concentration (above) and corresponding operational discharge (below); typical results for winter (a) and summer (b) months.

L'application concrète du monitoring s'est réalisée dans la région d'Oberhasli (Suisse), où le puits blindé de la centrale Grimsel II a été équipé d'un capteur de turbidité lié à un système d'acquisition enregistrant les concentrations mesurées ainsi que les débits d'exploitation avec une fréquence de 60 s. Les données sont accessibles via internet et les paramètres d'acquisition peuvent être contrôlés à distance. Pendant une période de huit mois (novembre 2010 à juillet 2011) le transport sédimentaire entre les deux réservoirs a ainsi pu être surveillé et étudié. Deux différences majeures ont pu être observées durant cette période de mesure (Figure 1). Pendant les mois d'hiver (périodes de retenue pleine, de précipitations sous forme de neige et de réservoirs couverts par une couche de glace) la concentration sédimentaire des eaux turbinées ou pompées est de 100 mg/l environ et ne varie pas avec le sens d'exploitation de l'aménagement (Figure 1a). Avec l'abaissement les lacs en début d'été et la fonte de neige la concentration sédimentaire augmente jusqu'à une valeur de 180 mg/l. Maintenant, les périodes de turbinage et de pompage sont marquées par des turbidités différentes, indiquant que la turbidité dans les deux réservoirs n'est pas la même. En mi-mai 2011, la concentration des eaux pompées vers le lac supérieur était nettement plus élevée qu'en sens inverse (Figure 1b). En cours de la semaine, l'effet s'atténueait avec l'augmentation du niveau d'eau dans le réservoir inférieur.

La simulation numérique des champs d'écoulement mesurés dans le lac de Grimsel en automne 2008 s'est réalisée dans un modèle ANSYS CFX. Un deuxième modèle en Flow3D, permet de simuler les champs de vitesse générés par l'opération de pompage-turbinage dans un lac qui, dans le futur, pourrait être aménagé de quatre prises d'eau (deux aménagements conventionnels existants, deux nouveaux de pompage-turbinage). L'objectif est de proposer des positions et orientations optimales des prises d'eau en vue des champs d'écoulement et du transport de sédiments en suspension. Un troisième modèle numérique (ANSYS CFX) simule l'arrivée et la dissipation de courants de turbidité dans un lac français dans le but d'étudier de possibles mesures de gestion sédimentaire de la retenue.

Dans le modèle physique, l'influence de cycles répétés d'eau entrant et sortant d'un réservoir sont étudiés afin de décrire les phénomènes

*Prototype monitoring has been carried out in the Oberhasli region (Switzerland), where the pressure shaft was equipped with a turbidity sensor connected to an acquisition system recording and storing concentration measures and operational discharge with a frequency of 60 s. Real-time data is accessible through wireless internet connection and acquisition parameters could be controlled and modified online.*

*Thus, sediment transport between the two reservoirs could be monitored and studied over a period of eight months (November 2010 to July 2011). Two main differences were observed during the measurement period (Figure 1). In winter, when the reservoirs are full, precipitation falls as snow and the lakes are covered by an ice layer, sediment concentration of turbined or pumped water is about 100 mg/l and does not vary with the operation mode of the power plant (Fig. 1a). With lowering water level and ice melting in spring and summer, an increased sediment concentration up to 180 mg/l was measured. In addition, sequences of turbines and pumping mode are now characterized by differences in water turbidity, showing that sediment concentration in the two reservoirs varies. In May 2011, sediment concentration in the water pumped into the upper reservoir was sensibly higher than in the other direction (Fig. 1b). This effect decreases during the week, when the lower reservoir level rises due to higher generating activity.*

*Numerical simulation of the flow fields measured in Lake Grimsel in autumn 2008 has been carried out in an ANSYS CFX model. A second model in Flow3D allows simulating velocity fields induced by pumped storage operation in a lake which could be equipped with four power intakes in the future (two existing traditional and two new pumped storage plants). The main objective is to propose optimal positions and orientations of the new intake structures regarding flow fields and suspended sediment transport. A third numerical model (ANSYS CFX) simulates turbidity currents and their dissipation in a French lake with the aim of studying sediment management possibilities.*

*Results of physical modeling aim describing flow fields and turbulence in a reservoir and sedimentation processes by fine sediments*

de sédimentation des particules fines dans ce dernier. Les paramètres clés varient comme suit :

- Débit Q : cinq débits de 0.3 à 1.1 l/s
- Concentration initiale en sédiments  $C_0$  : 0.3, 0.8 et 1.5 g/l
- Position h de la prise d'eau : 0.25, 0.50 et 0.75 m en-dessus du fond du réservoir
- Durée spécifique  $T_P$  des cycles pompage-turbinage

as a function of four parameters which are varied as follows:

- Discharge Q: five flow rates from 0.3 to 1.1 l/s
- Initial sediment concentration  $C_0$ : 0.3, 0.8 and 1.5 g/l
- Position h of intake/outlet structure: 0.25, 0.50 and 0.75 m above the reservoir bottom
- Specific duration  $T_P$  of the IN- and OUT-cycles

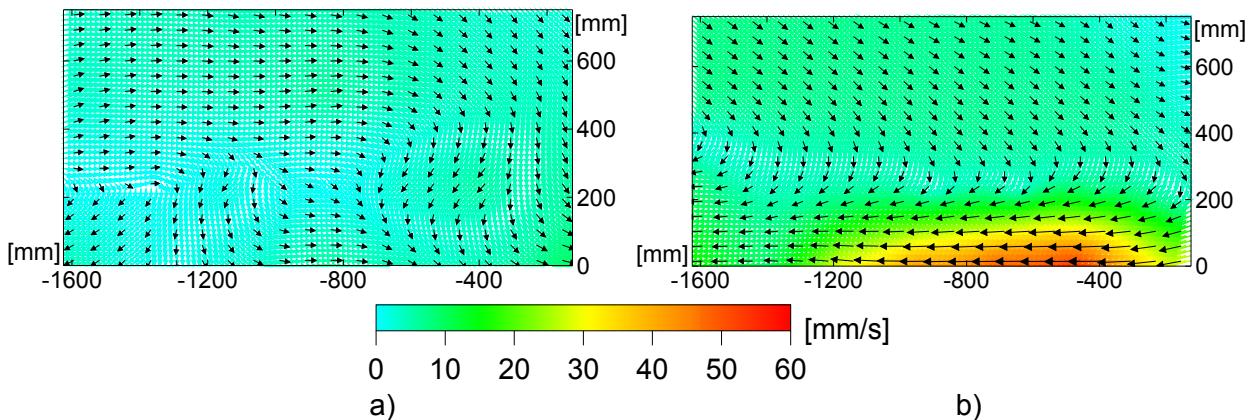


Figure 2 : Champs de vitesse mesurés par UVP (plan horizontal à l'axe de la prise,  $Q = 1.1 \text{ l/s}$ ), eau sortant du bassin (a) et jet entrant (b) / *Flow maps measured by UVP sensors (horizontal plane at intake axis level,  $Q = 1.1 \text{ l/s}$ ), water extraction (a) and entering jet (b)*

17 sondes UVP (Ultrasonic Velocity Profilers) permettent d'obtenir les champs de vitesse 2D dans un quadrant et à différents niveaux du bassin et ainsi de décrire la trajectoire du jet entrant dans le bassin et le développement de l'énergie cinétique dans le volume (Figure 2). La concentration sédimentaire et le transport solide entre les deux bassins est mesurée par deux sondes de turbidité.

Recherche financée par le Centre de Compétence Energie et Mobilité (CCEM), swiss electric research, swiss energy SFOE – Hydropower research

Avec le soutien de Kraftwerke Oberhasli AG (KWO)

Doctorant : Michael Müller

A two-dimensional grid of 17 Ultrasonic Velocity Profilers (UVP) allows measuring velocity fields in a quadrant and on different levels in the basin. These measurements are used to describe the jet trajectory, flow conditions and the development of kinetic energy in the basin (Figure 2). Sediment concentration and sediment exchange rates between the two basins are measured by two turbidity sensors.

Research financed by the Competence Center Energy and Mobility (CCEM), the swiss electric research, and the swiss energy SFOE – Hydropower research

Supported by Kraftwerke Oberhasli AG (KWO)

Ph.D. student: Michael Müller

### **1.1.2 Surveillance des puits blindés en considérant les coups de bélier et l'interaction fluide-structure / Monitoring of steel-lined pressure shafts considering water-hammer wave signals and fluid-structure interaction**

Dans le passé, la marge de sécurité liée aux sollicitations dynamiques générées par l'eau dans les puits et tunnels blindés était considérée comme acceptable à condition d'utiliser les facteurs de sécurité conventionnels. En raison de la forte demande de l'énergie de pointe, les centrales hydroélectriques doivent opérer à des vitesses variables pour assurer avec efficacité, flexibilité et sécurité l'équilibre entre la production et la demande. Le réglage de la puissance des turbines ou des pompes s'effectue ainsi à travers des changements de débit de plus en plus rapides et multiples. Les pertes économiques et sociales générées par un arrêt de production pour vider, ausculter et éventuellement réparer ces ouvrages sont considérables.

Des approches générales pour estimer la vitesse de propagation des coups de bélier à l'intérieur des puits et tunnels blindés ont été analysées dans le cas quasi-statique, c'est-à-dire, sans considérer l'interaction fluide-structure (FSI) et la dépendance entre la vitesse et la fréquence. Les conditions aux bords ainsi que les hypothèses prises en considération dans l'établissement de ces approches sont présentées et discutées en détail. Les expressions reformulées sont également comparées à d'autres formules qui sont actuellement utilisées. Dans le cas des blindages en acier de faible épaisseur entourés de rocher à faible module d'élasticité, les relations proposées par Jaeger et Parmakian surestiment la vitesse des ondes de l'ordre de 3 - 4.5% alors que dans la formule de Halliwell, la surestimation atteint 7.5%. La vitesse quasi-statique des ondes est significativement influencée par l'état du béton de remplissage et du rocher entourant le blindage (fissuré ou pas). Dans le cas où ces deux matériaux sont considérés comme fissurés, la vitesse quasi-statique est surestimée entre 1% et 8% relativement au cas du béton et rocher non fissurés.

En fonction du degré de rigidité de blindage, le FSI engendre des différences significatives dans la vitesse des coups de bélier. Dans une première étape, un modèle basé sur le phénomène d'interaction fluide-structure (FSI) a été proposé pour le développement des nouveaux critères de dimensionnement qui considèrent la mécanique de rupture fragile

*In the past, the safety margin for dynamic water pressure loads in steel-lined pressure tunnels and shafts was considered as acceptable by using conventional design safety factors. Due to high peak energy demands, existing plants are operating nowadays under rough conditions to regulate the discharge and power with relatively fast and repeated opening and closing of turbines and pumps. The economic and social costs due to production losses, when these water conveying structures are emptied for investigations and repairs, are considerable.*

*Generally applicable approaches for estimating the quasi-static, which means without Fluid-Structure Interaction (FSI) and frequency-dependent water-hammer, wave speed in steel-lined pressure tunnels have been analyzed. The external constraints and assumptions of these approaches are discussed in detail and the reformulated formulas are then compared to commonly used expressions. For thin steel liners and weak rock mass modulus, Jaeger's and Parmakian's relationships overestimate the water-hammer velocity by approximately 3 - 4.5%, while in Halliwell's formula this overestimation reaches 7.5%. The quasi-static wave speed is significantly influenced by the state of the backfill concrete and the near-field rock zone (cracked or uncracked). In the case when these two layers are cracked, the quasi-static wave speed is overestimated in between 1% and 8% compared to uncracked concrete and near-field rock layers.*

*Depending on the stiffness of steel liner and penstock, the FSI leads to significant difference in wave speeds values. As a first step, a fluid-structure interaction model is proposed as a basis for the development of new design criteria which consider fracture mechanics to assess the response of high-strength steel liners (Figure 1). The effect of the backfill concrete and the surrounding rock mass has been mechanically modeled by a spring, a dashpot, and a lumped additional mass. The quadratic dispersion equation which results from FSI model, has been solved in the frequency domain through a numerical example. In this example and compared to the quasi-static case, the FSI approach results up to 13% higher wave speed values in the high-frequency range (higher than 600 Hz) and up*

pour analyser la réponse des blindages en acier à haute résistance (Figure 1). Dans ce modèle, le béton de remplissage et la roche entourant le blindage sont modélisés par un ressort, un amortisseur, et une masse additionnelle. L'équation de dispersion quadratique résultante de ce modèle FSI a été résolue dans le domaine fréquentiel à travers un exemple numérique. Dans cet exemple et dans l'intervalle des hautes fréquences (supérieure à 600 Hz), l'approche FSI génère des vitesses d'onde 13% au-dessus de celles obtenues dans le cas quasi-statique. Cette différence de vitesse peut atteindre les 150% au-dessous du cas quasi-statique pour les fréquences entre 150 Hz et 300 Hz. Dans l'intervalle de fréquence [80Hz ; 800 Hz], le mode de propagation lié aux ondes précurseurs présente une basse fréquence de coupure qui dépend de la distribution longitudinale de la rigidité du blindage. Le premier mode d'onde acoustique commence à propager à partir d'une fréquence proche de 525 Hz. La fréquence de coupure relative à ce mode est fonction de la rigidité radiale du blindage. Les pressions dynamiques obtenues par l'approche théorique classique des coups de bâlier sont peu influencées par cette différence de vitesse de l'onde alors que le FSI peut engendrer des pressions dynamiques extrêmes à hautes fréquences.

to 150% lower values for frequencies between 150 and 300 Hz. In the intermediate frequency range (between 80 and 800 Hz), the precursor mode has a cut-off frequency which depends on the longitudinal distribution of the stiffness of the liner. The first acoustic mode begins to propagate at a frequency near 525 Hz. This cut-off frequency depends on the radial stiffness of the steel liner. The dynamic pressures obtained from classical water-hammer theory are not overly affected by such differences in wave speed while the FSI may lead to higher extreme dynamic pressures with higher frequencies.

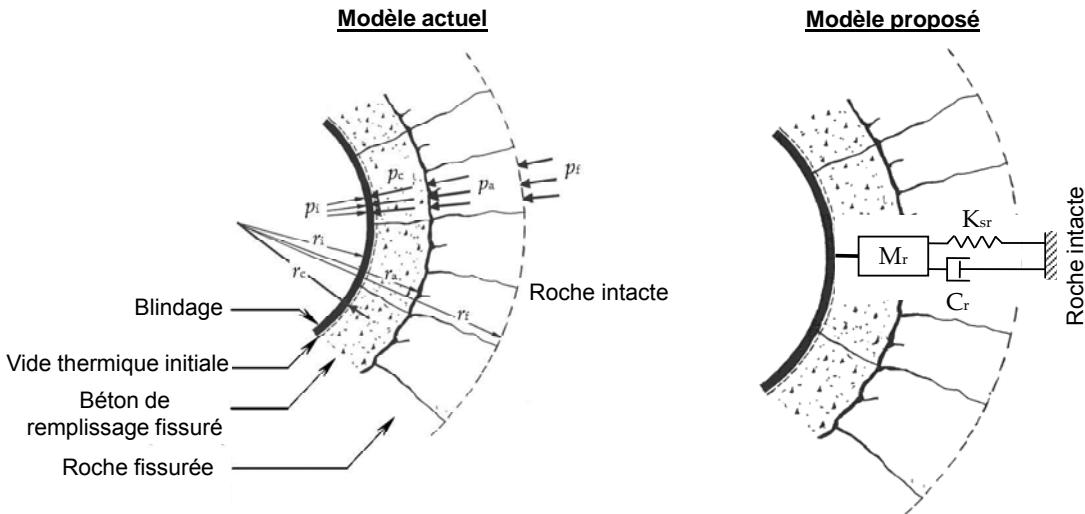


Figure 1: Modèle théorique actuel et celui proposé pour le dimensionnement des puits et galeries blindés en tenant compte de l'interaction fluide-structure / Actual and enhanced theoretical models for the design of steel-lined pressure shafts and tunnels. The latter model considers the fluid-structure interaction

L'influence de la détérioration locale de la rigidité de la paroi des puits et tunnels blindés sur la célérité et la dissipation de l'onde de pression durant les phénomènes transitoires a été étudiée expérimentalement. La formation des régions de puits de faible rigidité est une

The influence of local drop of wall stiffness of pressurized waterways on the pressure wave speed and wave dissipation during transients was investigated experimentally. The weak reaches are resulting from local deterioration of the backfill concrete and the rock mass

conséquence de la détérioration de la résistance du béton de remplissage et du massif rocheux qui entourent le blindage. Le changement de la célérité de l'onde associé à cet affaiblissement de la rigidité du support de blindage crée des frontières acoustiques réfléchissantes pour les ondes incidentes. Une méthode innovatrice pour détecter la présence de ces portions de faible rigidité est proposée et validée par des séries d'essais sur modèle physique à échelle réduite (Figure 2). Les signaux des pressions dynamiques et des vibrations radiales de la paroi d'une conduite d'essai ont été mesurés à ses deux extrémités durant les évènements des coups de bêlier. La conduite d'essai est construite à partir de plusieurs bouts liés ensemble par des flasques. Les bouts de faible rigidité ont été modélisés en remplaçant les parties en acier par d'autres fabriquées en aluminium ou PVC. Les signaux mesurés ont été traités et analysés en utilisant, entre autres, la Transformation de Fourier, les ondelettes, et la technique de cross-corrélation. La nouvelle méthode de surveillance montre que la vitesse de propagation et le facteur de dissipation des ondes sont des bons indicateurs de la présence d'un affaiblissement local important de la rigidité radiale de la conduite. Cette méthode est également capable de localiser l'endroit de cet affaiblissement lorsqu'un seul bout de PVC est utilisé. Quand des ondes à front raide ont été générées dans la conduite d'essai, il a été possible de localiser les deux extrémités de la partie en PVC avec une erreur moyenne maximale de 5.9%. La sévérité du changement de la rigidité de la conduite a pu être estimée avec une erreur moyenne maximale de 20.6%.

Des mesures in-situ ont été effectuées pour valider la méthode de détection et de localisation des bouts de puits de faible rigidité. Ces mesures utilisent des capteurs de pressions dynamiques et des géophones placés sur les deux extrémités du puits blindés de l'aménagement pompage-turbinage de Grimsel II, situé dans le Canton de Berne, en Suisse. Les données ont été acquises d'une manière continue avec une accessibilité en ligne via l'internet. Différentes approches ont été appliquées dans le but d'estimer la célérité et la dissipation d'énergie de l'onde de pression durant l'enclenchement et l'arrêt des pompes et des turbines.

Les faibles variations de la pression dynamique de service combinées avec l'existence d'une masse rocheuse homogène

*surrounding the steel liner. The change of wave speed generated by the weakening of the radial liner supports creates reflection boundaries for the incident pressure waves. A new signal processing procedure to identify the presence of these weak reaches has been proposed and validated by physical experiment tests (Figure 2). During water-hammer events, pressure and vibration records have been acquired at the both ends of a multi-reach steel test pipe. The weak reaches are simulated by replacing the steel reaches with Aluminum and PVC materials. The acquired data have been assessed using, amongst others, the Fourier Transform, wavelet decomposition, and cross-correlation techniques. The developed new monitoring method shows that wave speed and wave dissipation ratio are good indicators of the presence of local and large changes in stiffness. This method is also able to locate the weakness of stiffness along the test pipe when one PVC reach is used. When steep front wave have been generated inside the test pipe, it was possible to locate the position of the weak reach boundaries with a maximum relative mean error of 5.9%. The severity of the local stiffness change has been also estimated with a maximum relative mean error of 20.6%.*

*In-situ measurements from a pressure shaft have been carried out to validate the new signal processing procedure. The prototype measurements use dynamic pressure and geophone sensors placed at both ends of the pressure shaft of the Grimsel II pumped-storage plant, in the Canton of Bern, in Switzerland. The data are acquired continuously and accessed on-line via internet. Different approaches to estimate the wave speed and wave dissipation generated inside the pressure shaft during start-up and shutdown of pumps and turbines have been applied.*

*The relatively small water-hammer pressure fluctuations combined with the homogeneous quality of the rock mass surrounding the pressure shaft made it difficult to apply the entire localization procedure.*

entourant le blindage ont rendu difficile l'application de la totalité de la procédure de surveillance proposée.

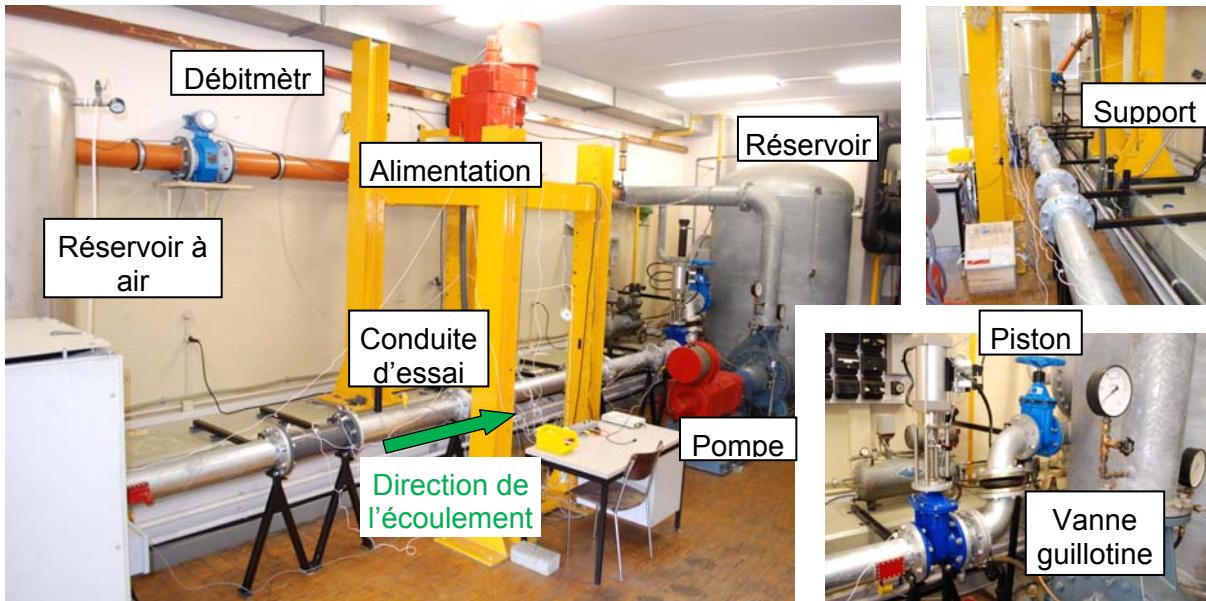


Figure 2: Modèle physique à échelle réduite construit au Laboratoire de Machines Hydrauliques (LMH) de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) / *Physical scaled model built in the Laboratory of Hydraulic Machines (LMH) of the Swiss Institute of Technology in Lausanne (EPFL)*

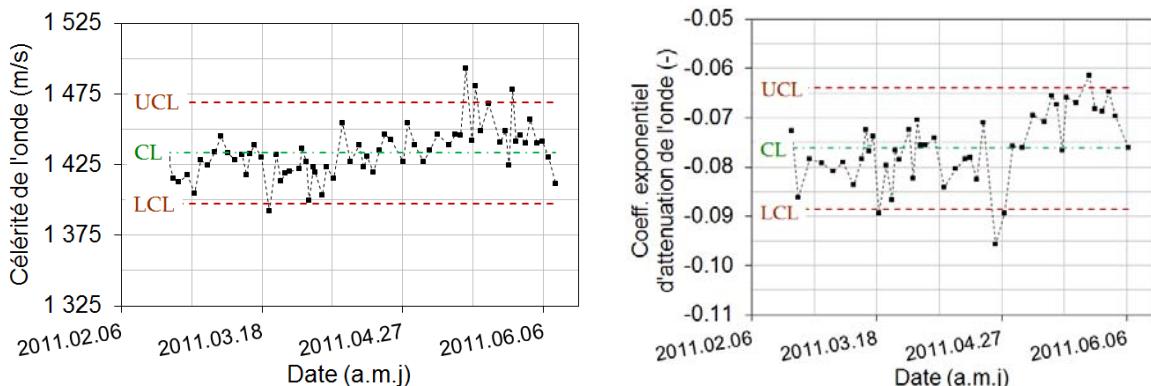


Figure 3 : Exemple de graphiques de surveillance de la célérité (à gauche) et du coefficient exponentiel d'atténuation de l'onde (à droite) du puits blindé de la centrale de pompage-turbinage de Grimsel II. UCL, CL et LCL sont, respectivement, les limites statistiques supérieure, moyenne et inférieure de contrôle / *Example of the monitoring graphics of the wave speed (at left) and the exponential attenuation coefficient (at right) of the pressure shaft of the Grimsel II pumped-storage plant. UCL, CL and LCL are the upper, mean and lower statistic control limits, respectively*

Néanmoins, des graphes de surveillance basés sur le principe de contrôle de qualité ont pu être établis pour les deux indicateurs, à savoir, la célérité et le coefficient exponentiel de dissipation de l'onde (Figure 3). La vitesse de l'onde a été estimée à partir de la Transformation de Fourier. Quant au coefficient de dissipation, il a été déterminé par un calcul de RMS du signal acquis suivi d'une régression exponentielle. Trois limites de contrôle qui représentent l'état actuel de la rigidité de la paroi du puits blindés ont été définies sur les graphiques de surveillance. Ces limites ainsi que les tendances globales

Nevertheless, monitoring charts have been established based on the statistical quality control of the two indicators namely the water-hammer wave speed and the wave dissipation coefficient (Figure 3). The wave speed was assessed from the Fourier transformation spectrums while the dissipation coefficient was determined by computing the root mean square (RMS) of the signal followed by an exponential regression fitting. Three control limits representing the actual state of the shaft wall have been set on these charts from the acquired and processed pressure data. These limits and the overall behavior of the pattern of

des nuages des points actuels et futures seront utilisés pour surveiller la paroi du puits blindés.

Recherche financée par le Centre de Compétence Energie et Mobilité (CCEM), swisselectric research et SuisseEnergie (OFEN). Une aide financière supplémentaire a été attribuée par la fondation Lombardi.

Doctorant : Fadi Hachem

*future measured points will be used for on-line monitoring of the shaft.*

*Research financed by the Competence Center Energy and Mobility (CCEM), the swisselectric research and the Swiss Federal Office of Energy (SFOE). An additional financial support was given by Lombardi foundation.*

*Ph.D. student : Fadi Hachem*

### **1.1.3 Mesures innovantes pour réduire les effets négatifs de l'exploitation d'aménagements hydroélectriques complexes sur le régime des cours d'eau / Innovative measures to mitigate the negative effects of complex hydropower schemes on river systems**

Plus de 40% de l'énergie hydroélectrique européenne est produite dans les pays alpins. Les aménagements à haute chute contribuent significativement à la production de l'énergie de pointe et à la régulation du réseau en Europe centrale. Le démarrage et l'arrêt rapide des turbines provoquent des conditions d'écoulement non-permanentes dans les rivières à l'aval des canaux de fuite. Ce phénomène, appelé marnage, peut être la source d'une dégradation de l'écosystème fluvial.

La présente thèse fait partie d'un projet CTI intitulé "Exploitation durable de la force hydraulique – Mesures d'investigations innovantes pour réduire le marnage". Une approche interdisciplinaire a été choisie pour améliorer les conditions environnementales à l'aval des aménagements hydroélectriques. Le problème du marnage dépend des paramètres hydrauliques, morphologiques et écologiques. A cause de cette diversité de domaines concernés, une collaboration scientifique a été définie entre le LCH-EPFL, l'EAWAG et l'Ecole d'Ingénieurs et d'Architectes de Fribourg. Des partenaires industriels soutiennent les différents projets.

Le projet de thèse a pour but de développer des mesures pour réduire le marnage et garantir un débit résiduel suffisant à l'aval des aménagements hydroélectriques complexes dans les Alpes. Des aspects environnementaux, hydrauliques, énergétiques et économiques sont considérés. La méthodologie est appliquée au cas d'étude du bassin versant de l'Aar à l'amont du Lac de Brienz en Suisse. Ce bassin est fortement influencé par l'aménagement hydroélectrique d'Oberhasli, responsable pour le marnage sur le Hasliaare (Figure 1).

*More than 40% of European hydroelectric power is produced in Alpine countries. High-head storage hydropower plants (HPP) contribute significantly to peak energy production as well as grid regulation in central Europe. The sudden opening and closing of the turbines produces highly unsteady flow conditions called hydropeaking in the river downstream of the powerhouse outlet. Degradation of the river eco-system is often the result.*

*The research is part of the CTI project entitled Sustainable use of hydropower "Innovative mitigation measures for hydropeaking". An interdisciplinary approach is chosen to improve the environmental conditions downstream of hydropower schemes. The problem of hydropeaking depends on hydraulic, morphological and ecological parameters. Because of this diversity of research fields, a scientific collaboration between LCH-EPFL, EAWAG and the College of Engineering and Architecture of Fribourg was set up. Industrial partners support the different projects.*

*The research project aims to develop a model to analyse mitigation measures reducing the ecologically problematical hydropeaking downstream of storage hydropower plants in the Alps. Environmental aspects, hydraulic concerns and energy and economical issues are considered. In a case study the methodology is tested for the Aare River basin upstream Lake Brienz in Switzerland. This catchment is influenced by the complex hydropower storage scheme of Oberhasli, producing hydropeaking on the Hasliaare River (Figure 1).*

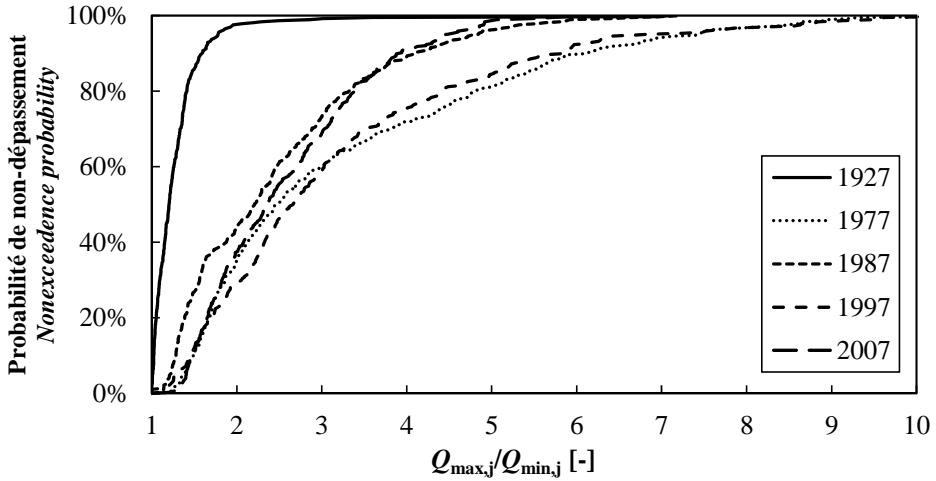


Figure 1: Variations journalières du débit de la Hasliaare à Brienzwiler pour les séries horaires des années hydrologiques choisies avant (1927) et après (1977, 1987, 1997, 2007) de l'aménagement hydroélectrique d'Oberhasli / Daily drawdown range of the Hasliaare River at Brienzwiler of the 1h time series for selected hydrological years before (1927) and after (1977, 1987, 1997, 2007) the construction of the Oberhasli hydropower scheme.

Dans un premier temps, le modèle hydrologique contenant l'aménagement hydroélectrique a été développé avec l'outil *Routing System*, testé et calé. La méthode semi-distribuée conceptuelle est une manière efficace et cohérente d'analyser l'impact du changement climatique sur les futurs apports et la production électrique dans les bassins versants alpins.

En admettant une augmentation de la température, une fonte importante des glaciers est prévue pour le 21<sup>ème</sup> siècle. Le scénario climatique C2SM-ETHZ, estimant un réchauffement régional de +4°C pour 2099, admet une dé-glacification quasi-complète du bassin versant de l'Aar supérieur pour la période entre 2050 et 2099 (Figure 2). Le débit de fonte augmente légèrement au début, suivi d'une réduction due aux pertes importantes du volume glaciaire. Le débit total des bassins glaciaires diminue de 2% en 2050 et de 18% à la fin du siècle. L'élévation de la température augmente également l'évaporation et la fonte de neige. Par conséquence, le régime hydrologique change. La fonte de glace réduite en été est partiellement compensée par une augmentation de fonte de neige au printemps. Pour les bassins versants alpins, la perte considérable de débit due à la disparition des glaciers combinée avec des nouvelles pointes en mars et avril doit être considérée pour l'exploitation hydroélectrique future, l'irrigation et la gestion des crues.

*In a first step, the hydrological model containing the hydropower scheme was developed with Routing System, calibrated and tested. The chosen semi-distributed conceptual modeling approach is an efficient and coherent way to analyze the impact of climate change on future runoff and electricity production in Alpine catchment areas.*

*Admitting an increase of temperature, important glacier melt is predicted for the 21<sup>st</sup> century. The C2SM-ETHZ scenario, assuming an overall increase of temperature of about +4°C by 2099, predicts an almost complete de-glacierization of the upper Aare River basin for the period between 2050 and 2099 (Figure 2). Runoff from glacier melt will initially slightly increase, followed by a decrease due to important ice mass losses. Total runoff will decrease by 2% till 2050 and by 18% till the end of the century. Higher temperature increases evaporation and accelerates snowmelt. Therefore, the runoff regime changes. The reduced glacier melt in summer is partly compensated by increased snowmelt in spring. For Alpine catchment areas, significant decrease of runoff related to glacier shrinkage combined with new peak flow in spring must be considered for future hydropower, irrigation but also flood risk management.*

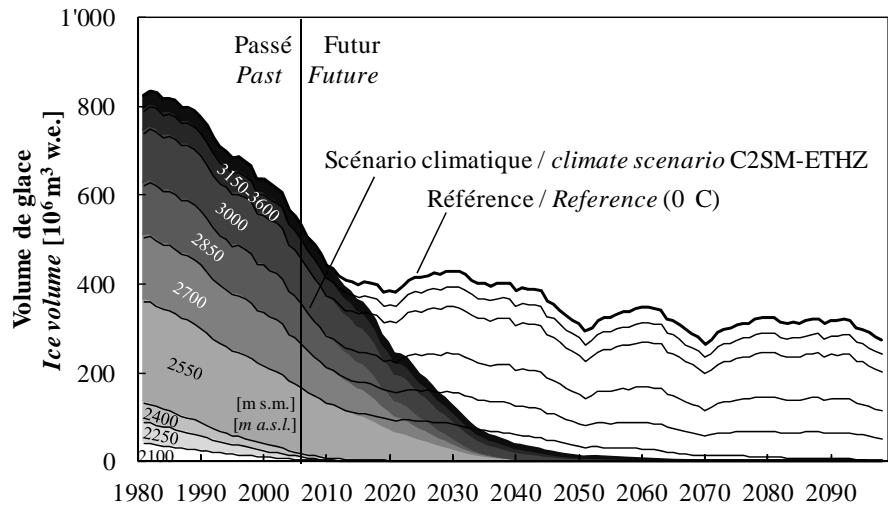


Figure 2: Evolution du volume de glace du glacier de Gauli dans le bassin versant de l'Aar supérieur pour le scénario climatique C2SM-ETHZ superposé au scénario de référence (0°C) //Ice volume evolution for the Gauli Glacier in the upper Aare River catchment for the C2SM-ETHZ scenario superposed by the reference climate scenario (0°C).

Pour la dernière étape du projet, le modèle simule l'exploitation des aménagements hydroélectriques et leur impact sur le régime des cours d'eau pour différents scénarios. Des simulations systématiques tiennent compte des influences naturelles et anthropologiques. Des mesures opérationnelles et constructives pour réduire le marnage sont économiquement et écologiquement évaluées par un modèle éco-hydraulique, développé en collaboration avec les écologues piscicoles de l'EAWAG.

Recherche financée par la Commission pour la Technologie et l'Innovation (CTI), projet No 9676-1, co-financée par Kraftwerke Oberhasli AG (KWO) et autres partenaires privés et publiques.

Doctorant : Martin P. Bieri

*During the last part of the study, the model simulates the operation mode of power plants and their impact for different scenarios on the downstream river system. Systematic simulations take into account natural and anthropogenic influences on the catchment area. The mitigation measures are economically and ecologically rated by an eco-hydraulic model, developed in collaboration with the fish-ecologists from EAWAG.*

*Research financed by the Swiss Innovation Promotion Agency (CTI), project Nr 9676-1, co-financed by the Kraftwerke Oberhasli AG (KWO) and other private and public partners.*

*Ph.D. student : Martin P. Bieri*

#### 1.1.4 Interaction fluide-mécanique entre un écoulement à haute vitesse et le massif rocheux dans une fosse d'érosion: prédition de l'évolution de la fosse d'érosion / Fluid-mechanical interaction between high-velocity transient flow and rock blocks in plunge pools for scour assessment

Les jets à hautes vitesses, générés par les évacuateurs de crues des barrages, peuvent entraîner l'érosion du lit rocheux de la rivière et, dans certains cas, endommager les fondations du barrage. L'évaluation de l'érosion et de sa propagation est essentielle pour garantir la sécurité du barrage et de ses ouvrages annexes ainsi que pour assurer la stabilité de ses remblais.

*High-velocity plunging jets, issuing from flood release structures of dams, may result in scouring of the rocky riverbed and even endanger the foundation of the dams. Assessment of the scour extent is essential to ensure the safety of the dam and appurtenant structures as well as to guarantee the stability of its abutments.*

### Installation de recherche

L'installation expérimentale existante, développée au Laboratoire de Constructions Hydrauliques (LCH) de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), a été modifiée afin d'étudier l'interaction complexe entre les fluctuations de pression générées à l'intérieur d'une fosse d'érosion cylindrique et à l'intérieur d'une fissure tridimensionnelle complètement interconnectée. L'installation actuelle permet de simuler des jets à une échelle proche du prototype en termes de vitesse, turbulence et aération.

Un bloc mobile instrumenté, simulant un bloc de roche artificielle encastré dans un massif rocheux fissuré mais ayant un degré de liberté (selon l'axe vertical), a été installé sur l'installation expérimentale existante. Le bloc et la boîte de mesure (nouvelle installation), représentant le massif rocheux fissuré, constituent une installation sophistiquée permettant d'effectuer différents types de mesures simultanément. Le bloc de forme cubique de 200 mm de côté et de densité similaire à celle du rocher in-situ, est équipé avec des capteurs de pression, de déplacement et d'accélération. Il est inséré dans une masse rocheuse artificielle équipée également de capteurs de pression. Une fissure tridimensionnelle de 1 mm est également créée entre le bloc et la boîte de mesure.

La fosse d'érosion, le bloc et la fissure sont sollicitées par des jets à hautes vitesses afin de générer différents types de comportements en fonction du niveau d'eau dans la fosse (jet noyau, jet de transition et jet développé).

### Objectif

L'objectif de ce projet de recherche est d'étudier le comportement d'un bloc entouré par une fissure tridimensionnelle et sollicité par des jets d'eau à hautes vitesses aérés naturellement.

### Méthodologie

Les fluctuations de pression (champ de pression) et le comportement du bloc (déplacements et accélérations) sont enregistrés simultanément pour différents points d'impact du jet sur la surface supérieure du bloc (au fond de la fosse d'érosion), niveaux d'eau (rapport Y/D compris entre 0 et 9.7) et vitesses du jet (2.5 - 27.0 m/s).

### Experimental facility

The existing near-prototype scaled experimental facility developed at the Laboratory of Hydraulic Constructions (LCH) of the Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) has been modified to study the complex interaction between pressures fluctuations acting inside a cylindrical plunge pool and inside a full interconnected 3-dimensional fissure. The present facility allows to simulate near-prototype jets in terms of velocity, turbulence and aeration.

A movable highly instrumented block, simulating an "artificial rock block" founded in a fissured rock mass with one degree of freedom (along the vertical axis), has been inserted in the existing facility. The block and the measured box (new set-up), simulating the fissured rock mass, represent a sophisticated installation allowing to perform several measurements simultaneously. The block, having a cubic shape of 200 mm side and a density similar to in-situ rocks, is equipped with pressure, displacement and acceleration transducers. It is embedded in an artificially created surrounding rock mass equipped as well by pressure transducers. Between the block and the measurement box a 3-dimensional fissure of 1 mm thickness has also been created.

The plunge pool and the new experimental set-up have been impacted by high-velocity jets to generate different loading conditions (core, transition or developed jets impacts).

### Purpose

The purpose of the research project is to study the behavior of a single rock block separated from its surroundings by a 3-dimensional fissure and impacted by a high-velocity impinging water jet subjected to a natural aeration.

### Methodology

Pressure fluctuations (pressure field) and block responses (displacements and accelerations) are recorded simultaneously for several jet impacts positions on the block upper face (at the plunge pool bottom level), for different water depths (Y/D ratio between 0 and 9.7) and near prototype jet velocities (2.5 - 27.0 m/s).

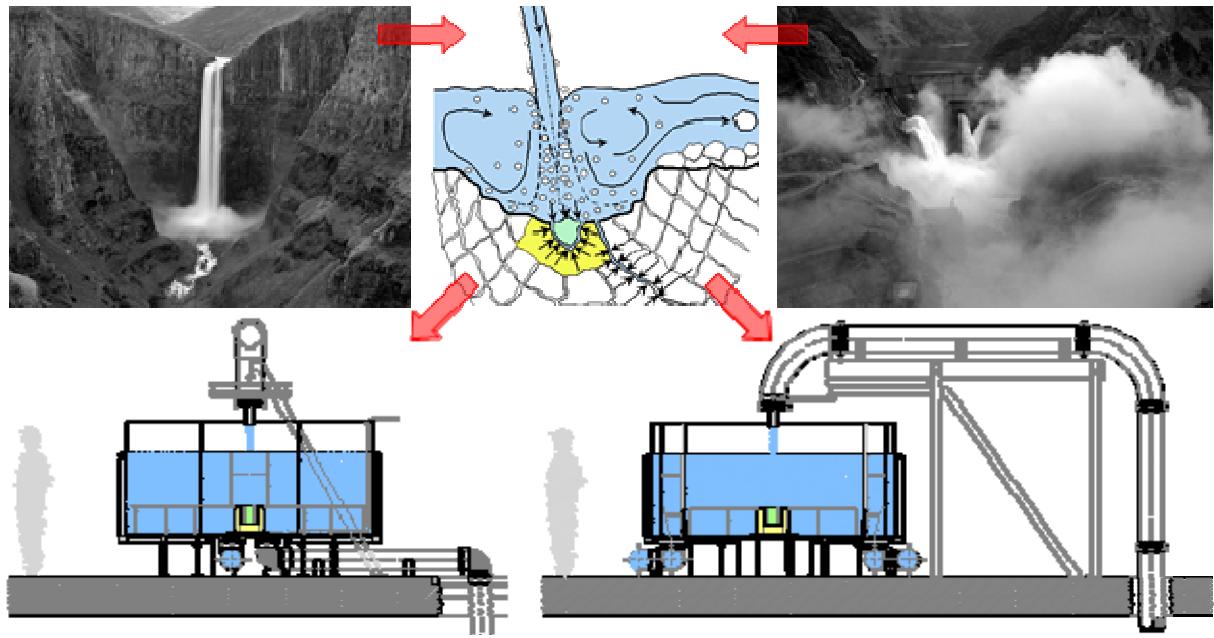


Figure 1: Comment simuler un jet d'eau à haute vitesse qui tombe dans une fosse érosion: de la réalité au modèle expérimental. Haut gauche: cascade (Maletsunyane Falls 192 m, Lesotho). Haut centre: phénomène d'érosion (schéma); Haut droite: chute d'eau artificielle (Karun Dam III, Iran); Bas gauche: LCH installation expérimentale section transversale; Bas droite: LCH installation expérimentale section transversale / *How simulate a high-velocity water jet impinging in a plunge pool: from the reality to the experimental model. Top left: waterfall (Maletsunyane Falls 192 m, Lesotho); Top Center: scour phenomena schema; Top right: artificial waterfall (Karun III Dam, Iran); Bottom left: LCH experimental facility transversal section; Bottom right: LCH experimental facility longitudinal section.*

L'influence des sollicitations, générées par les différentes conditions de jets (impacts symétriques ou asymétriques par rapport au centre du bloc), a été analysée en fonction de plusieurs paramètres: champ de pression, impulsion du bloc, aération naturelle et passive du jet, géométrie de la fissure, degrés de liberté du bloc et rotations du bloc dans sa fondation.

### Conclusions

L'analyse des données montre des résultats très intéressants. Le champ de pression agissant sur la surface supérieure du bloc suit une distribution exponentielle comme cela a été proposé dans la littérature, tandis que les pressions à l'intérieur de la fissure tridimensionnelle sont presque constantes. Les valeurs de pression extrêmes (positives et négatives) sont atténuées à l'intérieur de la fissure. Aucun phénomène transitoire n'a été observé à l'intérieur de la fissure.

Pour la première fois, le calcul de l'impulsion du bloc (dynamic block uplift) a montré l'importance de sa masse virtuelle (added mass) et ses différents comportements selon le type d'impact du jet (symétrique ou asymétrique). Quand un corps immergé dans

*The influence of the jet solicitations (symmetrical or asymmetrical jet impacts related to the block center) have been analyzed for several parameters: pressure field surrounding the block, dynamic block impulsion, natural and passive air entrainment, fissure geometries, block degree of freedom and block rotations in the fissured rock mass.*

### Conclusions

*The main conclusions coming from these analyses display interesting results. The pressure field acting on the block upper face follows the distribution found in literature (exponential distribution) whereas the pressures acting inside the 3-dimensional fissure are quite constant. The extreme pressures (positive and negative values) are attenuated inside the fissure. No transient phenomena have been observed inside the fissure.*

*For the first time, the computation of the dynamic block impulsion has shown the relevance of the added mass and its different behavior whether the block is loaded by a symmetrical or an asymmetrical jet impact. When a body immersed in a fluid is subjected*

un fluide est soumis à une accélération, le fluide qui l'entoure doit se déplacer aussi. L'inertie de cette masse d'eau correspond à la masse virtuelle et influence l'amplitude des déplacements verticaux. Les valeurs de masse virtuelle obtenues expérimentalement avec cette installation sont très différentes de celles pouvant être trouvées dans la littérature avec des conditions expérimentales différentes (un corps se déplaçant dans un milieu calme et confiné latéralement). Dans le cas étudié, le bloc est fortement confiné à l'intérieur de la boîte de mesure sur cinq de ses six faces, avec un écartement de 1 mm et, de plus, il est sollicité directement par le jet sur sa face libre. Ces conditions peuvent expliquer l'écart entre les valeurs observées et celles de la littérature. Les déplacements verticaux du bloc calculés à partir des mesures de pressions montrent une bonne similitude avec les valeurs mesurées.

L élévation théorique du bloc montre de bonnes similitudes avec le déplacement mesuré lorsque la masse virtuelle est intégrée dans le calcul de l'impulsion du bloc. Seule l'amplitude des mouvements verticaux ne peut pas toujours être bien modélisée par l élévation théorique mais les fluctuations verticales peuvent être bien reproduites. Le déplacement vertical maximal est observé pour un jet impactant sur un coin du bloc (~160 mm pour une arête du bloc de 200 mm).

L entraînement d'air artificiel, généré par un système d'aération passif basé sur le principe de la succion, en combinaison avec l'aération naturelle du jet, semble influencer les valeurs extrêmes de pression (positive et négative) mais pas le comportement du bloc (déplacements) par rapport un jet qui est seulement aéré naturellement. Une étude de l'influence de l entraînement d'air plus approfondie est à prévoir.

Pour définir la forme de la fissure entourant le bloc et, en même temps, pour limiter le degré de liberté du bloc à un, deux différents types de guides latéraux, fixés sur les faces latérales du bloc, ont été développés. Si le bloc est sollicité par un impact symétrique (au centre du bloc) aucune différence n'a été observée, tandis que pour un impact asymétrique le bloc montre des comportements différents selon le type des guides latéraux.

Le degré de liberté du bloc influence profondément le champ de pression généré à l'intérieur de la fissure. Quand le bloc est fixé

to accelerations, the surrounding fluid must accelerate as well. The inertia of the entrained fluid is the added mass. It influences the amplitudes of the vertical displacements. The added mass values obtained experimentally using the LCH facility are different from the literature values determined for different test conditions (a body moving in a quiet fluid and laterally confined). The highly instrumented block is strongly confined in the measurement box: it is surrounded on five of its six faces by the measurement box with a distance of 1 mm and it is directly loaded by high-velocity jets on its free surface. These conditions may explain this difference between observed and literature values.

Theoretical block uplift shows good similitude with the measured uplift when the added mass is integrated in the computation of the dynamic block impulsion. Only the amplitude of the vertical displacements could not be always simulated exactly by the theoretical uplift, but the vertical fluctuations could be well reproduced. The maximum uplift was observed for a jet impacting on a corner of the block (~160 mm for a block side of 200 mm).

The air entrainment generated by a suction-based passive aeration system, together with the natural jet aeration, seems influence the extreme pressures (maximum and minimum) but not the block responses (displacements) related to a jet only naturally aerated. The influence of the air entrainment needed a more accurate investigation.

To define the geometry of the fissure surrounding the block and to limit the block degrees of freedom to one, two type of lateral guides, fixed on the block lateral faces, have been tested. If the block is loaded symmetrically no differences have been observed, whereas for an asymmetrical jet impact for the same jet impact but on another block side some differences in the block responses (displacements) have been observed.

The degree of freedom of the block influences strongly the pressure field generated inside the 3-dimensional fissure. When the block is fixed inside the measurement box, the pressures increase the hydrodynamic loading generating the propagation of the fissure networks in the rock mass. This pressure increase may reach some Bars of difference between the block free to move or fixed. The largest differences have been observed for a jet impacting on a corner of the block.

dans la boite de mesure, les pressions augmentent la charge hydrodynamique provoquant la création d'un réseau de fissures dans la masse rocheuse. Ces pressions peuvent être augmentées de plusieurs Bar par rapport au même cas avec le bloc libre de se déplacer. La plus grande différence de pression a été observée pour un jet impactant sur le coin du bloc.

Un impact asymétrique du jet peut générer des petites rotations du bloc dans sa fondation et influencer le comportement du bloc.

Ce travail est financé par le FNS (Fond National Suisse de la Recherche Scientifique projet FN 200021-112620 et l'extension du projet FN 200020-129606).

Doctorant: Matteo Federspiel

### 1.1.5 Influence d'écrans de bulles sur la morphodynamique des rivières. Application aux canaux courbes à surface libre / *Influencing river morphodynamics by means of bubble screens. Application to open-channel bends*

Les rivières à faible pente suivent souvent un régime de méandre. Chaque courbe du méandre se caractérise alors par une morphologie particulière. Les rives extérieures sont vulnérables à l'érosion, mettant en danger les constructions tandis que du dépôt se forme près des rives intérieures.

L'objectif de ce doctorat est d'étudier comment l'hydrodynamique et l'évolution morphologique d'une rivière pourraient être influencées par un écran de bulles. Son application aux canaux courbes permettrait de limiter le développement de cette topographie typique.

Les expériences sont réalisées dans un canal courbe rectangulaire, large de 1.3 m, composé d'une partie droite de 9 m de long, suivi par un coude de 193° d'un rayon de courbure central de 1.7 m et terminé par un tronçon de 5 m de long (Figure 1a). Le sédiment est du sable de quartz uniforme de diamètre moyen  $d=2$  mm.

L'écran de bulles est généré par un tuyau poreux placé sur le lit du canal, lesté par une chaîne pour éviter tout mouvement et connecté à ses deux extrémités à une alimentation en air pressurisé pour garantir une pression constante dans tout le tuyau. (Figure 1b).

*This research work is financed by the Swiss National Science Foundation (FNS project FN 200021-112620 and project extension FN 200020-129606).*

*Ph.D. student: Matteo Federspiel*

*Low-gradient rivers often develop a meandering morphology. Each curve of a meander is thereby characterized by a particular morphological profile. Erosion occurs near the outer bank that can endanger structures, whereas deposition occurs near the inner bank.*

*The goal of this PhD project is to investigate how a bubble screen can influence the hydrodynamics and the morphological evolution of a river. Its application to open-channel bends may be beneficial to limit the development of a bar-pool bed topography.*

*Experiments are performed in a 1.3 m wide curved flume of rectangular cross-section that consists of a 9 m long straight inflow reach, a 193° bend of centerline radius of curvature of 1.7 m and a 5 m long straight outflow reach (Figure 1a). The sediment is quartz sand of nearly uniform diameter  $d=2$  mm.*

*The bubble screen is generated by means of a porous tube placed at the bottom of the channel, ballasted with a chain to avoid large-amplitude movements, and connected at both ends to the pressurized air system of the laboratory to guarantee the same air pressure over the entire length of the tube (Figure 1b).*

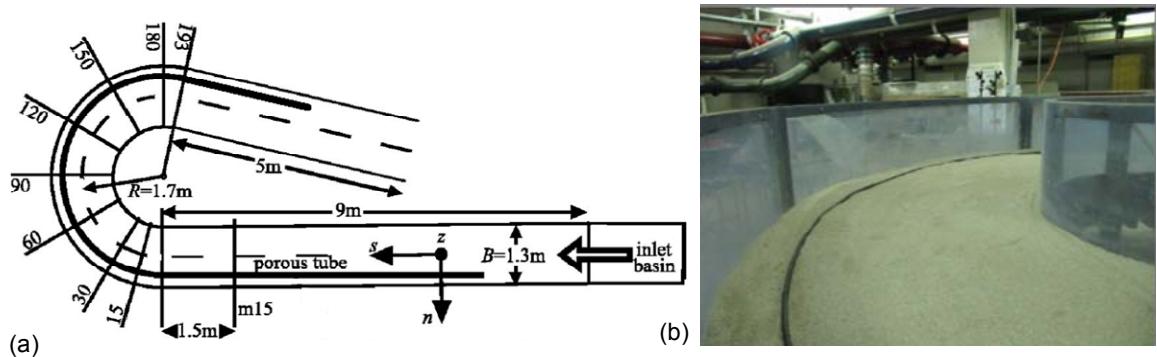


Figure 1: (a) Vue en plan du canal courbe avec le tube poreux (b) Photo du fond plat initial / (a) Plan view of the curved channel with the porous tube. (b) Picture of the initial flat bed condition

Des mesures de vitesses sont réalisées avec un ADVP (Acoustic Doppler Velocity Profiler) avec une grande résolution spatiale et temporelle. La topographie est mesurée avec un distomètre laser et la surface libre par un limnimètre à pointe.

Plusieurs expériences ont été réalisées afin de documenter les interactions entre l'écoulement de base et le courant secondaire créé par les bulles. De plus, l'impact du champ de vitesses redistribuées par l'écran de bulle sur la morphologie du lit a également été étudié. Les conditions expérimentales des expériences citées dans ce rapport sont résumées dans le Tableau 1.

*Velocity measurements are carried out with high spatial and temporal resolution by means of an Acoustic Doppler Velocity Profiler (ADVP) on a refined grid. Bed topography is measured by means of a laser distometer and the water surface by means of a point gauge.*

*Several experiments have been accomplished in order to investigate interactions between the base flow and the bubble-induced secondary flow. Furthermore, the impact of the redistribution of the velocity patterns induced by the bubble screen on the bed morphology has been investigated. Experimental conditions of the reported experiments are summarized in Table 1.*

Label	Q [L/s]	H [m]	U [m/s]	Fr [-]	P [kPa]	B/H [-]
H10_p6	-	0.107	-	-	600	12.1
H15_p6	-	0.157	-	-	600	8.3
V30_H15_p6	58.5	0.159	0.28	0.23	600	8.2
M57_14_00	57	0.143	0.31	0.26	500	9.1
MB55_14_00	55	0.140	0.31	0.26	500	9.3

Q est le débit d'eau / water discharge, H la profondeur moyenne / mean water depth, U la vitesse longitudinale moyenne / mean longitudinal velocity, Fr le nombre de Froude / Froude number, P la pression de l'alimentation en air / the air pressure and B la largeur du canal / width of the flume.

Table 1: Conditions expérimentales / Experimental conditions

Les expériences sans écoulement ont montré que la force et l'amplitude du courant secondaire créé par les bulles sont fortement dépendantes du ratio largeur/profondeur  $B/H$  et augmentent avec la profondeur (Figure 2). A l'opposé, le débit d'air semble avoir un effet mineur sur ce courant secondaire.

*Still water experiments have shown that the strength and the size of the bubble-induced secondary flow are controlled by the width-to-depth ratio  $B/H$  and increase with the water depth (Figure 2). On the contrary, the air bubble flux seems to have a minor impact on the secondary flow*

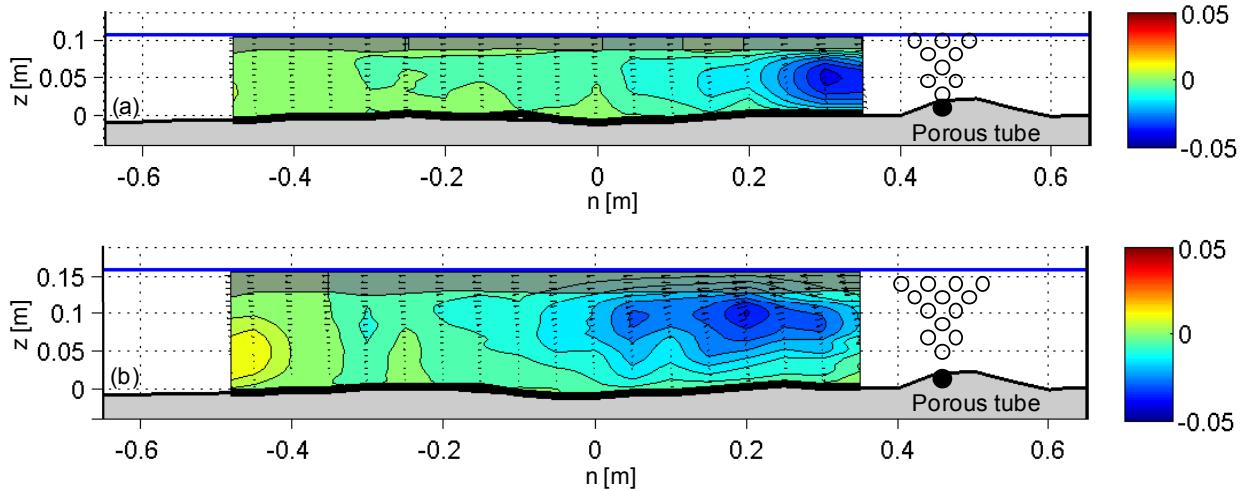


Figure 2 : Vitesses moyennes verticales superposées avec le courant de recirculation ( $v_n$ ,  $v_z$ ) dans la section située à 2 m avant l'entrée du coude pour les expériences H10\_p6 (a) et H15\_p6 (b) / *Measured patterns of the vertical velocity with the patterns of secondary flow ( $v_n$ ,  $v_z$ ) in the cross-section at -2 m in the upstream straight part of the flume in the H10\_p6 (a) and H15\_p6 (b) experiments*

Les expériences avec un écoulement longitudinal ont révélé qu'une augmentation de la vitesse axiale moyenne du courant principal conduit à une réduction de la force du courant secondaire des bulles (Figure 3).

*Open-channel straight flow experiments with a bubble screen have revealed that an increase in longitudinal velocity of the base flow leads to a reduction in the strength of the bubble-induced secondary flow (Figure 3).*

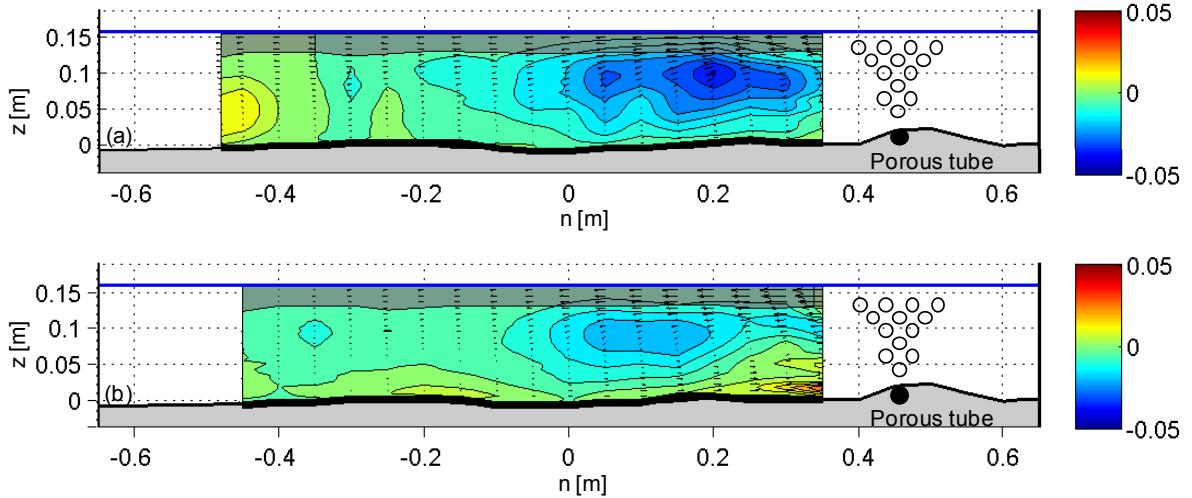


Figure 3 : Vitesses moyennes verticales superposées avec le courant de recirculation ( $v_n$ ,  $v_z$ ) dans la section située à 2 m avant l'entrée dans le coude pour les expériences H15\_p6 (a) et V30\_H15\_p6 (b) / *Measured patterns of the vertical velocity with the patterns of secondary flow ( $v_n$ ,  $v_z$ ) in the cross-section at -2 m in the upstream straight part of the flume in the H15\_p6 (a) and V30\_H15\_p6 (b) experiments*

Plusieurs expériences de courte durée avec recirculation de sédiment (débit solide  $q_s=0.025 \text{ kg}/(\text{m.s})$ ) ont été réalisées afin d'optimiser la position du tube poreux pour maximiser le courant secondaire des bulles ainsi que la morphologie induite. La comparaison de trois différents emplacements

*Several short-term experiments under live-bed conditions (solid discharge  $q_s=0.025 \text{ kg}/(\text{m.s})$ ) have been performed in order to determine the optimized position of the porous tube to maximize the bubble-induced flow and morphology structures. Comparison of three different locations of the porous tube shows*

a montré que l'écran de bulles réduit l'érosion pour toutes les configurations mais est plus efficace lorsqu'il est placé très près de la rive extérieure.

Des expériences sans recirculation de sédiment avec et sans écran de bulles ont montré que l'écran de bulles peut redistribuer le champ de vitesses dans le coude et agit ainsi directement sur la morphologie du lit en contrant les vitesses descendantes maximales.

La Figure 4 illustre en détail la topographie des deux expériences. Sans l'écran de bulles, un banc est formé près de la rive intérieure entre les sections 30° et 150° dans le coude. L'érosion maximale est de 25 cm en dessous du niveau moyen du lit. Avec l'écran de bulles, le lit est en général plus plat que sans les bulles. Cependant, une érosion de 12 cm en dessous du niveau moyen du lit, associée à un petit banc peut être observée dans la partie amont du coude.

*that the bubble screen reduces in all configurations the erosion, but is more efficient when placed very near the outer bank.*

*Clear-water scour experiments on a mobile bed with and without bubble screen have shown that the bubble screen can redistribute the velocity patterns in the bend and acts directly on the bend morphology by avoiding maximal descending velocities near the outer bank.*

*Figure 4 illustrates in detail the morphology for the two experiments. Without bubble screen, a bar is formed at the inner bank between the cross-sections located at 30° and 150° in the bend. Maximum scour depth is about 25 cm under the flume-averaged bed level. In the bubble experiment, the bed level is in general much flatter than in the reference experiment. However, a scour hole with a maximum depth of 12 cm under the flume-averaged level associated to a small bar can be noticed in the upstream part of the bend.*

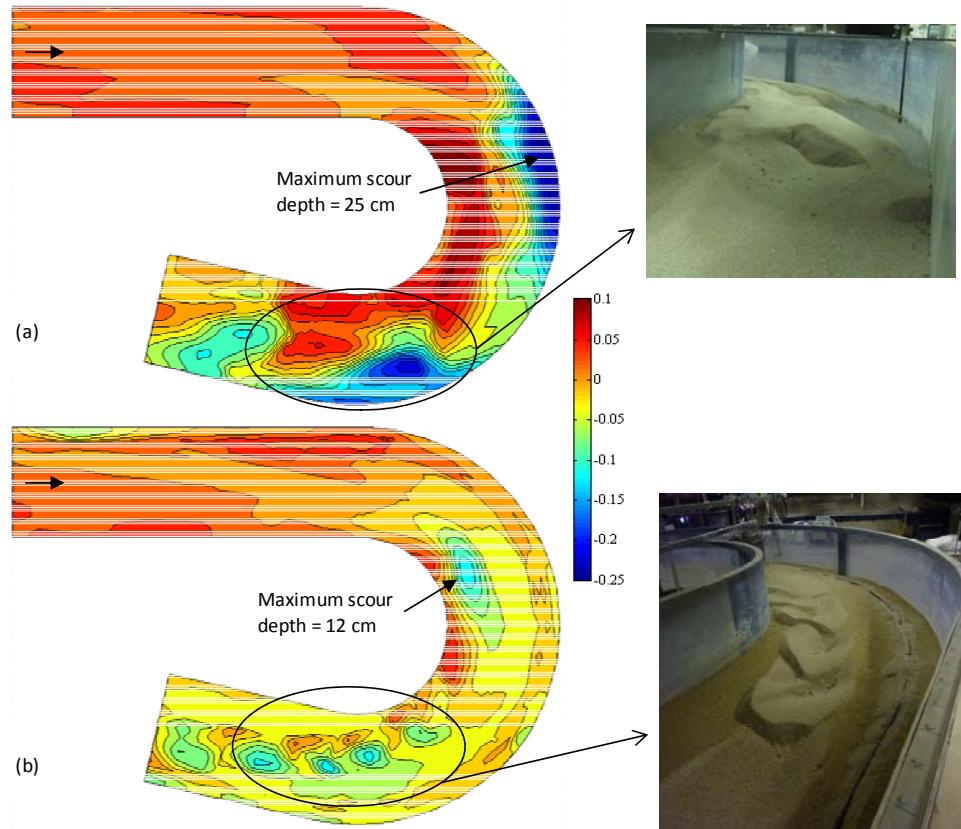


Figure 4 : Topographies avec un intervalle de 2 cm obtenues par altimétrie laser pour les expériences M57\_14\_00 (a) et MB55\_14\_00 (b). La même échelle de couleur a été utilisée pour simplifier les comparaisons. Les photos permettent de visualiser les formes mésoscopiques dans la partie aval du coude / *Isolines of the bed level with an interval of 0.02 m derived from laser altimetry measurements for the M57\_14\_00 (a) and MB55\_14\_00 (b) experiments. The same colour scale has been used to simplify comparison. The pictures provide visualization of the mesoscopic bedform features in the downstream part of the bend.*

Ces deux expériences démontrent que l'écoulement peut être redistribué par l'écran de bulles et affecte ainsi directement la morphologie du lit. Avec l'écran de bulles, la région des vitesses maximales descendantes est déplacée de la rive extérieure vers l'intérieure, provoquant ainsi une réduction de l'érosion.

Ces résultats devront être confirmés par des mesures complémentaires axées sur l'impact de la recirculation de sédiment ainsi que sur les effets d'échelle.

Recherche financée par le FNS (Fond National Suisse de la recherche scientifique, contrat N° 200021-125095).

Doctorante : Violaine Dugué

*These two experiments show that the flow can be redistributed by the bubble screen and affects directly the bed morphology. With the bubble screen, the core of descending velocities is shifted from the outer bank to near the inner bank, resulting in reduction of scouring at the outer bank.*

*These first results need to be confirmed by additionnal experiments that investigates the influence of long-term live bed-experiments and scale effects.*

*Research financed by the Swiss National Science Foundation (SNF, Contract N° 200021-125095).*

*Ph.D. student: Violaine Dugué*

### **1.1.6 Gestion des crues en temps réel sur un bassin versant complexe avec un système d'aide à la décision basé sur des prévisions hydrologiques**

**- Projet MINERVE / Flood management in a complex river basin with a real-time decision support system based on hydrological forecasts - MINERVE Project**

Durant les dernières décennies, le bassin versant supérieur du Rhône a été touché par des événements de crues qui ont causé d'importants dommages, dont les coûts ont dépassé les 500 millions de Francs Suisses. De cette situation est né le projet de la Troisième Correction du Rhône, dont l'objectif est d'améliorer la protection contre les crues du Rhône alpin dans les cantons de Vaud et du Valais. Dans ce contexte, le système MINERVE cherche à contrôler les débits pendant les événements de crues dans ce bassin versant, en tirant avantage du réseau d'aménagements hydroélectriques et des réservoirs existants. Ce système joue aussi un rôle dans le projet national OWARNA de l'Office Fédérale de l'Environnement dont le but est de mettre en place une plateforme nationale sur les niveaux d'alarme des dangers naturels.

La surface contributive du bassin versant supérieur du Rhône possède de hautes montagnes et de grands glaciers. Sa superficie est de 5521 km<sup>2</sup> et son altitude varie de 400 à 4634 m. s.m. Plusieurs aménagements hydroélectriques présentant de grands barrages et réservoirs sont situés sur ce bassin, influençant donc le régime hydrologique. Leur impact sur les crues peut ainsi être significatif. De la même façon, des opérations préventives appliquées sur ces

*During the last decades, the Upper Rhone River basin has been hit by several flood events causing significant damages in excess of 500 million Swiss Francs. From this situation, the 3rd Rhône river training project was planned in order to improve the flood protection in the Upper Rhone River basin in Vaud and Valais Cantons. In this framework, the MINERVE forecast system aims to contribute to a better flow control during flood events in this catchment area, taking advantage of the existing hydropower multi-reservoir network. This system also fits into the OWARNA national project of the Swiss Federal Office of Environment by establishing a national platform on natural hazards alarms.*

*The Upper Rhone River basin has a catchment area with high mountains and large glaciers. The surface of the basin is 5521 km<sup>2</sup> and its elevation varies between 400 and 4634 m a.s.l. Numerous hydropower schemes with large dams and reservoirs are located in the catchment area, influencing the hydrological regime. Their impact during floods can be significant as appropriate preventive operations can decrease the peak discharges in the Rhone River and its main tributaries, thus reducing the damages.*

*The MINERVE forecast system exploits flow measurements, data from reservoirs and hydropower plants as well as probabilistic*

installations sont capables de diminuer la pointe de débit dans le Rhône et ses affluents, réduisant ainsi les dommages.

Le système MINERVE s'appuie sur les débits observés, les caractéristiques des réservoirs et des aménagements hydroélectriques ainsi que sur les prévisions météorologiques d'ensemble COSMO-LEPS et les prévisions déterministes COSMO-7 et COSMO-2 fournies par l'Office Fédéral de Météorologie et de Climatologie, MétéoSuisse. Le modèle hydrologique suit un approche semi-distribué et contient 239 sous-bassins divisés en 1050 bandes d'altitude permettant de prendre en compte les processus liés à la température, tel que la fonte des neiges ou des glaciers. Pour chaque bande d'altitude, la précipitation, la température et l'évapotranspiration potentielle sont calculés.

Le modèle hydrologique a été implémenté dans le logiciel Routing System dont la conception orientée objets permet la prise en compte et la modélisation aisée des processus hydrologiques, hydrauliques et opérationnels. Les données météorologiques (observées et prévues) sont introduites comme input dans le modèle. Durant les périodes de calage et de validation du modèle, seules des données observées (précipitation, température et débit) sont utilisées. Pour la prévision opérationnelle des crues, les observations sont utilisées pour la mise à jour des conditions initiales du modèle hydrologique, et les prévisions météorologiques pour les simulations hydrologiques.

Routing System fournit ensuite des prévisions hydrologiques sur tout le bassin versant. Ensuite, un système d'avertissements développé spécialement pour ce bassin fournit un rapport d'avertissements des crues. Celui-ci décrit l'évolution de la situation hydrologique aux principaux points de contrôle du bassin versant. Finalement, trois niveaux successifs d'avertissements sont affichés en fonction des seuils respectifs de débits critiques.

De plus, le système à multi-réservoirs est géré de manière optimale afin de limiter ou d'éviter les dommages pendant les crues. Un système d'aide à la décision appelé MINDS (MINERVE Interactive Decision Support System) a été développé pour la prise de décision en temps réel basé sur les prévisions hydrologiques (Figure 1).

(COSMO-LEPS) and deterministic (COSMO-2 and COSMO-7) numerical weather predictions from MeteoSwiss. The MINERVE hydrological model of the catchment area follows a semi-distributed approach. The basin is split into 239 sub-catchments which are further subdivided into 500 m elevation bands, for a total of 1050 bands. For each elevation band, precipitation, temperature and potential evapotranspiration are calculated. They are considered in order to describe the temperature-driven processes accurately, such as snow and glaciers melt.

The hydrological model was implemented in the Routing System software. The object oriented programming environment allows a user-friendly modelling of the hydrological, hydraulic and operating processes. Numerical meteorological data (observed or predicted) are introduced as input in the model. Over the calibration and validation periods of the model, only observed data (precipitation, temperature and flows) was used. For operational flood forecast, the observed measurements are used to update the initial conditions of the hydrological model and the weather forecasts for the hydrological simulations.

Routing System provides then hydrological predictions in the whole catchment area. Subsequently, a warning system was developed especially for the basin to provide a flood warning report. The warning system predicts the evolution of the hydrological situation at selected main check points in the catchment area. It displays three warning levels during a flood event depending on respective critical discharge thresholds.

Furthermore, the multi-reservoir system is managed in an optimal way in order to limit or avoid damages during floods. A decision support tool called MINDS (MINERVE Interactive Decision Support System) has been developed for real-time decision making based on the hydrological forecasts (Figure 1).

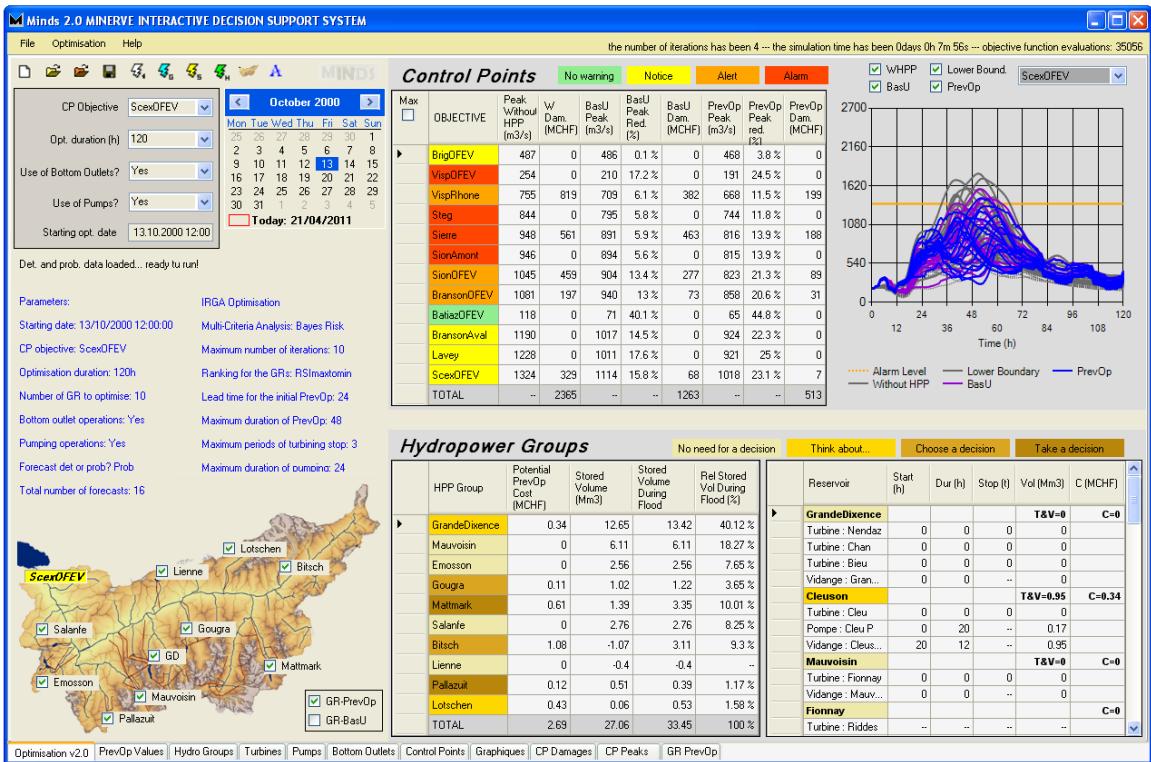


Figure 1: Fenêtre principale de MINDS / Main interface of MINDS

Cet outil propose des mesures préventives de turbinage ou de vidange des réservoirs aux opérateurs des aménagements hydroélectriques afin d'obtenir une capacité de stockage optimale.

This tool defines preventive operation measures for the hydropower plants such as turbine and bottom outlet releases able to provide an optimal water storage during the flood peak (Figure 2).

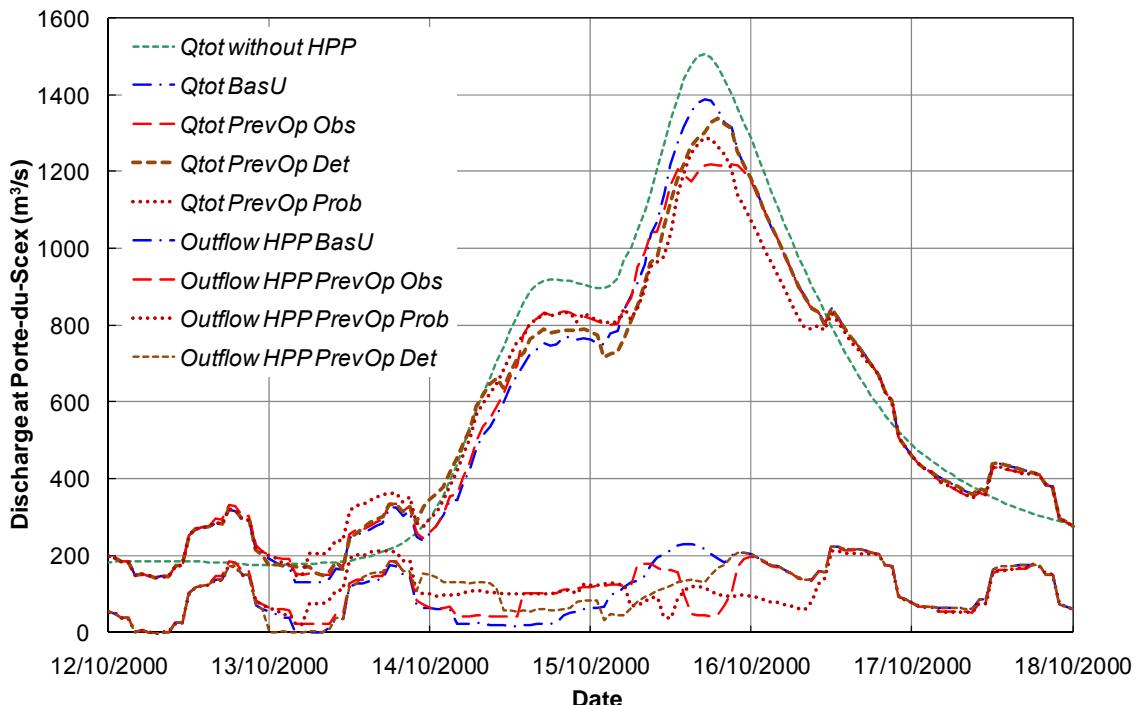


Figure 2: Hydrogrammes finals après utilisation des prévisions hydrologiques et opérations préventives, Crue d'octobre 2000, Porte du Scex / Final hydrographs using hydrological forecasts and preventive operations, October 2000 flood, Porte-du-Scex

Le but est de retenir les débits entrants dans les réservoirs pendant les crues et de stopper la restitution pendant les pointes de crue, en prenant en compte toutes les restrictions et les conditions actuelles du réseau. Une telle gestion des réservoirs permet de limiter les dommages dans le bassin dus aux crues (Figure 2).

L'optimisation des réservoirs pour la gestion des crues est réalisée à l'aide de prévisions déterministes et probabilistes. La fonction objective pour l'optimisation est définie en suivant une méthodologie d'aide à la décision multi-attribut. Ensuite, l'optimisation est calculée soit avec un algorithme Greedy, soit avec un algorithme SCE-UA (Shuffled Complex Evolution – University of Arizona). Le système d'aide à la décision développé combine la grande qualité du système d'optimisation avec une interface conviviale. Le but est d'aider les décisionnaires à être impliqués directement dans les principales démarches à suivre dans la prise de décisions ainsi qu'à comprendre les mesures entreprises et leurs conséquences.

Recherche financée par les cantons du Valais et de Vaud et par l'Office fédéral de l'environnement (OFEV)

Doctorant : Javier García Hernández

*The overall goal of MINDS is then to retain the inflowing floods in reservoirs and to avoid spillway and turbine operations during the peak flow, taking into account all restrictions and current conditions of the network. Such a reservoir management system can therefore significantly decrease flood damages in the catchment area.*

*The reservoir management optimisation during floods is achieved with deterministic and probabilistic forecasts. The definition of the objective function to optimise is realised with a multi-attribute decision making approach. Then, the optimisation is performed with an iterative Greedy algorithm or a SCE-UA (Shuffled Complex Evolution – University of Arizona) algorithm. The developed decision support system combines the high-quality optimisation system with its user-friendly interface. The purpose is to help decision makers by being directly involve in main steps of the decision making process as well as by understanding the measures undertaken and their consequences.*

*Research funded by the Cantons of Valais and Vaud and the Swiss Federal Office of Environment (FOEN)*

*Ph.D. student : Javier García Hernández*

### **1.1.7 Influence de l'élargissement de l'affluent dans la morphodynamique d'une confluence / Influence of tributary widening on confluence morphodynamics**

Dans les régions alpines d'Europe, les aménagements des cours d'eau ont généralement transformé les larges rivières en tresse en systèmes linéaires caractérisés par un manque de diversité structurale, à savoir de bancs de graviers, d'îles, de rapides et de zones calmes. Ces interventions ont considérablement appauvri les valeurs écologiques. A partir de la fin du 20<sup>ème</sup> siècle, "la réhabilitation des cours d'eau" est devenue un concept couramment utilisé par les professionnels dans le domaine de l'environnement et par les autorités responsables de la gestion des cours d'eau. Le but de la réhabilitation est de reconstituer l'espace vital nécessaire au cours d'eau qui a été fortement dégradé par les interventions humaines. Ce concept associe une utilisation durable des cours d'eaux avec le bien-être des

*In alpine regions of Europe, river training works were typically the reason for the transformation of wide and braided rivers into linear river systems with a lack of structural diversity, i.e. gravel banks, islands, woody debris, riffles or pools. These interventions considerably impoverished river ecosystems. From the end of the 20<sup>th</sup> century, "river rehabilitation" has been a concept commonly used by environmental professionals and river management authorities. The rehabilitation purpose is to recover the vital space required for the rivers that were degraded by human interventions and to link the sustainable use of rivers and wetlands with human well-being. Furthermore the flood safety has to be adapted to the higher hydrological risk resulting from increased urbanization. A good understanding of the flow dynamics, sediment*

communautés riveraines. En plus, les protections contre les crues doivent être adaptées aux risques hydrologiques liés à l'urbanisation croissante. La compréhension de la dynamique de l'écoulement, du transport des sédiments et de l'évolution morphologique est essentielle pour accomplir avec succès les projets de réhabilitation des cours d'eaux.

Les confluences alpines sont généralement caractérisées par des petits cours d'eaux à forte pente dont le lit est formé par des graviers qui se connectent asymétriquement à la rivière principale avec des grands angles. Pendant les crues, les petits affluents transportent des quantités importantes de sédiments. Ces zones présentent des défis importants, non seulement pour la protection contre les crues, mais aussi pour les travaux de réhabilitation. Les connaissances actuelles sur les confluences sont principalement basées sur les régions de plaine et ne sont pas applicables aux confluences alpines.

La morphodynamique des confluences est étudiée expérimentalement avec une attention particulière sur le potentiel de l'élargissement local de l'affluent dans le cadre de projets de réhabilitation des confluences. L'élargissement vise à augmenter la variabilité des sédiments dans le substrat, de la profondeur d'écoulement et de la vitesse d'écoulement, ce qui est favorable pour le développement des habitats (par exemple, des invertébrés aquatiques, des poissons et de la végétation) et pour la connectivité latérale des réseaux fluviaux. Les zones d'eau calmes (stagnation et/ou recirculation) présentes dans les zones élargies peuvent jouer un rôle important en tant que refuges en cas de crues. En outre, un élargissement local de l'affluent peut créer une zone riveraine qui favorise la diversité des plantes et des animaux (oiseaux, mammifères, insectes, amphibiens). De toute évidence, la réhabilitation des cours d'eau par le biais d'un élargissement de l'affluent n'est possible que si elle a des effets négatifs négligeables sur la protection contre les crues dans les zones des confluences.

L'installation expérimentale et les configurations testées sont basées sur le Rhône en Suisse et sont représentatives des confluences aménagés trouvées en zone alpine. Les essais systématiques ont été effectués dans une confluence où le canal principal a une longueur de 8.5 m et une largeur de 0.50 m. L'affluent, d'une longueur de 4.9 m et d'une largeur de 0.15 m, se connecte au canal

*transport patterns and of the development of the bed morphology is essential to successfully accomplish river rehabilitation projects.*

*Alpine confluences are typically characterized by steep gravel-bed streams carrying large sediment loads, which often connect asymmetrically at large angles with the main river. Such zones present important challenges, not only for flood protection but also for rehabilitation works. Current knowledge of river channel confluences, mainly based on lowland confluences is not applicable to alpine conditions.*

*The morphodynamics of confluences have been experimentally investigated with special attention to the potential of local tributary widening in the framework of confluence rehabilitation projects. Local widening of the tributary in the confluence zone aims to increase the heterogeneity in sediment substrate, flow depth and flow velocity, which is favourable for in-stream habitat (e.g. aquatic invertebrates, fish, and vegetation) and for the connectivity between the main river and the tributary. Zones of quiescent water (flow stagnation or flow recirculation zones) may play an important role as refuges during flood events. Moreover, a local tributary widening can create a riparian zone which favours the diversity of plants and animals (e.g. birds, mammals, insects, amphibians). Obviously, river rehabilitation by means of local tributary widening is only feasible if it has negligible adverse effects on the flood safety of the confluence zones.*

*The experimental set-up and the test configurations are based on the analysis of the Upper Rhone River, in Switzerland, which can be considered as representative of regulated alpine river confluences. Systematic laboratory experiments were performed in a confluence flume where the main channel is 8.5 m long and 0.50 m wide. A 4.9 m long and 0.15 m wide tributary channel is connected at an angle of 90°. Three discharge scenarios were tested for four different geometrical configurations: a reference case (without widening) and three different tributary widenings: the "Small" configuration, ( $B_w = 0.30\text{ m}$  and  $L_w = 0.45\text{ m}$ , the "Medium" configuration ( $B_w = 0.45\text{ m}$  and  $L_w = 0.45\text{ m}$ ) and the "Large" configuration ( $B_w = 0.45\text{ m}$  and  $L_w = 0.60\text{ m}$ ). Each experiment was conducted under steady flow conditions in the main and tributary channels and with a steady supply of*

principal avec un angle de 90°. Trois scénarios de débit ont été testés dans quatre configurations différentes de la confluence : une configuration de référence (sans élargissement) et trois élargissements. Chaque essai a été réalisé avec des conditions stationnaires de débit dans l'affluent et dans le canal principal et un débit solide constant constitué par des sédiments avec une granulométrie étendue ( $d_{50} = 0.82 \text{ mm}$  et  $d_{90} = 5.7 \text{ mm}$ ) dans l'affluent. Il n'y a pas de transport de sédiments dans le canal principal en amont de la confluence. Tous les essais ont été menés jusqu'à ce que les conditions d'équilibre soient atteintes, ce qui durait entre 22 et 24 heures.

*poorly sorted sediments ( $d_{50}=0.82 \text{ mm}$  and  $d_{90} = 5.7 \text{ mm}$ ) at the tributary. There is no sediment transport in the main channel upstream of the confluence. All experiments were conducted until the equilibrium conditions were reached. The duration of the tests varied between 22 and 24 hours.*

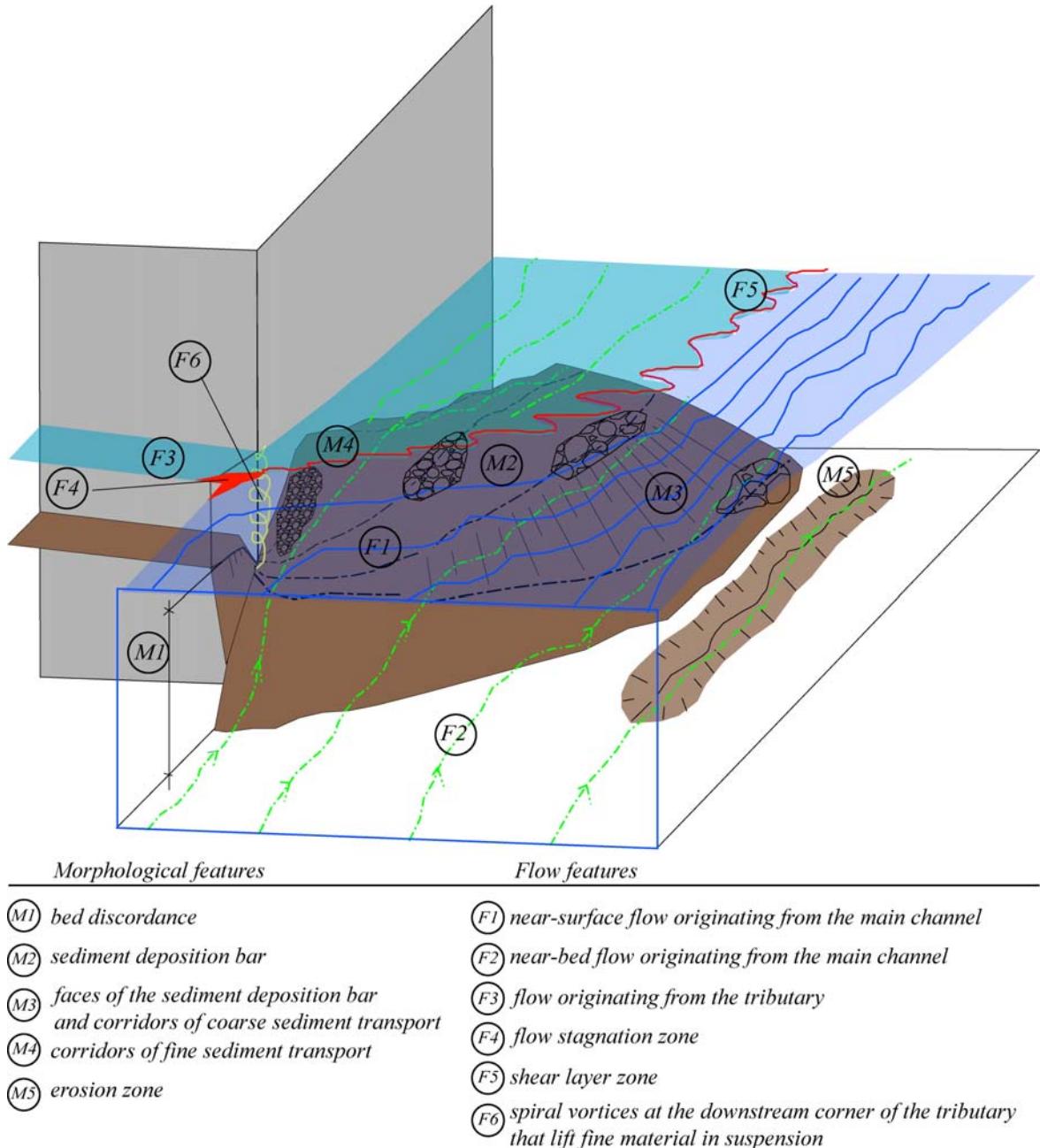


Figure 1: Modèle conceptuel des processus hydro-morpho-sédimentaires dans des confluences alpines / Conceptual model for hydro-morpho-sedimentary processes in alpine river confluences

Les mesures du champ de vitesse en trois dimensions, de la turbulence, de la granulométrie des matériaux déposés et de la morphologie ainsi que les observations du transport de sédiments pour la configuration de référence ont révélé que les processus hydro-morpho-sédimentaires agissant sur les confluences alpines sont fondamentalement différents de ceux décrits par des modèles existants sur la morphodynamique des confluences.

Par conséquent, un modèle conceptuel expliquant les principaux processus hydrauliques et morphologiques dans les zones de confluences avec caractéristiques similaires à celles trouvées dans les environnements alpins est proposé. Le modèle est validé par les trois essais expérimentaux menés dans la configuration de référence avec différents rapports de débit ainsi que par des observations sur les confluences du Rhône. La morphologie des confluences alpines est caractérisée par la présence d'un banc important en aval de la confluence. Les différences entre les profondeurs de l'écoulement dans l'affluent et dans le canal principal conduisent à la formation d'une discordance entre les lits. De plus, aucune zone d'érosion significative n'est créée. En ce qui concerne l'hydrodynamique, la quantité de mouvement introduite par l'affluent, associée à la présence du banc, provoque une redistribution des masses considérable dans la zone de confluence, induisant une déviation de l'écoulement principal vers la rive externe. L'écoulement principal près du fond est peu obstrué par l'affluent, donnant naissance à une structure de l'écoulement à deux couches dans l'embouchure de l'affluent. L'écoulement à deux couches joue un rôle important en empêchant la formation d'une zone de recirculation en aval de la confluence. Le banc en aval de la confluence réduit la surface d'écoulement et provoque son accélération. Les sédiments transportés par l'affluent sont triés et transportés sur le parement du banc. La capacité de transport des sédiments est accrue par la tridimensionnalité de l'écoulement, qui se caractérise par des vitesses maximales près du fond et par une augmentation considérable de l'énergie cinétique turbulente générée dans la zone de cisaillement à l'interface des écoulements confluentes.

Les essais en laboratoire indiquent que

*Measurements of the three-dimensional velocity field, turbulence, bed material grain size distribution and morphology as well as observations of the sediment transport in the confluence flume for the reference case revealed that the hydro-morpho-sedimentary processes occurring in alpine confluences differ fundamentally from existing conceptual models of confluence morphodynamics.*

*Therefore, a conceptual model for the main hydraulic and morphological processes occurring in confluences with characteristics similar to those found in alpine environments is proposed. Bed morphology in alpine confluences is characterized by the presence of a significant deposition bar downstream of the confluence. Differences between the water depths in the tributary and in the main channel induce the formation of large bed discordance between the confluent channels. Moreover, no considerable scour hole is observed. Regarding the flow, the tributary momentum input, associated with the presence of the deposition bar resulted in a considerable mass redistribution in the confluence zone as the main flow is deviated towards the outer bank. The main channel flow moves beneath the tributary in the lower part of the water column, giving rise to a two-layer flow structure at the tributary mouth. The two-layer flow plays an important role in dampening the formation of a flow recirculation zone downstream of the confluence. The deposition bar downstream from the confluence reduces the flow area and causes flow acceleration. The sediment supplied by the tributary is mainly sorted and transported on the face of the deposition bar. The sediment transport capacity is further increased by the three-dimensionality of the flow. It is characterized by maximum velocities occurring near the bed and by a considerable increase in turbulent kinetic energy generated in the shear layer at the interface of the flows originating from the main channel and the tributary.*

*Laboratory experiments revealed that the local widening of tributaries creates a pronounced heterogeneity in the sediment substrate, flow velocities and flow depths, without having any adverse effects on flood safety in the confluence zone. Although the local tributary widening allows a reduction in the confluence angle, it locally amplifies the hydro-morpho-sedimentary processes in the confluence zone. This is due to the reduction of the effective flow area in the local tributary*

l'élargissement local des affluents conduit à une variabilité importante des substrats du lit, des vitesses d'écoulement et aussi des profondeurs d'écoulement. Cette augmentation de variabilité n'est pas contre pas associée à des effets adverses concernant la sécurité contre les crues dans la zone de la confluence. Bien que l'élargissement local de l'affluent permette une réduction de l'angle de confluence, il amplifie localement les processus hydro-morpho-sédimentaire dans la zone de confluence. Cela est dû à la réduction de la surface de l'écoulement dans la zone élargie, ce qui entraîne une augmentation de vitesse de l'écoulement. La réduction de la surface de l'écoulement est due à l'élévation générale du niveau du fond et par une constriction latérale de l'écoulement induite par une zone de stagnation d'écoulement dans le coin à l'amont de la confluence. L'augmentation de vitesse dans la zone élargie conduit à l'augmentation de la discordance du fond et à une plus grande pénétration de l'affluent dans la zone de confluence.

Même si la morphodynamique des zones élargies répond différemment aux scénarios de débit et à la forme de l'élargissement, un élargissement local de l'affluent améliore toujours l'hétérogénéité morphodynamique de la zone de confluence, sans toutefois provoquer d'effets négatifs sur la protection contre les crues dans des conditions d'équilibre. En plus, le degré de liberté spatial donné par l'élargissement, associé aux différentes combinaisons de débits dans le cours d'eau principal et dans le tributaire peut conduire à la formation des différentes formes du lit, ce qui est favorable à l'amélioration de la connectivité latérale. Ainsi, un élargissement local de l'affluent peut être considéré comme une solution efficace pour augmenter le potentiel écologique des systèmes fluviaux sans réduire leur capacité de transport.

Le présent projet de recherche fait partie du projet interdisciplinaire appelé "Integrales Flussgebietsmanagement" (aménagement intégral de cours d'eau). Le projet est financé par l'Office Fédéral de l'Environnement (OFEV) et les partenaires sont le LCH-EPFL, l'EAWAG, le WSL et la VAW-ETH à Zurich.

Doctorant : Marcelo Leite Ribeiro

widening, resulting in locally increased tributary velocities and momentum flux. This reduction of the effective flow area occurs due to a general rise of the bed elevation and by a lateral constriction of the flow induced by a zone of flow stagnation at the upstream confluence corner. Flow coming from the tributary remains in the upper part of the water column in the main river and it is considerably more directed outwards than flow in the lower part of the water column coming from the main channel. The increased tributary velocities lead to increased bed discordance and a higher tributary penetration in the confluence zone.

*Despite the different morphodynamic responses at the widened zones depending on the geometry and the discharge ratio, the local tributary widening always enhance the variability of flow depths, bed constitution and flow velocities without causing adverse effects on the morphodynamics of the tributary and main channels in equilibrium conditions. Furthermore, the lateral freedom obtained by the local widening associated to the different combinations of the main and tributary discharge events further allows the formation of different bed forms, which contributes to the improvement the lateral connectivity of regulated networks.*

*Therefore, local tributary widening can be considered as an efficient solution for increasing the ecological potential of fluvial systems without reducing the conveyance capacity of a given network.*

*The present research project is a topic of the interdisciplinary project called "Integrales Flussgebietsmanagement" (Integrated River Basin Management). The project is financed by the Swiss Federal Office of Environment (FOEN) and the project partners are the LCH-EPFL, EAWAG, WSL and VAW-ETH Zurich.*

*Ph.D. student : Marcelo Leite Ribeiro*

### 1.1.8 Etude expérimentale de refuges à poissons aménagés dans les berges de rivières soumises aux éclusées hydroélectriques / Experimental study of fish shelters in riverbanks of rivers submitted to hydropoeaking

En contrebas des aménagements hydroélectriques à accumulation d'eau, les rivières subissent des variations de débit rapides, fréquentes et intenses, assujetties aux impératifs de la production d'électricité. Soumises à ce régime d'éclusées les populations de poissons subissent un déclin avéré. Dans la recherche de solutions d'atténuation, des refuges aménagés dans les berges constituent une mesure de protection des poissons contre les vitesses d'écoulement excessives. Le présent projet fournit les bases de conception de tels refuges. Le processus de recherche est basé sur des expérimentations avec des poissons, menées dans un canal construit à cet effet, qui comporte un refuge (Figure 1).

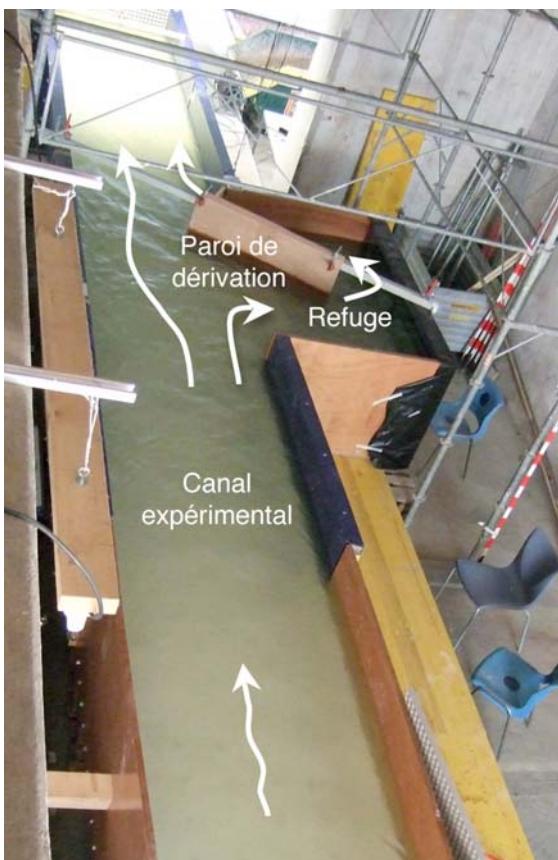


Figure 1: Canal expérimental de la Maigrauge, Fribourg (Suisse) / Experimental channel in the former powerhouse of the Maigrauge dam, Fribourg (Switzerland)

Le principe consiste à générer des conditions hydrodynamiques qui, d'une part sont incommodantes dans le canal et qui, d'autre part, attirent le poisson vers le refuge. Le paramètre significatif est la distribution de la

Downstream of hydroelectric storage dams, the rivers suffer from rapid, frequent and intense flow variations linked to the power production constraints. Subjected to this hydropoeaking phenomenon, the fish population suffers from a known decline. In the research of mitigation solutions, shelters in riverbanks are a protection measure against excessive flow velocities. This project gives the design basis for such shelters. The research process is based on experimentations with fish swimming in a canal built on purpose with a lateral embayment (Figure 1).

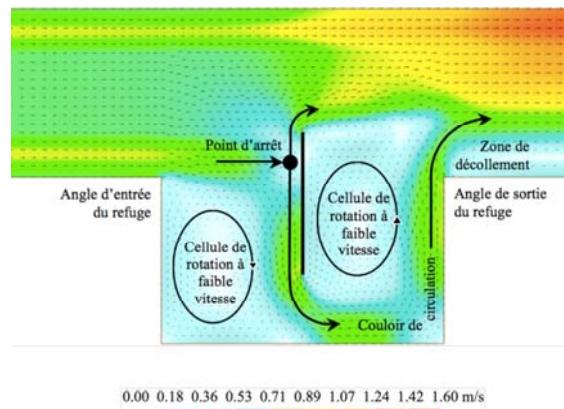


Figure 2: Champ de vitesses simulé avec BASEMENT 2D, pour la configuration C1, éléments significatifs de l'écoulement / Velocity fields simulated with BASEMENT 2D for the C1 configuration, significant elements of the flow

The principle is to generate hydrodynamic conditions that are uncomfortable in the canal on one hand and attracts the fish to the shelter on the other hand. The significant parameter is the flow velocity distribution in the

vitesse d'écoulement à l'interface entre le canal et le refuge. Le taux de présence de poissons dans le refuge peut être considéré comme l'indicateur de performance.

D'une longueur utile de 12m, pour 1.2m de large, le canal est alimenté en eau de rivière. Il comporte à mi-longueur, un élargissement unilatéral de 1.2m, en forme de créneau rectangulaire, d'une longueur de 2.0m. Au début de chaque essai, 10 à 20 juvéniles de truites fario sont placées dans le canal où s'écoule le débit de base de 10 l/s avec une vitesse moyenne de 0.1 m/s. Puis elles sont exposées durant 3 heures à un débit d'éclusée de 220 l/s. La vitesse moyenne est alors de 1 m/s dans le canal. La position des poissons est repérée chaque 20 minutes et leurs mouvements sont filmés en continu dans le secteur du refuge. Les premiers essais se sont déroulés avec une configuration de base du refuge de forme rectangulaire. Le taux de présence n'était alors que de 35%. Ce taux a doublé grâce à l'installation d'un épi de dérivation qui force un échange d'eau entre le canal et le refuge (Figure 2). Par la suite, la position et l'angle d'orientation de cet épi ont été systématiquement variés dans le but de maximiser le taux de présence. Ainsi, 12 configurations ont été testées à 3 reprises chacune (Figure 3). Les débits dérivés dans le refuge sont calculés par simulation numérique 2D. Par l'analyse de la position des poissons, le taux de présence moyen est établi pour chaque configuration (Figure 4).

*intersection between the main channel and the lateral fish shelter. The frequentation rate of fish in the shelter can be considered as the performance indicator.*

*With a length of 12 m and a width of 1.2 m, the canal is supplied with freshwater from a river. At mid-length, the canal holds a one side enlargement of 1.2 m, shaped like a rectangular gap of 2 m long. For each test, after a steady flow of 10 l/s with a mean velocity of 0.1 m/s, 10 to 20 juvenile brown trout are suddenly exposed during 3 hours to a hydropeaking flow of 220 l/s. At that time, the mean velocity in the canal is of 1 m/s. The fish position is observed every 20 minutes and their movements are recorded continuously in the shelter sector. The first tests have been conducted with a basic rectangular shelter configuration. The frequentation rate was only of 35%. This rate has doubled by introducing a deviation groyne that enforced a water exchange between the canal and the shelter (Figure 2). Following this experiment, the position and the orientation angle of the groyne have been systematically varied with the purpose of maximising the frequentation rate. This way, 12 configurations have been tested 3 times each (Figure 3). The flows transiting in the shelter are calculated using a 2D numerical simulation. By analysing the fish positioning, the mean frequentation rate is determined for each configuration (Figure 4).*

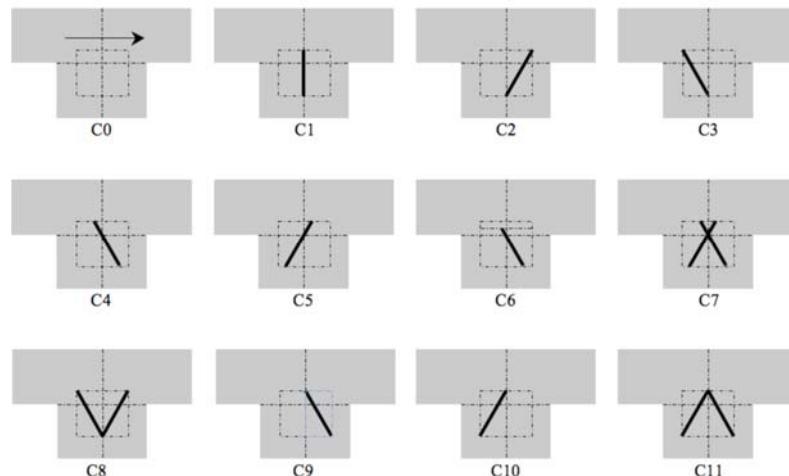


Figure 3 : Configurations de refuges testées. Le trait gros représente la paroi de dérivation / *Tested configurations of the shelter. The bold line represents the deviation groyne*

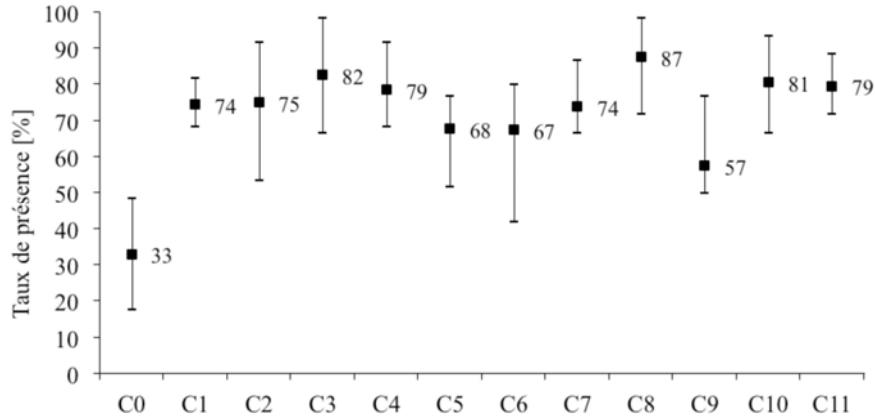
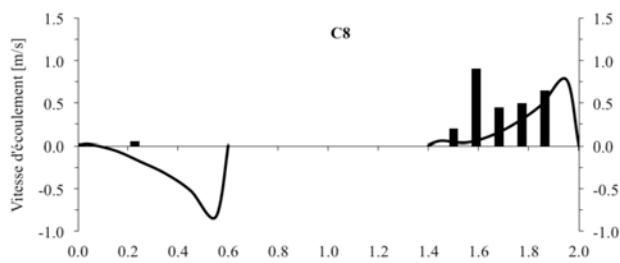


Figure 4: Taux de présence dans le refuge, moyennés sur 3 essais relatifs à chaque configuration, valeurs maximales, moyennes et minimales, avec mention chiffrée des valeurs moyennes  
*/ Frequentation rate of fish in the shelter, averaged over 3 tests for each configuration*

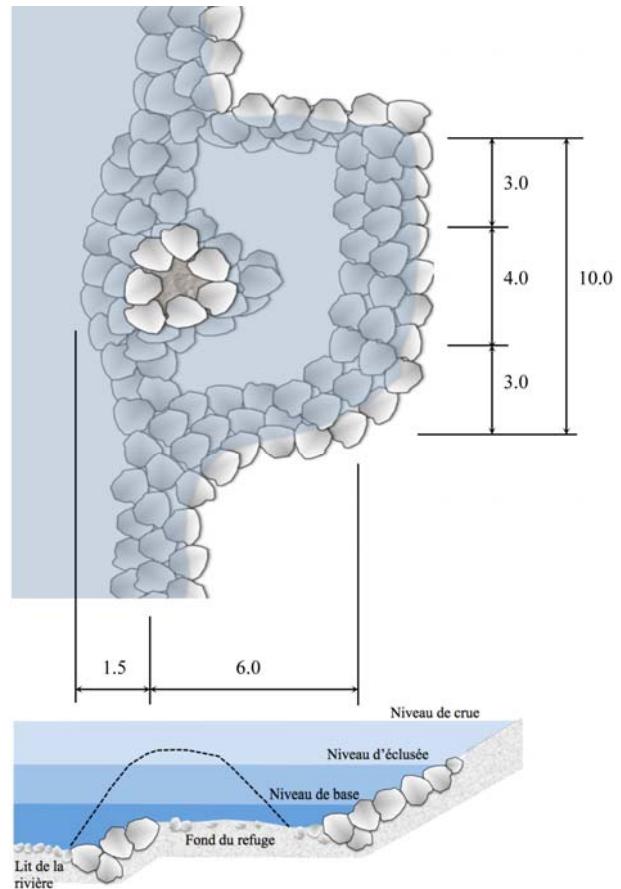
Le taux maximum atteint 87%, la moyenne est de 75%, et l'écart type vaut 8%. Par le traitement des images vidéo, les cheminements préférentiels sont mis à jour, et la distribution des entrées de poissons est établie pour chaque configuration, au droit de la section à l'interface entre le refuge et le canal. Dans la même section, des profils de vitesses par ultrasons (UVP) ont été mesurés pour les 12 configurations. En associant la distribution des entrées de poissons à celle des vitesses (Figure 5), les préférences sont globalement établies. Les entrées ont lieu majoritairement en aval de l'épi de dérivation, là où les vitesses sont comprises entre 0.0 et 0.2 m/s, soit dans la zone de cisaillement. L'analyse de tous les résultats a confirmé la représentativité de la configuration qui donne le meilleur taux de présence, pour l'élaboration de refuges expérimentaux à réaliser en rivière. Elle se caractérise par un épi en forme de triangle équilatéral. Enfin, des recommandations sont faites pour le projet d'un prototype de refuge expérimental à réaliser en rivière dans un but de validation (Figure 6).

The maximum rate is of 87%, the mean is of 75% and the standard deviation is of 8%. Using video pictures treatment, the preferential fish trajectories are updated and the fish entrance distribution is determined for each configuration at the interface between the shelter and the channel. On the same interface, ultrasonic velocity profiles (UVP) have been measured for the 12 configurations. By associating the fish entries distribution with the velocities distribution (Figure 5), the preferences are globally established. The entrances happen mostly from downstream of the derivation groyne, in a flow shear zone where the velocities are in a range of 0.0 to 0.2 m/s. Finally, the analysis of all the results confirmed the representativity of the configuration that gives the best frequentation rate, for the development of the experimental shelter's prototype to be realised in rivers. It is composed of a groyne shaped like an equilateral triangle.

Finally, recommendations are given for the execution of an experimental prototype shelter to be realized in a river for validation tests (Figure 6).



**Figure 5 : Distribution des vitesses d'écoulement le long de ligne interface refuge-canal (ligne continue), superposée à celle du nombre d'entrées par poisson (bâtonnets), pour la configuration C8**  
*/ Distribution of flow velocities along the interface line shelter-channel (curved line) overlapped with the number of entries per fish (sticks) for configuration C8*



**Figure 6 : Esquisse d'un prototype de refuge avec les dimensions minimales indicatives [m]**  
*/ Sketch of a shelter prototype with minimum dimensions [m]*

Recherche financée par l'Office fédéral de l'Environnement (OFEV) et par l'Ecole d'Ingénieurs et d'Architectes de Fribourg, avec le soutien de l'Etat de Fribourg, Groupe-E, KWO et Ribi SA, dans le cadre du projet CTI n° 9676-1.

Doctorant : Jean-Marc Ribi

*Research financed by the Swiss Federal Office of Environment (FOEN) and the College of Engineering and Architecture of Fribourg, with the support of the State of Fribourg, Groupe-E, KWO and Ribi SA, in the frame of CTI project n° 9676-1.*

*Ph.D. student : Jean-Marc Ribi*

### **1.1.9 Evacuation de sédiments d'un réservoir à travers la prise d'eau à l'aide de jets / Sediment evacuation from reservoirs through intakes by jet induced flow**

La sédimentation dans les réservoirs est un problème à long terme, important et mondial. Elle requiert une alternative plus durable que les mesures actuellement utilisées. La présente étude a été initiée pour relever ce défi. Elle a pour objectif de développer une méthode alternative et efficace d'évacuation des sédiments d'un réservoir. Le concept est d'évacuer les sédiments à travers la conduite forcée et les turbines, en se focalisant spécialement sur les sédiments fins qui se trouvent dans la zone de la prise d'eau. Des dispositifs spécifiques à jets devraient fournir l'énergie nécessaire et générer un écoulement optimal, permettant de maintenir les sédiments en suspension et d'engendrer leur entrainement dans la prise d'eau pendant les heures de turbinage.

Cette nouvelle idée a été testée expérimentalement dans un réservoir rectangulaire, 2 m de large, 1.5 m de haut et 4 m de long. Deux configurations de jets ont été testées systématiquement: une configuration à quatre jets disposés en cercle sur un plan horizontal et une configuration à quatre jets alignés, située parallèlement à la paroi frontale. L'influence sur l'évacuation des sédiments des caractéristiques du jet tels que diamètre, vitesse, débit et angle d'inclinaison, ainsi que les paramètres géométriques de la configuration ont été testées.

Afin de fixer la condition initiale, une distribution pratiquement homogène de la concentration de sédiments a été établie grâce à des bulles d'air. Cette condition simulait une couche d'eau chargée en sédiments comparable à celles qui restent au front des barrages après le passage d'un courant de turbidité. Le niveau d'eau a été maintenu constant pendant toutes les expériences en relâchant par la prise d'eau, la quantité qui avait été introduite, soit par les jets (expériences avec jets) soit par la paroi arrière (expériences sans jets). Les mesures de turbidité combinées aux mesures de vitesse d'écoulement, ont permis de déterminer l'efficacité d'évacuation des sédiments.

L'évacuation de sédiments (ESR pour Evacuated Sediment Ratio) est définie par le rapport entre le poids de sédiments évacués et le poids de sédiments initialement ajoutés.

*Reservoir sedimentation is worldwide a significant long term problem and requires in view of the current mitigation measures an alternative and more sustainable solution. This challenge motivated the present study with the purpose to develop an alternative efficient method to release sediment out of a reservoir. The concept is based on the release of sediment through the headrace tunnel and turbines whereby a special focus was set on the fine sediment in the area in front of the power intakes. Specific jet arrangements should provide the energy and generate the optimum circulation needed to maintain the sediment in suspension and enhance its entrainment into the power intakes during generating sequences.*

*This new idea was experimentally tested in a 2 m wide, 1.5 m high and 4 m long rectangular laboratory tank. Two jet configurations were systematically investigated: a configuration of four jets arranged in a circle on a horizontal plane and a linear jet configuration located parallel to the front wall. The influence on the sediment release of the jet characteristics such as nozzle diameter, jet velocity, discharge and angle as well as the geometrical configuration parameters was investigated.*

*As initial condition an almost homogeneous sediment concentration distribution was induced by air bubbles. This condition simulated a muddy layer like in front of the dam by the fading of a turbidity current. The water level during all the experiments was held constant by releasing the same discharge through the water intake as was introduced by the jets (experiments with jets) or through the back wall (experiments without jets), respectively. Turbidity measurements combined with flow velocity measurements gave information about the sediment release efficiency.*

*The sediment release (evacuated sediment ratio, ESR) is defined as the evacuated sediment weight divided by the sediment weight initially supplied and represents the normalized temporal integral of the released sediment amount. Analogously, the settled sediment ratio is the settled sediment divided by the sediment weight initially supplied.*

*Experiments without jets as reference*

Ce rapport représente l'intégrale temporelle normalisée de la quantité de sédiments évacués. Par analogie, la proportion de sédiments déposés est la quantité de sédiments déposés divisée par le poids de sédiments initialement ajoutés.

Les expériences sans jets ont servi de configurations de référence et ont montré, sur l'ensemble des tests, une relation pratiquement linéaire entre la proportion de sédiments évacués et le débit : plus le débit était élevé, plus la proportion de sédiments évacués était grande. Pour un débit constant, les proportions finales de sédiments évacués et de sédiments déposés ont été estimées par une approche mathématique simple qui tient compte de la vitesse de décantation et du champ de vitesse engendré par le débit à travers la prise d'eau d'une part, et par la vitesse à travers la paroi arrière d'autre part. Pour l'ensemble des débits testés, la proportion de sédiments évacués était comprise entre 0.09 et 0.37 dans la configuration de référence.

*configuration showed an almost linear relation between the sediment release and the discharge within the tested range: the higher the discharge, the higher the evacuated sediment ratio. For a constant discharge the ultimate sediment release as well as the settled sediment ratio was easily estimated by a simple physical approach taking into account the settling velocity and the flow field generated by the discharge through the water intake and the back wall. For the tested discharge range the sediment release was between 0.09 and 0.37 for reference configuration.*

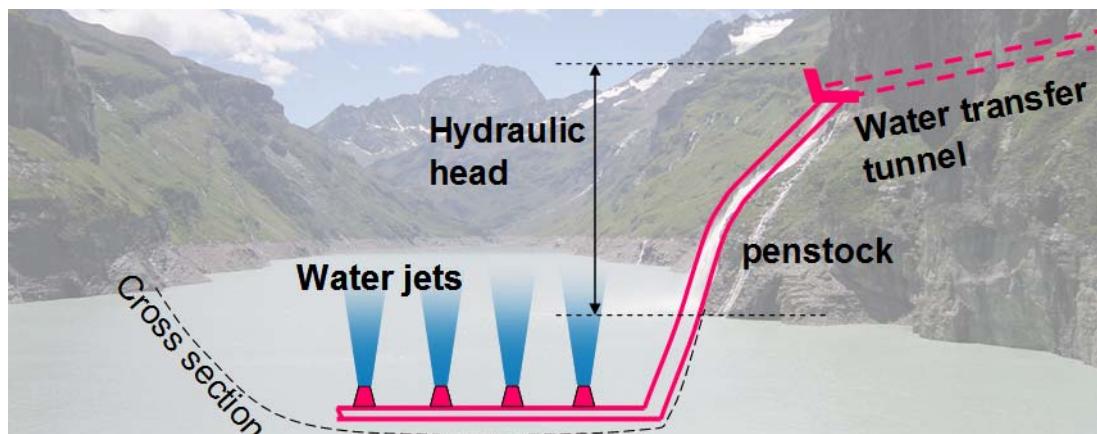


Figure 1: Vue schématique des jets alimentés par de l'eau provenant de bassins versants voisins / Schematic view of jets fed by water transfer tunnels from neighboring watersheds (background of Mauvoisin)

Les jets sont des mélangeurs efficaces : après une demi-heure environ, l'écart-type de la concentration de sédiments en suspension était d'environ 5 %, ce qui, en chimie, est considéré comme homogène. Par conséquent, moins de sédiments étaient décantés et la proportion de sédiments évacués était plus élevée que sans les jets, jusqu'à atteindre une valeur ESR = 0.73.

D'autre part, contrairement aux expériences sans jets, les sédiments ont été remis en suspension avec les jets. La remise en suspension commençait quand la circulation

*Jets are effectively mixing: after roughly half an hour the standard deviation of the suspended sediment concentration was approximately 5 %, what in chemistry is considered as homogeneous. Consequently, less sediment was settled and, hence, the sediment release was higher than without jets and reached for the highest tested discharge ESR = 0.73. Without jets and with the same discharge through the water intake the sediment release reached ESR = 0.37*

*Moreover, contrary to the experiments without jets, with jets resuspension of settled sediment*

avait atteint des conditions d'équilibre. Elle a été détectée pour des débits supérieurs à une valeur limite déterminée expérimentalement. L'évolution temporelle de la vitesse de remise en suspension, suggère que tous les sédiments initialement ajoutés pourraient être finalement évacués.

La configuration circulaire des jets a été identifiée comme étant la plus efficace pour l'évacuation des sédiments. Transversalement, le champ d'écoulement correspondant était semblable à celui d'un mélangeur axial, qui selon la littérature, est favorable à une mise en suspension. Longitudinalement, en cas de forts débits, une seule cellule de rotation s'est formée entre les jets et la prise d'eau, tandis que pour des débits plus faibles, le champ d'écoulement était similaire à celui d'un mélangeur radial.

La configuration à jets alignés s'est révélée beaucoup moins favorable à l'évacuation des sédiments. Les résultats obtenus dans ces conditions étaient comparables à ceux des expériences sans jets (ESR entre 0.37 et 0.45). Ceci est dû à l'orientation de la rotation qui est défavorable à la suspension des sédiments : les sédiments sont attirés vers le fond où ils décantent et sont difficilement remis en suspension.

Une première application à l'échelle prototype des résultats de laboratoire a été effectuée au grand réservoir de Mauvoisin créé par le barrage du même nom, dont la couronne mesure 520 m de longueur. En se basant sur le débit et la chute de l'adduction existante, une disposition préliminaire circulaire de jets a été proposée. Cependant, la largeur du réservoir a été estimée être environ trois fois plus grande que celle des conditions optimales des essais. Malgré tout, une configuration circulaire des jets devrait certainement permettre d'évacuer davantage de sédiments que sans les jets. En plus, la zone proche de la prise d'eau pourrait être maintenue libre de sédiments et les obstructions devraient ainsi être évitées. Une étude économique montre qu'un arrangement de jets est une installation peu onéreuse, qui, selon les essais, est essentielle lorsqu'une bonne évacuation de sédiments est recherchée et dans la lutte contre la sédimentation des réservoirs.

Recherche financée par swisselectric research.

Doctorante : Jolanda Jenzer Althaus

*was observed. Resuspension started once steady state conditions for the circulation were reached. It has been detected for discharges higher than an experimentally determined threshold. The observed evolution of the resuspension rate suggests that for a final stage all of the initially supplied sediment can be evacuated.*

*The circular jet arrangement was identified as the most efficient configuration regarding sediment release. The corresponding flow pattern in the transversal plane was similar to an axial mixer, which in the literature is reported as favourable for suspension. In the longitudinal flow patterns resulting from higher discharges, a single rotor was found between jets and water intake, whereas for smaller discharges the flow pattern was similar to a radial mixer.*

*The linear jet arrangement was found to be much less favourable in view of sediment release. Its results were in the same magnitude as for the experiments without jets (ESR between 0.37 and 0.45). This is due to the direction of the induced rotation which is unfavourable regarding sediment suspension: the sediment is drawn to the bottom where it is settled and difficult to be put in suspension again.*

*In the case study of Mauvoisin with a 520 m long dam crest creating a large reservoir in Switzerland, a first attempt was made to upscale the research results. Based on the available discharge and head of the existing water transfer tunnel a preliminary optimal circular jet arrangement was suggested. However, the width of the reservoir was estimated at approximately three times as large as optimal experimental conditions. Nevertheless, with a circular jet arrangement definitely more sediment could be evacuated than without jets. Moreover, the region near the outlet devices could be maintained free of sediment and their clogging could be avoided. An economic study revealed that a jet arrangement is a low cost installation which, based on the performed experiments, is essential when aiming for high sediment release and fighting against reservoir sedimentation.*

*Research financed by swisselectric research.*

*Ph.D. student : Jolanda Jenzer Althaus*

### 1.1.10 Optimisation à buts multiples de la gestion des ressources en eau sur le bassin versant du Zambèze / Multipurpose optimization of water resources management in the Zambezi River Basin

Le projet « barrages en Afrique : adapter le planning et l'exploitation des grands barrages aux besoins sociaux et aux contraintes environnementales» (ADAPT) vise à accroître les bases scientifiques dans le domaine de la gestion intégrée des ressources en eau. De nouveaux modèles seront créés pour le contrôle en temps réel et l'optimisation multi-objective des structures hydrauliques.

L'étude est centrée sur le bassin du Zambèze, situé dans la partie Est du continent africain (Figure 1). Le Zambèze parcourt 2600 km et relie huit pays africains (Angola, Namibie, Botswana, Zambie, Zimbabwe, Malawi, Tanzanie and Mozambique) qui se partagent les différentes parties de son bassin de drainage couvrant au total 1.4 Mio de km<sup>2</sup>. La pluie moyenne annuelle sur le bassin est d'environ 1000 mm an<sup>-1</sup> mais seulement ~7% (70 mm an<sup>-1</sup>) arrive à l'océan indien. L'utilisation de l'eau actuelle se limite principalement à la production hydroélectrique à travers une série de barrages : Kariba entre la Zambie et le Zimbabwe, Kafue qui est constitué de deux réservoirs (Kafue et Itezhi-Tezhi) et Cabo Bassa au Mozambique. Environ 40 nouveaux aménagements hydroélectriques ont été proposés pour une capacité totale de plus de 13'000 MW (Figure 2).

*The overarching goal of the African Dams Project: Adapt planning and operation of large dams to social needs and environmental constraints (ADAPT) is to strengthen the interdisciplinary science of integrated water resource management (IWRM). New models for real-time control and multi-objective optimization of large hydraulic structures will be created.*

*The study will focus on the Zambezi River Basin (ZRB), located in the East part of the African continent (Figure 1). The Zambezi River runs over 2600 km and connects eight African nations (Angola, Namibia, Botswana, Zambia, Zimbabwe, Malawi, Tanzania and Mozambique) that share different portions of its 1.4 Mio km<sup>2</sup> large drainage basin. The average annual rainfall in the basin is about 1000 mm yr<sup>-1</sup> but only ~7% (70 mm yr<sup>-1</sup>) discharges to the Indian Ocean. Current water use is mainly limited to hydropower production through a series of impoundments: Kariba Dam between Zambia and Zimbabwe, Kafue Hydropower scheme consisting of the Kafue and the Itezhi-Tezhi Reservoirs and Cabo Bassa Reservoir in Mozambique. About 40 new hydropower plants with a total installation capacity of more than 13,000 MW have been proposed in the basin (Figure 2).*

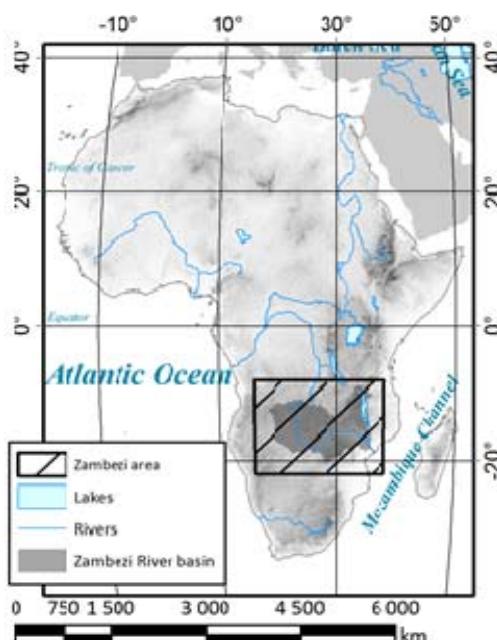


Figure 1: Situation du bassin versant du Zambèze / Situation of the Zambezi River Basin

La première partie du projet de recherche consiste en une comparaison et évaluation de différentes données de pluies basées sur des observations satellites (FEWS RFE2.0, TRMM 3B42 and CMORPH) afin de choisir lesquelles utiliser comme données entrantes pour la modélisation hydrologique.

La seconde partie du projet de recherche est la construction, la calibration et la validation du modèle hydrologique. Le bassin versant est divisé en 405 sous-bassins avec précipitations et températures comme données entrantes. Les marécages, les lacs et les barrages sont modélisés comme des réservoirs avec des règles d'exploitation ou des paramètres à caler.

*The first part of the research project consists in an extensive comparison and evaluation of different satellite derived rainfall estimates (FEWS RFE2.0, TRMM 3B42 and CMORPH) in order to choose the input data for the hydrological model.*

*The second part is the set-up, the calibration and validation of the model. The basin is divided in 405 sub-basins with temperature and precipitation as inputs. The wetlands, the lakes and the dams are implemented as reservoir with defined operation rules or calibrated parameters.*

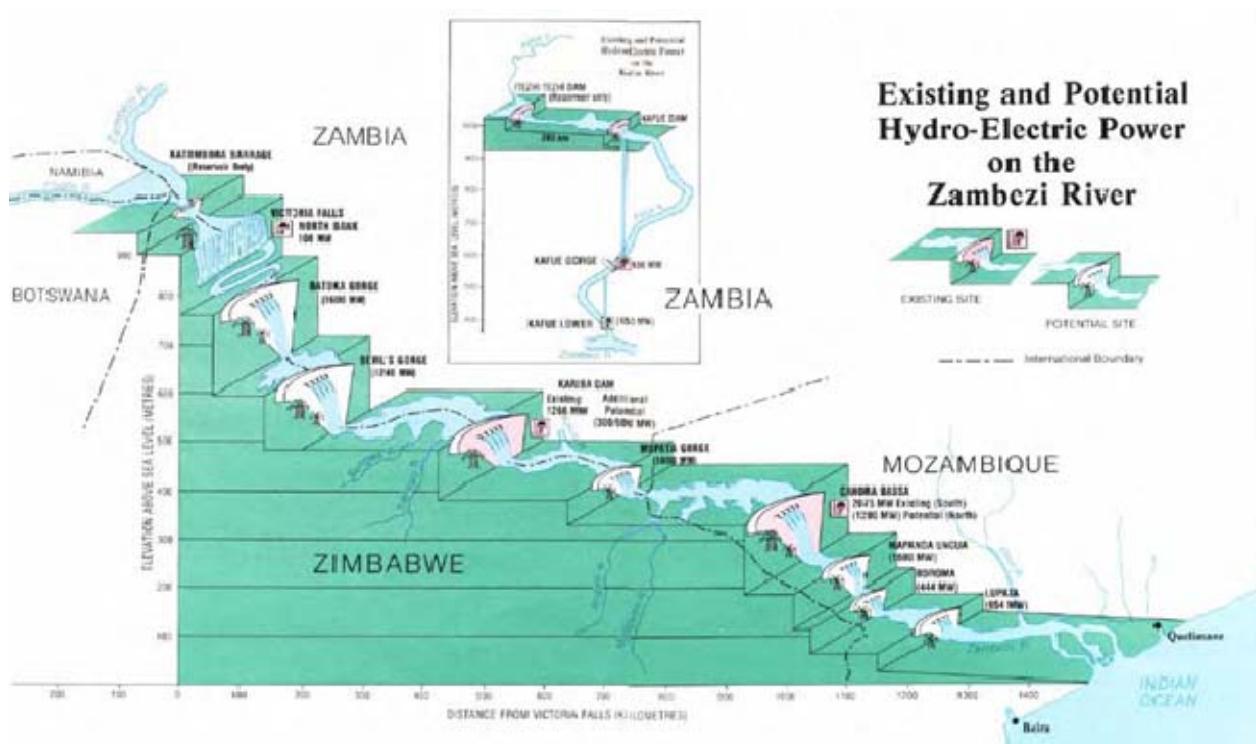


Figure 2 : Barrages hydro-électriques existants et planifiés sur le Zambèze / Existing and potential hydro-electric power on the Zambezi River (source: Zambezi River Authority)

Le logiciel utilisé est le « Soil and Water Assessment Tool » (SWAT). Les années 1998 à 2007 sont séparées en une période d'échauffement, une période de calibration et une période de validation et un algorithme d'optimisation cherche les sets de paramètres les plus adéquats en se basant sur le Nash et le rapport de volume aux stations de débits existantes.

La troisième partie du projet de recherche, prévue pour l'année 2012, est la définition et l'implémentation de scénarios dans le modèle hydrologique. L'ajout de débits environnementaux et la minimisation des ouvertures des

*The software used is the Soil and Water Assessment Tool (SWAT). A warm-up period, a calibration period and a validation period are defined between 1998 and 2007 and an optimization algorithm extracts the most appropriate sets of parameters based on the Nash and the volume ratio at the available calibration points.*

*The third part of the research project, which will be developed in 2012, is the definition and implementation of scenarios. The introduction of environmental flow and the minimization of the outlet opening in the reservoir operation rules will be tested in the actual state. Then,*

évacuateurs de crues aux règles d'exploitation des barrages seront testés dans l'état actuel. Ensuite, les projets de nouvelles centrales hydro-électriques les plus avancés seront intégrés dans le modèle et leur impact évalué.

Partenaires : Institut de recherche de l'eau du domaine des EPF (EAWAG), Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich (ETH)

Financement : Centre de compétence pour l'environnement et la durabilité du domaine des EPF (CCES).

Doctorante : Théodora Cohen Liechti

*the most advanced new hydropower scheme projects will be integrated in the model and their impact assessed*

*Partners : Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (EAWAG), Swiss Federal Institute of Technology Zurich (ETH)*

*Funding : Competence Center Environment and Sustainability (CCES).*

*Ph.D. student : Théodora Cohen Liechti*

### **1.1.11 L'index hydro-morphologique de la diversité : un indicateur de l'intégrité écologique des cours d'eau / The Hydro-Morphological Index of Diversity: an indicator for the ecological integrity of a water course**

Ce projet de recherche, soutenu par l'Office Fédéral de l'Environnement dans le cadre de la « Gestion intégrée des eaux », vise à définir le lien direct entre les caractéristiques hydro-morphologiques d'un cours d'eau et son intégrité écologique. En intégrant les caractéristiques hydro-morphologiques dans un seul Index des diversités, il devrait être possible de fournir un outil permettant aux ingénieurs hydrauliciens de mener à bien des projets hautement bénéfiques à l'intégrité écologique des cours d'eau, pour autant que ces projets traitent de renaturation de rivières ou de protection contre les crues.

Le but est de rassembler tous les paramètres hydro-morphologiques qui influent sur l'intégrité écologique d'un système fluvial de façon à les fusionner en un seul index (HMID). Atteindre ce but pourrait certainement signifier une avancée considérable dans le domaine de l'éco-hydraulique.

Les activités de 2011 se sont concentrées sur :

- Analyse statistique de corrélations entre les variables hydromorphologiques collectionnées sur la rivière Singine;
- Définition finale de HMID;
- Analyse spatiale de HMID basée sur une modélisation numérique 2d.

Autant que possible dans un pays fortement développé comme la Suisse, la rivière Singine, au moins pour la majorité de son tracé, a conservé son statut de référence. Par conséquent, la rivière Singine a été choisie pour une étude détaillée qui doit permettre

*The Ph.D. research project, supported in the framework of “The integrated management of river systems” by the Swiss Federal Office for Environment ([www.rivermanagement.ch](http://www.rivermanagement.ch)), aims at investigating the direct link between the hydro-morphological characteristics of a water course with its ecological integrity. By gathering the hydro-morphological characteristics in a unique Index of Diversity, it should be possible to provide a tool that allows hydraulic engineers to carry out projects that are highly beneficial to the ecological integrity of river courses, no matter whether these projects deal with river restoration or flood protection.*

*The target is to assemble all those hydro-morphological parameters that are influencing the ecological integrity of a river system, in order to merge them in a unique hydro-morphological Index of Diversity (HMID). Reaching this target would signify certainly a considerable advancement in the field of ecohydraulics.*

*The activity in 2011 concentrated on*

- *Statistical analysis of crosscorrelation between hydromorphological variables collected at river Sense;*
- *Final definition of HMID formulation;*
- *Analysis of spatial variability of HMID based upon numerical 2d-modelling.*

*As far as it is possible in a highly developed country like Switzerland, the river Sense is recognized to be found, at least for a large part, in its reference status. Consequently, the Sense has been chosen to be studied in detail*

d'avancer de manière significative dans le développement du HMID.

Les résultats suivants ont été obtenus à travers l'analyse statistique de variables hydromorphologiques (Figure 1, gauche):

- (1) la variabilité geomorphique dans le sens longitudinal et transversal est fortement corrélée avec la variabilité de la profondeur d'eau, tandis que la variabilité de la largeur au niveau de pleins-bord est corrélée avec la variabilité de la vitesse d'écoulement
- (2) la variabilité de la granulométrie du substrat de fond et la variabilité de la vitesse d'écoulement sont fortement corrélées
- (3) la tension de frottement, le nombre de Reynolds et de Froude sont fortement corrélés avec la vitesse d'écoulement
- (4) par contre il n'y a pas une forte corrélation entre la vitesse d'écoulement et la profondeur d'eau.

Par conséquent, la vitesse d'écoulement et la profondeur d'eau sont considérées comme indépendants et amplement suffisants pour décrire les caractéristiques hydromorphologiques de l'environnement aquatique et son hétérogénéité.

Ces analyses ont permis d'établir une formulation finale du HMID. La variabilité partielle est décrite selon la formule suivante :

$$V(i) = (1 + Cv_i) = \left(1 + \frac{\sigma_i}{\mu_i}\right)$$

avec  $Cv$  = coefficient de variabilité,  $\sigma_i$  = écart type d'une variable,  $\mu_i$  = valeur moyenne.

Le HMID est formulé en multipliant des variabilités partielles de variables hydrauliques, vitesse d'écoulement ( $v$ ) et profondeur d'eau ( $d$ ). Donc le HMID pour un site devient une valeur unique et il est exprimé par

$$HMID_{Site} = \prod_i V(i)^2 = V(v)^2 \cdot V(d)^2 = \left(1 + \frac{\sigma_v}{\mu_v}\right)^2 \cdot \left(1 + \frac{\sigma_d}{\mu_d}\right)^2$$

Sur chaque rivière étudiée dans la Suisse (Bünz/AG, Venoge/VD, Singine/FR-BE), les tronçons canalisés (B2, V2, V3 and S5) sont caractérisés par le HMID le plus bas (Table 1).

*in order to make a significant advancement in developing the HMID.*

*The following results were obtained by conducting statistical analysis of hydro-morphological variables (Figure 1, left):*

- (1) *geomorphic variability in the longitudinal and transversal direction is highly correlated with the variability of water depth, whereas variability in bankfull width is correlated with variability of flow velocity*
- (2) *grain size variability of the bed sediments and the variability of flow velocities are highly correlated*
- (3) *shear stress, Froude and Reynolds number are highly correlated to flow velocity*
- (4) *there is no strong correlation between flow velocity and water depth.*

*Consequently, flow velocity and water depth are considered to be independent and to be sufficient for describing the hydromorphological characteristics and heterogeneity of the aquatic environment.*

*These analyses allowed to define a final formulation of HMID. Partial diversity  $V(i)$  of each factor was expressed as:*

*where  $Cv$  = coefficient of variation,  $\sigma_i$  = standard deviation of a variable,  $\mu_i$  = mean value.*

*The HMID of a site was formulated by multiplying the partial diversity of the hydraulic variables flow velocity ( $v$ ) and water depth ( $d$ ), thus the HMID for a site, becoming a single metric to describe the physical heterogeneity, is written as*

*At each stream of the three studied streams in Switzerland (Bünz/AG, Venoge/VD, Sense/FR-BE), the channelized reaches (B2, V2, V3 and S5) showed the lowest HMID*

Le HMID pour des tronçons partiellement canalisés ou réhabilités (S4, B1) est plus haut que pour des tronçons canalisés. Les valeurs les plus hautes pour le HMID sont obtenues pour le tronçon avec un environnement géomorphique naturel, comme ils ont été trouvés sur les sites B3, V1, V4, S1, S2 et S3.

Les catégories suivantes ont été définies concernant la gamme de valeurs du HMID possible:

1) Catégorie de HMID bas ( $\text{HMID} < 5$ ): sites canalisés est fortement altérés avec des sections transversales et longitudinales uniformes.

2) Catégorie de HMID moyen ( $5 < \text{HMID} < 9$ ): sites ayant une valeur proche de la limite inférieure de cette catégorie sont caractérisés par une variabilité hydraulique encore modeste (V4, B1), tandis que les sites avec un HMID proche de la limite supérieure se rapprochent d'une morphologie naturelle (V1, S3).

3) Catégorie de HMID élevé ( $\text{HMID} > 9$ ): sites naturels de rivières alpine ayant un lit granulaire qui peuvent développer leur pleine dynamique obtiennent les valeurs de HMID les plus élevées (B3, B4, S1, S2).

(Table 1). Partially trained or restored reaches (e.g. S4 and B1) had a higher HMID than respective channelized reaches. Highest values for HMID were obtained for river reaches with a natural geomorphic environment, as found, for example, at B3, V1, V4, S1, S2 and S3.

Following categories of stream morphology could be defined respectively to ranges of HMID values:

1) Low range of HMID ( $\text{HMID} < 5$ ): channelized and morphologically heavily altered sites with uniform cross sections and longitudinal slope.

2) Medium range of HMID ( $5 < \text{HMID} < 9$ ): Stream sites at the lower end of this range still show a limited variability of hydraulic units (V4, B1). At the upper end of this range sites are approaching natural morphology (V1, S3).

3) High range of HMID ( $\text{HMID} > 9$ ): Morphologically pristine sites of alpine gravel bed streams that fully develop their spatial dynamics showing the complete range of hydraulic habitats are to be found in this range (B3, B4, S1 and S2).

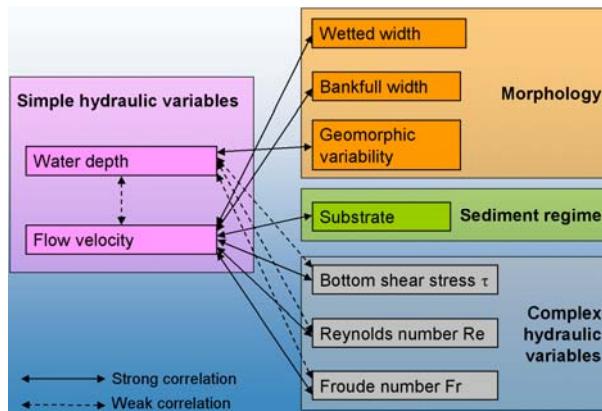
River Buenz	B1	B2	B3	B4	
Morphological identification	restored, previously channelized	channelized	natural, gently meandering	braided, emerged after a flood	
<b>HMID</b>	<b>6.69</b>	<b>2.62</b>	<b>12.43</b>	<b>9.56</b>	
River Venoge	V1	V2	V3	V4	
Morphological identification	naturally straight	channelized	channelized	naturally meandering	
<b>HMID</b>	<b>8.00</b>	<b>2.26</b>	<b>3.42</b>	<b>5.97</b>	
River Sense	S1	S2	S3	S4	S5
Morphological identification	naturally braided	naturally meandering in a gorge	naturally braided, right bank protected	partially trained, rip-rap on right bank	channelized
<b>HMID</b>	<b>10.16</b>	<b>9.26</b>	<b>7.16</b>	<b>5.48</b>	<b>4.37</b>

Table 1: Sites étudiés avec une brève caractérisation de la morphologie et HMID calculés / Study sites with morphological short characterization and calculated HMID

En ce qui concerne la variabilité temporelle du HMID, les modélisations numériques, effectuées avec le logiciel BASEMENT, ont montré que pour les sites naturels (S1, S2, S3), le HMID demeurait approximativement

Concerning temporal variability of HMID numerical 2d-modelling of the study sites at river Sense, conducted with the software BASEMENT, revealed that for natural sites (S1, S2, S3) the HMID remains approximately

constant avec quelques faibles variations pour la majorité des débits. Par contre, pour les sites moins naturels (S4, S5) le HMID décroît pour les débits croissants (Figure 2, droite). Le HMID décroît fortement seulement en cas de débit de crue, ceci également pour les sites naturels.



constant with slight variations for most of the discharges, whereas at less natural sites (S4, S5) the HMID decreases with increasing discharge (Figure 1, right). Only for flood discharges the HMID decreases strongly also at natural sites.

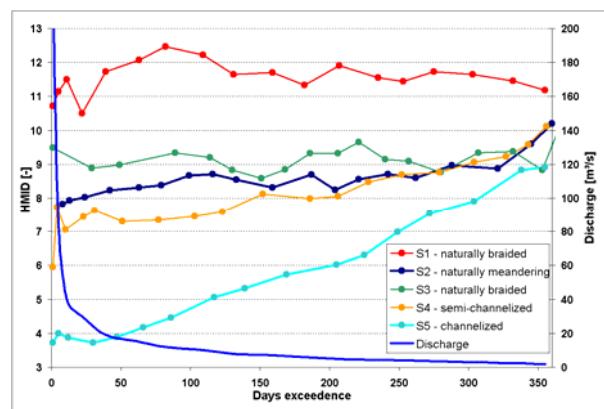


Figure 1: Corrélation entre les variables hydromorphologiques (gauche) et séries temporelles du HMID (droite) / Correlations between hydro-morphological variables (left) and temporal variability of HMID (right)

La recherche est supportée par l'Office Fédéral de l'Environnement (OFEV) dans le cadre du projet "Integrales Flussgebietsmanagement" et réalisée en partenariat avec EAWAG, WSL et VAW-ETH Zurich.

Doctorant : Walter Gostner

Research supported by the Swiss Federal Office of Environment (FOEN) and the project partners are EAWAG, WSL and VAW-ETH Zurich.

Ph.D. student : Walter Gostner

### 1.1.12 Conditions d'écoulement et charriage intense dans les rivières de montagne considérant la présence de gros blocs immobiles / Flow conditions and intense sediment transport in steep mountain rivers considering the large immobile boulders

Les récentes inondations en Suisse et en Europe ont souligné plusieurs lacunes de la planification et des méthodes de prévision utilisées pour l'atténuation des risques d'inondation. Le but de APUNCH (Advanced Process UNderstanding and prediction of hydrological extremes and Complex Hazards) est d'acquérir une connaissance globale de la réponse des bassins versants alpins touchés par des pluies intenses (Figure 1). Cet objectif sera atteint par un projet multidisciplinaire, où des tests en laboratoire ainsi que des surveillances et mesures de terrain fourniront des nouvelles connaissances sur les mécanismes d'interaction entre les différents éléments de la chaîne de processus. Ceci permettra la mise à point de modèles nouveaux ou améliorés.

Recent flood events in Switzerland and across Europe have pointed out several deficiencies of the planning and prediction methods used for flood risk mitigation. The goal of APUNCH (Advanced Process UNderstanding and prediction of hydrological extremes and Complex Hazards) is to gain a comprehensive and process chain based insight into the response of Alpine watersheds hit by storm rainfall events (Figure 1). This will be achieved by a multidisciplinary project context, where a combination of targeted laboratory with comprehensive and concurrent multiprocess field monitoring is expected to provide the new insights into the interaction mechanisms of the process chain, thus allowing the formulation of improved or new process models.

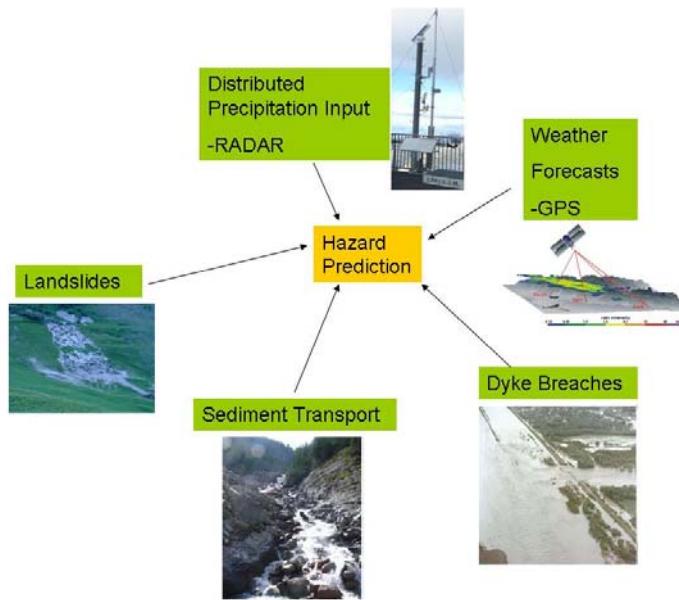


Figure 1 : Organisation du projet APUNCH / APUNCH project organisation

La présente thèse, qui correspond à la tâche ST2 du projet APUNCH, étudie l'impact que les gros blocs relativement immobiles ont sur le charriage dans les rivières de montagne.

Lorsqu'elles sont appliquées à des torrents, les formules de transport solide surestiment souvent le charriage de plusieurs ordres de grandeur, même lorsqu'elles ont été développées pour des fortes pentes.

La raison d'une telle surestimation réside dans le fait que les macro-rugosités, telles que les gros blocs immobiles, ne sont pas prises en compte. Plus les éléments de rugosité sont grands et plus la trainée liée à la forme augmente. Ainsi la tension de frottement disponible pour la mobilisation des sédiments est plus faible. Le mouvement des particules commence donc seulement pour des plus grandes contraintes de cisaillement totales, menant à des valeurs apparemment plus grandes de  $\tau_{cr}^*$ . Plusieurs auteurs ont proposés des méthodes de répartition de la tension de frottement entre les macro-rugosités et le reste du lit.

Le but de cette recherche est celui de développer une formule empirique permettant de calculer le charriage lorsque des gros blocs sont présents. Afin d'atteindre l'objectif, des tests systématiques sont menés sur un canal de 25 cm de large et 8 m de long à pente modifiable.

Des essais préliminaires ont été effectués en 2010. Des blocs de diamètre  $D=7.5$  cm ont été posés de manière aléatoire avec distances adimensionnelles variant  $\lambda/D$  entre 2.4 et 4.2,

*The present thesis, corresponding to task ST2 of the APUNCH project, studies the impact that large immobile boulders have on bedload in steep mountain rivers.*

*When applied to mountain torrents, sediment transport formulae habitually overestimate the bedload by several orders of magnitude, even if they were developed for steep slopes.*

*The reason is that the influence of macro-roughness elements, such as large immobile boulders which have an impact on flow conditions, is not taken into account. Larger roughness elements induce an increased form drag, implying a lower shear stress available for sediment entrainment. Particle motion will start only at higher total shear stresses, leading to apparently greater values of  $\tau_{cr}^*$ . The impact of boulders on shear stress should then be taken into account. As proposed by many authors, a shear stress partitioning method is needed.*

*The goal of the present research is to develop an empirical formula to calculate bedload when boulders are present. To reach this goal, systematic experiments are carried out on a tilting flume 25 cm wide and 8 m long.*

*Preliminary tests were carried out in 2010. Boulders with an average diameter  $D=7.5$  cm were randomly placed in the flume. The dimensionless boulder distances  $\lambda/D$  lied between 2.4 and 4.2, where  $\lambda$  is the average distance between boulders. These tests were carried out with a flume slope of 6.7%.*

*These preliminary tests, whose results have*

où  $\lambda$  est la distance moyenne entre les blocs. Ces essais préliminaires, dont les résultats ont été publiés dans un article de conférence à IAHR 2011, ont montré que la capacité de charriage est diminuée de manière importante en présence de blocs erratiques. Les vitesses de l'écoulement sont aussi diminuées. Il a également été découvert que l'influence des blocs sur la capacité de charriage diminue avec l'augmentation du débit (Figure 2). Cela est dû à la diminution de la rugosité relative induite par les blocs.

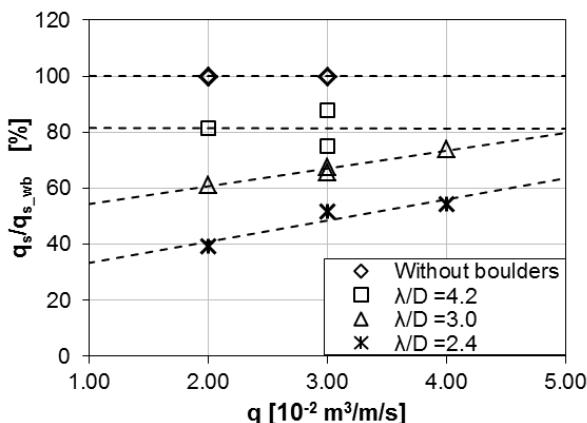


Figure 2 : Ratio du débit solide pour les essais avec ( $q_s$ ) et sans blocs ( $q_{s\_wb}$ ) en fonction du débit liquide ( $q$ ) pour différents espacements des blocs ( $\lambda/D$ ) / Ratio of measured sediment discharge for tests with ( $q_s$ ) and without boulders ( $q_{s\_wb}$ ) for a given discharge as a function of water discharge ( $q$ ) for varying boulder spacing ( $\lambda/D$ )

L'application de différentes formules de transport solide aux données récoltées avec les essais préliminaires a montré une claire surestimation de la capacité de charriage. La modification de ces formules afin de considérer seulement la contrainte de cisaillement sur la partie mobile du lit, a montré que l'estimation de la capacité de charriage devient plus précise (Figure 3).

Pendant les essais préliminaires, l'alimentation en sédiments était faite de manière manuelle et aucune recirculation de sédiments n'avait lieu. Cela limitait de manière importante le débit solide maximal et la durée des essais.

Une modification de l'installation a donc été menée à bien entre fin 2010 et début 2011. Des bacs de récupération de sédiments ont été construits. Un distributeur de sédiments a été mis en place afin de régler de manière précise l'alimentation en sédiments. Deux tapis roulant ont été placés afin d'amener les sédiments à l'entrée du canal (Figure 4).

been published in a conference paper for IAHR 2011, showed that the sediment transport capacity is drastically decreased by the presence of immobile boulders. Flow velocities are also decreased with an increasing number of boulders. It was revealed that the influence of the boulders on sediment transport decreases for an increasing sediment discharge (Figure 2). This is due to the reduced relative roughness linked to the boulders.

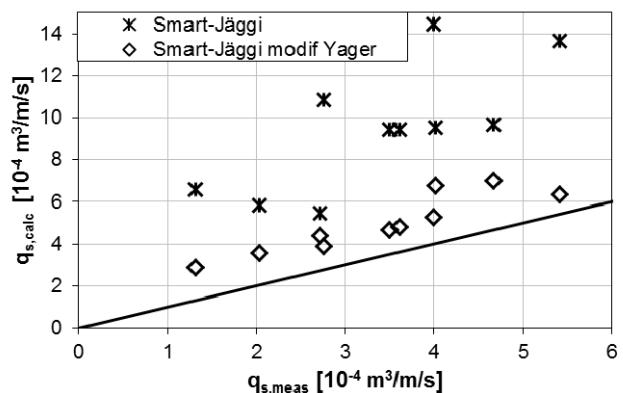


Figure 3 : Comparaison du débit solide mesuré  $q_{s,meas}$  et calculé  $q_{s,calc}$  pour la formule de Smart et Jäggi originelle et modifiée d'après Yager (2007) / Comparison of measured  $q_{s,meas}$  and calculated  $q_{s,calc}$  sediment discharge for the original and modified (according Yager, 2007) Smart and Jäggi equation

The application of different sediment transport formulae to the collected data underlined a clear overestimation of the bedload capacity. The modification of these formulae in order to take into account only the shear stress acting on mobile sediments, showed that the sediment transport capacity was estimated with a better precision (Figure 3).

For the preliminary tests, sediments were fed manually. No sediment recirculation was done. This was highly limiting the maximum sediment supply and the duration of the experiments.

Thus the experimental facility underwent some improvements between end 2010 and beginning 2011. Two filtering baskets were built, for sediment recirculation. A sediment feeder was placed in order to precisely regulate the sediment supply. Two conveyor belts were positioned to transport sediments from the sediment feeder to the flume inlet (Figure 4).

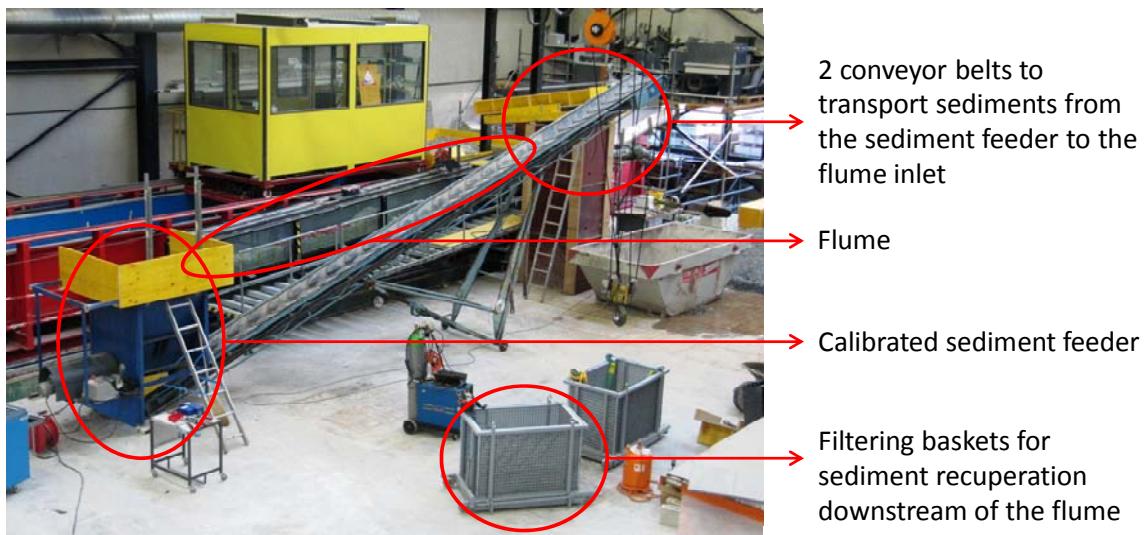


Figure 4 : Installation expérimentale améliorée, utilisée pour les essais systématiques / Upgraded experimental facility, used for systematic tests

Des tests systématiques sont actuellement en cours. Les essais sont faits pour plusieurs diamètres de blocs (7.5-10-12.5 cm) et plusieurs pentes (6.7-10-15%). Des distances adimensionnelles entre blocs  $\lambda/D$  de 2, 3 et 5 sont utilisées.

Le débit solide en entrée est fixé avant l'essai, par calibration du distributeur de sédiments. Il n'est plus changé pendant l'essai. Le débit liquide est ajusté pendant le test jusqu'à obtenir une condition d'équilibre convenable, soit une protrusion des blocs proche de 50% en moyenne.

Le débit solide à la sortie est mesuré de manière semi-continue, avec une fréquence d'une valeur par minute. Des fluctuations importantes ont été observées pendant les essais. Des analyses concernant l'équilibre dynamique seront faites (Figure 5).

La vitesse est mesurée par des injections de colorant (vidéo). La hauteur d'eau est ensuite calculée par continuité.

Les ressauts hydrauliques sont comptés après chaque mesure de vitesse. Il y a une corrélation entre le nombre de ressauts hydrauliques, la protrusion des blocs et le débit solide à la sortie.

La protrusion de deux blocs est mesurée plusieurs fois pendant l'essai.

Des photos latérales du canal sont prises toutes les minutes afin de pouvoir analyser les fluctuations du lit dans le temps.

Les profils des blocs (9 points par bloc) sont mesurés au laser avant et après l'essai, afin de pouvoir en déduire la protrusion. Une grille de 5x5 cm du canal après l'essai est également mesurée au laser, afin de pouvoir

Systematic tests are now being carried out on the upgraded experimental facility. The experiments are done for varying boulder diameters (7.5-10-12.5 cm) and flume slopes (6.7-10-15%). Dimensionless distances between boulders of  $\lambda/D$  equal to 2, 3 and 5 will be used.

The inlet sediment discharge is fixed before the experiment, by the sediment feeder calibration. It will not be changed during the experiment. The water discharge is adjusted during the test until a suitable equilibrium condition is reached. This means that the protrusion of the boulders must be close to 50% in average.

The outlet sediment discharge is measured semi-continuously, with a frequency of one value per minute. Fluctuations in the sediment outlet were observed during the experiments. Some analysis concerning the dynamic equilibrium conditions will be done (Figure 5).

Flow velocity is measured with an injection of dye (video). Water depth is then calculated with the continuity law.

Hydraulic jumps are counted after every velocity measurement. There is a correlation between the number of hydraulic jumps, the boulder protrusion and the sediment outlet.

The protrusion of two boulders is measured multiple times during the experiment.

Lateral pictures of the flume are taken every minute to analyze the bed fluctuations in time.

Boulder profiles (9 points per boulder) are measured with a laser before and after the experiment, in order to calculate the protrusion. A grid of 5x5 cm of the flume is also measured by laser, to build its

reconstituer sa topographie.

L'analyse des données est actuellement en cours.

*topography.*

*At the moment, data analysis is being carried out.*

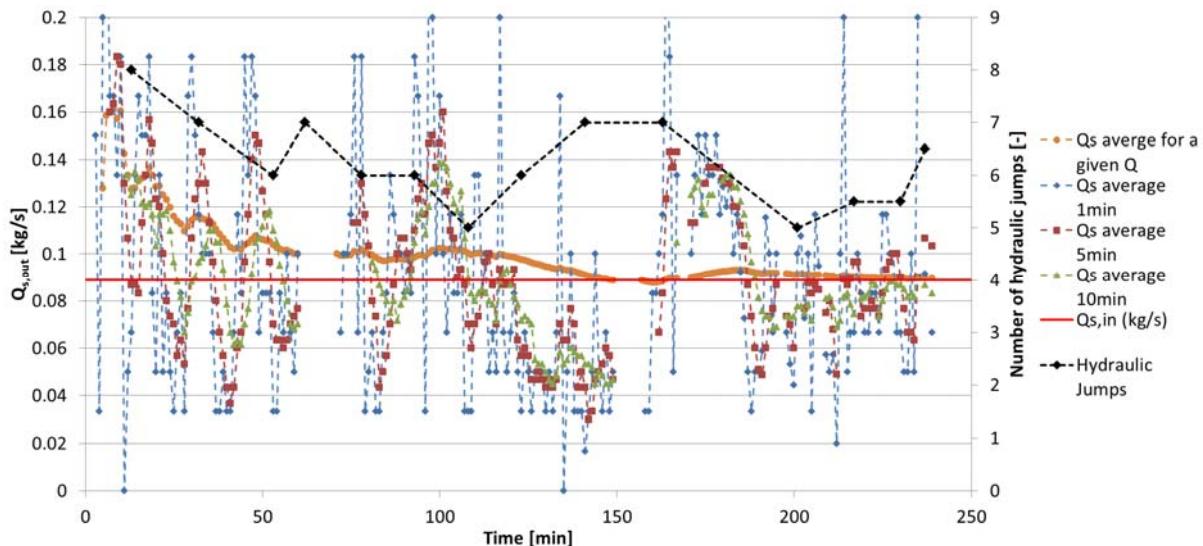


Figure 5 : Débit solide de sortie pour différents pas de temps (1 minute, 5 minutes, 10 minutes et sur la totalité de l'essai). Le débit solide à l'entrée est également montré. Le nombre de ressauts hydrauliques est reporté sur le graphique / Average sediment discharge on varying time steps (1 minute, 5 minutes, 10 minutes, overall). The sediment inlet is also shown in the graph. The number of hydraulic jumps is presented.

La présente étude est financée par le Swiss Competence Center for Environmental Sustainability (CCES) du domaine des ETH et par l'Office Fédérale de l'Énergie (OFEN).

Doctorante : Tamara Ghilardi

*The present study has been financed by the Swiss Competence Center for Environmental Sustainability (CCES) of the ETH domain and the Swiss Federal Office of Energy (SFOE).*

*Ph.D. student: Tamara Ghilardi*

### 1.1.13 Hydrodynamique des écoulements à l'intérieur et à proximité des zones de végétation / *Hydrodynamics of flows with vegetated boundaries*

Ce programme de doctorat fait partie de l'IST-EPFL Joint Doctoral Initiative. C'est un programme dans le thème de l'hydraulique environnementale. Le plan de recherche a été accepté par l'École doctorale de l'EPFL en octobre 2010.

Ce projet de recherche fait partie du domaine de la mécanique des fluides des écoulements à l'intérieur et à proximité des zones de végétation. Ce projet a pour but la conception d'un modèle de fermeture conceptuel pour l'écoulement sur une frontière avec végétation, pour des échelles de l'ordre de grandeur de la plus grande longueur d'onde. L'approche méthodologique comporte des travaux théoriques et de laboratoire.

En bio-ingénierie, la conception d'un cours d'eau non sensible à l'érosion est un problème

*This PhD program is within the IST-EPFL Joint Doctoral Initiative, being a program in the focus area of Environmental Hydraulics. The research plan has been accepted by the Doctoral School at EPFL in October 2010.*

*This is a research work within the scope of fluid mechanics domain of flows over vegetated boundaries, which the main goal is to devise a closed conceptual model for the flow over vegetated boundaries at scales of the order of magnitude of the larger wavelength. The methodological proposal comprises theoretical and experimental work.*

*Within the bioengineering framework, designing a non-erodible channel is a complex fluid dynamics problem as it involves knowing the drag exerted on the boundary, the drag exerted on the plant stems and the overall*

complexe du point de vue de la dynamique des fluides car il s'agit de connaître la force de traînée exercée sur l'enveloppe, sur les éléments de végétation et sur la pente de frottement globale. La plupart des critères de conception existants emploient des formules de résistance, comme l'équation de Manning, calibrées ad hoc. Concernant les critères de conception basés sur la physique, des progrès ont été accomplis dans la caractérisation des écoulements 3D sur les frontières irrégulières, principalement en application des méthodes de Double-Average (méthodes de moyenne double, dans le domaine temporel et spatial). Ces méthodes sont particulièrement pertinentes pour la caractérisation des écoulements à l'intérieur et à proximité des zones de végétation. Les méthodes DA sont une forme particulière d'upscaleing mais elles peuvent être insuffisantes si les irrégularités sont caractérisées par différents nombres d'ondes. Les modèles de fermeture pour les contraintes de forme ne sont pas disponibles pour la plupart des écoulements et ils représentent un défi exigeant pour la recherche dans le cas des écoulements en zones de végétation caractérisées par plusieurs échelles de longueur.

Pendant la deuxième année, la candidate a travaillé exclusivement à l'IST, où elle a effectué des travaux de laboratoire (essai S2). L'essai S2 a eu des taches de 15cm de longueur avec 1600stems/m<sup>2</sup> alterné avec des taches de 400stems/m<sup>2</sup>, aussi avec 15 cm de longueur séparés par une zone de transition de 10 cm. Les mesures ont consisté en l'acquisition avec PIV du champ de vitesse instantanée. Des mesures verticales ont déjà été réalisées pendant la première année, mais ces traitements de données ont indiqué qu'une meilleure caractérisation de l'écoulement est nécessaire en raison de la complexité de ce type d'écoulement. Ainsi, un plan de mesure intensif était effectué pour le test S2, avec l'acquisition des champs de vitesse instantanée sur le plan horizontal à plusieurs niveaux pour toutes les 8 positions longitudinales. La figure 1 montre des images du canal au cours des expériences.

*friction slope. Most of the existing design criteria employ resistance formulas such as Manning's, calibrated ad hoc. Moving toward physically based design criteria, progresses have been made in the characterization of 3D flows over irregular boundaries, mainly due to the application of double-averaging methods (DAM), which are a particular form of upscaling. Such methods are especially pertinent for the characterization of the flow within and in the near vicinity of plant canopies. However, double-averaging may be insufficient if the boundary irregularities are characterized by two or more wave numbers. Closure models for form-induced stresses are not available for most flows and represent a demanding research challenge in the case of vegetated boundaries characterized by several length scales.*

*During the second year, the candidate has been working exclusively at IST where she carried out an experimental test, herein called S2. The test S2 consists in patches 15cm length with 1600stems/m<sup>2</sup> alternated with patches of 400stems/m<sup>2</sup>, also with 15cm of length separated by a transition zone of 10 cm. The measurements consisted on PIV acquisition of instantaneous velocity fields. Vertical measurements had already been carried out during the first year, but its data treatments reveled that a better characterization of the flow were needed due to the complexity of this kind of flows. So, an extra set of measurement was carried out for test S2, acquiring horizontal instantaneous velocity maps at several levels within all the 8 longitudinal positions. Figure 1 shows pictures of the flume during the experiments.*

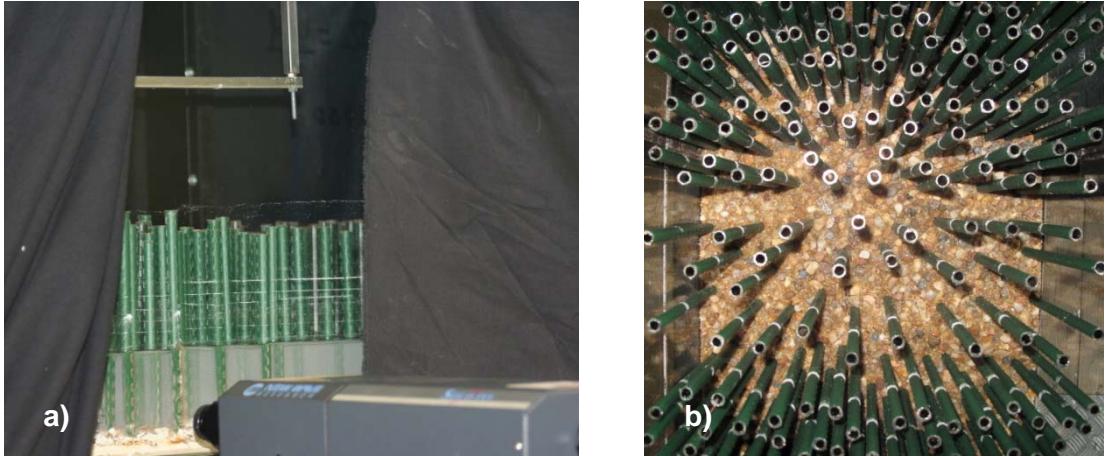


Figure 1 : Photo du canal au cours des expériences: a) vue de coté; b) vue en plan / Picture of the flume during the experiments: a) lateral view; b) plan view

Le traitement des données a consisté en l'application de la méthodologie Double-Average pour calculer les variables qui caractérisent l'écoulement, comme les vitesses, les contraintes de Reynolds et les contraintes de forme. Le traitement des données a également inclus une analyse instantanée afin de mieux comprendre la turbulence fine de cet écoulement. Cette analyse a inclus des calculs de variables comme la vorticité, les spectres de l'énergie, les fonctions d'autocorrélation et les fonctions de structure. La figure 2 montre une superposition de quatre champs de vitesse moyenne sur le plan horizontal, qui permet la caractérisation de l'écoulement sur toute la largeur du canal et la figure 3 montre un champ de vorticité instantanée.

The data treatment consisted on the application of double-average methodology to compute flow variables as velocities, Reynolds and form-induced stresses. The data treatment also included an instantaneous analysis to better understand the finer turbulence of the flow. This analysis included computations of variables such as vorticity, energy spectra, autocorrelation functions and structure functions. Figure 2 shows an overlap of four horizontal time averaged velocity maps, which allows the flow characterization within flume's width and Figure 3 shows an instantaneous vorticity map.

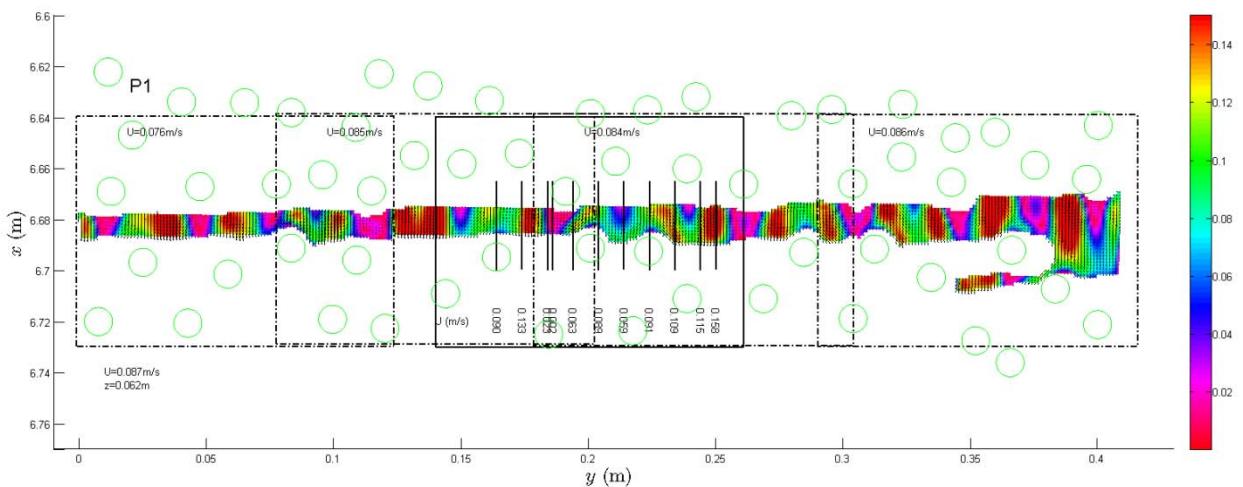


Figure 2 : Champ de vitesse moyenne horizontal / Horizontal time average velocity map

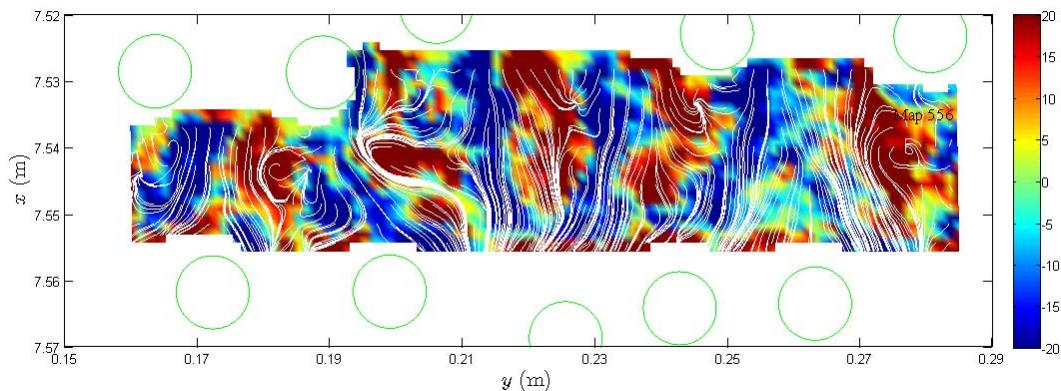


Figure 3 : Champ de vorticité instantanée / Instantaneous vorticity map

Financement : Fondation pour la Science et la Technologie Portugaise (FCT) et l'EPFL

Doctorante : Ana Margarida Da Costa Ricardo  
(initiative de doctorants communs IST-EPFL)

Research funded by the Portuguese Foundation for Science and Technology (FCT) and EPFL

Ph.D. student : Ana Margarida Da Costa Ricardo (under the joint IST-EPFL doctoral initiative)

### **1.1.14 Modèle hydraulique-hydrologique du fleuve Zambèze basé sur des techniques de télédétection et d'apprentissage automatique / Hydraulic-Hydrologic model for the Zambezi River using satellite data and machine learning techniques**

Le projet « barrages en Afrique: adapter le planning et l'exploitation des grands barrages aux besoins sociaux et aux contraintes environnementales » (ADAPT) est un effort pour consolider la science interdisciplinaire de la gestion intégrée des eaux. Cet objectif doit être entrepris par la création de nouveaux modèles et l'amélioration des sources de données et des cadres conceptuels qui les actionnent et les intègrent.

Dans le cadre d'ADAPT, le bassin du Zambèze est étudié à de multiples échelles, allant des aspects hydrauliques/hydrologiques et socio-économiques à un large éventail de questions environnementales telles que la chimie des réservoirs et l'écologie de la plaine d'inondation, permettant ainsi le développement d'un modèle hydraulique-hydrologique de ce bassin d'une importance cruciale. Avec une surface de presque 1'400'000 km<sup>2</sup> de surface, une précipitation moyenne d'environ 1'000 mm/an et un coefficient d'écoulement proche de 7%, le bassin est caractérisé par une évapotranspiration élevée ainsi que par l'existence de grands barrages et de zones humides.

En accord avec les objectifs d'ADAPT, l'objectif de la thèse est de contribuer à la

The African DAmns ProjecT (ADAPT) is an effort to strengthen the underlying interdisciplinary science in integrated water resource management. This goal is to be undertaken through the creation of new models and the enhancement of data resources and conceptual frameworks to drive and integrate them.

In the framework of ADAPT, the Zambezi basin, ranging from hydraulic/hydrologic and socio-economic aspects to an array of broad environmental issues such as reservoir chemistry and floodplain ecology is studied on various levels, being the development of an adequate basin-wide hydraulic-hydrologic model of crucial importance. With about 1 400 000 km<sup>2</sup>, an average precipitation of approximately 1 000 mm/year and a runoff coefficient nearing 7%, the basin is mostly characterized by its semi-arid climate, the major role played by evapotranspiration and the existence of several major impoundments and wetlands.

In line with the broader ADAPT targets, the PhD project is to contribute to the creation and enhancement of a general purpose daily time step semi-conceptual hydraulic-hydrologic model for the Zambezi, providing guidelines

création et l'amélioration d'un modèle hydraulique-hydrologique semi-conceptuel et journalier général du Zambèze, fournit des directives et des méthodologies applicables aux bassins similaires.

*and methodologies applicable to similar basins.*

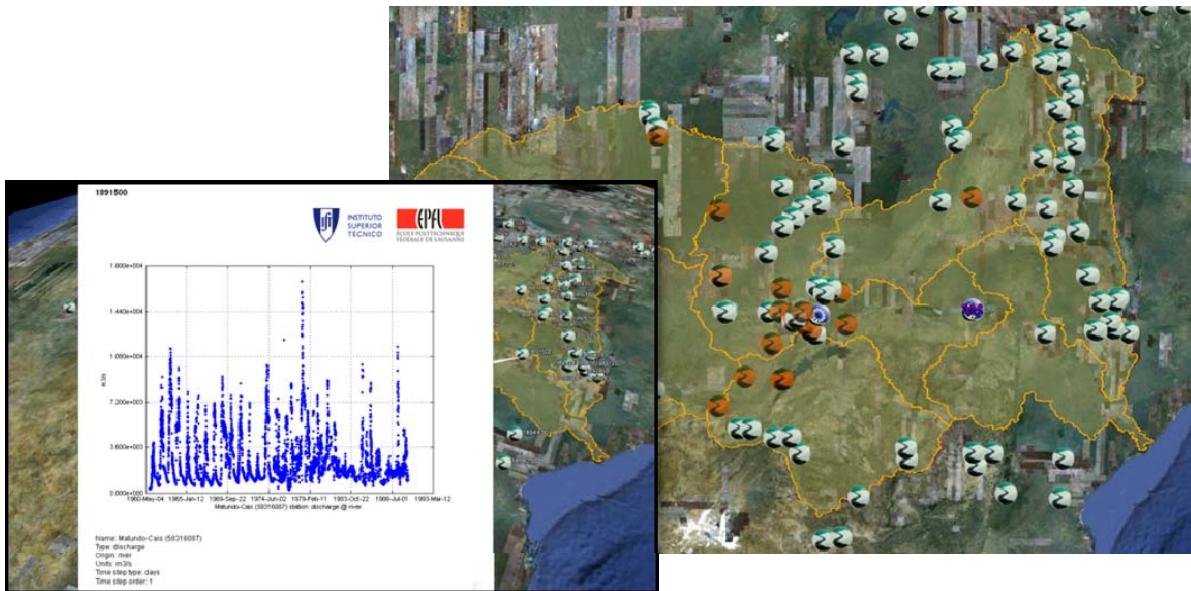


Figure 1 : Illustration de la base de données hydrologiques développée. / *Illustration of the developed hydrological database*

Après l'étude bibliographique de la modélisation hydrologique des grands bassins semi-arides, une part considérable du travail effectué a été consacrée à la recherche, l'analyse et l'opérationnalisation des données d'entrée telles que les précipitations et débits historiques. Sur ce sujet, une base de données a été développée pour contenir toutes les données disponibles et faciliter l'analyse et une utilisation rapide du modèle hydrologique. Une représentation graphique 3D de cette base de données, ayant l'avantage d'être accessible en ligne, est montrée dans la figure 1.

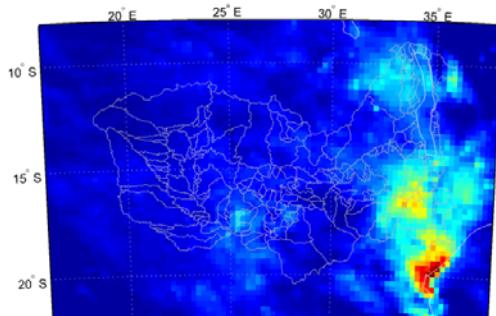
Dans le cas du bassin du fleuve Zambèze et compte tenu de sa grande superficie, seule une quantité relativement faible de données historiques sur le débit des rivières existe. Afin de calibrer et de valider le modèle hydrologique du bassin, il est important d'utiliser ces données autant que possible. Pour ce faire, cependant, les principaux apports du modèle doivent être contemporains des données de débit. Sur le plan des précipitations, cela présente un problème lorsque l'on considère les débits avant 1998, car les estimations pluviométriques par satellite n'existaient alors pas et la seule information disponible venait d'un réseau épars de pluviomètres. Afin de traduire les

*After the study of the state-of-the-art in the hydrological modeling of large semi-arid basins, a great share of the research conducted so far has been devoted to the research, analysis, and operationalization of input data such as rainfall and historic river discharges. A database has been developed to hold all the available data and facilitate prompt analysis and use in the hydrological model. A full 3D graphical representation of this database, with potential to be accessed online, is shown in Figure 1.*

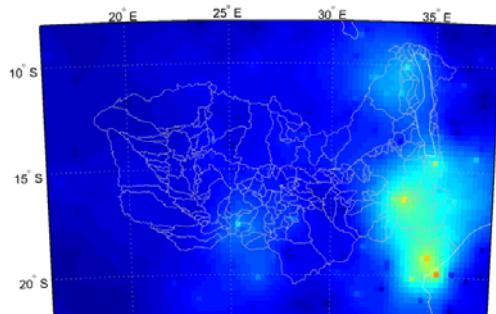
*In the case of the Zambezi River basin and given its large area, only a relatively small amount of historical river discharge data exists. As such, in order to calibrate and validate the basin's hydrological model, it is important to use as much of this data as possible. To do so, however, the main inputs of the model should be contemporary of the discharge data. In terms of rainfall, this can be a problem when considering discharges older than 1998, as reliable satellite rainfall estimations did not exist and the only information available is drawn from a sparse network of rain gages. In order to translate the gaged rainfall values into aerial rainfall estimations – a necessary step to run the hydrological model – a nonlinear method displaying memory capabilities has been*

valeurs mesurées de précipitation des estimations aériennes – une étape nécessaire pour exécuter le modèle hydrologique – une méthode non linéaire avec des capacités de mémoire a été proposée. Cette méthode, basée sur le modèle d'apprentissage automatique *Least Squares Support Vector Machines* (LS-SVM) a montré un fort potentiel pour surpasser d'autres techniques telles que le Krigeage aux échelles considérées. Une illustration comparative de ces deux techniques, avec les polygones de Thiessen, moins sophistiqués, est présentée dans la Figure 2.

Real data: NOAA FEWS RFE2.0, 2005-Dec-25 00 (mm/day)

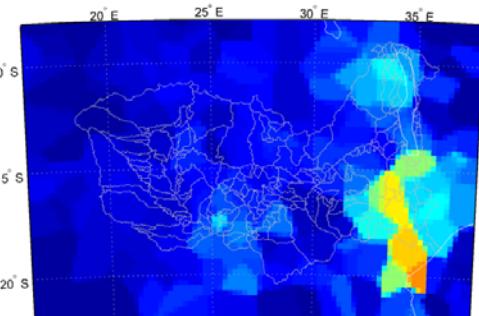


Interpolation: ordinary Kriging, 2005-Dec-25 00 (mm/day)



*proposed. This method, based on the Least Squares Support Vector Machines (LSSVM) machine learning model, has shown a strong potential to outperform alternative techniques such as Kriging at the scales of interest. A comparative illustration of both techniques, along with the less sophisticated Thiessen polygons is presented in Figure 2.*

Interpolation: Thiessen polygons, 2005-Dec-25 00 (mm/day)



Interpolation: LSSVM, 2005-Dec-25 00 (mm/day)

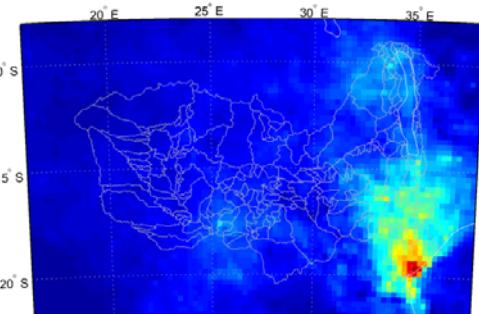


Figure 2 : Illustration comparative des différentes techniques d'interpolation de la précipitation sur le bassin du fleuve Zambèze, à l'échelle journalière. / Comparative illustration of different rainfall interpolation techniques over the Zambezi River basin at the daily scale.

À ce jour, la recherche a été axée sur des travaux préliminaires mais nécessaires, telles que l'acquisition, la préparation et l'opérationnalisation des données hydrologiques et topographiques, et le développement d'algorithmes pour la construction automatique du modèle.

Avec une opération flexible du modèle hydrologique, les travaux futurs mettront l'accent sur le développement d'une méthodologie d'étalonnage semi-automatique polyvalente, basée sur le concept de l'inférence Bayésienne, sur l'évaluation des gains de performance atteignables en couplant le modèle semi-hydrologique conceptuel avec des techniques d'appren-

*Up to date, the research has been focused on preliminary but necessary work, such as the acquisition, preparation and operationalization of hydrological and topography inputs, and the development of algorithms for automatic model construction.*

*With a flexible operation of the hydrological model, future work will emphasize the development of a versatile semi-automated calibration methodology, based on the concept of Bayesian inference, the evaluation of the performance gains attainable by coupling the semi-conceptual hydrological model with machine learning techniques, and the assessment of the quality of hydrological forecasts having in mind dam operation*

tissage automatique et enfin sur l'évaluation de la qualité des prévisions hydrologiques pour l'optimisation de l'exploitation des barrages.

Financement : Fondation pour la Science et la Technologie Portugaise (FCT) et EPFL

Doctorant : José Pedro Matos (initiative de doctorants communs IST-EPFL).

*optimization*

*Research funded by the Portuguese Foundation for Science and Technology (FCT) and EPFL*

*Ph.D. student: José Pedro Matos (under the joint IST-EPFL doctoral initiative).*

### **1.1.15 L'influence de la concentration d'air sur le développement de l'affouillement d'une fosse d'érosion et sur la stabilité des blocs du rocher / Influence of air concentration on rock scour development and block stability in plunge pools**

#### Introduction et problématique

Dans la conception des ouvrages hydrauliques, les débits de crue sont souvent dirigés vers l'aval par la création de jets. Cela peut être la solution la plus appropriée, en particulier dans le cas des hauts barrages ou quand les déversoirs à coursier représentent un coût trop élevé. Ces jets plongent dans le bassin avec une grande quantité d'énergie, et sa dissipation correcte et sûre est de grande importance pour les ingénieurs hydrauliciens.

L'affouillement en raison de jets d'eau est causé non seulement par les pressions moyennes appliquées sur l'interface eau-roche, mais est également influencée par ses variations. Des recherches expérimentales avec des jets quasi-prototypes ont été développées par le Laboratoire de Constructions Hydraulique de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (LCH-EPFL) et une méthode physiquement basée qui considère les pressions dynamiques a été proposée.

Bien que des développements aient été faits pour décrire correctement le développement de l'érosion, l'influence de l'air est toujours inconnue. La recherche en cours vise à une description complète de la dissipation de l'air entraîné par jets à haute vitesse dans la fosse d'érosion et son influence sur les pressions dynamiques sur le fond de la fosse et à l'intérieur des fissures.

#### Méthodologie de recherche

La méthodologie de la recherche possède 3 composants principaux.

D'abord, une étude théorique sera développée, pour décrire les processus physiques et les paramètres directeurs concernant l'entrainement de l'air et son influence sur les pressions dynamiques à l'interface eau-roche.

#### Introduction and problematics

*In the design of hydraulic structures, exceeding incoming discharges are often released downstream by the creation of water jets. It might be the most suitable solution, especially in the case of high head dams or where chute spillways represent a high cost of construction. These jets impinge in the plunge pool and carry a large amount of energy, and its correct and safe dissipation is of crucial concern for hydraulic engineers.*

*Rock scour due to water jets is caused not only by the mean pressures applied on the water-rock interface, but is also influenced by its variations. Comprehensive experimental researches have been carried out with near-prototype jet velocities since 1998 by the Laboratory of Hydraulic Constructions of the Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (LCH-EPFL) and a physically-based method for scour prediction that considers fully transient pressures was proposed.*

*Although developments have been made to correctly describe rock scour development, the influence of the air concentration is still a question of debate. The ongoing research project aims at a comprehensive description of the dissipation of the air entrained by high-velocity jets in the plunge pool and its influence on the dynamic pressures on the pool bottom and inside rock fissures.*

#### Research methodology

*The research methodology is composed by three main components.*

*First, a theoretical study will be performed, to describe the physical processes and governing parameters concerning air entrainment and its influence on the pressures on the water-rock interface.*

*Then, an experimental study on a generic model of prototype high-velocity jets will be*

Puis, une étude expérimentale sur un modèle générique de jets à l'échelle prototype sera entreprise pour mesurer la concentration de l'air à travers différentes profondeurs et distances radiales dans la couche limite du jet impactant, sur des fosses de fond plat et avec une géométrie confiné.

Enfin, une étude de cas à l'aide d'un modèle à échelle réduite sera effectuée pour l'analyse des conditions réelles de géométrie de la fosse et de fonctionnement de vannes, avec accent sur les effets d'échelle. La figure 1 montre un schéma de la méthodologie décrite ci-dessus.

*undertaken to measure air concentration throughout different depths and radial distances in the shear layer of the impacting jet, in flat bottom and confined plunge pools.*

*At last, a case study of a real case in reduced-scale model will be carried out for the analysis of real conditions of pool geometry and gate operation, with emphasis on the scale effects. Figure 1 shows a scheme of the above described methodology.*

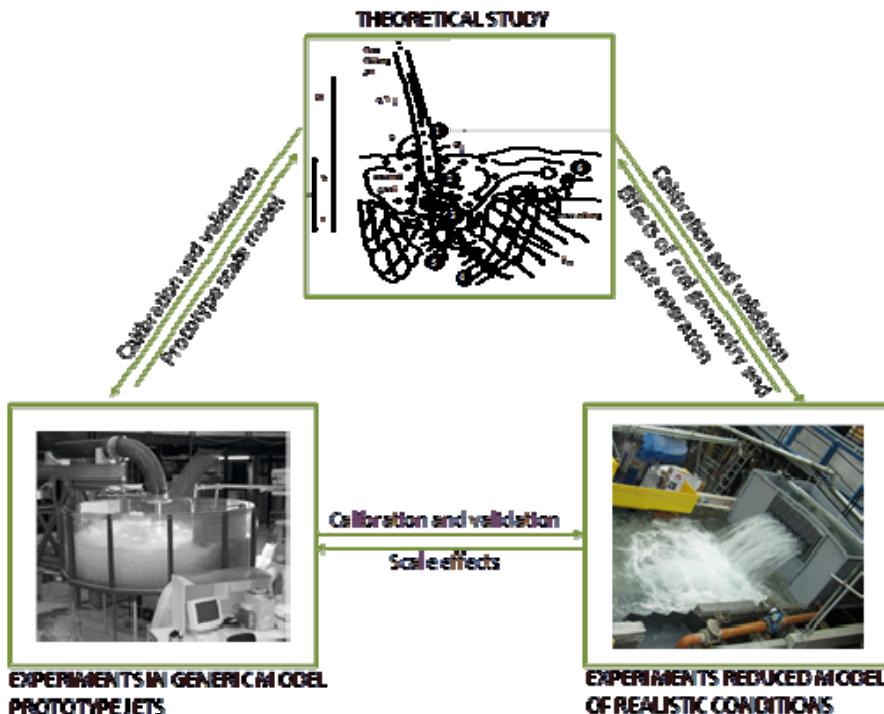


Figure 1 : Méthodologie de la recherche composée de trois composants / Research methodology composed by three components

### Aspects théoriques

L'affouillement du à des jets d'eau plongeants est composé par une série de processus complexes qui se produisent consécutivement. La géométrie de la fosse est le résultat d'interactions physico-mécaniques entre l'eau, l'air et la roche.

Les principaux paramètres au point d'impact avec le bassin sont le diamètre du jet  $D_j$ , la vitesse du jet  $V_j$ , et l'angle d'impact  $\theta$ . La diffusion du jet a lieu dans le bassin. C'est une fonction de la profondeur de la fosse  $Y$ . Plus précisément, le jet est dit complètement développé, si le rapport  $Y/D_j > 6$ , ou le noyau du jet persiste si  $Y/D_j > 4$ , une zone de transition existe entre ces les valeurs. La diffusion dans la fosse dissipe une partie de

### Theoretical aspects

*Rock scour due to plunging water jets is composed by a series of complex processes that occur consecutively. The resulting plunge pool geometry evolution is the result of physical-mechanical interactions between water, air and rock.*

*The main parameters at the point of impact with the plunge pool are the jet diameter  $D_j$ , jet velocity  $V_j$ , and the angle of impact  $\theta$ . Jet diffusion takes place in the plunge pool. It is a function of the pool depth  $Y$ . More precisely, the jet is said to be completely developed if the ratio  $Y/D_j > 6$ , or the core of the jet persists if  $Y/D_j > 4$ , a transition zone exists between these values. Diffusion in the plunge pool dissipates a part of the energy of the jet. The*

l'énergie du jet. Les pressions dynamiques appliquées sur le fond de la fosse sont générées par l'énergie restante.

Les bulles d'air pénètrent dans le bassin, soit due à l'entraînement d'air au cours de la trajectoire dans l'air, soit en raison de l'entraînement d'air au point d'impact avec l'eau. Les bulles d'air ont tendance à se diriger vers les zones de basse pression par flottaison. Dans la fosse, cette propriété s'oppose au flux principal, contribuant à la dissipation d'énergie.

Les bulles d'air sont piégées dans les tourbillons à l'entrée de la fosse et sont entraînés vers le bas. Finalement, un état d'équilibre s'établit et les bulles d'air sont déviés radialement et ensuite remontent vers la surface. Dans des conditions prototypes de vitesse et pressions, il est probable que les bulles d'air soient transportés à l'interface eau-roche, bien que ses dimensions soient considérablement faibles en raison de la compressibilité de l'air.

#### Installation expérimental et instrumentation

L'installation expérimentale a été conçue dans le LCH-EPFL, capable de reproduire des jets à vitesse quasi-prototype impactant sur un bassin. La partie principale de l'installation se compose de:

Un bassin cylindrique de 3 m de diamètre simule la fosse. Le niveau d'eau dans le bassin est réglable. Une pompe de 63m fournit l'énergie nécessaire au jet à travers d'un conduit d'alimentation de 300 mm de diamètre. A sa sortie, une buse cylindrique de 72mm modélise le jet.

Le fond de la fosse simule fissures ouvertes 3D et est représenté par deux composants métalliques: une "boîte de mesure", qui contient une cavité où un bloc hautement instrumenté, ou "bloc intelligent" est inséré. Cette cavité a une longueur de 202 mm, une largeur de 202 mm et une hauteur de 201 mm. Le "bloc intelligent" est cubique de 200 mm d'arête. Entre la «boîte de mesure» et le "bloc intelligent", une fissure 3D de 1 mm d'épaisseur est ainsi créée.

Une aération passive des jets est obtenue par l'insertion de 6 tubes d'aluminium à partir d'où l'air extérieur est aspiré par le flux à grande vitesse des jets à l'intérieur de la buse.

Pour les tests effectués jusqu'à présent, le système de mesure a été composé par un anémomètre à fil chaud (type Testoterm Testo 491) pour la mesure d'air entraîné, et 12 transducteurs de pression kulite. Une carte

*exceeding energy is responsible for the dynamic pressures that are applied over the pool bottom.*

*Air bubbles penetrate the plunge pool, whether due to air entrainment during the air trajectory, whether due to air entrainment at the point of impact with the pool. Buoyancy determines that air bubbles have the tendency to flow to lower pressure zones. At the plunge pool, this property counter-acts the main flow, contributing to energy dissipation.*

*Air bubbles are trapped in the turbulent eddies at the entrance of the pool and are dragged towards the bottom. Eventually, a state of equilibrium establishes and the air bubbles are deflected radially and then rise back to surface. In prototype conditions of jet velocity and pressures, it is likely that air bubbles are transported to the water-rock interface, although bubble sizes will be considerably small due to air compressibility.*

#### Experimental facility and instrumentation

*A large experimental facility was conceived in the LCH-EPFL, capable of reproducing near-prototype high-velocity jets impinging on a plunge pool. The main part of the experimental set-up consists of:*

*A 3 m diameter cylindrical basin simulates the plunge pool. The water level in the pool is adjustable. A 63 m head pump that provides the required energy for the jet through a 300 mm diameter water supply conduit. A 72mm cylindrical jet outlet system (nozzle) at its end that models the jet.*

*The pool bottom simulates open 3D joints and is represented by two metallic components: a "measurement box", that contains a cavity where a highly instrumented block, or "intelligent block" is inserted. This cavity has a length of 202 mm, a width of 202 mm and a height of 201 mm. The "intelligent block" has a cubic shape of 200 mm side. Between the "measurement box" and the "intelligent block", a 3-dimensional fissure of 1 mm width is so created.*

*Passive aeration of the jets is obtained by the insertion of 6 aluminium tubes from where the outside air is dragged by the high-velocity jets flow inside the nozzle.*

*For the tests performed so far, the measurement system was composed by a hot-wire anemometer (type Testoterm Testo 491) to assess approaching air velocities and 12 kulite pressure transducers. The data acquisition device is a National Instruments (NI) card type USB-6259 series M driven with*

National Instruments (NI) USB-6259 de la série M est utilisée avec logiciel développé au laboratoire.

### Premiers résultats et discussion

Une série préliminaire d'essais ont été effectuées pour évaluer les pressions dynamiques autour d'un bloc placé sur le fond d'une fosse soumis à des jets d'eau verticaux plongeants à grande vitesse, avec et sans entraînement passif d'air. La position des jets est au centre du bloc, qui a été maintenu incapable de se déplacer.

La Figure 2 montre des graphiques à l'échelle de  $C_p$  et  $C'_p$  mesurés autour du bloc, où les barres rouges et bleues montrent les tests sans et avec air. Au fond de la fosse, (haut du bloc) sont tous deux maximum au point de stagnation, et diminuent avec la distance radiale à partir de l'axe du jet. Puis, dans les fissures, un comportement quasi-constant se voit, à une valeur supérieure à la pression hydrostatique. Les valeurs de  $C_p$  étaient plus élevées pour les essais sans entraînement d'air, en particulier à la stagnation et à l'intérieur des fissures. Les valeurs de  $C'_p$  étaient plus élevées pour les essais sans entraînement d'air à l'intérieur des fissures.

### Conclusions partielles et recommandations

Les résultats montrent que, à l'échelle quasi prototype, les jets passivement aérés ont générée des pressions moyennes et variations moins importantes au-dessus et dans les fissures autour d'un block. Les densités spectrales ont été très similaires, avec les tests aérés montrant des valeurs légèrement plus élevées.

laboratory developed software.

### First results and discussion

A preliminary set of experiments have been performed to assess dynamic pressures around a block positioned on the bottom of a plunge pool submitted to vertical high-velocity impinging water jets with and without passive air entrainment. The jet impingement position was in the center of the block, which was kept unable to move.

Figure 2 shows scaled plots of  $C_p$  and  $C'_p$  measured around the intelligent block, where red bars show tests without air and blue bars show tests with air. The typical behavior of these parameters is seen: On the pool bottom, (top of the block) both are maximum at stagnation, and decrease with radial distance from the jet axis. Then, in the fissures, both develop a quasi-constant behavior, at a value that is higher than the hydrostatic pressure. Values of  $C_p$  were higher for tests without air entrainment, in particular at stagnation and inside the fissures. Values of  $C'_p$  were higher for tests without air entrainment inside the fissures.

### Partial conclusions and recommandations

Results show that, regarding jet velocities under near-prototype conditions, the passively aerated jets generated lower mean pressures and pressure oscillations on the top and inside the fissures around a block. The obtained spectral contents were very similar, with aerated tests showing slightly higher values.

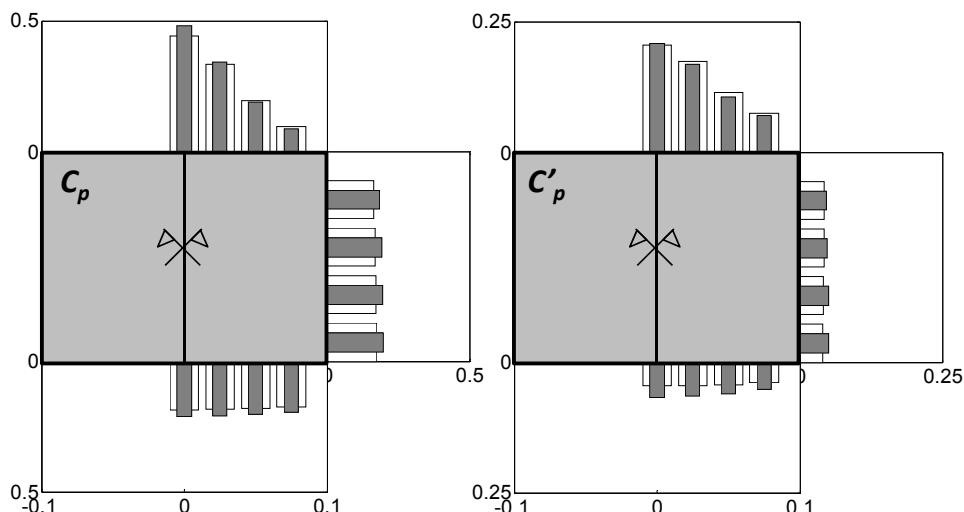


Figure 2 : Graphique à l'échelle de  $C_p$  et  $C'_p$  autour du bloc.  $Y/D_j=11.11$ ;  $V_j = 19.65\text{m/s}$ . Gris : sans air, blanc : avec air / Scaled plots of  $C_p$  and  $C'_p$  around the block.  $Y/D_j=11.11$ ;  $V_j = 19.65\text{m/s}$ . Grey: without air, white: with air.

Même si l'air entraîné dans le jet pendant le trajet entre la buse et la surface d'eau dans le bassin peut être considéré négligeable dans ce cas, une quantité importante d'air qui est entraîné dans le bassin au moment de l'impact reste inconnue. Développement futurs aborderont la mesure de la concentration de l'air, la quantité et diamètre des bulles d'air dans des différentes positions de la fosse, comme l'utilisation de jets submergés pour l'estimation de la quantité totale d'air entraîné.

Financement : Fondation pour la Science et la Technologie Portugaise (FCT) et EPFL

Doctorant : Rafael Duarte (initiative de doctorants communs IST-EPFL).

*Although air entrained in the jet during the travel between the nozzle and the water surface in the pool can be neglected in this case, there is an important amount of air entrained in the plunge pool at impact that remains unknown. Future developments will consider the measurement of void fraction, air bubble rate and chord length in different positions in the plunge pool, as well as the use of submerged jets for a better knowledge of the total entrained air.*

*Research funded by the Portuguese Foundation for Science and Technology (FCT) and EPFL*

*Ph.D. student: Rafael Duarte (under the joint IST-EPFL doctoral initiative).*

### **1.1.16 Risque de défaillance des mesures de protection contre les crues en raison de la modification du transport sédimentaire liée aux changements climatiques / Failure risk of flood protection measures due to changed sediment transport under the climate change**

Les futurs changements du transport sédimentaire dans les rivières auront un impact sur le comportement des mesures de protection contre les crues et affecteront leurs risques de rupture. La défaillance des mesures de protection contre les crues se traduira par des crues incontrôlées et par l'érosion latérale avec déplacement du lit de la rivière. Ces processus peuvent avoir des conséquences catastrophiques sur les zones urbaines et les infrastructures le long des rivières alpines.

*Future changes of sediment transport in rivers will impact the behavior of flood protection measures and affect the failure risk. Failure of the latter will result in uncontrolled flooding and lateral erosion with displacement of riverbed. These processes can have catastrophic consequences on urban areas and infrastructures along alpine rivers. Therefore, probabilistic analysis of failure mechanisms of these flood protection measures due to flood events and sediment transport is a principal step to guarantee the embankment stability.*

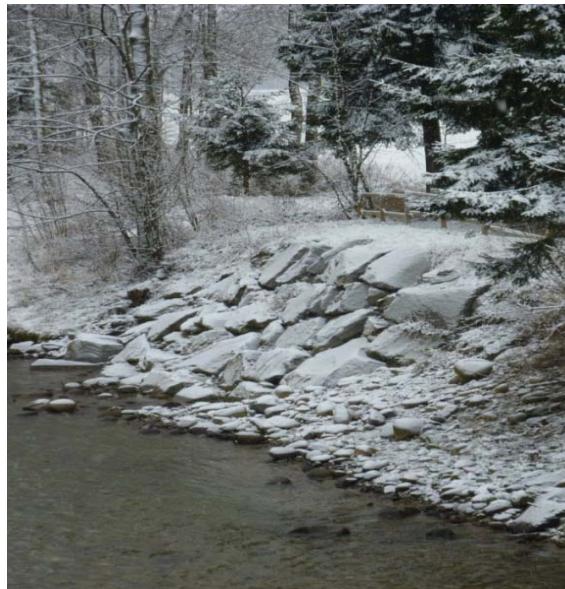


Figure 1 : Vue de l'enrochement de la rivière de Kleine Emme, Lucerne, Suisse / View of the river bank riprap protection of Kleine Emme river, Lucerne, Switzerland

Par conséquent, l'analyse probabiliste des mécanismes de rupture des mesures de protection en raison des crues et du transport sédimentaire est une étape principale afin d'assurer la stabilité des rives.

Le projet de recherche est défini comme "risque de défaillance des mesures de protection contre les crues en raison de la modification du transport sédimentaire liée au changement climatique", et soutenu financièrement par l'Office fédéral de l'environnement (OFEV). Ce dernier projet porte sur l'évaluation des mesures de protection contre les crues, le transport solide, et l'évolution du risque.

Dans cette recherche, le concept d'un modèle d'évaluation probabiliste basé sur la simulation de Monte Carlo est présenté. L'objectif est de définir le risque de rupture des mesures de protection contre les crues suite aux critères de dimensionnement modifiés. Cette simulation probabiliste évalue la fiabilité des mesures de protection comme les enrochements par rapport aux variations futures des crues et du transport. La probabilité de défaillance suivant différents mécanismes tels que l'érosion directe du bloc, l'affouillement de pied et le débordement a été définie pour des enrochements en prenant compte le charriage modifié. Une étude de sensibilité a été réalisée sur la base des effets de différentes pentes, tailles des blocs, caractéristiques du charriage, géométries de la section ainsi que paramètres hydrauliques.

*Thus, a research project was initiated focusing on "Failure Risk of Flood Protection Measures due to Sediment Transport under climate change", and financially supported by the Swiss Federal Office for the Environment (FOEN). The latter project deals with assessment of flood protection measures, sediment transport, and risk evolution.*

*Herein, the concept of a probabilistic assessment model is applied based on Monte Carlo simulation. The aim is to define the failure risk of flood protection measures as a function of modified design criteria. This probabilistic simulation estimates the reliability of measures like riprap regarding the varied flood and sediment transport in future. The failure probability in different modes such as direct block erosion, toe scouring and overtopping in river bank riprap is defined by taking into account the changed bed-load transport. A sensitivity analysis is conducted based on the effect of varying slopes, block size, bed-load characteristics, geometry of the section and hydraulic parameters.*

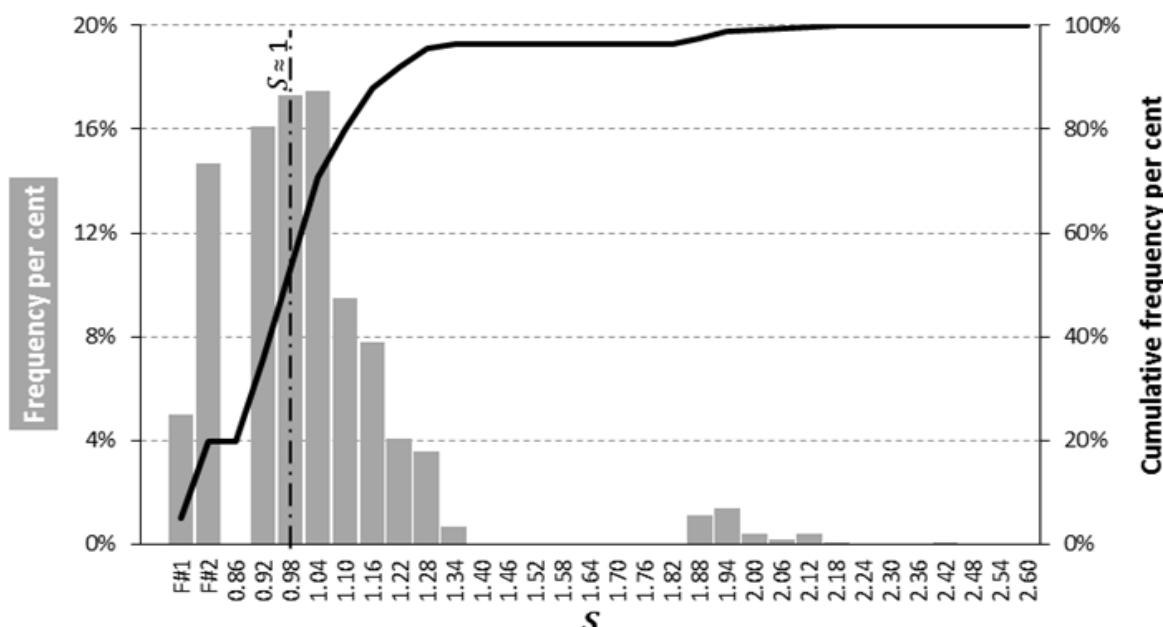


Figure 2 : Vue schématique de la fonction de répartition pour la probabilité de rupture d'enrochements / Schematic view of Cumulative distribution function for riprap failure probability

L'analyse théorique des mécanismes de défaillance des autres mesures de protection contre les crues sera poursuivie et les paramètres dominants seront définis. Les autres méthodes probabilistes d'analyse de risque seront également définies pour la probabilité de défaillance. Dans la prochaine étape du projet de recherche, des études sur un modèle physique seront réalisées. Les essais seront déterminés pour étudier la stabilité de l'enrochements sur une couche de blocs ainsi que deux couches.

Financement : Office fédéral de l'environnement (OFEV)

Doctorante : Mona Jafarnejad

*The theoretical analysis of failure mechanisms of other flood protection measures will be continued and dominant parameters will be defined. These further probabilistic risk analysis also will be defined regarding the failure probability. Physical experiments will be carried out as a next step of the research project. The experiments are arranged to study the stability of riprap including one layer of blocks as well as two layers.*

*Research funded by the Swiss Federal Office of Environment (FOEN)*

*Ph.D. student: Mona Jafarnejad*

### 1.1.17 Morphologie des confluences de rivières / Morphology on river confluences

Les confluents de rivière sont soumis à des changements hydrauliques et morphologiques importants au sein des réseaux fluviaux. Ces derniers se produisent dans les canaux où il y a des îles ou des barres. Les effets locaux et aval des confluents peuvent avoir une influence marquante sur la géomorphologie et l'écologie du lit.

L'objectif de ce projet de thèse est d'approfondir la connaissance du comportement de l'écoulement et du développement morphologique au sein des confluents alpins.

Afin d'atteindre cet objectif, trois études expérimentales ont été définies. Elles seront effectuées dans un canal existant de 8.5 m de long et 0.5 m de large. Les dimensions du canal affluent sont 4.9 m de long et 0.15 m de large. Ce dernier rejoint le canal principal avec un angle de 90° à une distance de 3.6 m à l'aval de l'entrée du canal principal. (Figure 1).

*River channel confluences are sites of significant hydraulic and morphological change within fluvial networks and occur within river channels where islands or bars are present. The local and downstream effects of confluences can have a profound influence on the geomorphology and ecology of river channels.*

*The aim of this PhD project is to deepen in the knowledge of the flow structure and morphological development in alpine confluences.*

*In order to get that goal, 3 experiments have been defined. They will be performed in an existing channel 8.5 m long and 0.5 m wide. The dimensions of the tributary channel are 4.9 m long and 0.15 m wide. The tributary channel joins to the main one with an angle of 90° at a distance of 3.6 m downstream of the inlet of the main channel. (Figure 1).*

	Ratio Qt/Qm	Qm	Qt	Qsm	Qst
	[ - ]	[ l/s ]	[ l/s ]	[ kg/min ]	[ Kg/min ]
<b>High ratio</b>		0.23	24.4	5.6	0.30
<b>Intermediate ratio</b>		0.15	26.1	3.9	0.30
<b>Low ratio</b>		0.11	27.0	3.0	0.30
					0.50

Tabelle 1 : Configurations des débits / Discharge configurations

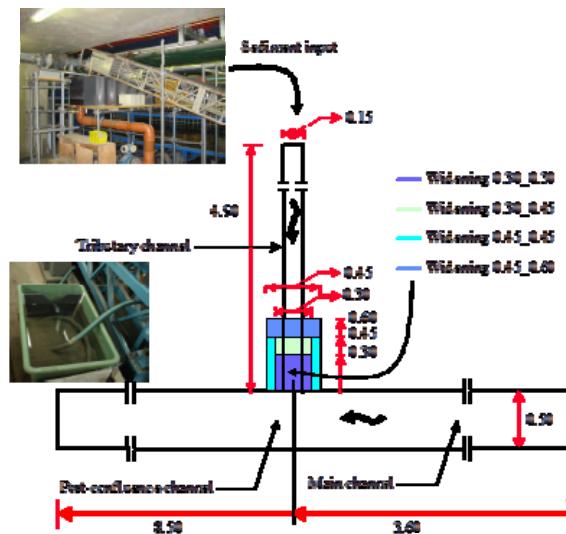


Figure 1 : Configuration pour les expériences / Experiments set-up

Financement : Fondation pour la Science et la Technologie Portugaise (FCT) et EPFL

Doctorant : Sébastien Guillén Ludeña  
(initiative de doctorants communs IST-EPFL).

*Research funded by the Portuguese Foundation for Science and Technology (FCT) and EPFL*

*Ph.D. student: Sébastien Guillén Ludeña (under the joint IST-EPFL doctoral initiative).*

## 1.2 Recherche appliquée (exemples sélectionnés) / Applied research (selected examples)

### 1.2.1 Projet de protection contre les crues Gampel Bratsch – bassin de rétention de sédiments Tschingelbach / Gampel-Bratsch flood protection – sediment retention basin Tschingelbach

Lors de la crue en octobre 2000, les communes de Bratsch et de Gampel avaient été affectées par des inondations. Un nouveau concept de protection contre les crues prévoit des interventions constructives, car des mesures de maintenance ou d'aménagement du territoire ne permettent pas de protection suffisante. La rétention de sédiments sur le cours d'eau "Tschingelbach" est un objectif principal de ce concept. Pendant une crue, les matériaux solides et le bois flottant éventuel devraient être retenus dans trois zones (bassin I, bassin II et bassin principal, Figure 1).

Etant donné que la rétention de sédiments s'effectuera dans une zone habitée, le fonctionnement adéquat et la sécurité du système doivent absolument être assurés. En conséquence, les ouvrages et le système entier ont été étudiés et optimisés sur modèle physique, avec une attention particulière sur l'efficacité du bassin principal et le déversement contrôlé en cas de surcharge.

*During a flood in October 2000, the two villages of Bratsch and Gampel were affected by severe inundation. Because neither maintenance works nor land use can provide sufficient mitigation, constructive protection measures are required. These include a sediment retention basin upstream of the village of Niedergampel to retain bed load and eventually driftwood during floods in three retention zones (deposition zones I & II and retention basin, Figure 1).*

*As the retention basin is located in a residential area, the reliability and safety of the structure must be guaranteed. Therefore, the proposed concept was tested and optimized on a hydraulic model with a special attention on the retention performance and the flood evacuation system.*

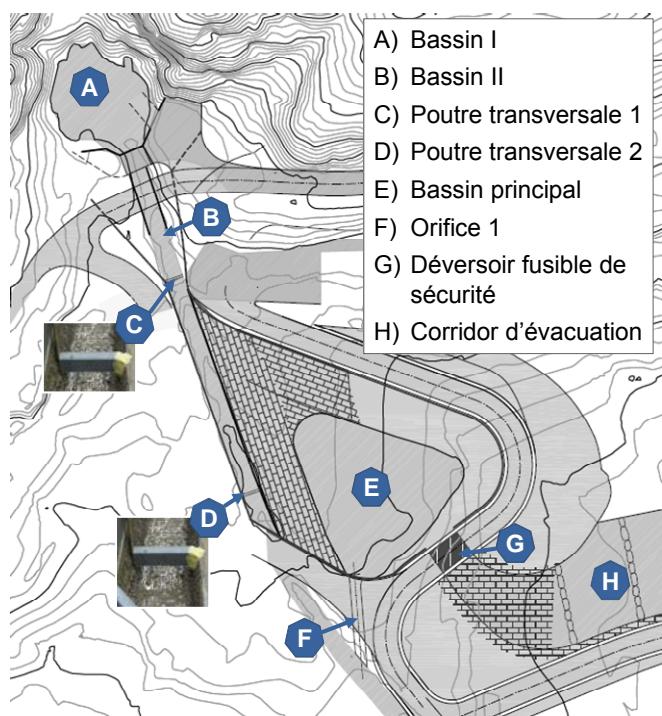


Figure 1 : a) Photo vers l'amont, b) schéma et terminologie du système de rétention / a) Photo in upstream direction, b) sketch and terminology of the sediment retention system

Dans le modèle à l'échelle 1:25, quelques 100 m du Tschingelbach ont été représentés. Les débits, les lignes d'eau et les volumes sédimentaires ont été mesurés à l'amont du modèle, dans le cours d'eau et dans les différents bassins. Dans une première phase, le fonctionnement du système de rétention a été optimisé, en particulier la position et le niveau des poutres transversales qui font obstacle à l'écoulement en cas de crues et déterminent donc le début d'accumulation dans les différents secteurs. Dans une deuxième phase, le système a été systématiquement testé avec transport solide et bois flottant pour des crues HQ<sub>30</sub> à EHQ (crue maximale).

Les résultats de la modélisation hydraulique permettent de tirer les conclusions suivantes :

Fonctionnement : la rétention se fait selon un schéma similaire pour tous les débits simulés. Après un remplissage partiel du bassin I, de plus en plus de matériaux solides sont transportés dans le cours d'eau, ce qui provoque une augmentation du niveau d'eau et conduit à l'enclenchement successif des deux poutres transversales à partir d'une crue HQ<sub>100</sub>. Le bassin II se remplit de sédiments, tout comme le cours d'eau et le bassin principal (Figure 2a). L'orifice de vidange 1 n'a jamais été obstrué par des matériaux solides dans le modèle et le déversoir fusible de sécurité fonctionne correctement (Figure 2b).

*The hydraulic model was built with a scale factor of 1:25 involving Froude similitude. It reproduces 100 m of the Tschingelbach creek to measure discharges, water levels and sediment volumes during and after individual test runs. In a first phase, the optimal operating mode of the retention concept was determined. Then, flood events with return periods from 30 to 1000 years (PMF) were simulated systematically with bed load and driftwood.*

*The results of the model tests led to the following conclusions:*

*Operating mode: the sediment retention always follows the same trend. If deposition zone I is filled, the two crossbeams are activated at HQ<sub>100</sub> which leads to the aggradation of the creek bed and the filling up of deposition zone II and the retention basin (Figure 2a). In the model, the culvert never chokes due to sediment and the evacuation breach operates as planned (Figure 2b).*

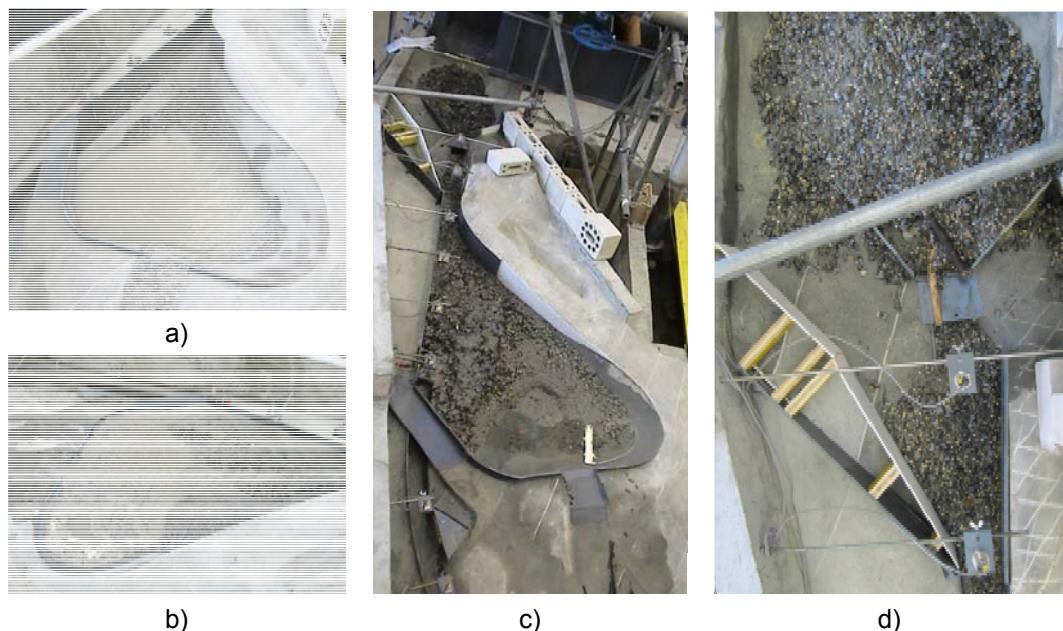


Figure 2 : Rétention de sédiments dans le modèle (EHQ), a) bassin principal pendant la phase de remplissage, b) fonctionnement du déversoir de sécurité, dépôts finaux dans c) le bassin principal et d) dans les bassins I & II / *Sediment retention in the hydraulic model (PMF), a) filling of retention basin, b) activated breach, final deposits in c) the retention basin and d) deposition zones I & II*

Capacité de rétention : le bassin I fonctionne comme prévu et est complètement rempli pendant une crue maximale. Le volume retenu est fonction des dépôts à l'aval, donc dans le cours d'eau et le bassin II, par la fermeture partielle de la section de sortie sous le pont. La capacité du bassin II dépend uniquement du niveau de la poutre transversale. Le bassin principal est activé à partir d'un débit de HQ<sub>100</sub> et est rempli surtout dans la partie amont jusqu'à un débit de HQ<sub>300</sub>. Lors d'une crue maximale, les sédiments sont transportés jusqu'à l'aval et occupent toute la zone de rétention (Figure 2c).

Bois flottant : l'entrée de bois flottant peut causer de problèmes sévères dans le système étudié. La section de sortie du bassin I, la culée en rive gauche du point à l'aval du bassin principal et l'orifice 1 sont particulièrement sensibles à l'encombrement. Il est recommandé d'arrondir la culée du pont et d'adapter la géométrie de l'entrée de l'orifice 1 en forme de trompette. Afin d'éviter les risques pour le système entier, une intervention à l'amont du tronçon étudié se révèle nécessaire (peigne à bois ou pelle mécanique).

Géométrie optimisée du système de rétention : un mur déflecteur à angle vif (Figure 2d) et une hauteur minimale de la poutre transversale à la sortie du bassin II permettent une meilleure intégration des ouvrages dans l'environnement naturel et construit. La direction de l'orifice a été optimisée de manière à éviter un écoulement trop turbulent et des débordements à la jonction avec le cours d'eau aval.

Etude confiée par : Commune de Gampel-Bratsch

Ingénieur de projet : Michael Müller

## 1.2.2 IBER : Impact sur le ballast des eaux de ruissellement / IBER : Impact of runoff on railroad ballast

### Introduction

Un violent orage survenu à Sarry sur la Ligne à Grande Vitesse (LGV) Paris Sud Est du Réseau Ferré de France (RFF) en 2000 a été à l'origine d'un incident dont les conséquences auraient fortement impactées la sécurité des circulations ferroviaires, si les désordres n'avaient été découverts à temps. Cet incident a mis en évidence un risque avéré d'inondation de plate-forme avec entraînement de ballast. La déstructuration de la plate-forme et de la banquette de ballast

*Retention capacity: deposition zone I can be exploited as planned and is filled completely during PMF events. Downstream aggradation regulates its retention volume by blocking the outlet to a certain degree. The capacity of deposition zone II only depends on the height of the crossbeam at its downstream end. The main retention basin of the flood protection concept starts operating at HQ<sub>100</sub> and is filled in its upstream part for floods up to HQ<sub>300</sub>. During a PMF, sediments are transported further downstream in the basin, filling up the entire storage volume (Figure 2c).*

*Driftwood: the appearance of driftwood can affect the operation and safety of the sediment retention scheme. The outlet section of deposition zone I, the left abutment of the bridge downstream of the retention basin and the culvert are sensitive for choking. It is recommended to chamfer the abutment and the inlet section of the culvert in order to improve the hydraulic behavior. An upstream wood trap should be considered to reduce the damage potential due to driftwood.*

*Optimized geometry of the retention system: a more pronounced deflection wall in retention zone II (Figure 2d) and a reduced height of the transversal structure at the downstream end of deposition zone II allow a better integration of the flood protection project into town- and landscape. The culvert was optimized to avoid increased water levels due to turbulent flow and the related overflow at the confluence spilling back into the creek bed.*

*Study entrusted by : Commune de Gampel-Bratsch*

*Project engineer : Michael Müller*

### Introduction

*A severe thunderstorm occurred in Sarry, on the High Speed Line (LGV) Paris South East of Réseau Ferré de France (RFF) in 2000. The consequences would have strongly impacted the safety of the railroad if the problem had not been noticed on time. This incident has highlighted the flood risk of the platform with ballast entrainment. Damage of the platform and the ballast generates a destabilization of the railroad that can cause a*

génère une déstabilisation de la voie qui peut être à l'origine d'un déraillement.

### Objectif de l'étude

Il a été constaté que l'écoulement d'eau sur la piste, généralement engendré par le débordement des eaux de drainage, est la cause principale de l'entraînement du ballast. La connaissance du couple de valeurs vitesse et hauteur d'eau de ruissellement sur la piste, susceptible de provoquer l'entraînement du ballast, est nécessaire à l'optimisation des stratégies de protection sur les voies existantes. La présence d'obstacles le long de la piste accroît les risques de mise en mouvement du ballast, du fait de la contraction de l'écoulement.

Le Laboratoire de Constructions Hydrauliques (LCH) de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) a été mandaté afin de mener des essais de mise en mouvement du ballast sur un modèle physique, tant en condition normale (faible pente longitudinale, sans obstacles) qu'en condition plus défavorable (forte pente longitudinale, avec obstacles, sur piste lisse en béton).

derailment.

### Objective of the research

*It was found that the runoff on the platform, usually caused by the overflowing of the drainage system, is the main cause of ballast entrainment. Knowing the limit values of flow velocity and water depth over the platform that cause ballast entrainment, allows optimizing the protection strategies for existing railroads. The presence of obstacles along the railroad increases the risk of ballast entrainment.*

*The Laboratory of Hydraulic Constructions (LCH) of the Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) has conducted systematic tests for ballast entrainment on a physical scale model, both in normal (low longitudinal slope without obstacles) and in severe conditions (high longitudinal slope with obstacles, on smooth concrete platform).*

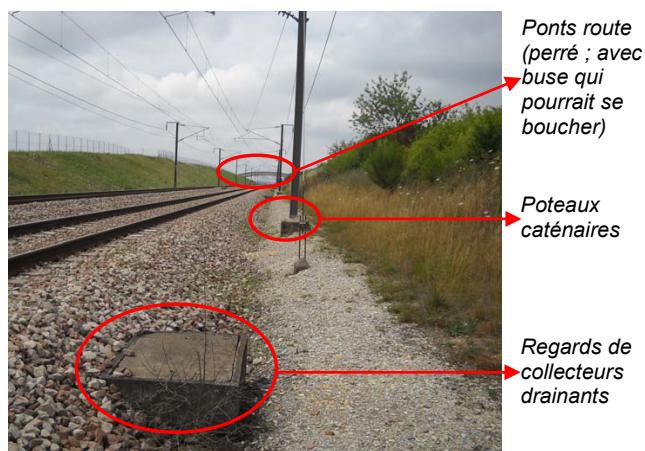


Figure 1 : Obstacles couramment rencontrés le long des voies / Common obstacles along the railroad

### Modèle physique

Le modèle est construit à l'échelle géométrique 1:3. Il est exploité en similitude de Froude, c'est-à-dire en respectant la conservation du rapport entre les forces d'inertie et de gravité. Par analyse du critère d'entraînement de Shields il a été mis en évidence qu'aucun effet d'échelle n'apparaît dans le transport solide.

Des pentes longitudinales de la piste entre 0.5 et 3.5% ont été testées. Les essais ont été faits sur piste rugueuse ainsi que sur piste lisse. La maquette mesure 10 m de longueur pour 1.5 m de large.

### Physical Model

*The model is built on a geometric scale of 1:3. It is operated on Froude similarity, which means respecting the conservation of the inertial to gravity forces ratio. With regard to the Shields' criteria of sediment movement, it was demonstrated that no scale effect appears in sediment transport.*

*The tested longitudinal slope of the platform lied between 0.5 and 3.5%. The tests were carried out on both rough and smooth platform. The model is 10 m long and 1.5 m wide.*

## Résultats

Les essais sans obstacle ont permis de déterminer les couples hauteur d'eau et vitesse moyenne calculée engendrant le début d'entrainement du ballast pour chacune des pentes testées. Quatre classes de transport solide ont été identifiées : pas de mouvement, suivi d'un début du mouvement, un transport linéaire et enfin la rupture. Les limites identifiant le passage d'une classe à l'autre de transport solide sont reportées sur la figure 2 ci-dessous.

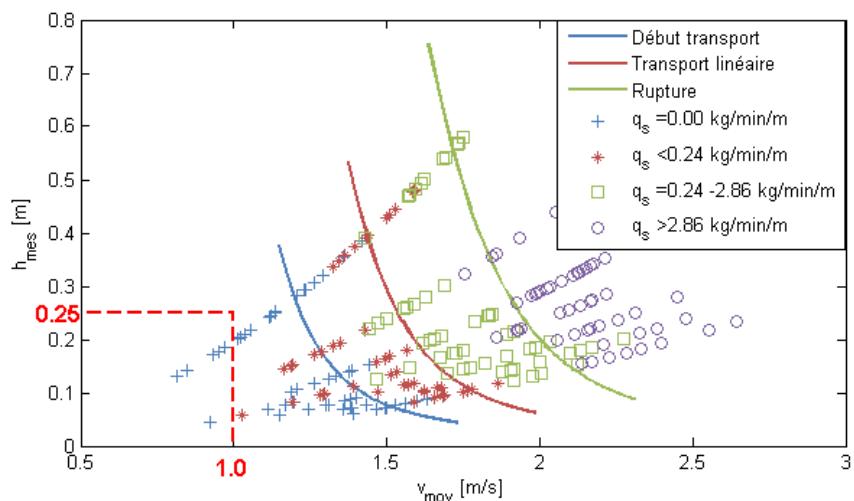


Figure 2 : Couples hauteurs d'eau  $h$  – vitesse moyenne calculée classés par différentes intensités de transport solide, dans le cas d'une piste rugueuse sans obstacle. En traitillé les valeurs conservatrices actuellement utilisées par SNCF pour l'analyse du « risque Sarry » / Critical average flow velocities and water depths classified by different intensities of sediment transport, in the case of a rough platform without obstacles. The dashed line shows the currently used conservative values by SNCF for the analysis of "Sarry risk"

Les limites ont également été identifiées en fonction de la pente et du débit unitaire pour chaque type d'obstacle, afin de définir des coefficients d'impact d'obstacle IOC (débit unitaire limite sans obstacle divisé par le débit unitaire limite pour un obstacle donné). Il est ainsi possible de dire que, sur piste rugueuse :

- La pile de pont a un grand impact, indépendant de la pente. L'érosion est locale.
- L'effet du poteau caténaire est toujours négatif, mais diminue avec la pente. L'érosion est locale.
- Le regard de collecteur drainant a un impact négatif pour des faibles pentes à cause de l'érosion locale au droit de l'obstacle. Pour les fortes pentes il stabilise la banquette à l'amont grâce à la courbe de remous.

## Results

The tests without obstacles allowed identifying the critical average flow velocities and water depths for incipient motion of the ballast for each slope. Four classes of sediment transport were identified: no movement, incipient motion, linear transport and finally collapse. Transition limits have been defined and are shown on figure 2.

The limits were also identified based on the slope and unit discharge for each type of obstacle in order to define the obstacle impact coefficients IOC (critical unit discharge without obstacle divided by the unit discharge with a given obstacle). It can be therefore said that on a rough platform:

- The bridge pier has a great impact, independent of the slope. The erosion remains local.
- The effect of the catenary pole is always negative, but decreases with slope. Erosion remains local.
- The drainage manhole has a negative impact for low slopes due to the local erosion in-between the obstacle and the ballast. For steep slopes the backwater curve stabilizes the upstream ballast.

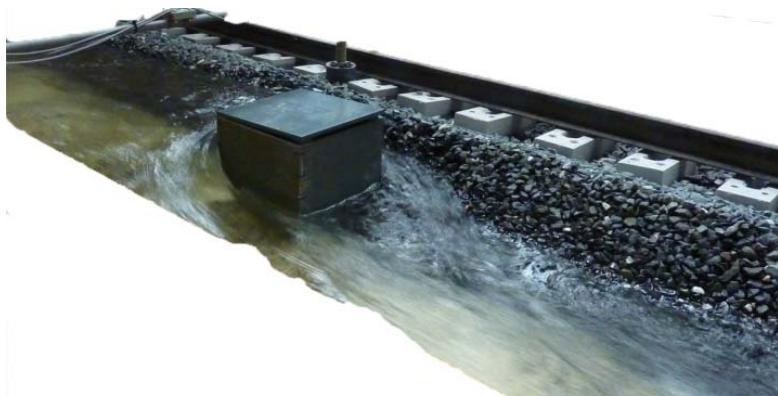


Figure 3 : Ecoulement en présence d'un regard sur piste rugueuse pour une pente de 0.5% / Flow in the presence of drainage manhole over a rough platform with a slope of 0.5%

Sur piste lisse l'effet de la pente est presque négligeable en absence d'obstacles. On passe rapidement d'une condition sans transport solide à un transport linéaire, sans passer par la classe du début de mouvement.

#### Conclusions

L'entrainement du ballast ainsi que l'impact des obstacles individuels a été identifié en fonction de la pente et du débit tant sur piste rugueuse (référence) que sur piste lisse. Les zones d'attaque du ballast ont été identifiées et les couples hauteur d'eau et vitesse limites déterminés.

Etude confiée par : SNCF

Ingénierie de projet : Tamara Ghilardi et  
Mona Jafarnejad

*On the smooth platform the effect of the slope is almost negligible in the absence of obstacles. The sediment transport conditions change rapidly from no motion to linear transport, without passing the class of incipient motion.*

#### Conclusions

*The ballast entrainment and the impact of single obstacles were identified as a function of slope and discharge on rough (reference case) and smooth platform. The impacted zones of the ballast have been identified as well as the critical average flow velocities and water depths.*

Study entrusted by : SNCF

Project engineers: Tamara Ghilardi and Mona Jafarnejad

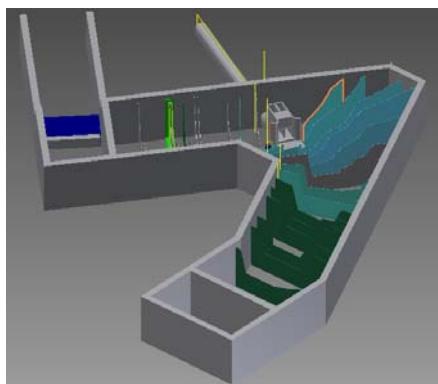
### **1.2.3 Chespí-Palma Real, Équateur – Etude sur modèle physique pour une galerie de dérivation des crues et des sédiments / Chespí-Palma Real, Ecuador – Physical model tests for flood and sediment bypass**

L'aménagement de Chespí-Palma Real se trouve dans la partie Nord-Ouest de l'Équateur, sur la rivière Guayllabamba, à environ 30 km au Nord de la capitale Quito. Le schéma de l'aménagement comprend un barrage de type voûte à double courbure qui s'élève sur une hauteur d'environ 63 m. La retenue, d'une capacité de  $4.4 \times 10^6 \text{ m}^3$  s'étend sur 22.2 ha et recueille les eaux d'un bassin versant de quelque  $4'500 \text{ km}^2$ . La gestion des sédiments est un aspect fondamental de ce projet. En effet, environ  $1.8 \times 10^6$  tonnes sont transportées au niveau du site, ce qui représente quelques  $820'000 \text{ m}^3/\text{an}$ . Afin d'éviter les purges régulières de la retenue et l'arrêt de la centrale, une galerie de dérivation des crues est et des sédiments envisagée à l'amont de la retenue. Un seuil noyé, situé à l'aval de l'ouvrage d'entrée permet l'utilisation de cette

*The Chespí-Palma Real hydro power plant is located in the north-western part of Ecuador on Guayllabamba River, about 30 km north of the capital, Quito. The plant consists of a double curved arch dam 63 m height, with a reservoir capacity of  $4.4 \times 10^6 \text{ m}^3$  that covers 22.2 ha. The reservoir collects the water of an approximate  $4'500 \text{ km}^2$  basin. Sediment management is a fundamental aspect of this project. Till this stage, around  $1.8 \times 10^6$  tons are transported to the site representing an annual flux of sand  $820'000 \text{ m}^3$ . To avoid regular flushing of the reservoir and subsequently the plant shutdown, a flood and sediment bypass structure is planned upstream of the reservoir. A drowned sill, located downstream of the inlet structure allows the use of this structure without emptying the reservoir. Two alternatives are defined as the possible positions of the sill, the*

galerie en évitant une vidange de la retenue. Deux alternatives sont définies comme les positions possibles du seuil, le premier est situé juste à l'aval de l'ouvrage d'entrée et l'autre quelques 50 m plus loin à l'aval. Un modèle physique de la rivière, galerie de dérivation, les deux seuils et finalement le réservoir sont construits à l'échelle 1:38 (Figure 1). afin de pouvoir vérifier et optimiser les aspects suivants :

- Le comportement hydraulique de l'ouvrage d'entrée, dans les configurations établies
- Identification des zones de dépôt potentielles
- La bonne évacuation des sédiments lors des crues



*first one is, situated just after the inlet structure and the one is placed some 50 m further downstream. A physical model of the river, sediment bypass, two sills and the reservoir are built at a scale of 1:38 (Figure 1). The hydraulic model tests verify and optimize the following aspects:*

- *The hydraulic performance of the bypass in the established configuration*
- *Identification of potential deposit zones in the river*
- *The proper sediment evacuation during floods*



Figure 1: Le modèle physique initialement préparé en 3D environnement numérique (à gauche) et ensuite construit dans le laboratoire (à droite) / *The physical model initially prepared in 3D digital environment (left) and afterwards in the laboratory (right)*

Les essais sont effectués en deux étapes principales, des essais sans et avec sédiments pour des crues avec différents périodes de retour. La ligne d'eau, les conditions d'approche à travers l'ouvrage d'entrée, le dépôt de sédiments et la purge ainsi que la vitesse d'écoulement dans la galerie de dérivation et près du seuil sont mesurés pour les scénarios définis.

*The tests were carried out in two major phases, clear water tests and tests with sediment for different flood return periods. Water profile, approach condition through the inlet, sediment deposition and evacuation process as well as flow velocity in the bypass gallery and over the sill's vicinity are measured for the defined scenarios.*



Figure 2: Les dépôts des sédiments retenue par le seuil amont (à gauche) et aval (à droite) / *The deposited sediment retained by upstream sill (left) and downstream sill (right)*

L'ouvrage d'entrée est bien conçu et capable de dériver le débit de dimensionnement sans problèmes visibles sur le modèle physique. La transition de la section vannée de la galerie vers l'écoulement libre, permet une accélération correcte et une évolution en douceur de l'écoulement. L'ouvrage d'entrée fonctionne bien pour tous les scénarios conçus, avec différents niveau d'eau du réservoir, la position des seuils et l'altitude.

Étude confiée par : Chespi consortium (Lombardi SA Consulting Engineers, Suisse, Studio Ing G. Pietrangeli Srl, Italie, Carrillo & Consultores, Équateur)

Mandaté par HidroEquinoccio, Équateur

Ingénieur de projet : Milad Daneshvari

*The inlet structure is well designed and able to bypass the design discharge without observable problems on the physical model. The transition from the gated section to the free flow gallery allows a correct acceleration and smooth evolution of the flow. The inlet structure works well for all the tested scenarios, with variable reservoir water level, sill position and elevation.*

*Study entrusted by: Chespi consortium (Lombardi SA Consulting Engineers, Switzerland, SP Studio Ing G. Pietrangeli Srl, Italy, Carrillo Carrillo & Consultores, Ecuador)*

*Commissioned by HidroEquinoccio, Ecuador*

*Project engineer : Milad Daneshvari*

## **1.2.4 Aménagement hydroélectrique sur le Rhône à Massongex : Etude expérimentale sur modèle physique / Run-of-river hydropower plant on the Rhone River in Massongex : Experimental physical model study**

### Introduction

Suivant la politique énergétique actuelle de développement de l'énergie hydraulique et dans le cadre de la troisième correction du Rhône, un aménagement hydroélectrique à Massongex est en discussion. A la suite de l'étude de faisabilité et de l'élaboration de l'avant-projet, un modèle physique de l'aménagement est construit au LCH. Ce dernier a comme objectifs :

- L'étude de la dynamique sédimentaire, soit les zones de dépôts/érosion aux abords de l'usine et l'efficience du passage de sédiments et des purges lors des crues.
- La fonctionnalité et l'optimisation de l'aménagement.

### Caractéristiques de l'aménagement

Le futur aménagement hydroélectrique de Massongex se situe à l'aval de St-Maurice, dans un léger coude du Rhône aux abords de Massongex (VS) et Bex (VD) juste en amont du pont de chemin de fer CFF. Le barrage est équipé d'une passe à poisson et d'un canal de dévalaison des poissons. Il est composé de quatre passes vannées de 13 m de largeur chacune. La centrale hydroélectrique au fil de l'eau est équipée de deux groupes de bulbes. L'aménagement d'une centrale hydroélectrique à Massongex vise une production annuelle de 95 GWh. La chute brute sera créée par une surélévation du plan d'eau amont et un abaissement aval par creusement

### Introduction

*Following the actual energetic political trend of developing hydropower and within the frame of the third Rhône river correction, a new power plant in Massongex is under discussion. After feasibility study and the elaboration of a preliminary project, a physical model is built at LCH. The purposes are:*

- *Study of sediment dynamics, deposit and erosion zones next to the power plant and weir and efficiency of sediment transit during flood events and flushing.*
- *Functionality and optimization of the run-of-river hydropower plant.*

### Hydropower plant characteristics

*The planned run-of-river hydropower plant of Massongex is located downstream St-Maurice, in a slight bend next to Massongex (VS) and Bex (VD) and just upstream a CFF rail-bridge. The weir is equipped with a fishpass and a channel for downstream migration. It consists of four gates, 13 m wide each. The hydroelectric power plant is equipped with two bulb-turbines. The power plant in Massongex aims an annual production of some 95 GWh. The head will be created by an elevation of the upstream water level and a reduction of the downstream level by digging the riverbed. The planned capacity is 300 m<sup>3</sup>/s.*

*The considered flood discharges through the gates have the following values: Q<sub>2</sub> (576 m<sup>3</sup>/s), Q<sub>5</sub> (706 m<sup>3</sup>/s), Q<sub>100</sub> (1'123 m<sup>3</sup>/s) and EHQ*

du lit du Rhône. Le débit d'équipement de la centrale actuellement retenu est de  $300 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Les crues à transiter via les vannes du barrage ont des valeurs suivantes :  $Q_2$  ( $576 \text{ m}^3/\text{s}$ ),  $Q_5$  ( $706 \text{ m}^3/\text{s}$ ),  $Q_{100}$  ( $1'123 \text{ m}^3/\text{s}$ ) et EHQ ( $1'913 \text{ m}^3/\text{s}$ ). La crue de sécurité vaut  $2'486 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### Modèle physique

Le modèle est exploité en similitude de Froude, c'est-à-dire en admettant la conservation du rapport entre les forces d'inertie et de gravité. L'échelle est 1:45. En ce qui concerne le transport solide, le modèle est exploité en similitude de charriage, ce qui permet de transférer des résultats du modèle hydraulique au comportement réel du Rhône. Le modèle reproduit quelques 550 m du Rhône, répartis sur 380 m à l'amont et 170 m à l'aval du barrage. Excepté un lit mobile amont à granulométrie appropriée, la topographie est réalisée au mortier. L'usine et le barrage sont construits en PVC et mis en place de façon à être facilement transformables. La partie turbine à l'intérieur de l'usine est remplacée par un déversoir pour le contrôle du débit et du niveau amont.

( $1'913 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Security flood discharge is  $2'486 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### Physical model

The model is operated at Froude similarity, assuming the conservation of the ratio of inertial to gravity forces. The scale is 1:45. With regard to sediment transport, the model is operated in bed load transport similitude, which can transfer the results of the hydraulic model to the actual behavior of the Rhône. The model reproduces some 550 m of the Rhône, divided into 380 m upstream and 170 m downstream of the weir. Except for a mobile bed, the topography is made in cement mortar. The plant and the weir are built in PVC and implemented to be easily convertible. The part inside the turbine plant is replaced by a overfall spillway to control flow and upstream water level.

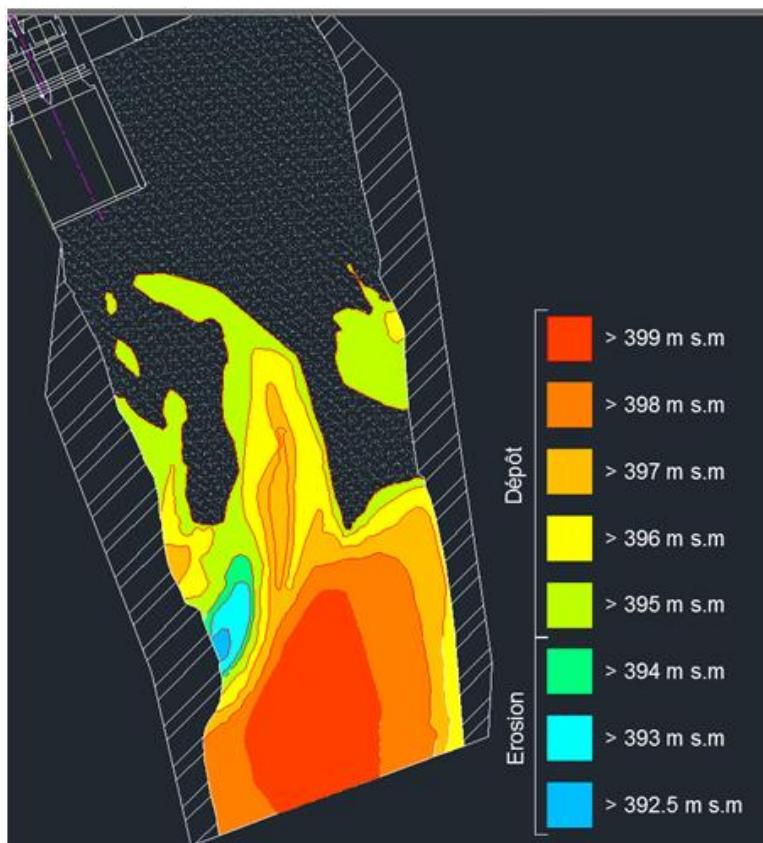


Figure 1 : Géométrie du lit après essai / Bed geometry after test



Figure 2 : Lignes de niveau / Contour lines

## Premiers résultats

La première étape du mandat sert à relever les grandes lignes du comportement sédimentaire avec l'usine en rive gauche. Pour ce faire, différents scénarios d'essais avec apport de sédiments amont et un débit de crue décennale ( $799 \text{ m}^3/\text{s}$ ) sont réalisés. La géométrie du lit est ensuite relevé (technique des ficelles pour lignes de niveaux ou relevé qualitatif, figures 1 et 2), avant de procéder à un essai de purge, dont les principaux résultats sont montrés sur la figure 3. Une analyse qualitative du bois flottant est aussi entreprise avec comme conclusion un transit efficace à travers les passes du barrage.

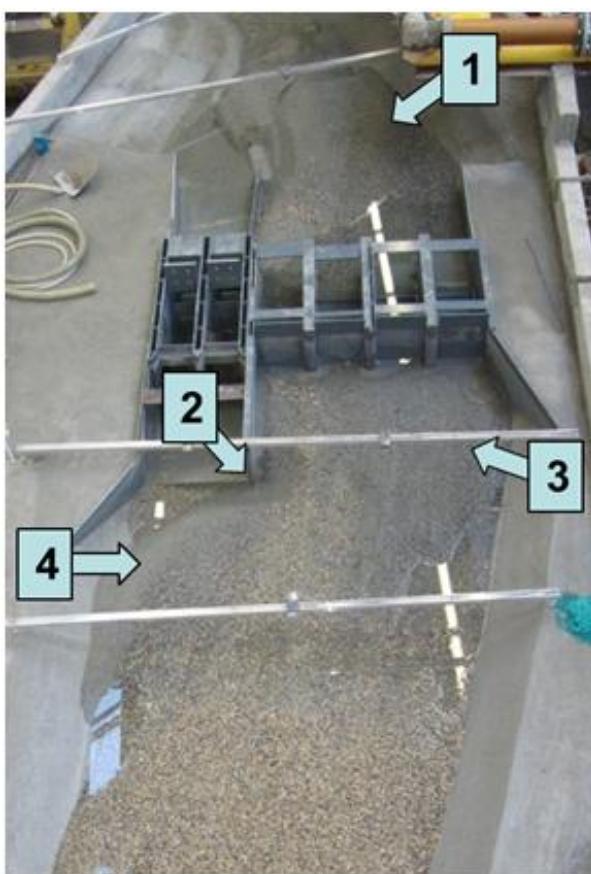


Figure 3 : Géométrie après essai de purge  
/ Bed geometry after purge test

Finalement des essais avec mur guideau amont pour éviter des dépôts devant l'usine sont exécutés. Les suites à donner pour cette première étape sont principalement des optimisations dimensionnelles et des modifications de pente et cote aval.

Etude confiée par : Groupement MBR : FMV SA, Romande Energie et SIL

Ingénieur de projet : Raphaël Sprenger

## First results

The first stage of this study is used to identify the sedimentary behavior with the power plant located on the left bank. To do this, various tests with upstream sediment inflow and a ten-year flood discharge ( $799 \text{ m}^3/\text{s}$ ) are made. The bed geometry is then surveyed (contour lines or qualitative statement, figures 1 and 2), prior to flushing test which the main results are shown in figure 3. A qualitative analysis of driftwood shows efficient transit through the gates.

1. Un alluvionnement aval extrêmement fort à l'aval de la passe 1 / A very strong sedimentation downstream of the gate 1.
2. Une érosion marquée devant le seuil de l'usine et autour du pilier central séparant le barrage et l'usine. / Significant erosion in front of the plant' sill and around the central pillar between the dam and the plant.
3. Des dépôts de sédiments restent devant le barrage / Deposits remain upstream the weir.
4. Un banc de sédiments devant l'usine n'est pas nettoyé avec l'essai de purge. / A sediment bank in front of the plant is not cleaned by drawdown flushing.

Finally tests with an upstream guide wall to avoid deposits in front of the power plant are performed. The following steps mainly concern dimensional optimizations and changes in downstream slope and bed level.

Study entrusted by : Groupement MBR : FMV SA, Romande Energie et SIL

Project engineer : Raphaël Sprenger

### **1.2.5 Etude du dessableur de Mörel (type Dufour) et proposition d'un nouveau concept / Study of the Mörel sandtrap (Dufour type) and new concept proposition**

Les systèmes de purge des dessableurs de type Büchi et Dufour nécessitent une quantité d'eau relativement élevée de l'ordre de six fois le volume de sable à évacuer. En plus, une purge complète n'est possible qu'en abaissant le niveau d'eau. Ce débit, prélevé au débit utilisé pour la production d'électricité, représente une perte financière qui peut se révéler importante. Étudier le fonctionnement du système de purge d'un dessableur type Dufour en particulier et de chercher une solution technique d'amélioration de la purge a été l'objectif de ce projet. Ce dernier a été effectué pour diminuer le débit nécessaire à l'évacuation du sable en utilisant la simulation numérique des écoulements avec deux logiciels ANSYS CFX et FLOW-3D. L'étude a pris le dessableur de la centrale de Mörel à Fiesch, Suisse comme structure de référence.

*The sand trap flushing systems of Büchi and Dufour systems require water volumes up to six times the deposited sediment volume to efficiently flush the latter. Furthermore, complete sediment removal particularly in Dufour sand traps can only be realized with drawdown flushing, resulting in operation time and water loss. This water is designated for energy production, so that its loss affects the plant profitability. The research objective was to study the current flushing system of an existing Dufour sand trap and searching a technical solution to improve it. The goal was to reduce the discharge required for sediment flushing, estimated by numerical means with two software packages, ANSYS CFX and FLOW-3D. The study took into account the existing Dufour sand trap of the Mörel HPP at Fiesch, Switzerland as reference structure.*



Figure 1: Dépôts des sédiments après la purge (à gauche) et vue des appareils purgeurs (à droite)  
/ The sediment deposit after the flushing (left) and view of the wooden planks (right)

Le système actuel de la purge consiste en des appareils purgeurs inclinés en bois qui sont installés dans le canal de purge. Même après une vidange complète du dessableur, des sédiments restent au-dessus des appareils (Figure 1). Dans le nouveau système, le canal de purge et ses appareils seront remplacés par une conduite de purge pouvant se poser au fond du canal de purge actuel. Cette conduite est fermée en haut par des cylindres mobiles. La purge pourra se faire en soulevant l'un des cylindres, de quelques centimètres. L'eau du dessableur entraînera les sédiments dans la conduite de purge au niveau du cylindre soulevé (Figure 2).

*The actual flushing system consists of inclined wooden planks as sediment excluders which are installed in the flushing channel. Even after a drawdown flushing the sediment remains on top of the sediment excluders (Figure 1). In the new concept, the flushing channel and its excluders are replaced by a flushing conduit mounted in the actual flushing channel. This conduit is closed on top by mobile cylinders. The flushing would be effected by lifting one of the cylinders by a few centimeters. The water in the sand trap transports the deposited sediment in the flushing conduit through the lifted cylinder (Figure 2).*

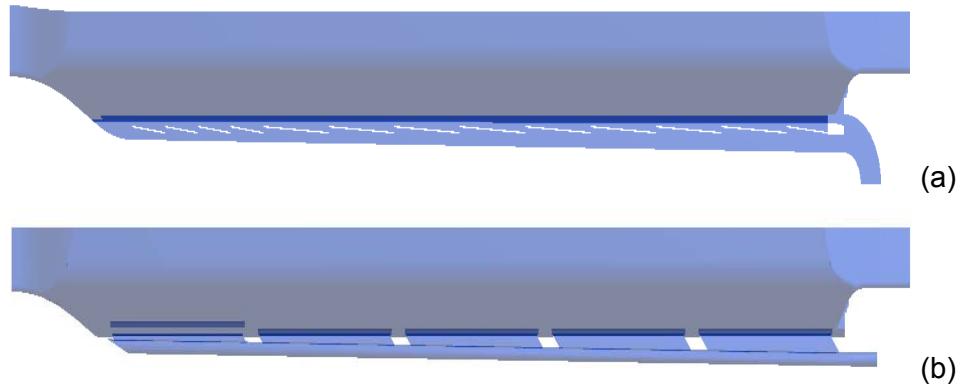


Figure 2: Profil en long sur l'axe, (a) : l'état actuel du système, (b) : le nouveau système avec les cylindres mobiles / *Longitudinal profile along the axis, (a) : the actual state of the system, (b) : the new system with mobile cylinders*

Les simulations numériques ont été effectuées en deux étapes. La première étape consiste en la modélisation du système existant d'une part par le LCH avec le logiciel Flow 3D et d'autre part par la HEVS avec le logiciel ANSYS CFX. Dans un second temps, le nouveau système de purge proposé par Stahleinbau und Maschinen AG a été simulé.

La purge du système existant n'est efficace que sur une partie du bassin, la vitesse de l'écoulement sur les 30 premiers mètres étant trop faible pour entraîner correctement les sédiments. De plus, sans vidange, le débit de purge serait trop important pour effectuer la purge sans modifier le fonctionnement de la turbine en aval. Ceci explique que la purge est donc actuellement réalisée avec vidange complète du bassin. Avec le nouveau système proposé pouvant s'intégrer dans le dessableur existant, la purge pourra être réalisée sans vidange. La purge sera réalisée de manière successive, chaque cylindre pouvant être remonté indépendamment les uns des autres avec des vérins hydraulique. Des sondes seront installées pour chaque cylindre afin de détecter la hauteur de sédiments. Une autre spécificité de ce nouveau système est la mise en rotation du fluide dans la conduite de purge par une fente juste avant d'entrer dans la conduite de purge.

Étude financée par : The ark Foundation, Sion, Suisse

Ingénieur de projet (LCH) : Milad Daneshvari

Ingénieur de projet (HEVS) : Cécile Münch - Alligné

*The numerical simulations are performed in two steps. The first step consists in the simulation of the existing system on one hand by LCH using FLOW-3D and on the other hand by HEVS using ANSYS CFX. At the second step, the new flushing system proposed by Stahleinbau und Maschinen AG was simulated*

*The sediment flushing in the existing system is efficient only partially along the basin; the flow velocity over the first 30 meters length is not strong enough to evacuate the sediments completely. In addition, without drawdown flushing, the flushing discharge will be important and modifies the downstream turbine operation mode. The latter explains the drawdown flushing for the actual system. With the new system which could be integrated in the existing sand trap, the flushing could take place without emptying the basin. The flushing will be realized in a successive way, each mobile cylinder is operated independently. The mobile cylinders are lifted vertically via hydraulic cylinders. The sediment deposit in terms of its height is detected at every mobile cylinder by a probe. The other specification of this new system is rotation of the flow in the flushing conduit by a deflector just before entering in the flushing conduit.*

*Study financed by : The ark Foundation, Sion, Switzerland*

*Project engineer (LCH) : Milad Daneshvari*

*Project engineer (HEVS) : Cécile Münch – Alligné*

## **1.2.6 Modélisation hydraulique de la fosse d'érosion du barrage de Kariba - détermination de la fosse optimale en fonction des débits déversés / Hydraulic Modeling of the Kariba Dam Plunge Pool - determination of the optimum pool profile with respect to the spillway discharges**

### Introduction et objectifs

Le barrage de Kariba se situe dans le bassin versant du fleuve Zambèze, entre la Zambie et le Zimbabwe, en Afrique. Ce barrage voûte à double courbure (Figure 1a), de 128 m de hauteur, approvisionne un des plus grands lacs artificiels du monde, avec une capacité de stockage de 180 km<sup>3</sup> environ.

La fosse d'érosion au pied du barrage est extraordinaire à cause de sa profondeur. Comme résultat des déversements au cours de plusieurs années, les jets ont progressivement excavé une fosse profonde et raide, dont le fond actuel se situe à 70 m au-dessous du lit original et 80 m sous le niveau d'eau en aval du barrage.

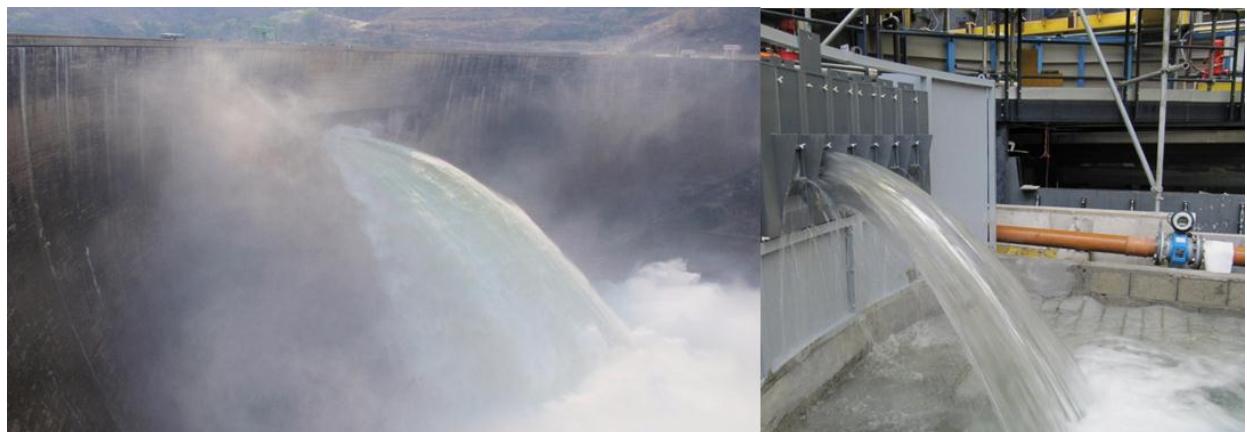


Figure 1: a) jet créé par le déversoir vanné du barrage de Kariba; b) jet similaire sur modèle physique / a) jet generated by the gated spillway of the Kariba Dam; b) similar jet on physical model

L'étude a comme objectif de déterminer le développement de la forme de la fosse en fonction des débits déversés à l'aide d'une approche physiquement basée. En outre, une géométrie optimale de la fosse a été proposée pour maintenir la sécurité des structures et l'opération de l'aménagement.

### Modélisation hybride

Une approche hybride à ces questions hydrauliques a été choisie, en combinant modélisation physique et numérique.

Le modèle physique (Figure 1b) fourni les caractéristiques de l'écoulement et les pressions sur le fond à l'échelle de 1:65, tandis que le modèle numérique physiquement basé tient compte des caractéris-

### Introduction and objectives

The Kariba Dam is located in the Zambezi river basin between Zambia and Zimbabwe, Africa. The double curvature 128 m high concrete arch dam (Figure 1a) stores one of the largest man-made reservoirs in the world: Lake Kariba with a storage capacity of approximately 180 km<sup>3</sup>.

The Kariba plunge pool scour is extraordinary because of its depth. As a result of long spilling periods during several years, the jets generated by the sluice spillway progressively scoured a deep and steep-sided plunge pool hole with a current bottom at about 70 m below the original riverbed and about 80 m below the normal tailwater level.

The investigation aims to determine the development of the plunge pool scour shape as a function the spilling history by means of a physically-based approach. Furthermore, an optimized scour hole geometry is derived to maintain the safety of the structures and the operation of the facilities.

### Hybrid Modeling

A hybrid approach to these hydraulic items was chosen, thereby combining physical and numerical modelling.

The physical model (Figure 1b) provides the general flow characteristics in the plunge pool and pool-bottom surface pressures using a 1:65 scale, whereas the physically-based numerical model further includes prototype jet

stiques du jet et du rocher sur prototype. Avec cette approche, les aptitudes des 2 modèles sont combinées de façon optimale

### Développement de l'étude

Au cours de la première phase de l'étude, deux fosses "historiques" ont été reproduites sur le modèle physique. Les données obtenues ont été utilisées pour le calage et la validation du modèle numérique.

Tenant compte des résultats préliminaires de l'évolution de l'érosion, une première géométrie proposée pour la fosse a été testée sur le modèle physique, qui résultait en des résultats meilleurs mais encore insuffisants. Ainsi, une deuxième géométrie optimisée a été testée, qui avait une performance hydraulique suffisante et tenait compte des aspects opérationnels et pratiques. Comme résultat, une géométrie finale a été obtenue et validée sur les deux modèles, limitant des développements d'érosion futurs (Figure 2b).

### Résultats de l'étude

L'approche hybride a été efficace, vu que des éléments spécifiques dominent le processus et ne peuvent pas être modélisés physiquement ou numériquement. Les propositions testées incluent le changement de la géométrie du fond, le rehaussement du niveau aval et les régimes d'opération des vannes.

and rock characteristics. Thus, the strengths of both model types are optimally combined.

### Study development

During a first phase of the study, two "historical" pool bottom geometries were inserted in the physical model. Characteristic data were measured and used to calibrate and validate the numerical model.

Then, based on the preliminary results of future scour progression, a first reshaped geometry was tested in the physical model, which provided better but still insufficient conditions in the scour hole. As a consequence, a second optimized reshaped geometry was tested, with a sufficient hydraulic performance also considering operational and practical aspects. As a result, a final scour hole geometry was derived and validated in both models, limiting future scour development (Figure 2b).

### Project results

The hybrid modelling approach was proven to be efficient, as specific features dominate the process which cannot all be modelled physically as well as numerically. The tested proposals included pool bottom reshaping, tailwater level heightening and gate operation regimes.

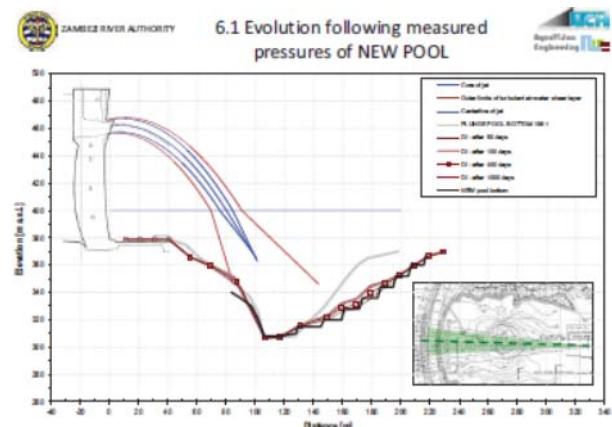
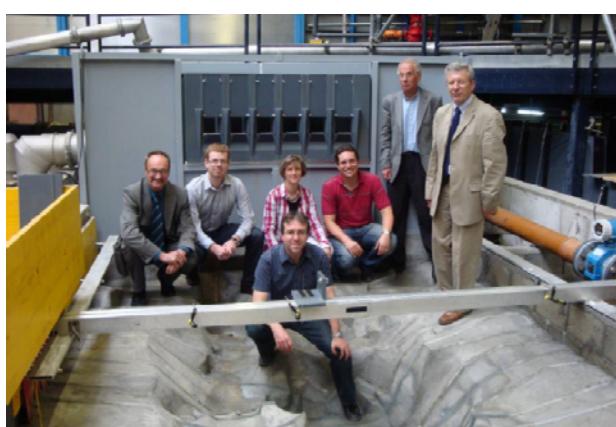


Figure 2 : a) Photo du consultant et de l'équipe LCH sur le modèle, b) Exemple des résultats de l'évolution de l'érosion / a) Photo of the consultant and the LCH team on the model, b) Example of computation of scour evolution

Etude confiée par ZRA (Zambezi River Authority)

Ingénieurs de projet : Rafael Duarte et Sebastián Guillén Ludeña

Study entrusted by : ZRA (Zambezi River Authority)

Project engineers : Rafael Duarte and Sebastián Guillén Ludeña

## 1.2.7 Barrage de Gage II – Etude sur modèle physique d'un évacuateur de crue complémentaire / Gage II dam – Physical modelling of an auxiliary spillway

Le barrage de Gage II se situe dans le département de l'Ardèche (France) et fait partie de l'aménagement hydroélectrique de Montpezat. Ce barrage, voûte mince de 40 m de hauteur sur fondation, a été construit en 1967.

Suite à une étude hydrologique plus récente, l'évacuateur de crue actuellement présent sur le barrage n'a pas une capacité suffisante pour évacuer les nouveaux débits de crue estimés.

Il a donc été décidé de construire un évacuateur de crue additionnel en rive droite du barrage. Ce nouvel évacuateur permettrait également d'avoir deux cotes des Plus Hautes Eaux (PHE) différentes, une en hiver et une autre en été (supérieure à celle de l'hiver).

Le modèle physique du nouvel évacuateur a été construit à l'échelle 1:40. La partie amont de l'évacuateur est composée de deux organes débitants : un PKWeir et un clapet (Figure 1a).

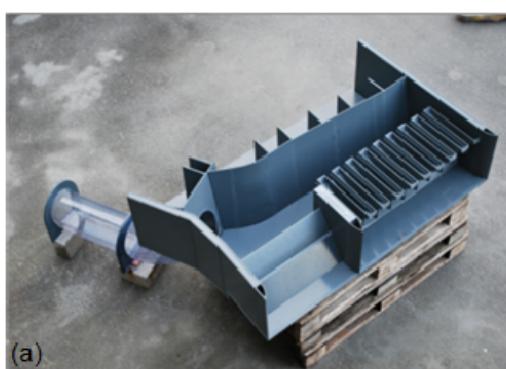
Suite à l'étude de l'évacuateur complet, une étude complémentaire focalisée sur les pressions sur et sous le clapet a également été menée. L'objectif était d'obtenir des informations pour le dimensionnement du clapet.

*The Gage II dam is located in the Ardèche department (France) as an element of the Montpezat hydropower scheme. The related concrete arch dam has a height of 40 m and was built in 1967.*

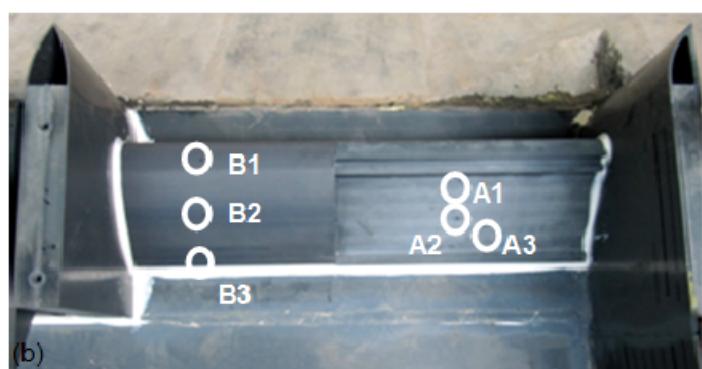
*Following a recent hydrologic analysis, the new extreme flood increases the values for which the existing spillway was designed. The latter is located on the dam crest as free overfall structure.*

*It was thus decided to provide a new auxiliary spillway near the right bank of the dam. This new spillway will allow managing two different Maximum Water Levels (MWL): a low one in winter and a higher one during summer time. The upstream part of the spillway consists of a PKWeir and a flap gate, with a perpendicular approach flow, both connected to a side channel (Figure 1a).*

*The physical model of the auxiliary spillway has been setup using a scale factor of 1:40. After the basic hydraulic investigation of the entire spillway flow features was completed, a complementary study focused on the pressures acting on the flap gate located beside the PKW. The main objective was to provide information supporting the design of the gate.*



(a)



(b)

Figure 1 : a) Modèle physique de la partie amont du nouvel évacuateur de Gage II. b) Vue en plan du clapet et positionnement des capteurs de pression / a) Physical model of the new spillway (upstream part) of Gage II dam. b) Plan view of the flap gate and positions of the pressure transmitters

Six capteurs de pression ont été ajoutés au clapet (Figure 1b). Les pressions dynamiques dans le socle sont mesurées par les capteurs A1 à A3 et les pressions à la surface du clapet sont mesurées par les capteurs B1 à B3.

Les pressions dynamiques ont été mesurées pour différents débits avec le clapet

*Six pressure transmitters were mounted on the model flap gate (Figure 1b). Dynamic pressures were then measured in the concrete profile (transmitters A1 to A3) as well as on the gate (transmitters B1 to B3).*

*Dynamic pressures have been recorded for different discharges with the flap gate fully*

complètement abaissé. Les statistiques de ces pressions ont été calculées et mises en relation avec le niveau d'eau moyen dans l'auge (Figures 2a et 2b).

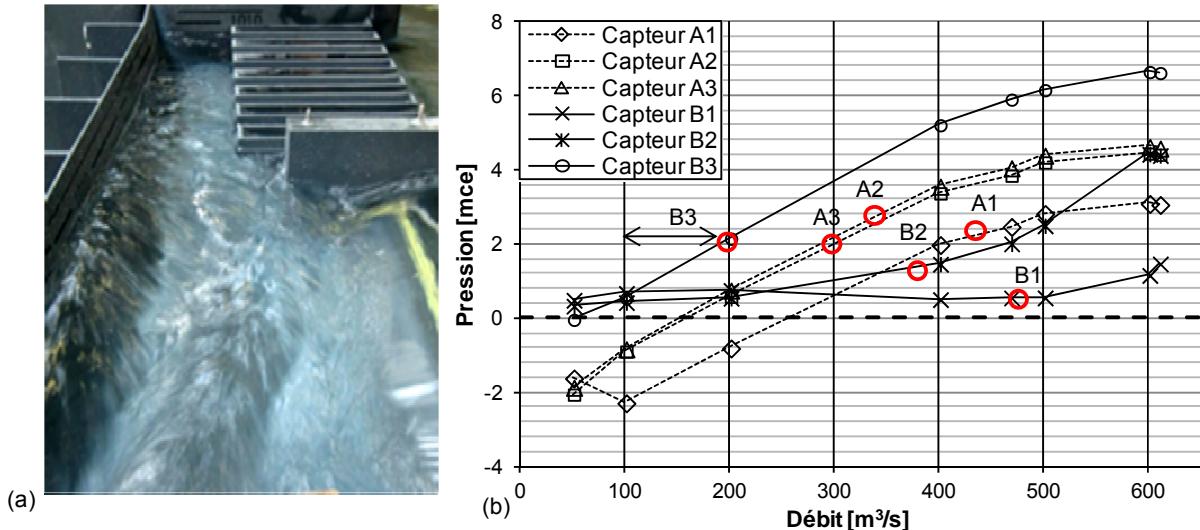


Figure 2 : a) Visualisation de l'écoulement dans l'auge de réception pour la crue cinqmillénale ( $Q=610 \text{ m}^3/\text{s}$ ). b) Evolution de la pression moyenne mesurée pour chaque capteur en fonction du débit / a) Visualization of the flow in the side channel for the 5'000-year period flood ( $Q=610 \text{ m}^3/\text{s}$ ). b) Evolution of the mean pressure measured for each transmitter as a function of the discharge.

Les pressions dynamiques mesurées sur et sous la partie mobile du clapet, sur le modèle physique, sont dépendantes du débit. Un changement de comportement des pressions apparaît en particulier pour les capteurs situés sur la crête du clapet (capteurs B1 et B2) lorsque ceux-ci sont submergés par l'écoulement dans l'auge vers  $Q=500 \text{ m}^3/\text{s}$ . Les autres capteurs sont, quant à eux, très peu affectés par le niveau d'eau dans l'auge.

L'analyse des pressions différentielles montre qu'à partir d'un certain débit (débit critique compris entre 200 et 300  $\text{m}^3/\text{s}$ ), les pressions ont tendance à soulever le clapet.

L'analyse des spectres de puissance a montré que certaines fréquences (aux alentours de 20 Hz) apparaissent pour chacune des mesures. L'écoulement turbulent dans l'auge ainsi que l'écoulement caractéristique sur le clapet peuvent être responsables de ces fréquences.

Etude confiée par : EDF (Électricité de France)

Ingénierie de projet : Violaine Dugué

opened. The pressure statistics were derived and compared with the mean water level in the side channel (Figures 2a and 2b).

*Dynamic pressure evolution as measured on top and below the model flap gate depends on the discharge. A distinctive change in the otherwise smooth development was observed in particular for the transmitters located on top of the gate crest (transmitters B1 and B2), starting at the submergence of the latter by the side channel at around  $Q=500 \text{ m}^3/\text{s}$ . The other transmitters were less affected by the water level in the side channel.*

*Differential pressure analysis indicated that for discharge higher than a critical value between around 200 and 300  $\text{m}^3/\text{s}$ , pressures have the tendency to uplift the flap gate.*

*Power spectra analysis furthermore has shown that some dominant frequencies (around 20 Hz) appear at each of the measurements. The turbulent flow in the side channel and the characteristic flow on the gate might be a cause of the latter frequencies.*

*Study entrusted by : EDF (Électricité de France)*

*Project engineer : Violaine Dugué*

## **1.2.8 Augmentation de la puissance de l'aménagement Hongrin-Léman – Modélisation du circuit hydraulique / Power increase of the Hongrin-Léman hydropower plant – Modelling of the tailrace channel**

L'aménagement de pompage-turbinage Hongrin-Léman, mis en service en 1970 et géré par les Forces Motrices Hongrin Léman SA (FMHL), exploite une chute maximum de 878 m entre la retenue supérieure de l'Hongrin (1'255 m s.m.) et le lac Léman (372 m s.m.). La centrale souterraine Veytaux 1, située à quelques kilomètres à l'Est de Montreux dans le canton de Vaud en Suisse, contient quatre groupes de pompage-turbinage d'une puissance installée totale de 240 MW. Aux heures creuses, l'eau du lac Léman est pompée vers le lac de l'Hongrin avec un débit maximum de 24 m<sup>3</sup>/s, alors que le débit de turbinage aux heures de pointe peut atteindre 32 m<sup>3</sup>/s. La retenue de l'Hongrin, d'un volume utile de 53.2 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, est formée par un double barrage voûte d'une hauteur de 125 et 90 m (Figure 1).

The existing Hongrin-Léman pumped-storage scheme, located in Western Switzerland, commissioned in 1970 and operated by Forces Motrices Hongrin-Léman SA (FMHL), exploits a maximum head of 878 m between the upper Hongrin Reservoir (1'255 m a.s.l.) and Lake Geneva (372 m a.s.l.) at the Veytaux 1 underground powerhouse, which contains four pump-turbine units with a total installed power of 240 MW. During off-peak periods, water from Lake Geneva is pumped at a maximum rate of 24 m<sup>3</sup>/s to be turbined during periods of high demand with a discharge up to 32 m<sup>3</sup>/s. The Hongrin Reservoir is formed by a twin arch dam of 125 m and 90 m height respectively (Figure 1). It has an active storage volume of 53.2 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>.



Figure 1 : Lac de l'Hongrin avec le double barrage voûte /  
Hongrin Reservoir with the twin arch dam (source: [www.alpiq.ch](http://www.alpiq.ch))

Le projet FMHL+ prévoit une augmentation de puissance égale à celle installée actuellement, en construisant une nouvelle centrale souterraine adjacente à l'existante. Deux groupes de pompage-turbinage de 120 MW chacun seront installés. La flexibilité accrue et la production d'électricité de pointe permettront au nouvel aménagement de jouer un rôle important dans la fourniture de l'électricité en Suisse occidentale et de mieux répondre à la demande croissante de réglage de l'énergie, qui est principalement due au développement des énergies renouvelables en Europe. La nouvelle centrale Veytaux 2 utilisera la conduite forcée et le canal de fuite

The objective of the FMHL+ enhancement project is to double the today's plant capacity by constructing a new underground cavern adjacent to the existing one at Veytaux. Two additional pump-turbine groups of 120 MW each will be installed. The increased flexibility, generating peak electricity, will allow an important role in supplying electricity to Western Switzerland and to meet the growing demand for balancing energy which is mainly due to the extension of renewable energy sources in Europe. The new plant will use the existing upstream (headrace tunnel and penstock) and downstream (tailrace channel and intake/outlet work) hydraulic system.

existants. Ainsi, le fonctionnement combiné des deux usines nécessite une attention particulière.

Therefore special attention has to be paid on the combined operation of the two plants.

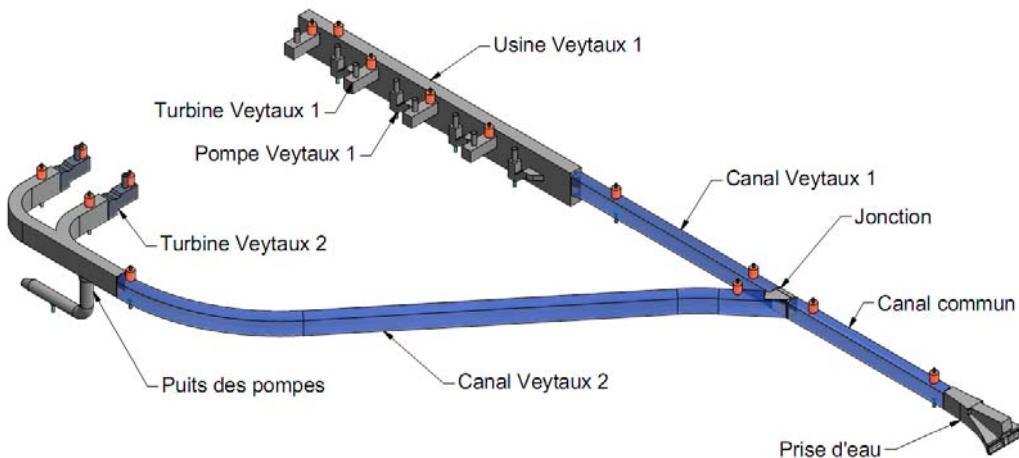


Figure 2 : Schéma du modèle physique de FMHL+ à l'échelle 1:30 /  
Layout of the physical model of the FMHL+ tailrace channel of 1:30 scale

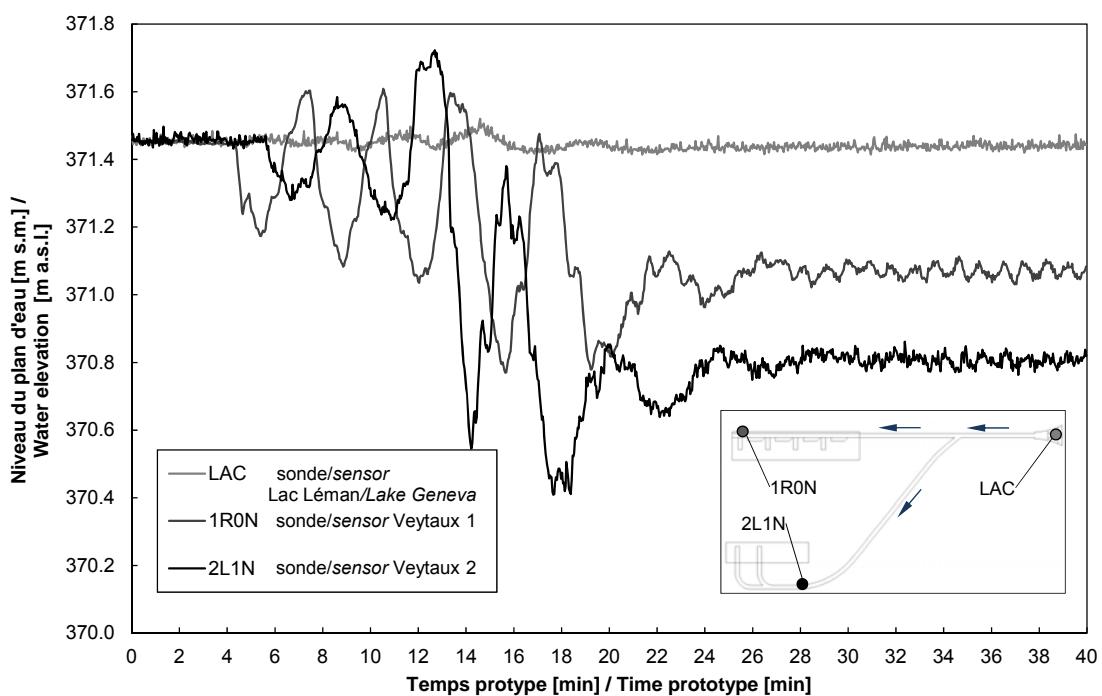


Figure 3 : Propagation de l'onde dans le circuit hydraulique aval pour le démarrage des pompes de Veytaux 1 ( $19.8 \text{ m}^3/\text{s}$  après 4 minutes) et ensuite de Veytaux 2 ( $24.8 \text{ m}^3/\text{s}$  après 13 minutes) /  
Wave propagation in the tailrace channel for starting pumps of Veytaux 1 ( $19.8 \text{ m}^3/\text{s}$  after 4 minutes) and then Veytaux 2 ( $24.8 \text{ m}^3/\text{s}$  after 13 minutes)

Afin d'étudier le comportement d'écoulement non permanent, un modèle hydraulique (Figure 2) a été construit au Laboratoire de constructions hydrauliques (LCH) de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL). Le modèle respecte les critères de similitude de Froude et est construit à l'échelle 1:30. Ce dernier reproduit la centrale existante

In order to study the unsteady flow behavior, a hydraulic model (Figure 2) was built at the Laboratory of Hydraulic Constructions (LCH) of Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL). The model was operated according to Froude similarity with a length scale ratio of 1:30, reproducing the existing powerhouse Veytaux 1 (downstream facilities of the four

Veytaux 1 (installations en aval des quatre groupes) avec le canal de fuite vers le lac Léman de 200 m de longueur, ainsi que la nouvelle centrale de Veytaux 2 (installations en aval des deux turbines) avec le nouveau canal de fuite de 300 m, relié à l'existant. Les pompes de Veytaux 2 sont alimentées par un puits de pompage dont seule la structure d'entrée est reproduite sur modèle. Le Lac Léman est modélisé par un réservoir en acier, contenant la prise d'eau et la topographie des berges.

Le démarrage et l'arrêt des turbines ou pompes induisent des conditions d'écoulement transitoires. L'objectif de cette étude est de mettre en évidence l'influence des modes d'exploitation de la centrale sur la propagation des intumescences et leurs réflexions ainsi que de prouver la fiabilité opérationnelle des centrales. Les différents scénarios testés et les mesures associées (Figure 3) permettent d'optimiser la conception des ouvrages et réduire les pertes de charge.

Etude confiée par : Forces Motrices Hongrin-Léman S.A. (FMHL)

Ingénieurs de projet : Stéphane Terrier, Raphaël Sprenger, Martin Bieri

*groups) with its 200 m long tailrace to the Lake Geneva as well as the new powerhouse Veytaux 2 (downstream facilities of the two turbines) with its new 300 m long tailrace channel connected to the existing one. The pumps of Veytaux 2 are supplied by a pumping shaft, where only the inlet structure was reproduced. Lake Geneva was modeled with a steel tank.*

*Sudden start and stop of turbines or pumps induce unsteady non-uniform flow conditions. The goal of the study is to highlight the influence of the plant management on surge wave propagation, deformation reflection and therefore on operation reliability. Due to surge wave experiments in the open tailrace channel for a range of scenarios (Figure 3), the design could be improved and head losses reduced.*

*Study entrusted by : Forces Motrices Hongrin-Léman S.A. (FMHL)*

*Project engineers : Stéphane Terrier, Raphaël Sprenger, Martin Bieri*

### **1.2.9 Projet d'aménagement de modélisation numérique 3D Poschiavo / Lago Bianco**

***modeling of the flow in Lago di Poschiavo***

Repower étudie actuellement la construction d'un aménagement de pompage – turbinage de 1'000 MW dans la vallée de Poschiavo dans les Grisons, Suisse. Le projet reliera deux lacs, le Lago Bianco sur le col de la Bernina (altitude 2'230 m ü.M.) et le Lago di Poschiavo (altitude 960 m ü.M.). L'eau est pompée pour la stocker dans le bassin d'accumulation supérieur lorsque la demande d'énergie est faible afin de turbiner cette eau plus tard pour produire de l'électricité lorsque la demande est forte.

### **pompage-turbinage Lago Bianco, des écoulements dans le Lago di Poschiavo**

***pump-storage project, 3D numerical modeling of the flow in Lago di Poschiavo***

*Repower plans to build a 1'000 MW pumped storage plant in the Poschiavo valley in Canton Graubünden, Switzerland. The project will connect two lakes – Lago Bianco on the Bernina Pass (altitude 2'230 masl) and Lago di Poschiavo (altitude 960 masl). During periods of low demand the powerhouse on Lago di Poschiavo will pump water to a higher elevation, to be re-used subsequently to generate electricity at periods of peak demand.*

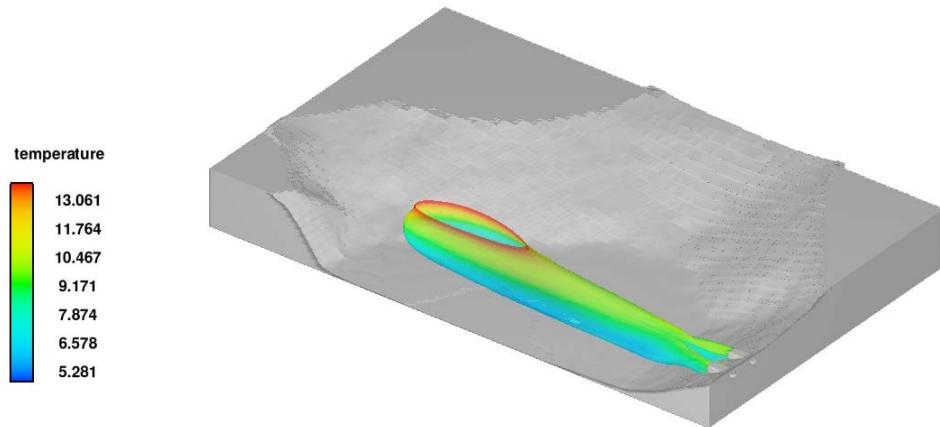


Figure 1 : Champ d'écoulement et de température des deux jets entrant dans le Lago di Poschiavo pendant le turbinage / *Flow and temperature field in the Lago di Poschiavo during generation mode*

L'environnement sera une priorité tout au long du projet. Les études effectuées par l'Institut fédéral pour l'aménagement, l'épuration et la protection des eaux EAWAG montrent les effets possibles à long terme du pompage-turbinage sur la stratification thermique de Lago di Poschiavo. Afin d'évaluer l'effet à court terme et local de l'exploitation en pompage-turbinage, permettant d'optimiser la position et la profondeur de l'ouvrage de prise et restitution de l'eau, un modèle numérique 3D du Lago di Poschiavo a été établi par l'EPFL-LCH et les principaux scénarios d'exploitations simulés numériquement.

Étude confiée par : IUB Engineering AG, Berne pour Repower, Poschiavo

Ingénieurs de projet : Milad Daneshvari, Giovanni De Cesare

*The environment will be a priority throughout the project. Past investigations by the Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology EAWAG show the possible effects of the long term pump storage operations to the thermal Stratification of the Lago di Poschiavo. In order to assess the short term and local effect of the pump storage operations, and as a consequence being able to optimize the position and depth of the inlet/outlet work, a 3D numerical model of Lago di Poschiavo has been developed by the EPFL-LCH and major exploitations scenarios simulated numerically.*

*Study entrusted by : IUB Engineering AG, Berne pour Repower, Poschiavo*

*Ingénieurs de projet : Milad Daneshvari, Giovanni De Cesare*

### 1.2.10 Projet d'extension Lavey+, modèle physique du diaphragme de la galerie d'équilibre / *Extension project Lavey+, physical model of the surge gallery diaphragm*

Dans le cadre du projet de réhabilitation Lavey+, un nouveau système d'aménée d'eau doit être construit, y compris la galerie d'améné, une nouvelle galerie d'équilibre ainsi que le puits blindé. Le tunnel d'accès incliné servira de nouvelle galerie d'équilibre. Un diaphragme se situe entre la galerie d'améné et la cheminée d'équilibre. Etant donnée la difficulté de calculer analytiquement les pertes de charge dans un diaphragme rectangulaire positionné de façon asymétrique par rapport à la galerie d'équilibre, des essais sur modèle physique sont effectués.

*Within the framework of the rehabilitation project Lavey+, a new headrace system will be built, including a new pressure tunnel, a new surge gallery as well as the steel lined pressure shaft. The access tunnel will serve as new surge gallery. A diaphragm is located between the pressure tunnel and the surge gallery. Given the difficulty in the analytical computation of the head losses in a rectangular diaphragm positioned in an asymmetrical configuration compared to the surge tank, physical model experiments are carried out.*

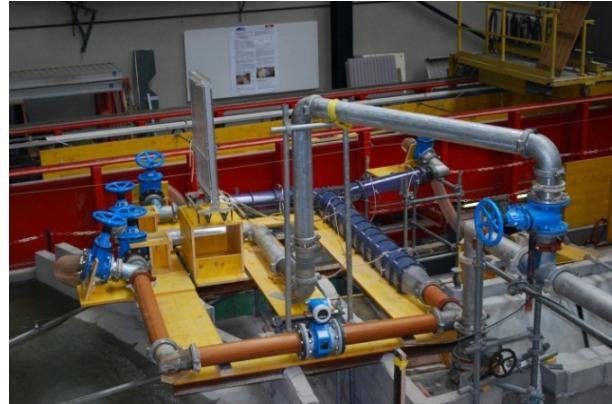
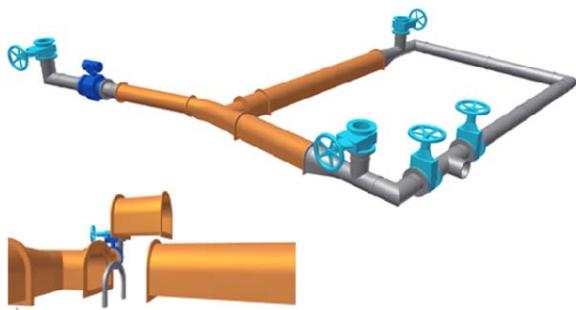


Figure 1 : Schéma et photo de l'installation / Layout and picture of the installation

Chaque installation à moyenne et haute chute est équipée d'une chambre d'équilibre, qui se trouve au bout de la galerie en charge. Les objectifs principaux d'une chambre d'équilibre sont la protection de la galerie en charge contre les coups de bâlier et de faciliter le réglage des turbines et d'augmenter la souplesse d'exploitation. Afin de dimensionner la chambre d'équilibre par un calcul numérique, la connaissance du coefficient de perte de charges à travers le diaphragme entre la galerie d'aménée et la chambre d'équilibre est nécessaire.

Le modèle physique a donc pour objectif de déterminer les pertes de charge à travers le diaphragme en fonction du débit et du sens d'écoulement. Le modèle réduit est réalisé à l'échelle géométrique de 1:32.2. Les débits considérés vont de 20 à 180 m<sup>3</sup>/s.

*Each medium to high head power plant is equipped with a surge tank, located at the end of the pressure tunnel. The main objectives of the surge tank are to protect the pressure tunnel against water hammers and the possibility of flexible power output adaption of the turbines. In order to design the surge tank by numerical calculations, the head loss coefficient of flow through the diaphragm between the pressure tunnel and the surge tank has to be known.*

*The physical model aims thus to determine the head losses through the diaphragm with respect to discharge and flow direction. The physical model tests are carried out at the geometrical scale of 1:32.2. The considered discharges range 20 to 180 m<sup>3</sup>/s.*

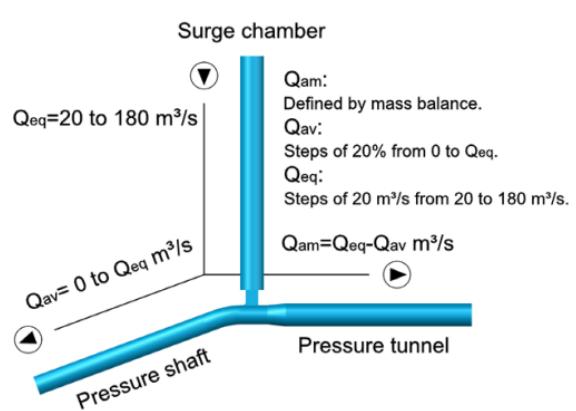
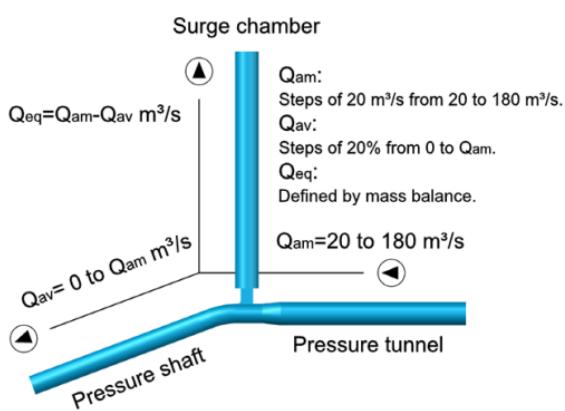


Figure 2 : Schéma d'écoulement et débits considérés / Flow directions and considered discharges

Le modèle permet d'effectuer des mesures de pertes de charge pour tous les sens d'écoulement dans les branchements. Deux sections de mesures de pression, avec quatre prises de pression sur la section, sont implantées sur chacune des trois branches du

*The model allows measuring pressure losses for all possible flow direction in the junction. Two pressure measurements, with four pressure probes around the cross section, are made on each of the three branches of the model. This installation allows for the*

modèle. Ce dispositif permettra pour les cas d'écoulement considérés de mesurer les pertes de charges locales dues au diaphragme. Les mesures seront effectuées en régime stationnaire.

Les résultats se présentent sous forme de courbe reliant l'énergie cinétique à la perte de charge singulière de la jonction avec diaphragme avec la vitesse calculée dans la section du diaphragme. La pente de la droite de régression donne directement le coefficient de perte de charge.

Etude confiée par : Commune de Lausanne, Direction des Services Industriels

Ingénieurs de projet : Mohammadjavad Ostad Mirza, José Pedro Matos, Giovanni De Cesare

*considered discharges and flow directions to measure the local head losses due to the diaphragm. Measurements are taken in stationary mode.*

*The results are presented in the form of the head loss curve linking the kinetic energy to the local head loss of the junction with diaphragm with the velocity calculated in the diaphragm section. The slope of the regression line directly gives the head loss coefficient.*

*Study entrusted by : Commune de Lausanne, Direction des Services Industriels*

*Project engineers : Mohammadjavad Ostad Mirza, José Pedro Matos, Giovanni De Cesare*

### **1.2.11 Le déversoir d'orage du Capelard sur le réseau d'assainissement de la ville de Lausanne / Combined storm overflow Capelard on the main sewer of the city of Lausanne**

Le bassin d'eaux pluviales du Capelard (Figure 1a) est un élément important du réseau d'assainissement lausannois par lequel transitent les eaux mixtes provenant des bassins versants du Flon, de la Louve et du Galicien, c'est-à-dire toute la partie supérieure de la Ville de Lausanne. Les fonctions principales de cet ouvrage sont le dessablage des eaux et le laminage des crues avant le raccordement au collecteur Est de la STEP de Vidy.

Le diagnostic du réseau d'assainissement communal met en évidence que 60% environ des eaux mixtes évacuées par les déversoirs d'orage proviennent du Capelard, dont l'exutoire se trouve sur la rive nord du Léman à l'embouchure de l'ancien ruisseau du Flon.

Au vu de ce constat, le service d'assainissement envisage la mise en place d'un ouvrage de dégrillage des eaux déversées au Capelard. Afin de mieux comprendre le fonctionnement de cet ouvrage et de contrôler les effets de l'installation d'un dégrillage (soit frontal à l'intérieur du bassin ou sur le déversoir de sortie, soit latéral le long du canal Est de dessablage), la réalisation et l'exploitation d'une maquette hydraulique ont été requis.

*The storm overflow structure of Capelard (Figure 1a), including a small retention volume, is a key element of the combined main sewer in Lausanne. The latter drains the catchment areas of the Flon River, La Louve River and Le Galicien River, covering thereby the entire upper part of the city of Lausanne. The Capelard thus limits storm floods draining towards the treatment plant of Vidy, provides some retention volume, and removes sediments by two sand traps.*

*A detailed analysis of the complete Lausanne combined sewer system indicates that some 60% of all evacuated polluted storm waters come from the Capelard overflow. The recipient of the evacuated storm waters is the old water way of the Flon River, finally draining to the Lake of Geneva.*

*Regarding to the importance of the Capelard in the main sewer, Lausanne Public Works (service d'assainissement de Lausanne) considered the installation of a trash rack to pre-treat the evacuated water volumes. In order to better understand the operation of the Capelard combined with an additional trash rack, LCH was commissioned to conduct a physical model study of the latter. The model was erected with a length scale of 1:15.*



Figure 1 : (a) Le déversoir d'orage du Capelard sur site, et (b) situation de la grille et de l'enceinte de déversement sur modèle réduit / (a) *The combined storm overflow Capelard in prototype, and (b) with the trash rack installed on the physical model*

Une première phase de l'étude (Rapport LCH N° 08/2010) avait pour but de comprendre le fonctionnement du Capelard à l'aide d'une reconstitution de l'ouvrage à l'échelle 1:15 et de tester un dégrilleur frontal positionné dans le grand bassin. Cette deuxième étape se concentre sur l'étude d'un dégrilleur latéral. L'emplacement préférentiel se situe le long du mur de séparation entre le dessableur gauche et le grand bassin (Figure 1b). Les caractéristiques géométriques et physiques tels que le type de dégrilleur, l'orientation des barreaux de la grille et leur écartement, ont été déterminés de manière à reproduire au mieux le comportement de la grille prototype.

Etude confiée par : Ville de Lausanne, service d'assainissement

Ingénieur de projet : Mike Jaton

*In a first phase (LCH report 08/2010), the model indicated the operation regime of the structure, including a trash rack located at the outflow structure downstream of the retention basin. To facilitate the operation of the structure, a second phase focused on a longitudinal trash rack located on top of the sediment trap side wall simultaneously serving as side weir. The discharge diverted into the retention volume is thus pre-treated, while the filtered materials remain in the main sewer thus being washed to the treatment plant. The model study indicated the shape and type of trash rack to be installed.*

*Study entrusted by : Ville de Lausanne, service d'assainissement*

*Project engineer : Mike Jaton*

### **1.2.12 Transport des déchets ménagers par voie navigable sur le Rhône : In situ tests sur l'efficacité des mesures anti-vagues / Waste transport by ship convoy on the Rhone River : In-situ measurements regarding efficiency of wave reducing devices**

Depuis 1967, l'usine de traitement et de valorisation des déchets des Services Industriels de Genève (SIG) achemine une partie des déchets ménagers genevois par transport fluvial sur le Rhône. Le dispositif navigable est composé d'un pousseur et d'une

*Waste of the City of Geneva is transported on the Rhone River from the city to a treatment station with convoys consisting of pusher tug and rowing boat. The latter is able to load some 170 tonnes of waste. Waves generated by the convoy damage river banks and affect*

barge pouvant contenir jusqu'à 170 tonnes d'ordures ménagères. Le convoi génère des vagues qui altèrent à certains endroits les berges du Rhône. En juin 2008, les SIG ont mandaté le LCH pour proposer des mesures structurales sur le convoi qui réduisent les vagues générées. Les recommandations finales étaient d'installer une plaque à l'arrière de la barge sur toute sa largeur équipée de vérins hydrauliques permettant de la remonter pour faciliter les manœuvres. Sur la base des recommandations données par le LCH, les SIG ont modifié une de leurs 4 barges. Avant d'adapter les barges restantes, les SIG souhaitent tester sur site l'effet des mesures mises en place. Le LCH a donc été mandaté pour mesurer des vagues générées par la barge sans aménagement et la barge avec aménagement in situ.

*the fauna. As a reduction of the convoy velocity is not appropriate for logistic reasons, adaptions on the convoy are considered. Several options were studied with a physical and a numerical model by LCH on 2008, which finally indicated an optimum situation with a plate mounted at the end of the rowing boat. The latter has to be equipped with hydraulic cylinders in order to lift the plate, so that local manoeuvres are facilitated. The Industrial Services of Geneva (SIG) own totally one pusher tug and four rowing boats, of which one was so far equipped with the recommended plate. In order to verify the efficiency of the plate, the SIG appointed LCH with in-situ measurements of the convoy generated waves with two types of rowing boats: one modified and thus with plate, and an original rowing boat without plate.*



Figure 1 : Passerelle du Lignon avec la poutre suspendue pendant le passage du convoi / Bridge of Lignon with suspended beam during convoy passage

La passerelle du Lignon, située à côté de la cité du Lignon, a été choisie comme section de référence pour les mesures. A cet endroit, le Rhône suit un tracé droit dans un lit pratiquement uniforme. En outre, le convoi peut être conduit sur un tracé précis qui respecte la distance fixée à l'installation de mesure. La passerelle piétonne permettait également l'installation d'une poutre suspendue sur laquelle les instruments de mesures sont fixés (Figure 1). L'objectif du système de mesure était de mesurer en continu le plan d'eau sur une section transversale à différentes distances du convoi pendant et après le passage des bateaux.

*The Rhone section near the pedestrian bridge "Le Lignon" was selected as reference to conduct the measurements. There, the Rhone has a straight river bed and uniform cross-sections. Furthermore, the convoy may proceed on a straight path so that the achieved distance to the instrumentation can be respected. A horizontal beam was suspended below the bridge to carry the instrumentation, which recorded over a period of several minutes the water surface elevation using ultrasonic sensors and the distance to the convoy by a laser distance meter (Figure 1).*

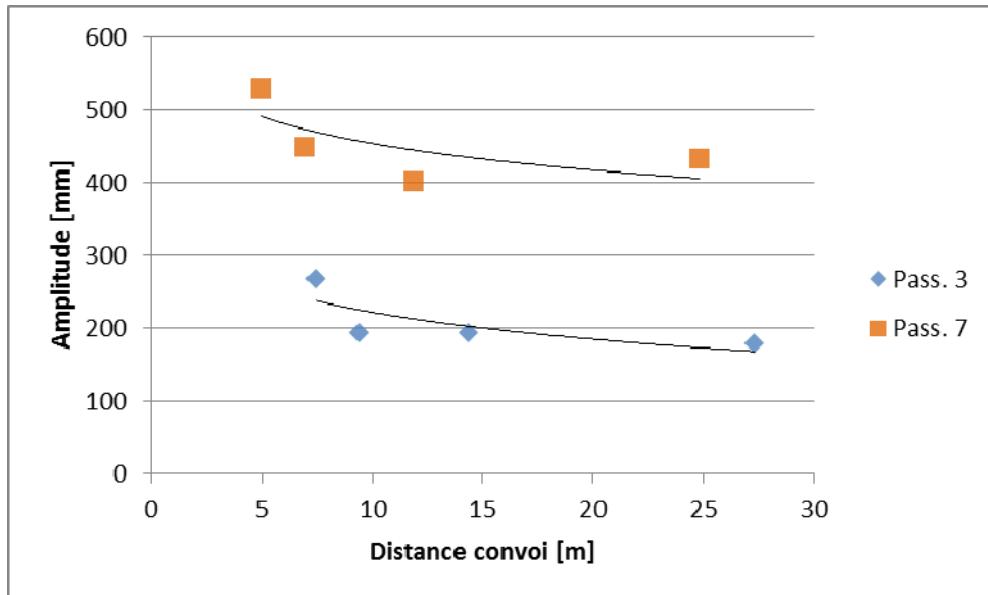


Figure 2 : Amplitude maximale des vagues en fonction de la distance au convoi pour les passages rapides vers l'amont. □ = la barge non-modifiée, ◇ = la barge modifiée / Maximum wave amplitude in function of the distance between convoy and river bank for a fast upstream passage. □ for the not modified rowing boat, ◇ for that with a plate

Sur la base des observations faites sur le terrain et des mesures d'oscillation du plan d'eau, la plaque agit principalement sur la vague envoyée par la barge sur le pousseur et donc sur les vagues engendrées par celui-ci. L'effet de la plaque sur l'amplitude des vagues est clairement visible. La valeur maximale générée par le convoi avec barge modifiée est d'environ 50% de l'amplitude générée par le convoi avec la barge non-modifiée, pour un passage rapides vers l'amont (Figure 2). Lors des passages vers l'aval, l'effet de la plaque est moins marqué que pour les passages vers l'amont : le rapport entre les deux courbes est d'environ 90%. Les réductions en termes d'énergie de vagues les plus fortes sont observées au niveau de la sonde 4 qui se trouve à une vingtaine de mètres de la berge. Dépendant du passage, entre 30 et 70% de l'énergie restent pour le convoi avec une plaque installée.

Etude confiée par : Services Industriels de Genève

Ingénieur de projet : Robin Amacher

*Based in the in situ observations, the plate may be qualified as efficient to reduce the dominant waves. The latter are generated at the end of the pusher tug and hits the front of the rowing boat. The plate significantly reduces the wave amplitudes. The maximum measured value of the convoy with plate decreases by some 50% as compared to the convoy without plate, for a fast passage against stream (Figure 2). For streamwise passages, some 90% of the amplitude was observed for the modified rowing boat. The reduction in terms of wave energy is also considerable. They were maximal near the outermost sensor located some 20 m away from the river banks. Depending on the passage velocity and direction, some 30 to 70% of the wave energy remains for the convoy including a plate.*

*Study entrusted by : Services Industriels de Genève*

*Project engineer : Robin Amacher*

### 1.2.13 Modélisation CFD 3D des conditions d'écoulement dans le réservoir de Räterichsboden / 3D CFD modeling of flow conditions in Lake Räterichsboden

Situé dans la région d'Oberhasli (Suisse), le lac de Räterichsboden (Räbo) fait partie de huit réservoirs exploités par les Kraftwerke Oberhasli AG (KWO) pour la production d'énergie hydroélectrique. Actuellement, les eaux provenant du lac de Grimsel sont turbinés dans la centrale Grimsel 1 puis rejetés dans le bras amont du lac de Räbo. Proche du barrage, une prise d'eau soutire de l'eau pour l'amener vers la centrale de Handeck.

De nouveaux projets de pompage-turbinage sont en cours de planification entre les lacs d'Oberaar et de Räbo (Grimsel 3), puis – dans un futur plus loin – entre les lacs de Räbo et de Brienz. Les processus de sédimentation et les conditions d'écoulement dans le réservoir de Räbo sont d'une grande importance pour les projets. Les influences des opérations pompage-turbinage des aménagements existants et futurs sont donc étudiées dans un modèle numérique dans le cadre d'un projet de recherche.

*Located in the Oberhasli region (Switzerland), Lake Räterichsboden (Räbo) is part of eight reservoirs exploited for hydropower production by Kraftwerke Oberhasli AG (KWO). Today, water from Lake Grimsel is turbined in the Grimsel 1 power plant and rejected into Lake Räbo in its upstream part. Close to the dam, a water intake leads to the Handeck power plant.*

*New pumped storage projects are in planning stage between Lakes Oberaar and Räbo (Grimsel 3) and – in more distant future – between Lakes Räbo and Brienz. Given the high relevance of sedimentation processes and flow conditions in the Räbo reservoir for the projects, the influences of existing and future pumped storage operations is studied in a numerical model during this research project.*

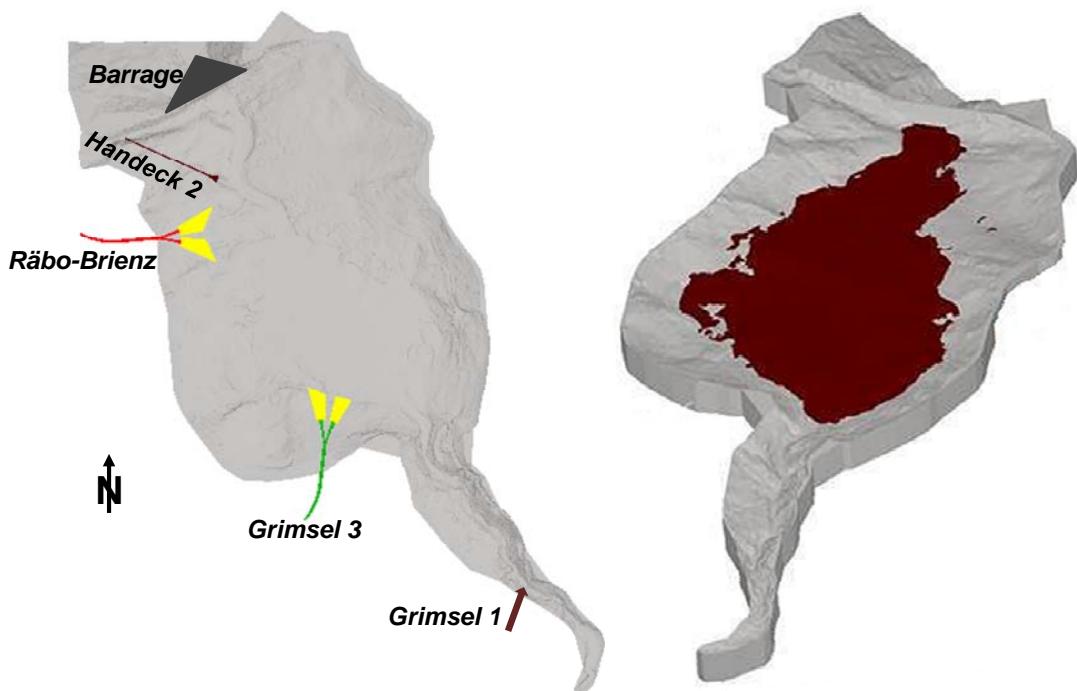


Figure 1 : Prises d'eau de Handeck 2 (existante), Grimsel 3 et Räbo-Brienz (nouvelles) et restitution de la centrale Grimsel 1 (vue en plan, à gauche), réservoir avec fond sédimentaire actuel (vue 3D depuis l'amont, à droite) / Intakes of Handeck 2 (existing), Grimsel 3 and Räbo-Brienz (new) and restitution from Grimsel 1 plant (plan view, left), reservoir with existing sediment deposits (3D view from upstream, right)

Afin de reproduire correctement les écoulements principaux et secondaires et leur influence sur les sédiments fins dans la retenue, une modélisation CFD 3D s'avère nécessaire. Tous les éléments hydrauliques intervenant dans le lac de Räbo ont été introduits dans le programme Flow 3D (Figure 1) qui permet de résoudre les équations de transport à l'aide de la méthode de volumes finis, même pour des géométries complexes.

Six scénarios d'exploitation stationnaires (pompage ou turbinage) sont simulés, avec une durée maximale de six heures sur prototype. Dans une deuxième étape, des régimes typiques avec des périodes alternées de turbinage et de pompage seront modélisés dans l'objectif d'étudier l'influence de ces changements opératoires sur les champs d'écoulements dans le réservoir. Les résultats permettront d'optimiser la position et l'orientation des nouvelles prises d'eau afin de minimiser les dépôts de sédiments fins dans le lac simplement par les courants induits par l'exploitation des différentes centrales. Ainsi, les particules fines pourraient être transitées vers l'aval ou être amenées vers la vidange de fond pendant les périodes de turbinage (lâchée d'eau par Grimsel 1 et/ou Grimsel 3, soutirage Handeck et/ou Räbo-Brienz). Pendant les périodes de pompage (amenée d'eau depuis Räbo-Brienz, soutirage par Grimsel 3), il s'agira d'éviter que les sédiments soient envoyés vers l'amont.

Étude confiée par : Kraftwerke Oberhasli AG, Suisse

Ingénieurs de projet : Michael Müller, Milad Daneshvari

*In order to correctly reproduce main and secondary flow fields and their influence on fine sediments in the reservoir, a 3D CFD modeling approach has been chosen. All hydraulic elements in Lake Räbo are reproduced in the software Flow 3D (Figure 1) which allows solving transport equations by finite volume method even for complex geometries.*

*Six steady operational scenarios of pumping or generating modes are simulated, with a maximum duration of six hours on prototype. In a second phase, typical flow regimes of alternating pumping and turbines periods will be modeled in order to study the influence of repeated changes in operation modes on the flow fields in the reservoir. These results will allow optimizing the position and the orientation of the new intake structures with the objective of minimizing fine sediment deposits by the simple mean of currents induced by the exploitation of the different power plants. Thus, fine particles could be transferred downstream or be directed towards the bottom outlet during generating mode (water entering the reservoir at Grimsel 1 and/or Grimsel 3, withdrawal at Handeck and/or Räbo-Brienz). During pumping periods (water rejected from Räbo-Brienz, withdrawal at Grimsel 3) sediment transfer towards upstream reservoirs has to be avoided.*

*Study entrusted by : Kraftwerke Oberhasli AG, Switzerland*

*Project engineers : Michael Müller, Milad Daneshvari*

## 2 Enseignement / Teaching

### 2.1 Cours à l'EPFL donnés par les collaborateurs du LCH (année académique 2010/2011) / Courses at EPFL given by LCH staff (academic year 2010/2011)

#### 2.1.1 Cours de cycle bachelor et de cycle master en génie civil / Undergraduate and Graduate courses in Civil Engineering

**Schleiss Anton, Dr ès sciences techniques, ingénieur civil, professeur ordinaire / Ph.D., Civil Engineer, Full Professor**

---

Ouvrages et aménagements hydrauliques I <i>Hydraulic structures and schemes I</i> 103 étudiants / students	70 heures, Bachelor 6 <sup>ème</sup> semestre avec Dr. De Cesare et Dr. Bollaert
Aménagements hydrauliques II <i>Hydraulic structures and schemes II</i> 25 étudiants/ students	42 heures, Master 2 <sup>ème</sup> semestre
Barrages et ouvrages hydrauliques annexes <i>Dams and appurtenant hydraulic structures</i> 55 étudiants / students	42 heures, Master 1 <sup>er</sup> et 3 <sup>ème</sup> semestres
Hydraulique fluviale et aménagements des cours d'eau <i>Fluvial hydraulics and river training works</i> 32 étudiants / students	42 heures, Master 1 <sup>er</sup> et 3 <sup>ème</sup> semestres avec Dr K. Blanckaert
Organisation, économie et droit de la construction I <i>Organisation, economics, construction law I</i> 61 étudiants / students	28 heures, Master 1 <sup>er</sup> semestre avec Prof. Dr J.B. Zufferey et L. Mouvet, chargé de cours
Organisation, économie et droit de la construction II <i>Organisation, economics construction law II</i> 21 étudiants / students	28 heures, Master 2 <sup>ème</sup> semestre avec le Prof. Dr J.B. Zufferey et L. Mouvet, chargé de cours
UE : Environnement et GC <i>UE : Environment and GC</i> 57 étudiants/ students	42 heures, Master 1 <sup>er</sup> et 3 <sup>ème</sup> semestres

**Pfister Michael, Dr ès sciences, ingénieur civil / Civil Engineer**

---

Systèmes hydrauliques urbains <i>Urban hydraulic systems</i> 24 étudiants / students	42 heures, Master 2 <sup>ème</sup> semestre
--	---

**De Cesare Giovanni, Dr ès sciences techniques, ingénieur civil / Ph.D., Civil Engineer**

---

Ouvrages et aménagements hydrauliques I <i>Hydraulic structures and schemes I</i> 103 étudiants / students	70 heures, Bachelor 6 <sup>ème</sup> semestre avec Prof. Schleiss et Dr. Bollaert
Réseaux hydrauliques et énergétiques <i>Hydraulic and energy networks</i> 20 étudiants / students	42 heures, Bachelor 5 <sup>ème</sup> semestre avec Dr. P.-A. Haldi

**Bollaert Erik, Dr ès sciences techniques, ingénieur civil / Ph.D., Civil Engineer**

---

Ouvrages et aménagements hydrauliques I <i>Hydraulic structures and schemes I</i> 103 étudiants / students	70 heures, Bachelor 6 <sup>ème</sup> semestre avec Prof. Schleiss et Dr. De Cesare
--	--

## **Blanckaert Koen, Dr ès sciences techniques, ingénieur civil / Ph.D., Civil Engineer**

---

Hydraulique fluviale et aménagements  
des cours d'eau  
*Fluvial hydraulics and river training works*  
32 étudiants / students

42 heures, Master 1<sup>er</sup> et 3<sup>ème</sup> semestres  
avec Prof. A. Schleiss

### **2.1.2 Cours de cycle Master en sciences et ingénierie de l'environnement / Graduate courses in sciences and environmental engineering**

**Schleiss Anton, Dr ès sciences techniques, ingénieur civil, professeur ordinaire / Ph.D., Civil Engineer, Full Professor**

---

Eco-morphologie fluviale  
*Fluvial eco-morphology*  
38 étudiants/ students (SIE & GC)

28 heures, Master 1<sup>er</sup> et 3<sup>ème</sup> semestres

### **2.1.3 Ecole doctorale en Environnement / Doctoral school in Environment**

**Schleiss Anton, Dr ès sciences techniques, ingénieur civil, professeur ordinaire / Ph.D., Civil Engineer, Full Professor**

---

*Hydropower and Dams – Benefits and concerns*                    14 heures  
5 étudiants / students

*Hydropower plants*    20 heures  
7 étudiants / students

## **2.2 Cours hors EPFL / Courses outside EPFL**

**Schleiss Anton, Dr ès sciences techniques, ingénieur civil, professeur ordinaire / Ph.D., Civil Engineer, Full Professor**

---

35. Zertifikatslehrgang ETH Zürich "Objektschutz bei Naturgefahren", 15. Februar 2011.  
Bedeutung des Geschiebes für den Hochwasserschutz – Gewässerdynamik und konstruktiver HWS.

2 Stunden

**De Cesare Giovanni, Dr ès sciences techniques, ingénieur civil / Ph.D., Civil Engineer**

---

Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud (HEIG-VD), Yverdon-les-Bains, Suisse  
*University of Applied Sciences of the Canton Vaud (HEIG-VD), Yverdon-les-Bains, Switzerland*

Hydraulique / *Hydraulics*    108 heures  
Géomatique - Constructions et infrastructures, Bachelor HES 2/3<sup>ème</sup> année  
8 étudiants / students

Aménagements hydrauliques / *Hydraulic schemes*                85 heures  
Géomatique - Constructions et infrastructures, Bachelor HES 3/4<sup>ème</sup> année  
10 étudiants / students    ,

## **2.3 Projets et laboratoires en section génie civil – semestres d'hiver 2010/2011 et de printemps 2011 / Graduate student projects and laboratory work in Civil Engineering section – winter semester 2010/2011 and spring semester 2011**

### **Projet de construction / Construction project**

---

#### **Projet d'un barrage voûte en Iran, avec ses ouvrages annexes**

Etudiants : Julia Sprecher et Pascal Jourdan – 9<sup>ème</sup> semestre, Giotto Gobbi – 7<sup>ème</sup> semestre / Alexandre Pachoud et Gelare Moradi – 8<sup>ème</sup> semestre

#### **Etude du développement dynamique de la Broye**

Etudiante : Hélène Caron – 9<sup>ème</sup> semestre

#### **Projet d'aménagement et de renaturation de cours d'eau en Suisse romande**

Etudiants : Fabian Leimer et Fränz Zeimetz – 8<sup>ème</sup> semestre

#### **Mise en séparatif d'un réseau unitaire urbain**

Etudiante : Isabelle Feller – 8<sup>ème</sup> semestre

### **Laboratoires GC / GC Laboratories**

---

#### **Mesure non-intrusive de vitesses faibles par Ultrason à effet Doppler avec traceur**

Etudiant : Alexandre Pachoud – 7<sup>ème</sup> semestre

#### **Mesures in situ (pluies, débit)**

Etudiants : Daniele Gendotti et Fabri Haldi – 7<sup>ème</sup> semestre

#### **Participation à des essais en cours au laboratoire (Gage et Tschingelbach)**

Etudiants : Marvin Ancian et Morgane Ugo – 7<sup>ème</sup> semestre

#### **Participation à des essais en cours au laboratoire (Tschingelbach)**

Etudiant : Pedram Faghani – 7<sup>ème</sup> semestre

### **Projet ENAC / ENAC project**

---

#### **Etude de cas : Barrage de Kariba (Zambie – Zimbabwe)**

Etudiant : Ouaret Samir – 7<sup>ème</sup> semestre

#### **Etablissement d'une carte de dangers liée aux crues : Arbogne et Tschingelbach**

Etudiants : Gelare Moradi – 7<sup>ème</sup> semestre / Daniel Augusto De Miranda – 9<sup>ème</sup> semestre

#### **Etablissement d'une carte de dangers liée aux crues : Tschingelbach et Tüchkanal**

Etudiants : Fabian Leimer – 7<sup>ème</sup> semestre / Didier Muelhauser, Quentin Strappazzon et Sylvain Rigaud – 9<sup>ème</sup> semestre

#### **Projet de renaturation d'un cours d'eau en Suisse romande**

Etudiants : Alexandre Pachoud et Cyril Mouquin – 8<sup>ème</sup> semestre

#### **Optimisation d'un réseau d'adduction et de distribution d'eau potable**

Etudiant : David Zumofen – 8<sup>ème</sup> semestre

#### **Etablissement d'une carte de dangers liée aux crues : Arbogne**

Etudiants : Marvin Ancian, Victor Beckert et Romain Orbolato – 8<sup>ème</sup> semestre

### **Projet de systèmes civils / Civil system project**

---

#### **L'eau potable génératrice d'électricité – Etude de cas : Marly (FR) et Organisation Séminaire**

Etudiant : Vincent Nidegger – 9<sup>ème</sup> semestre

#### **Optimisation d'un réseau d'adduction et de distribution d'eau potable, communes de Corpataux, Farvagny, Magnedens et Rossens**

Etudiante : Isabelle Feller – 7<sup>ème</sup> semestre

#### **Modélisation numérique d'un bassin versant complexe comprenant des aménagements hydroélectriques. Application à choix (Lienne-Zeuzier, Illsee-Turtmann, Navisence-Gougra, Mauvoisin-Emosson, Oberhasli, etc)**

Etudiants : Timur Gökok, Fränz Zeimetz, Gelare Moradi et Samir Ouaret – 8<sup>ème</sup> semestre

Projet GC / Civil Engineering project

---

**Projet de mini-centrale hydroélectrique en Suisse**

Etudiants : Mathias Amstad, Anton Schalcher, Michel Perrin, Yoann Maxit, Jérémie Loup, Débora Ngoussi Makongo et Thibault Sanglard – 6<sup>ème</sup> semestre

Projet interdisciplinaire / *Interdisciplinary project*

---

**Le risque de guerre de l'eau au Proche-Orient**

Etudiants : Alexandre Pachoud – 7<sup>ème</sup> semestre / Daphné Dethier – 9<sup>ème</sup> semestre

**Irrigation system in Iran : Qanat**

Etudiant : Gelare Moradi – 7<sup>ème</sup> semestre

**Accidents majeurs, catastrophes dans le domaine des aménagements hydrauliques y compris les barrages**

Etudiant : Daniel Augusto De Miranda – 9<sup>ème</sup> semestre

**Le barrage d'Assouan sur le Nil**

Etudiant : Mohamed Réda Benzakour – 8<sup>ème</sup> semestre

**Le projet de barrage des Trois-Gorges en Chine**

Etudiants : My Hang Nguyen et Anne Koymans – 8<sup>ème</sup> semestre

**Analyse des problèmes environnementaux et socio-économique posés par la réalisation du barrage des Trois-Gorges**

Etudiant : Benoît Mailler – 8<sup>ème</sup> semestre

## **2.4 Projets et laboratoires en section SIE – semestres d'hiver 2010/2011 / Graduate student projects and laboratory work in Environmental Science and Engineering Section – winter semester 2010/2011**

Projet ENAC / *ENAC project*

---

**Etablissement d'une carte de dangers liée aux crues : Arbogne et Tschingelbach**

Etudiants : Loïc Gasser et Blaise D'Hont – 9<sup>ème</sup> semestre

**Etude du développement dynamique de la Broye**

Etudiants : Paul-Victor Blondy, Edouard Lehmann et Franklin Golay – 9<sup>ème</sup> semestre

**Optimisation d'un réseau d'adduction et de distribution d'eau potable, communes de Corpataux, Farvagny, Magnedens et Rossens**

Etudiants : Julien Biermann et Jean-Marc Dorsaz – 9<sup>ème</sup> semestre

Projet SIE / *Environmental science and engineering project*

---

**Reservoir sediment management in Alpine reservoirs**

Etudiant : Sébastien Cajot – 9<sup>ème</sup> semestre

**Le risque lié aux vagues sur le Léman**

Etudiant : Adrien Oriez – 9<sup>ème</sup> semestre

**Analyse de l'effet du barrage de Lavey-Evionnaz**

Etudiant : Raoul Crettenand – 9<sup>ème</sup> semestre

## **2.5 Projets et laboratoires en section architecture – semestre de printemps 2011 / Graduate student projects and laboratory work in architecture section – spring semester 2011**

Projet ENAC / *ENAC project*

---

**Fontaine artistique sur l'esplanade de l'EPFL**

Etudiant : Jonathan Germain – 8<sup>ème</sup> semestre

## **2.6 Projets et laboratoires à la section d'électricité – semestre d'automne 2010/2011 / Graduate student projects and laboratory work in electricity section – autumn semester 2010/2011**

Projet mineur ou énergie / *Minor or energy project*

**Etude sur modèles physique et numérique de l'aménagement de pompage-turbinage Hongrin Léman**

Diplômant : Sylvain Candolfi – 9<sup>ème</sup> semestre

## **2.7 Travaux pratiques de Master 2010 – 2011 (Automne) et 2011 (Printemps) / Master thesis project 2010 – 2011 (Autumn) and 2011 (Spring)**

**Etude expérimentale sur modèle réduit de la débitance des seuils « PK Weirs »**

Diplômant GC: Daniel A. DE MIRANDA

**Etude de faisabilité de l'aménagement de Sarin, Pérou**

Diplômant GC: Alexandre ALLAIN

**Avant-projet de mini-centrale hydroélectrique à Torgon au Bas Valais**

Diplômant GC: Benoît MAILLER

**Traitement des données et modélisation RS 3.0 – City d'un réseau d'assainissement. Les cas de la Riviera**

Diplômant GC: Pascal JOURDAN

**Etude de faisabilité d'un aménagement de pompage-turbinage à Fully**

Diplômant GC: Raphaël SPRENGER (Lauréat Prix Stucky et IM)

**Aménagement hydroélectrique de la Confluencia en Chile**

Diplômant GC: Andreas SIMONSEN (Lauréat Prix IM)

**Aménagement hydroélectrique de Dibbin en Inde**

Diplômant GC: Tamas FANKHAUSER

**Analyse des vagues liées aux vents : projet LAtlas**

Diplômant SIE : Adrien ORIEZ

**Mesure pour réduire les effets négatifs de l'exploitation d'aménagements hydroélectriques complexes sur le régime des cours d'eau**

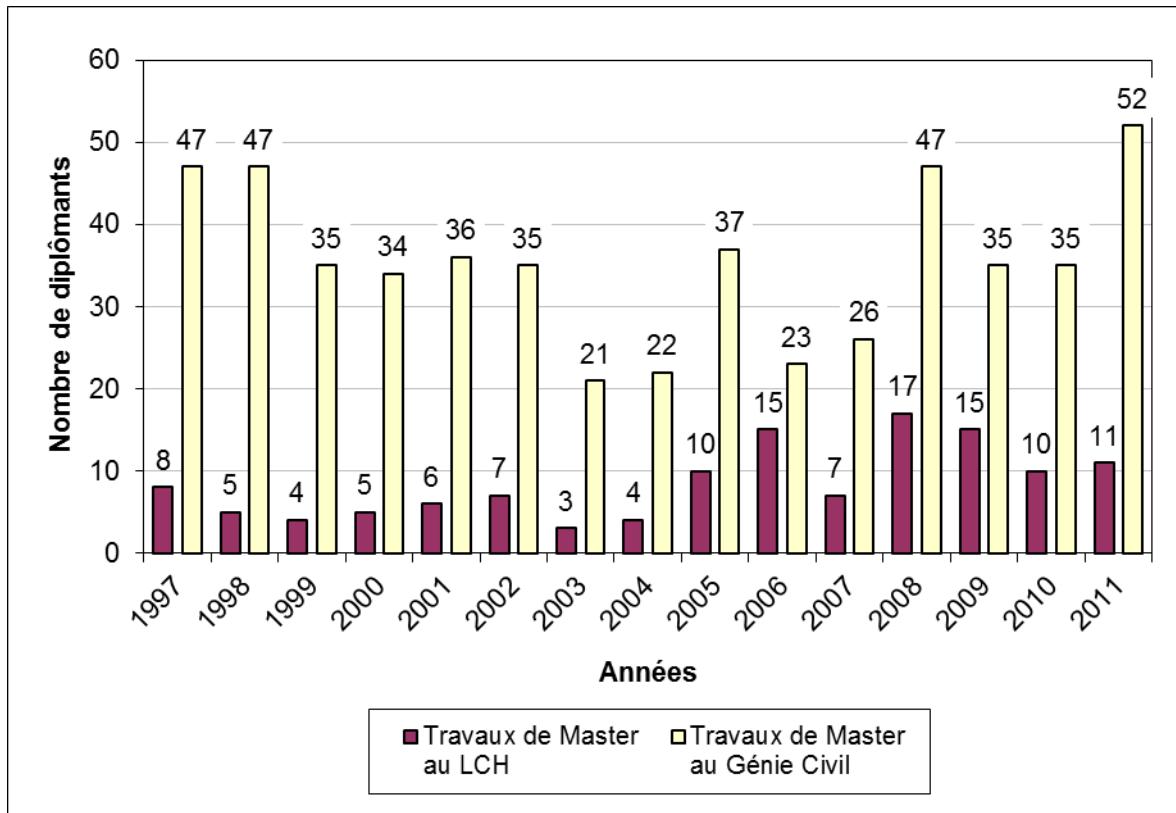
Diplômant SIE: Paul-Victor BLONDY

**Utilisation de bulles pour limiter l'érosion autour des piles de pont. Mesures en laboratoire et étude d'application**

Diplômant SIE: Sylvain RIGAUD

**Reservoir sediment management by using sediment replenishment in Japanese Rivers : Nunome and Muro dams, field and numerical study**

Diplômant SIE: Sébastien CAJOT



Nombre total des travaux de Master à la section de génie civil et nombre total des travaux réalisés au LCH (étudiant(e)s science de l'environnement inclus)

## 2.8 Travaux pratiques hors EPFL, Bachelor HES 2011 / Thesis project outside EPFL, Bachelor HES 2011

Conception d'une centrale hydroélectrique sur l'Aar

Etudiant : François Sennwald

## 2.9 Excursions d'étudiants / Student field trips

Visite de la centrale souterraine de Veytaux des Forces Motrices Hongrin-Léman SA (FMHL), 32 étudiants (16.05.2011)



**Visite du chantier du barrage des Toules** (renforcement et système d'auscultation), 32 étudiants (29.11.2011)



## 2.10 Livres / Textbooks

Anton J. Schleiss et Henri Pougatsch

**Barrages - Du projet à la mise en service**, Traité de Génie Civil, Volume 17, PPUR, 720 pages, ISBN 978-2-88074-831-9, disponible aux Presses Polytechniques et Universitaires Romandes ([www.ppur.com](http://www.ppur.com))

S. Erpicum – F. Laugier – J.L. Boillat – M. Pirotton – B. Reverchon – A. J. Schleiss

**Labyrinth and Piano Key Weirs – PKW 2011**, Proceedings of the International Conference on Labyrinth and Piano Key Weirs (PKW 2011), Liège, Belgium, 9-11 February 2011, 297 pages, CRC Press Taylor & Francis Group, ISBN 978-0-415-68282-4

Anton J. Schleiss et Robert M., Boes

**Dams and Reservoirs under Changing Challenges**, Schleiss & Boes (Eds), CRC Press, Taylor & Francis Group, 2011, ISBN 978-0-415-68267-1

## **2.11 Polycopiés / Student course books**

Schleiss Anton

**Aménagements hydrauliques**, 484 pages, septembre 2008

disponible à la Librairie polytechnique, vente des cours: <http://www.livres.ch/> [bookshop@epfl.ch](mailto:bookshop@epfl.ch).

**Barrages**, 274 pages, octobre 2007

disponible à la Librairie polytechnique, vente des cours: <http://www.livres.ch/> [bookshop@epfl.ch](mailto:bookshop@epfl.ch)

**Aménagements de cours d'eau**, 130 pages, septembre 2007

disponible à la Librairie polytechnique, vente des cours: <http://www.livres.ch/> [bookshop@epfl.ch](mailto:bookshop@epfl.ch)

Pfister Michael

**Systèmes hydrauliques urbains**, 126 pages, mars 2009

disponible à la Librairie polytechnique, vente des cours: <http://www.livres.ch/> [bookshop@epfl.ch](mailto:bookshop@epfl.ch)

De Cesare Giovanni

**Réseaux hydrauliques**, 140 pages, octobre 2009

disponible au LCH: <http://lch.epfl.ch/> [secretariat.lch@epfl.ch](mailto:secretariat.lch@epfl.ch)

Mouvet Laurent, Schleiss Anton et Zufferey Jean-Baptiste

**Organisation, économie et droit de la construction**, 103 pages, septembre 2009 (Partie I) et

Droit public (Partie II), disponible à la Librairie polytechnique, vente des cours: <http://www.livres.ch/> [bookshop@epfl.ch](mailto:bookshop@epfl.ch)

### 3 Manifestations scientifiques / Scientific events

#### 3.1 Participation à des manifestations scientifiques hors EPFL

##### 3.1.1 ADAPT-African Dams Project – Project meeting, Zambezi basin, Trip to Mozambique and Zambia, du 17 au 28 janvier 2011

José Pedro Matos and Théodora Cohen went to Mozambique and Zambia from 17<sup>th</sup> to 28<sup>th</sup> January 2011 to visit a part of the Zambezi Basin and meet local stakeholders.



Time in Mozambique was spent between Maputo, Tete and Songo. In Tete (map, rectangle 1), they met the ARA-Zambeze, the regional organism responsible for managing and enforcing the protection of water resources in the Zambezi Basin and in Songo, they had a meeting at the Hydroelectric of Cahora Bassa (map, rectangle 1).



Cahora Bassa



In Lusaka, the capital of Zambia (map, rectangle 2), a one day meeting for the African Dams Project (ADAPT) was organized by a ETHZ team to present the state of the research to the stakeholders "ADAPT-African Dams Project - Project meeting". During the morning session, each of the PhD students did a short presentation (15min) followed by questions. In the afternoon brainstorming sessions were conducted. Théodora and José Pedro followed the one on 'Water and Hydropower'. Contact was made with several people from ZRA (operating the Kariba dam), ZESCO (operating the Itezhi-Tezhi dam) and the WWF (starting a project to define environmental flows on the basin).



Just before flying back to Switzerland, a trip was made to Livingstone, where they have seen the mighty Victoria Falls (map, rectangle 3), including its power station (also operated by ZESCO), and went on a morning safari for wildlife sighting.



Victoria Falls

Overall, the trip has been extremely profitable, providing valuable insights on what are the real problems faced by stakeholders and, hopefully, the chance to nurture close contact with them and get access to additional data. Also, this unique trip has been inspirational to the research and, in a much broader sense, to the work being developed.



### 3.1.2 Workshop on Labyrinth and Piano Key Weirs à Liège, du 9 au 11 février 2011

Ce Workshop, organisé conjointement par le LCH, le laboratoire d'Hydrodynamique appliquée & constructions hydrauliques (HACH) de l'Université de Liège (Belgique) et l'Electricité de France (EDF, France), avait pour objectif de regrouper tous les scientifiques (ingénieurs et chercheurs) s'intéressant aux PKW afin d'établir et de résumer les connaissances actuelles sur cette structure hydraulique pas encore si courante.

L'objectif était également de définir une nomenclature de base pour nommer les nombreux paramètres géométriques des PKW. Le projet d'une base de données regroupant tous les résultats des études menées sur les PKW a également été étudié.

La première journée a été consacrée aux présentations concernant les résultats des modélisations physiques et numériques de ce type d'évacuateur :

Les membres du LCH ont pu présenter leurs expériences obtenus sur les modèles physiques étudiés dans le cadre des différents mandats réalisés pour Electricité de France :

- « PK-Weir and flap gate spillway for the Gage II Dam » de Dugué V., Hachem F., Boillat J.-L., Nagel V., Roca J.-P., Laugier F. et présenté par Violaine Dugué;
- « Coupled spillway devices and energy dissipation system at St-Marc Dam (France) » de Leite Ribeiro M., Boillat J.-L., Schleiss A.J., Laugier F. et présenté par Jean-Louis Boillat ;
- « Energy dissipation downstream of Piano Key Weirs - Case study of Gloriettes Dam (France) » de Bieri M., Federspiel M., Boillat J.-L., Houdant B., Faramond L., Delorme F. et présenté par Martin Bieri ;
- « Experimental parametric study for hydraulic design of PK-Weirs » de Leite Ribeiro M., Le Doucen O., Boillat J.-L., Schleiss A.J. et présenté par Marcelo Leite Ribeiro.

La deuxième journée a débuté par un résumé historique de l'évolution du labyrinthe vers le PKW présenté par le Prof Schleiss comme « keynote speaker » ;

- « From labyrinth to piano key weirs - a historical review » de Schleiss A.J. et présenté par Anton Schleiss.

Les présentations de la journée étaient axées sur les PKWs existants mais aussi sur le design. Dans ce cadre, Marcelo Leite Ribeiro a présenté les résultats de l'étude paramétrique expérimentale pour le dimensionnement des PKWs financée par EDF et menée au LCH.

Les discussions sur l'établissement de la nomenclature ainsi que la création de la base de données ont clôturé ces deux journées.



Présentation du Prof. Schleiss

Finalement, le troisième jour, un petit détour par les PKWs de St Marc (modèle réduit étudié au LCH) et de l'Etroit en France était prévu pour les chercheurs intéressés. Marcelo Leite Ribeiro et Jean-Louis Boillat, ainsi qu'une quinzaine d'autres participants ont eu le privilège de pouvoir contempler, grandeur nature, les PKW qu'ils avaient dimensionné sur modèle réduit.



Participants de la visite devant le barrage de St-Marc



Vue latérale du PKW de St-Marc



Vue zénithale du PKW de l'Etroit

### 3.1.3 World Environmental and Water Resources Congress – EWRI, ASCE, Palm Springs, California, du 22 au 26 mai 2011

Cette conférence est organisée par l’Institut de l’Environnement et des Ressources en Eau (EWRI) de la Société Américaine des Ingénieurs Civils (ASCE). Elle s'est déroulée du 22 au 26 mai 2011 au centre des congrès de Palm Springs situé dans l'état de Californie aux Etats Unis. Le thème de cette conférence portait sur l'échange des connaissances dans les matières liées aux développements durables.

Pendant les cinq jours du congrès, environ 300 scientifiques et ingénieurs ont participé aux seize sessions réparties sur les quinze différentes salles du magnifique centre de conférence. Des présentations de haut niveau ont été données sur des sujets divers couvrant plusieurs aspects liés à l’hydrologie, l’hydraulique, les travaux maritimes, les techniques de mesures, la distribution en eau, l’eau souterraine, le traitement des eaux usées et pollution ainsi que d’autres thèmes intéressants et diversifiés. Fadi Hachem était le représentant du LCH dans cette manifestation internationale.

L’après-midi du lundi 23, Fadi a présenté son article intitulé "Physical tests for estimating the water-hammer wave speed in pipes and tunnels with local weak wall stiffness" lors de la séance «Network Hydraulic I». Cette conférence était également une occasion propice pour partager les

connaissances avec d'autres chercheurs et côtoyer les grands professeurs dans le domaine des écoulements transitoires notamment le Prof. Hanif Chaudhry et le Prof. Angus Simpson.

Parmi tous les tours organisés le mardi 24, Fadi a participé au tour «The living desert safari » pour découvrir les faunes et les flores ainsi que le paysage splendide de cette oasis.

### 3.1.4 79<sup>ème</sup> ICOLD – Réunion annuelle, du 29 mai au 3 juin 2011

Du 29 mai au 3 juin 2011, les collaborateurs du LCH et du VAW-ETHZ ont aidé volontairement le Comité Suisse des Barrages afin d'accueillir plus de 1'000 participants de différentes nationalités à la 79<sup>ème</sup> réunion annuelle de la CIGB, qui s'est tenue au KKL (Centre de Culture et de Congrès) à Lucerne.



Afin de vous faire une meilleure idée de notre formidable labeur, n'arrêtez surtout pas votre lecture.

Une partie des troupes LCH'ienne a pris le train de Lausanne à Lucerne en date du samedi 28 mai 2011. Après avoir pris possession de nos chambres respectives à notre hôtel, nous nous sommes dirigés au KKL afin de pouvoir participer à la mise en place du stand d'accueil. Après un travail ardu, nous avons pu profiter d'un tour en ville, pour découvrir Lucerne, située au bord du lac des Quatre-Cantons. Nous avons admiré la fameuse Chapelle Saint-Pierre et ses peintures sur bois qui relatent l'histoire de la Suisse, le barrage à aiguilles (Nadelwehr), nous nous sommes promenés sur les remparts de la Musegg (Museggmauer). Après ces heures de marche, nous avons rassasié notre faim et nos estomacs criants dans un restaurant italien.



Dimanche, 29 mai, le stand d'accueil s'est ouvert à 10 heures et une multitude de participants sont venus chercher leurs accréditations pour cette réunion annuelle. Forts de notre diversité

linguistiques, nous avons pu converser avec les participants en anglais, allemand, espagnol, français, japonais, italien, perse et bien sûr en langage des mains en dernier recours.

Après avoir répondu à plein de questions diverses, l'un de nos doctorants, Martin Bieri, nous a accueillis pour le souper chez ses parents, où nous nous sommes mis à l'art de cuisiner des pizzas et de les faire cuire au four à pizza. Les rires se faisaient entendre loin dans le petit village de Hünenberg.

Lundi, 30 mai, les enregistrements ont continué au fil de la journée et les participants ont pu découvrir la ville avec des guides locaux. Le soir, nous avons participé à la réception de bienvenue, où des cors des alpes et de la musique champêtre résonnaient au KKL. Le discours de bienvenue a été prononcé par le Prof. Anton Schleiss, qui est d'une part, directeur au sein du Laboratoire de Constructions Hydrauliques (LCH), et d'autre part, le Président du Comité Suisse des barrages.



Le mardi 31 mai ainsi que le 1er juin, différents tours furent organisés pour les participants dont « Le Rigi et Schwytz », « Le Jungfraujoch et Grindelwald », ou « Berne et l'Emmental ». La journée s'est terminée avec un brillant concert symphonique avec le célèbre chef d'orchestre Achim Fiedler qui nous a interprété du « Joseph Martin Kraus, Johann Sebastian Bach, Othmar Schoeck, Wolfgang A. Mozart » au sein de la salle de concert du KKL. Nos oreilles, ainsi que celles des participants, garderont un somptueux souvenir de l'acoustique du KKL.

Le jeudi 2 juin fut notre jour de congé. Repos général pour tout le staff.

La Conférence se termina avec la réunion exécutive de la CIGB, suivie d'un somptueux dîner de clôture sur le pittoresque lac des Quatres-Cantons. Le repas a été pris sur les différents bateaux à vapeur restaurés nommés « Uri, Unterwalden, Schiller, Gallia et Stadt Luzern ». Lors de cette excursion, nous avons pu admirer les paysages parsemés de montagne dont le Titlis, le Pilatus, le Rigi et bien autres. Le tout avec un magnifique coucher du soleil de couleur rougeâtre.



Vous pouvez découvrir de plus amples informations sur cet événement sur le lien suivant :  
<http://www.icold2011.ch/>

### **3.1.5 International Symposium "Dams and Reservoirs under changing Challenges", le 1<sup>er</sup> juin 2011**

Le mercredi de la semaine ICOLD a été marqué par le symposium international dans la grande salle de concert du Centre de Culture et de Congrès de Lucerne (KKL). Après l'ouverture du symposium par le Professeur Anton Schleiss, U. Studer, maire de la ville de Lucerne, a souhaité la bienvenue aux participants de la part de la ville, hôte de ce congrès. M. W. Steinmann, directeur de l'office fédéral de l'énergie, a souligné le rôle, les atouts et les futurs défis des aménagements hydroélectriques en Suisse.

Pendant toute la journée, différents intervenants ont présenté d'actuels projets de construction, sujets d'étude et de recherche dans le domaine des grands barrages et de l'hydraulique. Le staff du LCH a contribué au déroulement du symposium en aidant le comité d'organisation en guidant les participants et en distribuant les écouteurs.

Deux contributions du LCH ont traité d'une part la gestion des aménagements hydrauliques dans le contexte de protection contre les crues et la problématique du marnage d'autre part :

- « Decision support system for the hydropower plants management : the MINERVE project » présenté par Jean-Louis Boillat
- « A holistic approach to reduce negative impacts of hydropeaking » présenté par Walter Gostner.

Un excellent buffet a été servi à midi, ce qui a permis aux professionnels venant de partout dans le monde de discuter, d'échanger des idées et d'entretenir des contacts et des amitiés.

Le jour s'est finalement terminé avec un magnifique concert de l'ensemble « Festival Strings Lucerne » qui a enchanté le public avec les airs et accords, les dissonances et harmonies de Kraus, Bach, Schoeck et Mozart.



### **3.1.6 Euromech Colloquium 523 – Ecohydraulics : linkages between hydraulics, morphodynamics and ecological processes in rivers, Clermont-Ferrand, France, du 15 au 17 juin 2011**

Ce colloque, organisé conjointement par l'EPFL, l'Université Technologique de Delft (Pays-Bas), le Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries (IGB, Allemagne) et par le Geolab de l'Université Blaise Pascal (France) avait pour objectif de rapprocher scientifiques et ingénieurs travaillant dans le domaine des écoulements environnementaux, de la morphodynamique des rivières et de l'écologie aquatique.

Le colloque était divisé en 5 sessions couvrant les domaines suivants:

- Distribution et biodiversité des invertébrés en relation avec les écoulements
- Transport sédimentaire et processus morphodynamiques
- Comportement des poissons en relation avec l'écoulement et la morphologie fluviale
- Développement de la végétation et interaction avec l'écoulement
- Restauration des rivières et éco-engineering

Trois travaux de recherches couvrant des aspects différents ont été présentés par le LCH :

- Koen Blanckaert a présenté les résultats expérimentaux effectués conjointement avec IGB Berlin concernant le rôle de la turbulence sur la dérive des invertébrés.
- Violaine Dugué a exposé les premiers résultats de son doctorat sur l'influence d'un écran de bulles sur la morphodynamique des canaux courbes.
- Walter Gostner a présenté l'indice de diversité hydro-morphologique développé dans le cadre de son doctorat.

Une excursion près d'une rivière voisine, l'Allier, a également été proposée aux participants. Ces derniers ont pu observer deux tronçons de rivières présentant de fortes évolutions morphologiques. L'ambiance du colloque était amicale bien qu'une petite rivalité entre écologistes et hydrauliciens se soit fait remarquer dans les débats !

### **3.1.7 34<sup>th</sup> IAHR World Congress, Brisbane, Australie, du 26 juin au 1<sup>er</sup> juillet 2011**

Le congrès biennuel de l'International Association for Hydro-Environment Engineering and Research (IAHR) à Brisbane en Australie était intitulé « Balance and Uncertainty : Water in a Changing World ». Le but était l'analyse du rôle central du génie hydraulique, de l'hydrologie et des ressources en eau dans un monde changeant. Les récents évènements tragiques, comme la crue de novembre 2010 en Australie et le tsunami au Japon du 11 mars 2011, ont mis en évidence les interactions complexes entre la nature et la société. Une gestion prudente ainsi que des solutions innovantes sont indispensables pour traiter ces interactions en tenant compte de l'incertitude du système naturel et humain. Les lignes de recherche du Laboratoire de constructions hydrauliques (LCH) sont toutes situées dans cet environnement, une participation active à ce congrès était donc indiscutable.

Le programme hebdomadaire a tenu compte d'une multitude de présentations des membres du LCH :

- Mehraein, M., Ghodsian, M., Schleiss, A. J., « Experimental study on Scour due to simultaneous wall and impinging circular jet » présenté par Michael Müller
- Federspiel, M., Bollaert, E., Schleiss, A. J., « Dynamic response of a rock block in a plunge pool due to asymmetrical impact of a high-velocity jet » présenté par Fadi Hachem
- Gostner, W., Peter, A., Schleiss, A. J., « Temperature regime in a braided river system : an indicator for morphological heterogeneity and ecological potential » présenté par Anton Schleiss
- Bieri, M., Schleiss, A. J., « Modelling and analysis of hydropeaking in alpine catchments equipped with complex hydropower schemes » présenté par Martin Bieri
- Pfister, M., Lucas, J., Hager, W., « Effect of pre-aerated approach flow on delector-generated jets » présenté par Michael Pfister

- Garcia Hernandez, J., Schleiss, A. J., Boillat, J.-L., « The decision support tool MINDS for flood management in the upper Rhone river » présenté par Martin Bieri (Best Paper Presentation)
- Ghilardi, T., Schleiss, A. J., « Influence of immobile boulders on bedload transport in a steep flume » présenté par Anton Schleiss
- Müller, M., De Cesare, G., Schleiss, A. J., « Experiments on turbulence and settling down of fine sediments induced by pumped storage operations in a cuboidal reservoir » présenté par Michael Müller
- Jenzer Althaus, J., De Cesare, G., Schleiss, A. J., « Fine Sediment release from a reservoir by controlled hydrodynamic mixing » présenté par Jolanda Jenzer
- Leite Ribeiro, M., Blanckaert, K., Schleiss, A. J., « Influence of tributary widening on morphology and hydraulic variability in confluence zones » présenté par Marcelo Leite
- Hachem, F., Schleiss, A. J., « Monitoring of steel-lined pressure shafts using water-hammer records and wavelet filtering and decomposition » présenté par Fadi Hachem
- Jenzer Althaus, J., “Influence of a circular jet arrangement in a rectangular tank on flow and suspended sediment release » présenté par Jolanda Jenzer

La reconnaissance de notre laboratoire de recherche s'est manifestée par la modération de session de Michael Pfister (Hydraulic Structures and Machinery) et du Prof. Anton Schleiss (Fluvial Hydraulics).

Les sommets conviviaux, auxquels Mme Schleiss a également participé, étaient la réception de bienvenue au musée maritime de Queensland et le dîner avec une animation à l'australienne (concours de châteaux de sable !?), où les relations entre les participants ont pu être renforcées avec le soutien d'un bon verre de vin Australien.

L'excursion au Wivenhoe Dam nous a permis de comprendre cet aménagement à buts multiples, qui gère entre autres les crues à l'amont de Brisbane, la capitale de Queensland.

Les activités non-académiques, comme un tour de bateau avec Cat, la visite du Mt Cootha, une visite de la plage du Gold Coast et la rencontre de notre ami Peyman Andaroodi, ont contribué à un évènement inoubliable et motivant. « It was DAM smart ».



L'équipe LCH devant le Story Bridge et le skyline de Brisbane  
(Jolanda, Marcelo, Fadi, Martin, Michael P., M. et Mme Schleiss et Michael M.)



« I'm DAM smart ». L'équipe « académique » devant les digues fusibles de Wivenhoe Dam



Wivenhoe Dam : Evacuateurs de crue (à gauche) et bassin amortisseur (à droite), avec les blocs éjectés de la fosse d'érosion par la crue de janvier 2011 ( $Q_{\max} = 7'500 \text{ m}^3/\text{s} = 1.5 \times Q_{\dim}$ )

### **3.1.8 Neue Seen als Folge der Entgletscherung im Hochgebirge – Herausforderungen für eine nachhaltige Nutzung (NELAK), Université de Berne, le 18 août 2011**

**Atelier « Nouveaux Lacs suite à la déglaciation dans les hautes Alpes - Défi pour une gestion durable »**

Suite à l'invitation à participer à cet atelier d'information, environ 50 personnes se sont réunis dans le cadre du projet PNR 61. M. Schleiss a donné une conférence avec le titre « Energiewirtschaftliches Potential – Beispiel : Kraftwerk Mauvoisin und Gletscher Corbassière ».

### **3.1.9 1<sup>st</sup> HydroNet Workshop, Hotel Allegro, Kursaal, Berne, le 25 août 2011**

Le premier Workshop du consortium HydroNet – Design Operation and Monitoring of Pumped Storage Power Plants avait comme but de réunir différents intervenants d'aménagements de pompage-turbinage. C'est ainsi que se sont retrouvés plus de 80 participants – des professeurs et doctorants, des exploitants, des ingénieurs civils et mécaniques et des représentants des partenaires de recherche (competence center energy and mobility (CCEM), swisselectric reserach (SER), swiss energy) – pour la présentation et la discussion des résultats achevés dans le contexte du projet HydroNet.

Les participants ont été introduits dans la journée par Martin Kauert (SER), Philipp Dietrich (CCEM), Mohamed Farhat (EPFL-LMH) et Anton Schleiss (EPFL-LCH). Les présentations du matin traitaient des sujets d'ingénierie civile, comprenant deux interventions de doctorants du LCH:

- « Surveillance non-intrusive des galeries et puits blindés » présenté par Fadi Hachem
- « Einfluss des Pumpspeicherbetriebs auf die Verlandung von Staueseen » présenté par Michael Müller

Lors du standing lunch, l'échange d'idées vif entre les participants a montré l'intérêt porté au sujet de l'hydraulique et du pompage-turbinage et a permis de créer et soigner les contacts professionnels et interdisciplinaires.

Après un après-midi consacré aux aspects mécaniques et électriques des aménagements de pompage-turbinage, c'est par un discours passionné de Hans Björn Püttgen (EPFL Energy Center) sur le futur du marché de l'énergie et l'importance des aménagements hydroélectriques que s'est terminé ce Workshop qui a provoqué une résonance très positive parmi les participants.

### **3.1.10 Symposium et 100<sup>ème</sup> assemblée générale de l'ASAE (SWV), Soleure, les 1<sup>er</sup> et 2 septembre 2011**

M. Schleiss a été invité à donner une conférence intitulée « New Lakes – eine mögliche Antwort auf wegschmelzende Gletscher » à la 100<sup>e</sup> assemblée générale de l'ASAE (SWV) où environ 100 personnes y ont participé.

### **3.1.11 Wasserbau, Hydraulik, Hydrologie – WHH-Festkolloquium anlässlich des 60. Geburtstages von Prof. Dr. W. Hager, ETH Zürich, le 5 septembre 2011**

Prof. Anton Schleiss, Michael Pfister et Giovanni De Cesare ont assisté au symposium Wasserbau, Hydraulik, Hydrologie (Constructions hydrauliques, Hydraulique, Hydrologie) à l'ETH Zürich lors des festivités du 60ème anniversaire du Prof. Willi H. Hager.

Prof. Anton Schleiss y a fait la présentation "Vom Labyrinth- zum Klaviertastenwehr" (du déversoir labyrinth au déversoir en touches de piano).

### **3.1.12 AGAW Symposium "Wasserkraft für Europa – Beitrag der Wasserkraft zu den Energiepolitischen Zielen Europas", Trier, Allemagne, les 15 et 16 septembre 2011**

La "Arbeitsgemeinschaft Alpine Wasserkraft" (AGAW - groupe de travail force hydraulique alpine), organise tous les deux ans un symposium. Cette année, ce symposium a eu lieu dans la ville de Trier en Allemagne.

Les thèmes étaient:

1. Wasserkraft und Versorgungssicherheit (force hydraulique et sécurité d'approvisionnement)
2. Wasserkraft, Potentiale und Hürden (force hydraulique, potentiels et obstacles)

3. Wasserkraft, innovative Technik (force hydraulique, techniques innovatrices)
4. Wasserkraft, Technologien für neue Herausforderungen (force hydraulique, technologies pour les nouveaux défis)

Giovanni De Cesare était le seul représentant de l'EPFL. Dans la session 4, entouré des Professeurs d'hydrauliques de Zürich, Munich, Innsbruck et Graz, il a présenté les dernières grandes modélisations au LCH (Kariba, FMHL+ et Chespi) sous le titre "Aktuelle Fragestellungen und Herausforderungen des hydraulischen Versuchswesens für die Wasserkraft" (Sujets d'actualité et défis de la modélisation physique pour la force hydraulique).

Lors du symposium, les sujets traitaient beaucoup de la politique énergétique Allemande avec sa sortie programmée du nucléaire, le développement et les technologies modernes du pompage-turbinage et l'exploitation du potentiel techniquement faisable.

A la fin du symposium, les participant pouvaient aller à la centrale de pompage-turbinage de Vianden au Luxembourg, avec présentation et visite du grand chantier de l'installation d'un onzième (!) groupe réversible de 200 MW qui s'ajoute aux dix déjà existants, portant la puissance totale de pompage-turbinage à quasi 1'300 MW. De plus le volume utile est augmenté de 500'000 m<sup>3</sup> en rehaussant la crête de digue du bassin supérieur de 1 m.

Les présentations sont disponibles sur le site WEB de l'AGAW:

[http://www.alpine-wasserkraft.com/AGAWTrier2011\\_Refereate\\_ch.html](http://www.alpine-wasserkraft.com/AGAWTrier2011_Refereate_ch.html)



Tableau d'information du chantier – visite de la caverne imposante de la future machine 11

### 3.1.13 Les vingt-quatrièmes Entretiens du Centre Jacques Cartier, Montréal, Canada, du 29 septembre au 6 octobre 2011

Ledit événement s'est déroulé avec une trentaine de colloques en parallèle. M. Schleiss a été invité à donner une conférence dans le cadre du colloque : « Réhabilitation des hydro systèmes : Enjeux scientifiques et nouvelles perspectives ».

Le titre de sa conférence est la « Réhabilitation des cours d'eau en Suisse – Mesures constructives et innovatrices pour la réduction du marnage dans les rivières soumises aux éclusées hydroélectriques.



Lors de la séance inaugurale des Vingt-quatrièmes du Centre Jacques Cartier, 8 doctorats honoris causa ont été remis à des personnalités dont un à notre président, Patrick Aebischer par l'Ecole polytechnique de Montréal.

### **3.1.14 Colloque PK-Weir à Lyon, Saint-Exupéry, France, le 2 décembre 2011**

Dans la lignée des précédentes réunions, le 5<sup>ème</sup> colloque sur les PK-Weir s'est déroulé à Lyon à l'aéroport de Saint Exupéry, le 2 décembre 2011.

Etaient notamment présents:

- EDF
- VN COLD
- Hydrocoop
- l'Université de Liège
- l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, représentée par M. Pfister

EDF a présenté des tests sur modèle réduit concernant l'effet de l'ennoiement aval ainsi que des nouveaux projets, se concentrant sur les PKW installés sur des barrages en rivières. De plus, EDF a discuté des aspects économiques et constructifs des PK-Weirs.

L'Université de Liège a présenté l'avancement de la thèse sur la paramétrisation des PK-Weir ainsi que le développement et les applications d'un logiciel 1D.

L'EPFL a présenté des résultats particuliers de l'étude paramétrique ainsi que les essais sur modèle réduit considérant l'effet du nombre des cycles. De plus, la différence entre les types d'écoulement amont « réservoir » et « canal » sur l'efficacité des PK-Weir a été discutée.

## 3.2 Organisation de manifestations scientifiques internes EPFL

### 3.2.1 TURBEAU – Turbinage des eaux potables – Atelier de formation, le 14 janvier 2011

Les tendances nationales actuelles en matière de politique énergétique reposent sur l'objectif de résoudre simultanément les difficultés locales d'approvisionnement en énergie et de protection de l'environnement. Cette intention ne peut se concrétiser qu'en recourant à des systèmes énergétiques performants et durables. Dans ce contexte, l'installation de micro et petites centrales hydroélectriques sur les réseaux d'adduction d'eau potable constitue une option avantageuse. L'énergie produite n'occasionne pas de nouvel impact à l'environnement et le propriétaire du réseau peut tirer un bénéfice économique de l'énergie produite. L'installation de la centrale peut aussi être intégrée à un projet de renouvellement des conduites existantes en profitant d'un effet de synergie.

C'est dans cet esprit de promotion des énergies renouvelables que le Laboratoire de Constructions Hydrauliques (LCH) de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) en collaboration avec le bureau d'ingénieurs HydroCosmos SA a développé le logiciel **TURBEAU** (**TURB**inage des **EAU**x potables), dans le cadre d'un projet financé et accompagné par le service de l'énergie et des forces hydrauliques du canton du Valais (SEFH).

Pour réaliser le transfert technologique, un atelier de formation, destiné aux services communaux et aux bureaux d'ingénieurs concernés ainsi qu'à tous les professionnels de la branche, a été organisé par Jean-Louis Boillat et Martin Bieri à l'EPFL. 55 personnes y ont participé. La matinée était consacrée aux aspects conceptuels et théoriques :

- « La petite hydraulique: Défis politiques et énergétiques - Retour d'expérience au canton du Valais » par Amadée Truffer (SEFH) ;
- « Turbinage de l'eau potable: Critères de choix et dimensionnement des équipements » par Vincent Denis (MHyLab) ;
- « Le concept TURBEAU » par Dr Jean-Louis Boillat (EPFL) ;
- « Exemple d'application de TURBEAU et analyse » par Dr Philippe Heller (e-dric.ch).

L'après-midi était réservé à l'initiation pratique au logiciel TURBEAU avec assistance technique en salle informatique.

Les organisateurs remercient les participants, les conférenciers et les assistants pour leur contribution à cet échange fructueux et satisfaisant. Le potentiel des eaux potables comme source énergétique renouvelable sans impact environnemental est reconnu.

### **3.3 Conférences publiques au LCH / Public conferences at the LCH**

**Decision support systems for integrated river basin planning and management**

Assistant Prof. Javier PAREDES-ARQUIOLA

Water & Environmental Engineering Institute, Technical University of Valencia, Spain (27.01.2011)

**Projet de l'Eastmain-1-A et de la derivation Rupert, Québec, Canada**

Bernard HAGIN

Expert independent, Lutry, Suisse (17.03.2011)

**Rehabilitation of the Hagneyk run-of-river hydropower scheme**

Hans BODENMANN

BKW FMB Energie AG, Berne, Schweiz (12.05.2011)

**The influence of extreme events on sediment transport, channel bed conditions and the accuracy of bedload transport calculations**

Assistant Prof. Elowyn YAGER

Departement of Civil Engineering, Center for Ecohydraulics Research, University of Idaho, Boise, USA (09.06.2011)

**Within-event spatially distributed bedload: linking fluvial sediment transport to morphological change**

Associate Prof. Colin RENNIE

Faculty of Engineering, University of Ottawa, Canada (23.06.2011)

**Réhabilitation du barrage de Serra au Simplon**

Gaël MICOULET

Alpiq Suisse SA, Lausanne, Suisse (10.11.2011)

**De l'eau, des sediments ... et des hommes**

Jean-Louis BOILLAT

Expert independent, ancien vice-directeur du LCH Etoy, Suisse (24.11.2011)

### **3.4 Conférences internes données au LCH / In-house conferences given at the LCH**

**New Lakes – Etude du bassin versant de Mauvoisin**

Stéphane Terrier (17.02.2011)

**Hydraulic-Hydrologic model for the Zambezi River using satellite data and ANN techniques**

José Pedro Matos (11.03.2011)

**Influencing river morphodynamics by means of bubble screens. Fundamentals and application to open-channel bends**

Violaine Dugué (25.03.2011)

**Influence of air concentration on rock scour development and block stability in plunge pools**

Rafael Duarte (13.05.2011)

**Hydrological-hydraulic modeling of the Zambezi river basin**

Theodora Cohen (20.05.2011)

**Flood management in a complex river basin with a real-time decision making support based on hydrological forecasts**

Javier Garcia Hernandez (14.06.2011)

**Monitoring and Prediction Methods for sedimentation in pumped storage plants**

Michael Müller (15.07.2011)

**On the way to the hydraulic-morphological index of diversity: field works and data elaboration**

Walter Gostner (22.07.2011)

**Fluid-mechanical interaction between high-velocity transient flow and rock blocks in plunge pools for scour assessment**

Matteo Federspiel (08.08.2011)

**Design of steel lined pressure shafts and tunnels**

Fadi Hachem (31.08.2011)

**Restauration des habitats dans les lits de rivières soumises aux éclusées (Rehabilité)**

Jean-Marc Ribi (12.09.2011)

**Flow conditions and intense sediment transport in steep mountain rivers considering the large immobile boulders**

Tamara Ghilardi (25.11.2011)

**Failure risk of flood protection measures due to changed sediment transport under climate change**

Mona Jafarnejad (16.12.2011)

### **3.5 Participation aux comités d'organisation / Member of organising committees**

Turbeau – Turbinage des eaux potables, Atelier de formation, EPFL, 14 janvier 2011

*Jean-Louis Boillat, Martin Bieri, membres du comité d'organisation*

Labyrinth and Piano Key Weirs – PKW 2011, International Conference on Labyrinth and Piano Key Weirs (PKW 2011), Liège, Belgique, 9 – 11 février 2011

*Anton Schleiss, Jean-Louis Boillat, Marcelo Leite Ribeiro, membres du comité d'organisation*

International Symposium on Dams and Reservoirs under Changing Challenges – 79<sup>th</sup> Annual Meeting of ICOLD, Lucerne, Suisse, 29 mai – 4 juin 2011

*Anton Schleiss, responsible and chairman of Swiss Committee on Dams for the organisation*

EuroMech Colloquium 523 – “Ecohydraulics : linkages between hydraulics, morphodynamics and ecological processes in rivers”, Clermont-Ferrand, France, 15 – 17 juin 2011

*K. Blanckaert, membre du comité d'organisation*

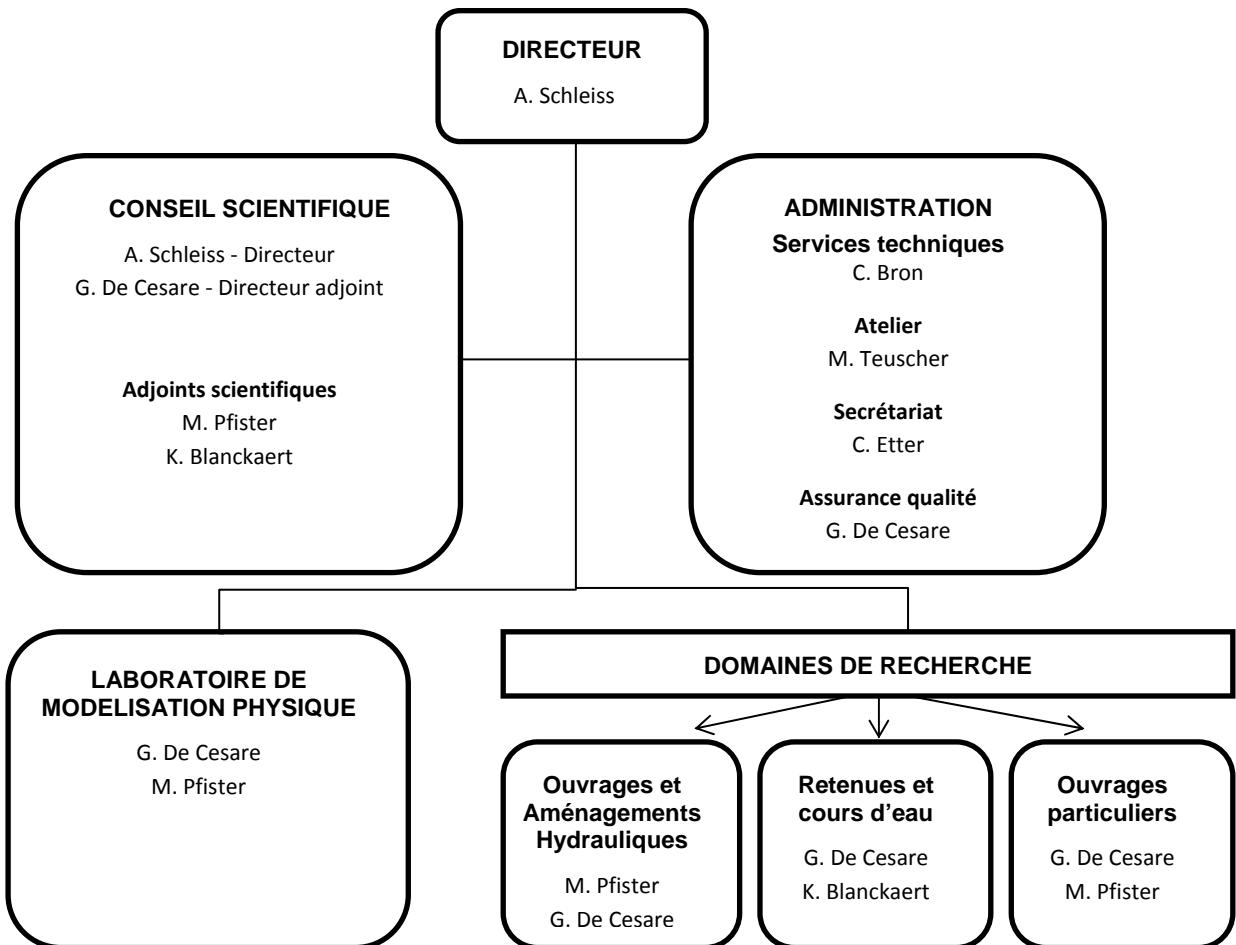
Hydro 2011. Practical solutions for a sustainable future, Prague, Czech Republic, 17 - 19 octobre 2011

*Anton Schleiss, member of the scientific committee*

## 4 Personnel / Staff

### 4.1 Organisation du LCH (2012) / Organisation of the LCH (2012)

Laboratoire de constructions hydrauliques / Laboratory of Hydraulic Constructions



Carte de vœux 2012 du LCH / Season's Greetings card 2012 of the LCH

#### **4.2 Collaborateurs en 2011 / Staff in 2011**

## **Directeur / Director**

Prof. Dr Anton J. Schleiss depuis / since 01.01.1997

## **Adjoints scientifiques / Senior Lecturers**

Dr Giovanni De Cesare	depuis / since 09.03.1992
Dr Michael Pfister	depuis / since 01.10.2010
Dr Erik Bollaert (temps partiel)	01.02.2003 - 31.12.2011
Dr Koen Blanckaert (temps partiel)	depuis / since 01.10.2004

## **Collaborateurs scientifiques et ingénieurs de recherche / Scientific staff and research engineers**

Milad Daneshvari	depuis / since 01.05.2008
Frédéric Jordan	01.05.2010 - 31.12.2011
Raphaël Sprenger	depuis / since 01.08.2011
Stéphane Terrier	depuis / since 01.10.2011

### **Doctorants (inscrits) / Ph.D. students (registered)**

Jolanda Jenzer Althaus	01.01.2005 – 31.01.2011
Javier García Hernández	01.10.2005 - 31.07.2011
Jean-Marc Ribi	10.11.2005 - 30.11.2011
Marcelo Leite Ribeiro	01.06.2006 - 31.03.2011
Matteo Federspiel	01.09.2006 - 31.08.2011
Fadi Hachem	01.07.2007 - 30.09.2011
Amirahmad Tarkeshdouz	01.09.2011 - 31.12.2011
Walter Gostner	depuis / since 01.08.2008
Michael Müller	depuis / since 01.09.2007
Martin Bieri	depuis / since 01.10.2007
Théodora Cohen	depuis / since 01.09.2008
Tamara Ghilardi	depuis / since 15.04.2009
Violaine Dugué	depuis / since 01.10.2009
Mona Jafarnejad	depuis / since 17.01.2011

## Doctorants invités / Ph.D. guest

Latifa Choufi 01.03.2010 - 31.08.2011

IST-EPFL Joint Doctoral Initiative

Ana Margarida Costa Ricardo (Portugal)	depuis / since 01.09.2009
José Pedro G. S. C. Matos (Portugal)	depuis / since 01.10.2009
Rafael X. Meriade Duarte (Brésil)	depuis / since 19.04.2010
Sebastián Guillén Ludeña (Espagne)	depuis / since 01.08.2011
Mohammadjavad Ostad Mirza (Iran)	depuis / since 01.11.2011

## **Service civil / Civil service**

Mike Jaton	10.01.2011 - 29.12.2011
Sylvain Candolfi	31.01.2011 - 29.07.2011
Adrien Taruffi	13.09.2010 - 25.03.2011
Robin Amacher	04.07.2011 - 29.07.2011
Stéphane Terrier	21.11.2011 - 16.12.2011
	05.07.2010 - 30.04.2011
	29.08.2011 - 24.09.2011

**Stagiaires / Trainees** (étudiants Master / Master students)

Mourad Moulay Abdelali (France)	01.03.2011 - 22.07.2011
Giovany Zuniga Tintaya (Péruvien)	01.05.2011 - 31.10.2011
Chetan Maringanti (Indien)	20.06.2011 - 31.07.2011
David Ferras (Espagne)	23.06.2011 - 15.09.2011
Carole Dahlia Kabore Patoin-Newendabo (Burkina Faso)	01.07.2011 - 15.09.2011
Janina Mayà Pairó (Espagne)	01.07.2011 - 15.09.2011
Sabine Chamoun (Liban)	01.08.2011 - 15.09.2011

**Hôtes académiques / Academic guests** (doctorants / PhD students)

Elham Izadinia (Iran)	depuis / since 01.11.2011
-----------------------	---------------------------

**Services techniques / Technical Staff**

Cédric Bron	depuis / since 01.11.2008
Michel Teuscher	depuis / since 01.07.2004
Marc-Eric Pantillon (temps partiel)	depuis / since 01.07.1998
Shawna Crisinel (apprentie)	13.08.2007 - 12.08.2011
Grégory Falk (apprenti)	depuis / since 10.08.2009
David Rüegg (apprenti)	depuis / since 08.08.2011
Stéphane De Boer (stagiaire)	depuis / since 01.10.2011

**Secrétariat du LCH / LCH Secretariat**

Caroline Etter (temps partiel)	depuis / since 01.04.2002
Scarlett Monnin (temps partiel)	depuis / since 01.09.2010
Roxane Mischler (apprentie)	depuis / since 01.09.2011

**Professeur titulaire retraité rattaché au LCH / Retired Titular Professor associated to the LCH**

Prof. Raymond Lafitte

### **4.3 Professeurs invités et hôtes académiques / Visiting professors and academic visitors**

**Prof. Elowyn Marie YAGER, University of Idaho, USA**

Professeur invité de la section de génie civil dans le cadre du support aux thèses en cours (Tamara Ghilardi) et participation à l'enseignement du 24.05.2011 au 07.07.2011

**Prof. Colin David RENNIE, University of Ottawa, Canada**

Professeur invité de la section de génie civil dans le cadre du suivi de doctorant (Violaine Dugué) du 25.05.2011 au 25.06.2011

**Prof. Javier PAREDES ARQUIOLA, University of Valencia, Espagne**

Professeur invité de la section de génie civil dans le cadre du suivi des doctorants (Javier Garcia Hernandez, Martin Bieri et Theodora Cohen) du 26.01.2011 au 02.02.2011 et du 20.06.2011 au 22.06.2011

**Prof. William Kenneth ANNABLE, University of Waterloo, Canada**

Professeur invité de la section de génie civil dans le cadre du suivi de doctorant (Walter Gostner) du 10.03.2011 au 13.03.2011

## 4.4 Evénements spéciaux / Special events

### 4.4.1 Sortie à ski du LCH aux Colons, Valais, du 19 au 20 mars 2011

Du 19 au 20 mars 2011, une partie des collaborateurs du Laboratoire de constructions hydrauliques a passé un weekend de ski dans le domaine des Collons en Valais.

Un rendez-vous a été prévu au restauroute du Chablais à 8h30 tapantes. Départ pour trouver l'air pur de la montagne ! Après une heure et demie de route, la station se présentait devant nous. Malheureusement, le temps n'était pas de bon augure, car il y avait du brouillard et il neigeait un peu. Mais cela ne nous a nullement empêchés de mettre nos skis aux pieds et de prendre les télésièges afin de tester les pistes.

Avec vue sur le barrage de la Grande Dixence



Ayant terminé la journée de ski, nous avons décidé de braver tous les interdits en profitant d'aller au sauna et piscine situés dans l'immeuble où le Professeur Schleiss avait son studio. Suite à ce moment de détente, nous sommes rentrés à notre chalet nommé « Les Faucons » pour nous attaquer à la préparation de la raclette party. Un souper très convivial lors duquel les discussions allaient bon train et où la bonne humeur nous a accompagnés durant cette soirée.



La météo annonçait une journée ensoleillée pour le dimanche. Nous avons donc profité d'une bonne nuit de sommeil afin de nous lever le plus tôt possible...

A 9 heures, le soleil s'était levé et l'ami Ricoré nous a attendus à table. Ensuite du copieux déjeuner, nous avons remis nos lattes et avons profité de connaître un peu plus le secteur « Printze » du domaine skiable. Au loin, nous avons eu le plaisir d'admirer la resplendissante Dent Blanche ainsi que le fameux barrage de la Grande Dixence.



La pause de midi s'imposait en terrasse, de même que la crème solaire !!! Pour certains, une sieste, afin de se régénérer, se fit entendre après le repas. Pour finir cette journée de glisse, une dernière petite halte au « Tipi » a été bien apprécié par l'ensemble des LCH'iens.

Le weekend s'est malheureusement terminé pour certains dans les bouchons, et pour d'autres aux bains de Lavey ;-).

#### **4.4.2 Journée des gymnasiens, les vendredis 11 et 18 mars 2011**

Annuellement, il y a la « Journée des gymnasiens » à l'EPFL. Des présentations, des activités du LCH, le suivi de quelques cours GC ainsi que des visites du laboratoire ont été organisés. Cette année, il y avait 68 personnes en date du 11 mars et 47 personnes le 18 mars 2011.

Le matin, les gymnasiens ont assisté au cours « Ouvrages et aménagements hydrauliques I » du Prof. Anton Schleiss en salle F11 qui était archibondée. En effet, il y a normalement de la place pour 102 personnes, avec déjà une centaine d'étudiant Bachelor GC et SIE. Violaine Dugué et Michael Müller ont fait chacun une présentation sur les activités du LCH. Tamara Ghilardi, Rafael Duarte et Giovanni De Cesare étaient les guides pour les visites de l'après-midi du laboratoire.

#### **4.4.3 Visite du Prof. Shang-Hsien (Patrick) Hsieh du NTU, le 8 avril 2011**

Dans le cadre des échanges internationaux de l'EPFL, Prof. Hsieh, Deputy Dean de l'Office of International Affairs et Professor au Department of Civil Engineering de la National Taiwan University à Taipei, a visité l'EPFL en date du vendredi 8 avril 2011. A cet effet, il a rencontré le Prof Jean-François Molinari, Prof Eugen Bruehwiler, Prof Ian Smith et Giovanni De Cesare du LCH. Une visite du laboratoire de construction hydraulique a été organisée.

#### **4.4.4 Visite des gymnasiens de Nyon, le 12 avril 2011**

Chaque deux ans, le gymnase de Nyon effectue la visite du laboratoire de constructions hydrauliques. Cette année, ils étaient une vingtaine et Matteo Federspiel et Giovanni De Cesare ont été leurs guides pendant toute cette journée.

#### **4.4.5 Visit of a delegation from the Norwegian University of Science and Technology NTNU in Trondheim, March 31<sup>st</sup> 2011**

A delegation around Prof. Leif Lia visited Switzerland on Thursday 31 march 2011. Before heading to Martigny and the visit of the Nant de Drance worksite, the group visited the EPFL and the LCH laboratory. Giovanni De Cesare guided the group through the Lab, presented the LCH activities and showed the EPFL campus naturally including the Rolex Learning Center. Prof. Lia, Department of Hydraulic and Environmental Engineering, who is in charge of a Workgroup on sustainable energies, presented the activities of his accompanying persons.

The participants and their work topics were:

- PhD-student Kari Bråtveit, research in fluctuations of pressure and velocity in hydro power tunnels due to peaking and pumping, structural engineering
- PhD-student Eve C. Walseth, research in turbines for pumping power projects
- Master student Gøran Andre Hansen, studying a specific pumped storage project in an existing hydro power scheme
- MSc Håvard Hamnaberg, young scientist from Norwegian Water and Energy Directorate NVE
- MSc Fredrik Arnesen, young scientist from Norwegian Water and Energy Directorate NVE
- Dr. Leif Lia, Professor in Hydro power structures, NTNU
- "Honorary ambassador of NTNU" at the EPFL, Student Herman B. Smith, 4<sup>th</sup> class student in hydraulic/hydro power engineering.

Maybe this visit could lead to some research exchange with EPFL as the two laboratories work on similar topics (pumped-storage, pressure fluctuations in hydro power tunnels,...)



Giovanni De Cesare explaining the FMHL+ physical model

#### 4.4.6 Dernière raclette de l'hiver au LCH, le 1<sup>er</sup> avril 2011

Afin de célébrer la fin de l'hiver et la venue du printemps, le team du LCH a entrepris de faire un dernier honneur à la chaleur hivernale, en se réunissant autour d'une raclette en date du vendredi 1<sup>er</sup> avril 2011 pour le repas de midi.



Une jolie tablée a été soigneusement préparée avec l'appui de plusieurs collaborateurs et dans une décoration des plus appropriées, à savoir des petites « Koï » de couleur bleu royal. Durant la mise en place de notre coin à manger, les patates chauffent petit à petit et les cornichons, petits oignons, épices, assiettes et couverts se disposent peu à peu sur les poissons dessinés.

Midi tapante et le soleil faisant de même, les collaborateurs du LCH arrivent cahin-caha. Les demi-meules se mettent en place et les festivités commencent. Les racleurs se font un malin plaisir, malgré la chaleur, de racler les portions pour les 26, voire 28, personnes présentes. Et les conversations et rires vont bon train.



Afin de faciliter notre digestion des deux demi-meules, de somptueux desserts ont été préparés à cette occasion, à savoir une mousse au chocolat qui a esbaudi notre palet et des brownies moelleux à souhait.

La recette d'une raclette party réussie ?

- ❖ bonne humeur ;
- ❖ gens enthousiastes ;
- ❖ repas somptueux ;
- ❖ les premiers coups de soleil sur les bras ou le cou !!!!



#### **4.4.7 Visite des élèves du collège de la Planta à Chavannes-près-Renens, le 5 mai 2011**

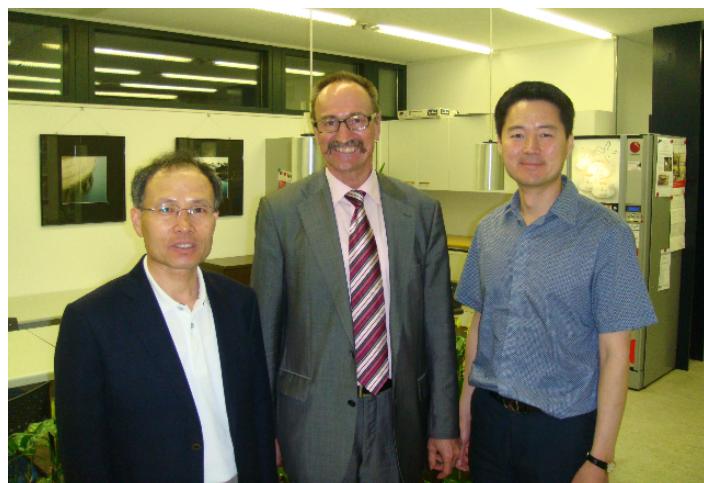
Jeudi, le 5 mai 2011, Violaine Dugué et Rafael Duarte ont présenté les activités du Laboratoire de constructions hydrauliques à 14 élèves du collège de La Planta à Chavannes-près-Renens. Violaine a fait une présentation sur les activités du LCH dans la recherche, l'enseignement et les services concernant les aménagements hydrauliques. Ensuite, Rafael a fait le tour dans la halle hydraulique où il a expliqué le métier de l'ingénieur hydraulicien et montré quelques uns des modèles, comme Capelard, Kariba et FMHL.

Cette visite, dans une atmosphère décontractée et pleine d'énergie, a contribué à changer un peu la routine de ces doctorants. Elle a aussi été très fructueuse pour les élèves, qui se sont montrés très intéressés, selon analyse de leur professeur Fabrice Lachat, qui nous a d'ailleurs offert une jolie boîte de chocolat qui circulait pendant la pause café du mardi 21 juin à l'Atlantide. Un grand merci !



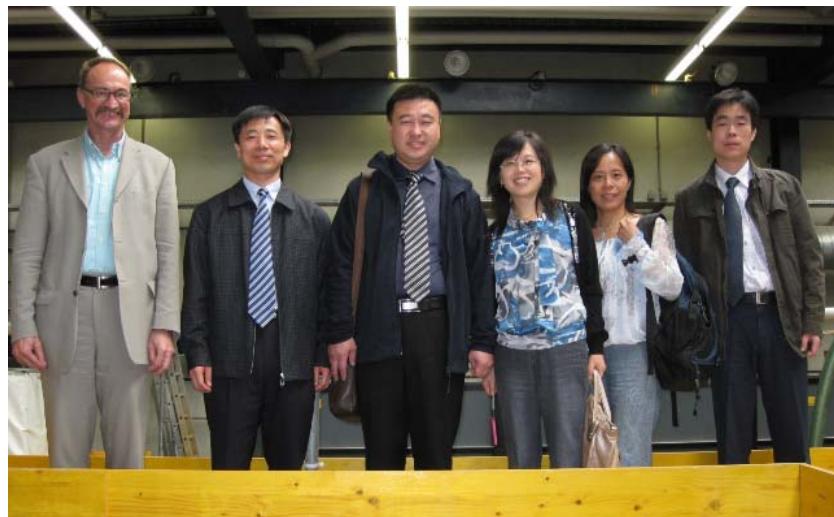
#### **4.4.8 Visite d'une délégation de l'Université de Gangneung-Wonju de Corée du Sud, le 16 juin 2011**

Le professeur Sang-Deog Park (à gauche) et Joongcheol Paik (à droite) ont visité le LCH accueillis par prof. Schleiss. Ils étaient intéressés au phénomène de l'affouillement en courbe et l'effet des rainures de rugosité comme étudiés par Daniel Hersberger dans sa thèse. Les deux professeurs ont même visité le mur de protection équipé avec des rainures de rugosité dans le Canton d'Uri à Gurtnellen (réalisé pendant l'activité professionnelle de M. Schleiss).



#### **4.4.9 Visite d'une délégation de l'Université de Wuhan en Chine, le 22 juillet 2011**

Une délégation de l'Université de Wuhan (Laboratory of Water Resources & Hydropower Engineering Science) a visité le LCH-EPFL le 22 juillet pour discuter des possibilités de collaboration. M. Schleiss a fait une présentation générale sur l'EPFL et ensuite présenté les activités en détail. Le Laboratory of Water Resources & Hydropower Engineering Science de l'Université de Wuhan est devenue un State Key Laboratory avec des moyens financiers supplémentaires. Les domaines de possible collaboration sont le transport solide avec granulométrie large, les modèles hydrauliques-hydrologiques ainsi que la rupture des digues des rivières et les inondations. La délégation chinoise était composée de Prof. Zhixian CAO, Prof. Wenqian QU, Prof. Dianqing LI, Prof. Xiang FU, Dr Zhaohua SUN, et Mme Fang WANG.



#### **4.4.10 Grillade chez le Professeur A. Schleiss, le 19 août 2011**

Par un vendredi ensoleillé de la mi-août 2011, tous les collaborateurs ont été conviés à une grillade chez le directeur du Laboratoire de constructions hydrauliques (LCH), je cite Professeur Anton Schleiss.

Vu la chaleur estivale, les adultes comme les enfants ont pu profiter de nager dans une piscine biotop en charmante compagnie de deux petits Koïs nommés « To et Ni », qui sont d'admirables carpes japonaises.

Par la suite, nous avons été accueillis par un apéritif de circonstance afin de se rafraîchir le palais. Lors de cet apéro, nos hôtes ont pu ouvrir les cadeaux pour les remercier de cette invitation, soit un album photo de notre sortie à Lisbonne, une lampe « Feng-Shui », un puzzle et d'autres petits présents.



Un majestueux souper a été servi et préparé avec soin par M. et Mme Schleiss, digne d'un banquet gaulois. Les gens ont défilé pour se servir et se resservir de salades diverses, de rôti de porc, d'agneau et de boeuf, de pommes de terre, du fromage et de desserts.



Nous remercions sincèrement M. et Mme Schleiss pour leur accueil chaleureux durant cette soirée.

#### 4.4.11 Visite du groupe GRGR au LCH, le 24 août 2011

Lors de la réunion des distributeurs romands d'électricité (GRGR - Groupement romand des grands réseaux) qui a lieu chaque année avec la participation de Nexans et de ABB, une visite de l'EPFL était préparée. En 2011, le Service de l'électricité (SEL) de la Ville de Lausanne était chargé d'organiser la réunion. Pour la partie "études", et pour environ 35 participants, le SEL a proposé une "découverte" à l'EPFL, le groupe, divisé en 2, a pu visiter en alternance le LMH (Laboratoire de machines hydrauliques) et le LCH dans la halle des essais hydrauliques.



#### 4.4.12 Visite des gymnasiens de Thoune, le 21 septembre 2011

L'EPFL reçoit... c'est dans ce cadre qu'une classe bilingue du gymnase de Thoune Schadau est venue visiter la halle hydraulique du LCH. Giovanni De Cesare et Michael Müller, anciens élèves de ce même établissement d'enseignement secondaire à Thoune quant à eux, ont accueilli et guidé les 25 jeunes intéressés.



#### **4.4.13 Election de Jolanda Jenzer au sein de la SIA, le 11 novembre 2011**



Nous avons le plaisir de vous informer que notre ancienne doctorante, Jolanda Jenzer, a été élue à l'unanimité comme membre à l'organe de la Commission de vérification des comptes de la SIA lors de l'Assemblée de leurs délégués en date du 11 novembre 2011.

#### **4.4.14 Journée "Futur en tous genres", EPFL, Lausanne, le 10 novembre 2011**

Je m'appelle Aleksandra De Cesare, j'ai 11 ans et j'ai pu accompagner mon papa à l'EPFL durant la journée "Futur en tous genres"\*. Le matin, avec Raphaël, j'ai fait des essais au laboratoire d'hydraulique ensemble avec Sarah, une autre fille venue à l'EPFL pour cette journée. On a pris la pause avec un pain au chocolat avec toute l'équipe du laboratoire. Dans l'atelier, j'ai pu fabriquer une petite pièce en métal.



Raphaël, Sarah et moi dans le laboratoire d'hydraulique



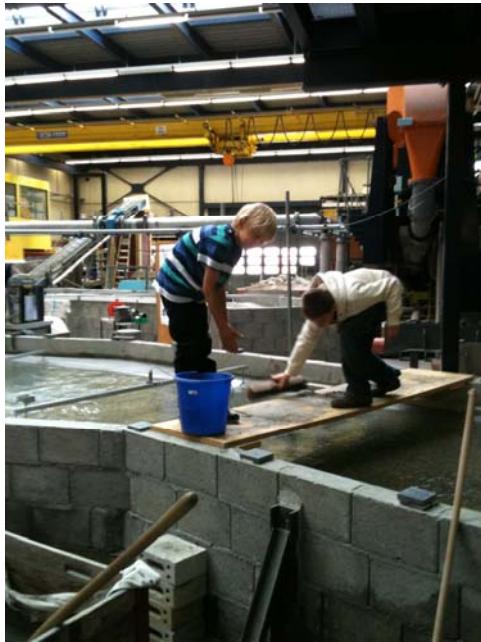
David, Sarah et moi à l'atelier

L'après-midi, j'ai participé à deux ateliers, d'abord sur le thème "Cryptologie et playstations" et ensuite "La mécanique des sols". J'ai trouvé cette journée très bien et j'ai adoré.

\*La journée "Futur en tous genres" est une journée particulière: dans le canton de Vaud, tous les enfants de la 5<sup>ème</sup> à la 7<sup>ème</sup> sont invités à découvrir l'univers professionnel de leur père pour les filles et celui de leur mère pour les garçons.

Je m'appelle Maël et j'ai 10 ans. J'ai participé à la journée « futur en tous genres » avec mon copain Killian. En premier, nous sommes allés avec Pascal Turberg voir des pierres (Silex, micas, granite, etc.). On en a même reçu quelques-unes! Il nous a appris plein de choses intéressantes sur les pierres. Pascal est géologue.

Ensuite, je suis allé avec Raphaël Sprenger, collaborateur au Laboratoire de constructions hydrauliques, voir les maquettes de rivières avec barrages et on a mis 5 kg de sable toutes les 5 minutes dans le Rhône miniature. C'est pour voir si le barrage se bouche ou pas. J'ai mis mon pied dans le Rhône !



L'après-midi, j'ai participé à l'atelier « Nos amis les microbes » et « Stations météo » et j'ai appris beaucoup de choses dans ces ateliers!

Je m'appelle Kevin Etter et j'ai 10 ½ ans. J'ai eu un accident de voiture avec ma maman le 9 novembre et je n'ai malheureusement pas pu participer à la journée "Futur en tous genres". Comme j'étais tellement triste, ma maman a organisé la partie prévue dans l'atelier le 14 décembre 2011 et j'ai pu réaliser une pièce cylindrique en métal sur un tour. C'était une après-midi vraiment super, j'ai adoré et j'espère pouvoir revenir une fois découvrir d'autres domaines à l'EPFL et au LCH. Un grand merci à Laurent et à Grégory !



#### **4.4.15 Visite des gymnasiens de Suisse alémanique et du Tessin, EPFL, Lausanne, le 30 novembre 2011**

Le 30 novembre 2011, l'EPFL a accueilli 120 gymnasiens (90 suisse-allemands et 30 tessinois) afin de leur présenter les différentes sections scientifiques proposées. D'après les statistiques, les filières SIE et SV ont attiré le plus grand nombre de visiteurs. Cependant, le génie civil a tout de même accueilli une trentaine d'étudiants avec au programme une visite des halles structures et hydraulique.

Les gymnasiens, guidés par Raphaël Sprenger et Violaine Dugué, ont pu observer plusieurs modèles en fonctionnement dont Massongex et FMHL+. Ils ont été majoritairement passionnés par la salle des pompes !

Malgré une difficulté linguistique entre guides francophones et étudiants germanophones / italianophones, la visite semble avoir intéressé un certain nombre !

On comptera les recrues en septembre 2012...



## **5 Participation aux commissions, associations professionnelles et académiques / Participation in commissions, professional and academic associations**

### **Schleiss Anton**

---

Directeur de la section de génie civil (depuis avril 2006) / *Head of the Civil Engineering Programme (since April 2006)*

*Conférence des directeurs de section (membre du bureau) / Conference of Heads of Teaching Programmes (member of the Board)*

Commission d'enseignement de la section de génie civil (président du bureau) / *Teaching Commission of the Civil Engineering Programme (chairman of the Board)*

Commission d'évaluation des titres académiques de la Faculté de l'environnement naturel, architecture et construit (ENAC) (membre) / *Evaluation Committee of academic titles of the Faculty ENAC (member)*

Association des professeurs de l'EPFL (membre du bureau) / *Society of EPFL Professors (member of the board)*

Association suisse pour l'aménagement des eaux – SWV (Membre du comité, membre de la commission "Force hydraulique") / *Swiss Institution of Water Management (member of the board, member of the Hydropower Commission)*

Commission de la protection contre les crues (KOHS) de l'Association suisse pour l'aménagement des eaux – SWV (membre, président de 1998 à 2009) / *Committee of Flood Protection (member, chairman from 1998 to 2009)*

Comité suisse des barrages – CSB (Président depuis 2006, membre du bureau de la Commission technique; Président du Groupe de travail "Relations publiques") / *Swiss Committee on Dams (Chairman since 2006, member of the board and of the Technical Committee; Chairman of the working Group "Public Relations")*

Fonds national de la recherche scientifique de Belgique (président de la commission Sciences exactes et Naturelles SEN-3, membre de la commission Foresight) / *National Research Foundation of Belgium (chairman of commission Exact and Natural Sciences SEN-3, member of commission Foresight)*

*International Hydropower Association (IHA), (member of the technical committee for organization of conferences)*

Association suisse des professionnels de la protection des eaux – VSA, (membre) / *Swiss Society of Professionals of Water Protection (member)*

Association internationale d'ingénierie et de recherches hydrauliques – AIHR, (membre) / *International Association of Hydraulic Engineering and Research, IAHR (member)*

Comité Européen de l'AIHR (membre ; vice président) / *European committee of IAHR (member ; vice chairman)*

Fondation des registres suisses des ingénieurs, des architectes et des techniciens (membre du conseil de fondation) / *Foundation of Swiss Register of Engineers, Architects and Technicians (member of the Foundation Council)*

Fédération Romande pour l'Energie – FRE (membre du conseil scientifique)

Société suisse des ingénieurs et des architectes – SIA (membre) / *Swiss Association of Engineers and Architects (member)*

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA) (Member) / *Association allemande pour l'aménagement des eaux (membre)*

Verein Bielerseeschutz VBS, Société pour la protection des rives du lac de Bienne (membre) / *Association for the protection of Lake Bienne (member)*

Associaton Swiss Tunneling (STA-FGU) (membre du bureau) / *Swiss Tunneling Association (STA-FGU) (member of the board)*

---

**Lafitte Raymond**

Association internationale pour l'hydroélectricité – AIH (membre d'honneur) / *International Hydropower Association IHA (honorary member)*

Comité suisse des barrages – CSB (membre d'honneur) / *Swiss Committee on Dams (Honorary member)*

Société suisse des ingénieurs et architectes – SIA (membre)

Forum nucléaire suisse – (membre)

Fédération Romande pour l'Energie – FRE (membre)

---

**De Cesare Giovanni**

Conférence du corps enseignant (CCE) de l'EPFL (membre du bureau)

Association suisse pour le génie biologique – VIB (président) / *Swiss Association of Biological Engineering (president)*

Association internationale des professionnels en aménagements hydrauliques - IAPHS (membre) / *International Association of Professionals on Hydraulic Schemes -EPFL Alumni - IAPHS (member)*

Scientific committee of the 8<sup>th</sup> International Symposium on Ultrasonic Dopplet Method for Fluid Mechanics and Fluid Engineering, Dresden, Germany, 19-21 September, 2012 (member)

---

**Pfister Michael**

Commission d'enseignement ENAC (membre)

International Association for Hydraulic Engineering and Research – IAHR (member)

Hydraulic Structures Section – IAHR (member of Leadership Team)

---

**Blanckaert Koen**

Association internationale d'ingénierie et de recherches hydrauliques - AIHR (membre) / *International Association of Hydraulic Engineering and Research, IAHR (member)*

American Geophysical Union (AGU) (member)

---

**Bollaert Erik**

ENAC Commission de recherche EPFL (membre) / *Research Commission of the faculty ENAC (member)*

EDEN Ecole Doctorale EPFL (membre) / *EDEN Doctoral School (member)*

Association internationale d'ingénierie et de recherches hydrauliques – AIHR, (membre) / *International Association of Hydraulic Engineering and Research, IAHR (member)*

Comité suisse des barrages CSB (membre) / *Swiss Committee on Dams (member)*

Comité américain des barrages USCOLD (membre) / *American committee on Dams USCOLD (member)*

Association américaine des Ingénieurs civils ASCE (membre) / *American Society of Civil Engineers (member)*

Comité technique d'affouillement et érosion TC213-ISSMGE (membre) / *Committee on Geotechnics for Soil Erosion (member)*

Comité international de mécanique des sols ISMMGE (membre) / *International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (member)*

---

**Leite Ribeiro Marcelo**

Association internationale des professionnels en aménagements hydrauliques - IAPHS (membre) / *International Association of Professionals on Hydraulic Schemes - EPFL Alumni - IAPHS (member)*

---

**Hachem Fadi**

Association Internationale d'ingénierie et de recherches hydrauliques – AIHR, (membre) / *International Association of Hydraulic Engineering and Research, IAHR (member)*

Société suisse des ingénieurs et des architectes – SIA (membre) / *Swiss Association of Engineers and Architects (member)*

Association américaine des Ingénieurs civils ASCE (membre) / *American Society of Civil Engineers, ASCE (member)*

Ordres des Ingénieurs et Architectes – Beyrouth, Liban (membre) / *Order of Architects & Engineers, Beirut, Lebanon (member)*

---

**Jenzer Jolanda**

Société suisse des ingénieurs et des architectes – SIA (membre) / *Swiss Association of Engineers and Architects (member)*

Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband (SWV) (Member) / Association Suisse pour l'aménagement des eaux (membre)

---

**Ribi Jean-Marc**

Association suisse des professionnels de la protection des eaux – VSA / *Swiss Water Pollution Control Association*

Société suisse des ingénieurs et des architectes – SIA (membre) / *Swiss Association of Engineers and Architects (member)*

---

**Federspiel Matteo**

Société suisse des ingénieurs et des architectes – SIA (membre) / *Swiss Association of Engineers and Architects (member)*

---

**Gostner Walter**

Ingenieurkammer der Autonomen Provinz Bozen (membre) / Société des ingénieurs de la province autonome du Tyrol du Sud / Association of Engineers of the Autonomous Province of South Tyrol

---

**Dugué Violaine**

European Mechanics Society (EUROMECH) (member)

---

**Ghilardi Tamara**

Association Broye source de Vie – membre de la commission de travail "renaturation"

Association Suisse pour le génie biologique (membre) / Swiss association of biological engineering (member)

## **6 Conférences données par les collaborateurs du LCH / Conferences presented by LCH staff**

### **6.1 Invités / Invited**

#### **Schleiss Anton**

---

*From labyrinth to piano key weirs – a historical review*

International Conference on Labyrinth and Piano Key Weirs (PKW 2011), Liège, Belgique, 9-11 février 2011

*Energiewirtschaftliches Potential – Beispiel: Kraftwerk Mauvoisin und Gletscher Corbassière*

Neue Seen als Folge der Entgletscherung im Hochgebirge – Herausforderung für eine nachhaltige Nutzung NELAK), Université de Berne, 18 août 2011

*New Lakes – eine mögliche Antwort auf wegschmelzende Gletscher*

Symposium et 100<sup>ème</sup> assemblée générale de l'ASAE (SWV), Soleure, 1-2 septembre 2011

*Vom Labyrinth- zum Klaviertastenwehr – Du déversoir labyrinth au déversoir en touches de piano*  
Wasserbau, Hydraulik, Hydrologie – WHH Festkolloquium anlässlich des 60. Geburtstages von Prof. Dr. W. Hager, 5 september 2011

*Réhabilitation des cours d'eau en Suisse – Mesures constructives et innovatrices pour la réduction du marnage dans les rivières soumises aux éclusées hydroélectriques*

Les 24<sup>ème</sup> Entretiens du Centre Jacques Cartier, Montréal, Canada, 29 septembre – 6 octobre 2011

*Innovative Konzepte zur Verminderung der Auswirkungen von Schwall und Sunk in Fliessgewässern – Concepts innovants pour atténuer les effets de marnage dans les rivières*

PEAK – Vertiefungskurs "Erfolgreiche Revitalisierung von Fliessgewässern, Eawag, Dübendorf, 6-7 octobre 2011

#### **De Cesare Giovanni**

---

*Aktuelle Fragestellungen und Herausforderungen des hydraulischen Versuchswesens für die Wasserkraft, Symposium der Arbeitsgemeinschaft Alpine Wasserkraft (AGAW)*

Wasserkraft für Europa – Beitrag der Wasserkraft zu den Energiepolitischen Zielen Europas, Trier, Deutschland, 15-16 septembre 2011

*Turbidity Currents Simulation with Ansys CFX*

ANSYS Conference & 16. Schweizer CADFEM User's Meeting, Zürich, 30 juin 2011

#### **Blanckaert Koen**

---

*Research on eco-hydro-morphological river processes by combining field investigations, laboratory experiments and numerical simulations*

Seminar at the Xinjinang Agricultural University, Urumuqi, China, 21 septembre 2011

#### **Gostner Walter**

---

*Bahn frei für die Flüsse, contribution donnée pour une émission à la radio suisse DRS2, produite par le journaliste scientifique Thomas Häusler, 14 septembre 2011*

*Classification de cours d'eau naturels – Appréciation de l'état écologique d'un cours d'eau, leçon donnée dans le cadre du cours "Eco-morphologie fluviale", EPFL, Lausanne, 5 octobre 2011*

## **6.2 Autres conférences / Other conferences**

### **Schleiss Anton**

---

*Temperature regime in a braided river system : an indicator for morphological heterogeneity and ecological potential*

34<sup>th</sup> IAHR World Congress, Brisbane, Australie, 26 juin – 1<sup>er</sup> juillet 2011

*Influence of immobile boulders on bedload transport in a steep flume*

34<sup>th</sup> IAHR World Congress, Brisbane, Australie, 26 juin – 1<sup>er</sup> juillet 2011

### **Boillat Jean-Louis**

---

*Coupled spillway devices and energy dissipation system at St-Marc Dam (France)*

International Conference on Labyrinth and Piano Key Weirs (PKW 2011), Liège, Belgique, 9-11 février 2011

*Decision support system for the hydropower plants management : the MINERVE project*

International Symposium "Dams and Reservoirs under changing Challenges », Lucerne, Suisse, 1<sup>er</sup> juin 2011

### **De Cesare Giovanni**

---

*Aktuelle Fragestellungen un Herausforderungen des hydraulischen Versuchswesens für die Wasserkraft*

AGAW Symposium "Wasserkraft für Europa – Beitrag der Wasserkraft zu den Energiepolitischen Zielen Europas" Trier, Allemagne, 15-16 septembre 2011

### **Pfister Michael**

---

*Effect of pre-aerated approach flow on deflector-generated jets*

34<sup>th</sup> IAHR World Congress, Brisbane, Australie, 26 juin – 1<sup>er</sup> juillet 2011

*PKW's: Activities of LCH and continuing projects.*

Colloque PKW, Lyon, France, 2 décembre 2011

### **Blanckaert Koen**

---

*Influencing bend morphodynamics by means of an air-bubble screen – Topography and velocity field*

7<sup>th</sup> IAHR Symposium on River, Coastal and Estuarine Morphodynamics, Beijing, Chine, 6-8 septembre 2011

### **Bieri Martin**

---

*Energy dissipation downstream of Piano Key Weirs – Case study of Gloriettes Dam (France)*

International Conference on Labyrinth and Piano Key Weirs (PKW 2011), Liège, Belgique, 9-11 février 2011

*The decision support tool MINDS for flood management in the upper Thone river (Best Paper Presentation)*

34<sup>th</sup> IAHR World Congress, Brisbane, Australie, 26 juin – 1<sup>er</sup> juillet 2011

*Modelling and analysis of hydropeaking in alpine catchments equipped with complex hydropower schemes*

34<sup>th</sup> IAHR World Congress, Brisbane, Australie, 26 juin – 1<sup>er</sup> juillet 2011

### **Leite Ribeiro Marcelo**

---

*Experimental parametric study for hydraulic design of PK-Weirs*

International Conference on Labyrinth and Piano Key Weirs (PKW 2011), Liège, Belgique, 9-11 février 2011

*Influence of tributary widening on morphology and hydraulic variability in confluence zones*

34<sup>th</sup> IAHR World Congress, Brisbane, Australie, 26 juin – 1<sup>er</sup> juillet 2011

---

**Müller Michael**

*Experiments on Turbulence and Settling Down of fine Sediments induced by Pumped Storage Operations in a cuboidal Reservoir*

34<sup>th</sup> IAHR World Congress, Brisbane, Australie, 26 juin – 1<sup>er</sup> juillet 2011

*Experimental study on Scour due to simultaneous wall and impinging circular jet*

34<sup>th</sup> IAHR World Congress, Brisbane, Australie, 26 juin – 1<sup>er</sup> juillet 2011

*Einfluss des Pumpspeicherbetriebs auf die Verlandung von Stauseen*

1<sup>st</sup> HydroNet workshop, Kursaal Berne, 25 août 2011

---

**Ghilardi Tamara**

*Impact des blocs relativement immobiles sur le charriage dans les torrents de montagne – etude expérimentale*

Séminaire "Geschiebehaushalt in Fliessgewässern / Matériaux charriés dans les rivières", Société Suisse d'hydrologie et de limnologie SSHL, WSL, Birmensdorf, 17 juin 2011

*Influence of immobile boulders on bedload transport in a steep flume*

PhD retreat of the APUNCH project, Zürich, 16-17 June 2011

---

**Gostner Walter**

*A holistic approach to reduce negative impacts of hydropeaking*

International Symposium "Dams and Reservoirs under changing Challenges », Lucerne, Suisse, 1<sup>er</sup> juin 2011

*The hydraulic-morphological Index of Diversity: an indicator to assess the physical potential for river health*, Euromech 523 Ecohydraulics Colloquium, Clermont-Ferrand, 15-17 juin 2011

---

**Hachem Fadi**

*Physical tests for estimating the water-hammer wave speed in pipes and tunnels with local weak wall stiffness*

World Environmental and Water Resources Congress – EWRI, ASCE, Palm Springs, California, 22-26 mai 2011

*Dynamic response of a rock block in a plunge pool due to asymmetrical impact of a high velocity jet*

34<sup>th</sup> IAHR World Congress, Brisbane, Australie, 26 juin – 1<sup>er</sup> juillet 2011

*Monitoring of steel-lined pressure shafts using water-hammer records and wavelet filtering and decomposition*

34<sup>th</sup> IAHR World Congress, Brisbane, Australie, 26 juin – 1<sup>er</sup> juillet 2011

*Surveillance non-intrusive des galeries et puits blindés*

1<sup>st</sup> HydroNet workshop, Kursaal Berne, 25 août 2011

---

**Dugué Violaine**

*PKWeir and flap gate spillway for the Gage II Dam*

Workshop on Labyrinth and Piano Key Weirs, Liège, France, 9-11 février 2011

*Influencing bend morphodynamics by means of an air-bubble screen*

Euromech Colloquium 523, Clermont-Ferrand, France, 15-17 juin 2011

---

**Jenzer Althaus Jolanda**

*Fine sediment release from a reservoir by controlled hydrodynamic mixing*

34<sup>th</sup> IAHR World Congress, Brisbane, Australie, 26 juin – 1<sup>er</sup> juillet 2011

*Influence of a circular jet arrangement in a rectangular tank on flow and suspended sediment release*

34<sup>th</sup> IAHR World Congress, Brisbane, Australie, 26 juin – 1<sup>er</sup> juillet 2011

## **7 Participation aux congrès et visite des instituts de recherche / Participation in congresses and visits of research institutes**

TURBEAU – Turbinage des eaux potables – Atelier de formation, Lausanne, Suisse, 14 janvier 2011

*Anton Schleiss, Jean-Louis Boillat, Martin Bieri, Michael Müller, Javier Garcia Hernandez*

Conférence KOHS, Protection contre les crues, Olten, Suisse, 21 janvier 2011

*Anton Schleiss*

ADAPT – African Dams Project – Project meeting, Zambezi basin, voyage au Mozambique et Zambie, du 17 au 28 janvier 2011

*Théodora Cohen, José Pedro Matos*

International Conference on Labyrinth and Piano Key Weirs (PKW 2011), Liège, France, 9-11 février 2011

*Anton Schleiss, Jean-Louis Boillat, Violaine Dugué, Martin Bieri, Marcelo Leite Ribeiro*

World Environmental and Water Resources Congress – EWRI, ASCE, Palm Springs, California, 22-26 mai 2011

*Fadi Hachem*

International Symposium on Dams and Reservoirs under Changing Challenges – 79<sup>th</sup> Annual Meeting of ICOLD, Lucerne, Suisse, 29 mai – 4 juin 2011

*Anton Schleiss, Michael Pfister, Martin Bieri, Michael Müller, Rafael Duarte, Mona Jafarnejad, Caroline Etter, Scarlett Monnin, Théodora Cohen, Milad Daneshvari, Mike Jaton, Javier Garcia Hernandez, Violaine Dugué, José Pedro Gamito Matos, Stéphane Terrier*

Informations- und Diskussionsveranstaltung: Revidiertes Gewässerschutzgesetz – Sanierung der wesentlichen Beeinträchtigung von Schwall und Sunk, Berne, Suisse, 9 juin 2011

*Martin Bieri*

Euromech colloquium 523 – "Ecohydraulics: linkages between hydraulics, morphodynamics and ecological processes in rivers", Clermont-Ferrand, France, 15-17 juin 2011

*Koen Blanckaert, Violaine Dugué, Walter Gostner*

Séminaire SSHL "Geschiebehauhalt in Fliessgewässern / Matériaux charriés dans les rivières", Birmensdorf, Suisse, 17 juin 2011

*Tamara Ghilardi*

34<sup>th</sup> IAHR World Congress, Brisbane, Australie, 26 juin - 1<sup>er</sup> juillet 2011

*Anton Schleiss, Michael Pfister, Martin Bieri, Jolanda Jenzer Althaus, Fadi Hachem, Michael Müller, Marcelo Leite Ribeiro*

Neue Seen als Folge der Entgletscherung im Hochgebirge – Herausforderungen für eine nachhaltige Nutzung (NELAK), Université de Berne, 18 août 2011

*Anton Schleiss*

1<sup>st</sup> Hydronet Workshop, Berne, Suisse, 25 août 2011

*Anton Schleiss, Michael Müller, Fadi Hachem*

Symposium et 100<sup>ème</sup> assemblée générale de l'ASAE (SWV), Soleure, 1-2 septembre 2011

*Anton Schleiss, Jean-Marc Ribi*

Wasserbau, Hydraulik, Hydrologie – WHH Festkolloquium zum 60. Geburtstag von Prof. Dr. Willi H. Hager, VAW, ETH Zürich, 5 septembre 2011

*Anton Schleiss, Michael Pfister, Giovanni De Cesare*

7<sup>th</sup> International Symposium on River, Coastal and Estuarine Morphodynamics : RCEM 2011, Tsinghua University, Pékin, China, 6-8 septembre 2011

*Koen Blanckaert*

Tagung: Einfluss der Klimaänderung auf die Wasserkraftnutzung, Visp, Suisse, 8 septembre 2011  
*Martin Bieri*

AGAW Symposium "Wasserkraft für Europa – Beitrag der Wasserkraft zu den Energiepolitischen Zielen Europas", Trier, Allemagne, 15-16 septembre 2011  
*Giovanni De Cesare*

Les 24<sup>ème</sup> Entretiens du centre Jacques Cartier, Montréal, Canada, 29 septembre – 6 octobre 2011  
*Anton Schleiss*

Forum ARPEA "Revitalisation des cours d'eau : une chance à saisir par chacun", Yverdon-les-Bains, Suisse, 6 octobre 2011  
*Tamara Ghilardi*

Research Center for Eco-Environmental Sciences (RCEES), Chinese Academy of Sciences (CAS), Pékin, Chine, séjour de 8 mois financé par un Fellowship de CAS  
*Koen Blanckaert*

Leibniz Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries (IGB), Berlin, Allemagne, 18-21 octobre 2011  
*Koen Blanckaert*

Colloque PKW 2011, Lyon, France, 2 décembre 2011  
*Michael Pfister*

## **8 Participation au jury de thèses de doctorat / Participation in doctoral thesis jury**

### **Schleiss Anton**

---

*Flood management in a complex river basin with a real-time decision support system based on hydrological forecasts*

Doctorant: Javier GARCIA HERNANDEZ, EPFL, Directeur de thèse, 21.06.2011

*Response of an embedded block impacted by high-velocity jets*

Doctorant: Matteo FEDERSPIEL, EPFL, Directeur de thèse, 15.08.2011

*Monitoring of steel-lined pressure shafts considering water-hammer wave signals and fluid-structure interaction*

Doctorant: Fadi HACHEM, EPFL, Directeur de these, 09.09.2011

*Etude expérimentale de refuges à poissons aménagés dans les berges de rivières soumises aux éclusées hydroélectriques*

Doctorant: Jean-Marc RIBI, EPFL, Directeur de thèse, 16.09.2011

*Effect of pumped-storage operations on temperature, turbidity and sedimentation in reservoirs and possible mitigation measures*

Doctorant: Matteo BONALUMI, EAWAG, ETH Zürich, Committee member, 13.10.2011

*Including second law irreversibility in aquatic ecodynamics : A modelling approach for Alpine rivers impacted by hydropoeaking*

Doctorant: Jeffrey A. TUHTAN, Uni Stuttgart, Germany, Committee member, 07.12.2011

### **Bollaert Erik**

---

*Response of an embedded block impacted by high-velocity jets*

Doctorant: Matteo FEDERSPIEL, EPFL, Directeur de thèse, 15.08.2011

## **9 Participation à des comités de lecteurs et jury de fonds de recherche / *Participation in review committees of journals and research funds***

Journal of Multiphase Flow	A. Schleiss
Journal of Hydraulic Engineering (ASCE)	A. Schleiss
Canadian Journal of Civil Engineering	A. Schleiss
Journal of Hydraulic Research (IAHR)	A. Schleiss
Dam Engineering	A. Schleiss
Hydro 2010	A. Schleiss
FNRS, Belgique	A. Schleiss
La Houille Blanche	A. Schleiss
KSCE Journal of Civil Engineering	A. Schleiss
Journal of Hydraulic Engineering (ASCE)	K. Blanckaert
Journal of Hydraulic Research (IAHR)	K. Blanckaert
Earth Surface Processes and Landforms	K. Blanckaert
Water Resources Research (AGU)	K. Blanckaert
Journal of Geophysical Research (AGU)	K. Blanckaert
Hydrological Processes	K. Blanckaert
Ecological Modeling	K. Blanckaert
National Science Foundation (FWO, Belgium)	K. Blanckaert
Journal of Hydro-environment Research	K. Blanckaert
Journal of Computing in Civil Engineering	K. Blanckaert
Journal of Hydraulic Research (IAHR)	G. De Cesare
Environmental Fluid Mechanics	G. De Cesare
Hydrological Sciences Journal	G. De Cesare
Journal of Hydraulic Engineering (ASCE)	M. Pfister
Journal of Hydraulic Research (IAHR)	M. Pfister
International Journal of Multiphase Flow (Elsevier)	M. Pfister
American Geophysical Union – Water Resources Research	M. Pfister
ICOLD Symposium, Lucerne	M. Pfister
4 <sup>th</sup> IAHR – ISHS, Porto	M. Pfister
Hydrological Processes	M. Bieri

# 10 Publications

## 10.1 Journaux scientifiques / Scientific journals

### 10.1.1 Références / Refered

Pfister, M., Hager, E. H., "Self-entrainment of air on stepped spillways" **International Journal of Multiphase Flow**, (37), **2011**, pp. 99-107

Studer, M., Schleiss, A., "Analyse von Fliessgeschwindigkeiten und Abflusstiefen auf verschiedenen Typen von Blockrampen" **WasserWirtschaft**, 101. Jahrg., Volume 1-2, **2011**, pp. 67-71

Meile, T., Boillat, J.-L., Schleiss, A. J., "Water-surface oscillations in channels with axi-symetric cavities" **Journal of Hydraulic Research**, Volume 49 (1), **2011**, doi: 10.1080/00221686.2010.534671, pp. 73-81

Garcia Hernandez, J., Brauchli, T., Boillat, J.-L., Schleiss, A. J., "La gestion des crues du Rhône en amont du Léman : de la prévision à la décision" **La Houille Blanche**, 2/2011, pp. 69-75

Leite Ribeiro, M., Blanckaert, K., Schleiss, A. J., Discussion of "Three-dimensional numerical study of flow structure in channel confluences" **Canadian Journal of Civil Engineering**, Volume 38 (1), **2011**, pp. 124-126

Bollaert, E., Schleiss, A. J., Discussion of "Closure problem to jet scour" **Journal of Hydraulic Research**, Volume 49 (2), **2011**, pp. 279-280

Hachem, F., Schleiss, A. J., "A review of wave celerity in frictionless and axisymmetrical steel-lined pressure tunnels" **Journal of Fluids and Structures**, Volume 27 (2), **2011**, ISSN : 08899746, doi: 0.1016/j.jfluidstructs.2010.11.009, pp. 311-328

De Cesare, G., Daneshvari, M., Federspiel, M., Malquarti, M., Epely Chauvin, G., Schleiss, A. J., "Étude sur modèle physique et numérique des évacuateurs de crue et de fosses d'érosion du barrage de Koman en Albanie" **La Houille Blanche**, Volume 3, **2011**, doi : 10.1051/lhb/2011032, pp. 48-55

Pfister, M., Ruehli, E., "Junction flow between drop shaft and diversion tunnel in Lyss, Switzerland" **Journal of Hydraulic Engineering**, Volume 137 (8), **2011**, doi: 10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000365, pp. 836-842

Camnasio, E., Oris, E., Schleiss, A. J., "Experimental study of velocity fields in rectangular shallow reservoirs" **Journal of Hydraulic Research**, Volume 49 (3), **2011**, doi: 10.1080/00221686.2011.574387, pp. 352-358

Pfister, M., "Chute Aerators: Steep Deflectors and Cavity Subpressure" **Journal of Hydraulic Engineering**, Volume 137 (10), **2011**, doi: 10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000436, pp. 1208-1215

Kantoush, S. A., Schleiss, A. J., Sumi, T., Murasaki, M., "LSPIV implementation for environmental flow in various laboratory and field cases" **Journal of Hydro-environment Research**, Volume 5, Issue 4, **2011**, doi: 10.1016/j.jher.2011.07.02, pp. 263 - 276

Blanckaert, K., "Hydrodynamic processes in sharp meander bends and their morphological implications" **Journal of Geophysical Research**, Volume 116 (F01003), **2011**, doi: 10.1029/2010JF001806, pp. 1-22

Asadollahi, P., Tonon, F., Federspiel, M., Schleiss, A. J., "Prediction of rock block stability and scour depth in plunge pools" **Journal of Hydraulic Research**, Volume 49 (6), **2011**, ISSN 022-1686 print/ISSN 18142079 online, pp. 750-756

Pfister, M., Lucas, J., Hager, W.H., "Chute aerators: Pre-aerated approach flow" **Journal of Hydraulic Engineering**, Volume 137 (11) **2011**, doi: 10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000417, pp. 1452-1461

Duarte, R., Ribeiro, J., Boillat, J.-L., Schleiss, A. J., "Experimental Study on Dam-Break Waves for Silted-Up Reservoirs" **Journal of Hydraulic Engineering**, Volume 137 (11) **2011**, doi: 10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000444, pp. 1385-1393

Heller, P., Schleiss, A. J., "Aménagements hydroélectriques fluviaux à buts multiples : résolution du marnage artificiel et conséquences sur les objectifs écologique, énergétique et social" **La Houille Blanche**, (6), **2011**, doi: 10.1051/lhb/2011059, pp. 34-41

Burkhard, R., Boillat, J.-L., Schleiss, A. J., "Influence of Lateral Water Withdrawal on Bed Form Geometry in a Channel" **Journal of Hydraulic Engineering**, Volume 137 (12) **2011**, doi: 10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000472, pp. 1668-1675

Meile, T., Boillat, J.-L., Schleiss, A. J., "Flow Resistance Caused by Large-Scale Bank Roughness in a Channel", **Journal of Hydraulic Engineering**, Volume 137 (12) **2011**, doi: 10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000469, pp. 1588-1597

### **10.1.2 Autres / Others**

Schleiss, A. J., Conference Information "Lucerne 2011: Dams and Reservoirs under Changing Challenges" **Hydro Review Worldwide**, **2011**, pp. 24-26

De Cesare, G., Schleiss, A. J., Jenzer Althaus, J., "Innovative approaches to sediment management" **Hydropower & Dams**, Volume 18 (3), **2011**, pp. 68-73

Hachem, F., Schleiss, A. J., "Monitoring of steel-lined pressure shafts and tunnels" **Hydropower & Dams**, Volume 18 (3), **2011**, pp. 74-77

Alp, M., Karpati, T., Werth, S., Gostner, W., Scheidegger, C., Peter, A., "Erhaltung und Förderung der Biodiversität von Fließgewässern" **Wasser Energie Luft**, (103) 3-**2011**, pp. 216-223

Leite Ribeiro M., Blanckaert, K., Boillat, J.-L., Schleiss, A. J. "Elargissement local de l'affluent dans une zone de confluence" **Wasser Energie Luft**, (103) 3-**2011**, pp. 235-242

Ribi, J.-M. Boillat, J.-L., Peter, A. Schleiss, A. J., "Refuges à poissons aménagés dans les berges de rivières soumises aux éclusées" **Wasser Energie Luft**, (103) 4-**2011**, pp. 320-326

Gostner, W., Schleiss, A. J., "Der hydromorphologische Index der Diversität" **Wasser Energie Luft**, (103) 4-**2011**, pp. 327-336

Jenzer Althaus J., De Cesare G., Schleiss A., "Entlandung von Staueseen über Triebwasserfassungen durch Aufwirbeln der Feinsedimente mit Wasserstrahlen" **Wasser, Energie, Luft**, (103) 2-**2011**, pp. 105-112

De Cesare G., Jenzer Althaus J., Schleiss A. J. "Reservoir sedimentation by turbidity currents and countermeasures, case studies" in **Dams in Switzerland**: Source for Worldwide Swiss Dam Engineering, Swiss Committee on Dams, ISBN 978-3-85545-158-6, **2011**, pp. 271-276

Terrier S., Jordan F., Schleiss A. J., Haeberli W., Huggel Ch., Künzler M., "Optimized and adapted hydropower management considering glacier shrinkage scenarios in the Swiss Alps" in **Dams in Switzerland**: Source for Worldwide Swiss Dam Engineering, Swiss Committee on Dams, ISBN 978-3-85545-158-6, **2011**, pp. 291-298

Berchtold, T., Pfister, M., "Kárahnjúkar Dam spillway, Iceland: Swiss contribution to reduce dynamic plunge pool pressures generated by a high-velocity jet" in **Dams in Switzerland**: Source for Worldwide Swiss Dam Engineering, Swiss Committee on Dams, ISBN 978-3-85545-158-6, **2011**, pp. 315-320

## 10.2 Comptes rendus des congrès / Proceedings of congresses

### 10.2.1 Références / Refered

Bieri, M., Schleiss, A. J., Jordan, F., Fankhauser, A. U., Ursin, M. H., "Flood retention in alpine catchments equipped with complex hydropower schemes - A case study of the upper Aare catchment in Switzerland" **Proc. of International Symposium on Dams and Reservoirs under Changing Challenges – 79<sup>th</sup> Annual Meeting of ICOLD – Swiss Committee on Dams**, 1 June 2011, Lucerne, Suisse, Schleiss & Boes (eds), ISBN 978-0-415-68267-1, pp. 387-394

Möller, G., Boes, R. M., Theiner, D., Fankhauser, A., Daneshvari, M., De Cesare, G., Schleiss, A.J., "Hybrid modeling of sediment management during drawdown of Räterichsboden reservoir" **Proc. of International Symposium on Dams and Reservoirs under Changing Challenges – 79<sup>th</sup> Annual Meeting of ICOLD – Swiss Committee on Dams**, 1 June 2011, Lucerne, Suisse, Schleiss & Boes (eds), ISBN 978-0-415-68267-1, pp. 421-428

Hernández J. G., Schleiss, A. J., Boillat, J. L. "Decision Support System for the hydropower plants management : the MINERVE project" **Proc. of International Symposium on Dams and Reservoirs under Changing Challenges – 79<sup>th</sup> Annual Meeting of ICOLD – Swiss Committee on Dams**, 1 June 2011, Lucerne, Suisse, Schleiss & Boes (eds), ISBN 978-0-415-68267-1, pp. 459-468

Terrier, S., Jordan, F., Schleiss, A. J., Haeberli, W., Huggel, C., Künzler, M., "Optimized and adapted hydropower management considering glacier shrinkage scenarios in the Swiss Alps" **Proc. of International Symposium on Dams and Reservoirs under Changing Challenges – 79<sup>th</sup> Annual Meeting of ICOLD – Swiss Committee on Dams**, 1 June 2011, Lucerne, Suisse, Schleiss & Boes (eds), ISBN 978-0-415-68267-1, pp. 497-508

Gostner, W., Lucarelli, C., Theiner, D., Kager, A., Premstaller, G., Schleiss, A. J., "A holistic approach to reduce negative impacts of hydropeaking" **Proc. of International Symposium on Dams and Reservoirs under Changing Challenges – 79<sup>th</sup> Annual Meeting of ICOLD – Swiss Committee on Dams**, 1 June 2011, Lucerne, Suisse, Schleiss & Boes (eds), ISBN 978-0-415-68267-1, pp. 857-866

Schleiss, A. J., "From Labyrinth to Piano Key Weirs – A historical review" **Proc. of International Conference on Labyrinth and Piano Key Weirs (PKW 2011)**, 9-11 February 2011, Liège, Belgium, Erpicum et al. (eds), ISBN 978-0-415-682282-4, pp. 3-15

Dugué, V., Hachem, F., Boillat, J.-L., Nagel, V., Roca, J.-P., Laugier, F., "PKWeir and flap gate spillway for the Gage II Dam" **Proc. of International Conference on Labyrinth and Piano Key Weirs (PKW 2011)**, 9-11 February 2011, Liège, Belgium, Erpicum et al. (eds), ISBN 978-0-415-682282-4, pp. 35-42

Leite Ribeiro, M., Boillat, J.-L., Schleiss, A. J., Laugier, F., "Coupled spillway devices and energy dissipation system at St-Marc (France)" **Proc. of International Conference on Labyrinth and Piano Key Weirs (PKW 2011)**, 9-11 February 2011, Liège, Belgium, Erpicum et al. (eds), ISBN 978-0-415-682282-4, pp. 113-121

Bieri, M., Federspiel, M., Boillat, J.-L., Houdant, B., Faramond, L., Delorme, F., "Energy dissipation downstream of Piano Key Weirs – Case of study of Gloriettes Dam (France)" **Proc. of International Conference on Labyrinth and Piano Key Weirs (PKW 2011)**, 9-11 February 2011, Liège, Belgium, Erpicum et al. (eds), ISBN 978-0-415-682282-4, pp. 123-130

Leite Ribeiro, M., Boillat, J.-L., Schleiss, A. J., Le Doucen, O., Laugier, F., "Experimental parametric study for hydraulic design of PKWs" **Proc. of International Conference on Labyrinth and Piano Key Weirs (PKW 2011)**, 9-11 February 2011, Liège, Belgium, Erpicum et al. (eds), ISBN 978-0-415-682282-4, pp. 183-190

Pralong, J., Vermeulen, J., Blancher, B., Laugier, F., Erpicum, S., Machiels, O., Pirotton, M., Boillat, J.-L., Leite Ribeiro, M., Schleiss, A. J., "A naming convention for the Piano Key Weirs geometrical parameters" **Proc. of International Conference on Labyrinth and Piano Key Weirs (PKW 2011)**, 9-11 February 2011, Liège, Belgium, Erpicum et al. (eds), ISBN 978-0-415-682282-4, pp. 271-278

Boillat, J.-L., Leite Ribeiro, M., Pralong, J., S. Erpicum & P. Archambeau, "Creation of a PKW Database - Discussion" **Proc. of International Conference on Labyrinth and Piano Key Weirs (PKW 2011)**, 9-11 February 2011, Liège, Belgium, Erpicum et al. (eds), ISBN 978-0-415-682282-4, pp. 279-280

Erpicum, S., Boillat, J.-L., "Research axes and conclusions" **Proc. of International Conference on Labyrinth and Piano Key Weirs (PKW 2011)**, 9-11 February 2011, Liège, Belgium, Erpicum et al. (eds), ISBN 978-0-415-682282-4, pp. 295-296

Mehraein, M., Ghodsian, M., Schleiss, A. J., "Experimental study on Scour due to simultaneous wall and impinging circular jet" **Proc. of 34<sup>th</sup> IAHR World Congress**, 26 June - 1<sup>st</sup> July 2011, Brisbane, Australia, CD-Rom, ISBN 978-0-85825-868-6, pp. 2515-2521

Federspiel, M., Bollaert, E., Schleiss, A. J., "Dynamic response of a rock block in a plunge pool due to asymmetrical impact of a high-velocity jet" **Proc. of 34<sup>th</sup> IAHR World Congress**, 26 June - 1<sup>st</sup> July 2011, Brisbane, Australia, CD-Rom, ISBN 978-0-85825-868-6, pp. 2404-2411

Gostner, W., Peter, A., Schleiss, A. J., "Temperature regime in a braided river system : an indicator for morphological heterogeneity and ecological potential" **Proc. of 34<sup>th</sup> IAHR World Congress**, 26 June - 1<sup>st</sup> July 2011, Brisbane, Australia, CD-Rom, ISBN 978-0-85825-868-6, pp. 2815-2822

Bieri, M., Schleiss, A. J., "Modelling and analysis of hydropeaking in alpine catchments equipped with complex hydropower schemes" **Proc. of 34<sup>th</sup> IAHR World Congress**, 26 June - 1<sup>st</sup> July 2011, Brisbane, Australia, CD-Rom, ISBN 978-0-85825-868-6, pp. 2752-2759

Pfister, M., Lucas, J., Hager, W., "Effect of pre-aerated approach flow on delector-generated jets" **Proc. of 34<sup>th</sup> IAHR World Congress**, 26 June - 1<sup>st</sup> July 2011, Brisbane, Australia, CD-Rom, ISBN 978-0-85825-868-6, pp. 2554-2561

Garcia Hernandez, J., Schleiss, A. J., Boillat, J.-L., "The decision support tool MINDS for flood management in the upper Rhone river" **Proc. of 34<sup>th</sup> IAHR World Congress**, 26 June - 1<sup>st</sup> July 2011, Brisbane, Australia, CD-Rom, ISBN 978-0-85825-868-6, pp. 1929-1936

Ghilardi, T., Schleiss, A. J., "Influence of immobile boulders on bedload transport in a steep flume" **Proc. of 34<sup>th</sup> IAHR World Congress**, 26 June - 1<sup>st</sup> July 2011, Brisbane, Australia, CD-Rom, ISBN 978-0-85825-868-6, pp. 3473-3480

Müller, M., De Cesare, G., Schleiss, A. J., "Experiments on turbulence and settling down of fine sediments induced by pumped storage operations in a cuboidal reservoir" **Proc. of 34<sup>th</sup> IAHR World Congress**, 26 June - 1<sup>st</sup> July 2011, Brisbane, Australia, CD-Rom, ISBN 978-0-85825-868-6, pp. 1795-1802

Jenzer Althaus, J., De Cesare, G., Schleiss, A. J., "Fine Sediment release from a reservoir by controlled hydrodynamic mixing" **Proc. of 34<sup>th</sup> IAHR World Congress**, 26 June - 1<sup>st</sup> July 2011, Brisbane, Australia, CD-Rom, ISBN 978-0-85825-868-6, pp. 1763-1770

Leite Ribeiro, M., Blanckaert, K., Schleiss, A. J., "Influence of tributary widening on morphology and hydraulic variability in confluence zones" **Proc. of 34<sup>th</sup> IAHR World Congress**, 26 June - 1<sup>st</sup> July 2011, Brisbane, Australia, CD-Rom, ISBN 978-0-85825-868-6, pp. 3590-3597

Hachem, F., Schleiss, A. J., "Monitoring of steel-lined pressure shafts using water-hammer records and wavelet filtering and decomposition" **Proc. of 34<sup>th</sup> IAHR World Congress**, 26 June - 1<sup>st</sup> July 2011, Brisbane, Australia, CD-Rom, ISBN 978-0-85825-868-6, pp. 2289-2297

Jenzer Althaus, J., "Influence of a circular jet arrangement in a rectangular tank on flow and suspended sediment release" **Proc. of 34<sup>th</sup> IAHR World Congress**, 26 June - 1<sup>st</sup> July 2011, Brisbane, Australia, CD-Rom, ISBN 978-0-85825-868-6, pp. 1755-1762

Leite Ribeiro, M., "Morphodynamic changes in a channel confluence due to local tributary widening" **Proc. of 34<sup>th</sup> IAHR World Congress**, 26 June - 1<sup>st</sup> July 2011, Brisbane, Australia, CD-Rom, ISBN 978-0-85825-868-6

Dugué, V., Blanckaert, K., Schleiss, A. J., "Influencing bend morphodynamics by means of an air-bubble screen-Topography and velocity field" **The 7<sup>th</sup> IAHR Symposium on River, Costal and Estuarine Morphodynamics (RCEM2011)**, 6-8 September 2011, Tsinghua University, Beijing, China, pp. 2239-2247

Hager, W.H., Pfister, M. "Historical development of side-channel spillway in hydraulic engineering" **Proc. of 34<sup>th</sup> IAHR World Congress**, 26 June - 1<sup>st</sup> July 2011, Brisbane, Australia, CD-Rom , ISBN 978-0-85825-868-6, pp. 3906-3913

Blanckaert, K., Leite Ribeiro, M., Schleiss, A. J., "Flow and sediment dynamics in bed discordant channel confluences" **The 7<sup>th</sup> IAHR Symposium on River, Costal and Estuarine Morphodynamics (RCEM2011)**, 6-8 September 2011, Tsinghua University, Beijing, China, pp. 1555-1564

Ottevanger, W. Blanckaert, K., Uijttewaal, W. S.J., "A parameter study on bank shear stresses in curved open channel flow by means of large-eddy simulation" **The 7<sup>th</sup> IAHR Symposium on River, Costal and Estuarine Morphodynamics (RCEM2011)**, 6-8 September 2011, Tsinghua University, Beijing, China, pp. 1917-1927

Berchtold, Th., Pfister M., "Measures to reduce dynamic plunge pool pressures generated by a free jet" **Proc. of International Symposium on Dams and Reservoirs under Changing Challenges – 79th Annual Meeting of ICOLD – Swiss Committee on Dams**, 1<sup>st</sup> June 2011, Lucerne, Suisse, Schleiss & Boes (eds), ISBN 978-0-415-68267-1, pp. 639-700

Fuchs, H, Boes M. R., Pfister M., "Impulse waves at Kühtai reservoir generated by avalanches and landslides" **Proc. of International Symposium on Dams and Reservoirs under Changing Challenges – 79th Annual Meeting of ICOLD – Swiss Committee on Dams**, 1<sup>st</sup> June 2011, Lucerne, Suisse, Schleiss & Boes (eds), ISBN 978-0-415-68267-1, pp. 701-708

## 10.2.2 Autres / Others

Schleiss, A. J., "Vom Labyrinth- zum Klaviertastenwehr" **Festkolloquium, WHH – Wasserbau, Hydraulik, Hydrologie**, 5 septembre 2011, Zürich, Suisse, VAW Mitteilungen 217, ISSN 0374-0056, pp. 19-36

Berchtold, T., Pfister, M., "Kárahnjúkar Dam spillway, Iceland: Swiss contribution to reduce dynamic plunge pool pressures generated by a high-velocity jet", **Dams in Switzerland**, Swiss Committee on Dams, 2011, ISBN 978-3-85545-158-6, pp. 279-284

## **10.3 Revues de presse / Press reviews**

### **Schleiss Anton**

---

- Article : Les barrages prennent aussi des rides, 24 Heures, 28 mars 2011
- Emission: Barrage au pied d'argile, RSR - Impatience, 8 mars 2011
- Emission : Der Sambesi im Labor, 3sat, 29 mars 2011
- Article : Les barrages bétonnent l'avenir, Le Nouvelliste, 8 avril 2011
- Article : En Suisse, nous sommes fiers de nos barrages, Energeia - OFEN, 1<sup>er</sup> mai 2011
- Emission : Schweizer Hilfe für Staudamm in Afrika, SF1, 12 mai 2011
- Article : Les Suisses doivent voir plus haut, La Liberté, 18 mai 2011
- Article : Das Schmelzwasser stauen, Sonntagszeitung, 29 mai 2011
- Article : Bund überschätzt Wasserkraft massiv, NZZ am Sonntag, 12 juin 2011
- Emission : Un regard sur et chez nos voisins, France3 Alpes Express, 18 juin 2011
- Emission : Ausbau der Wasserkraft : réaliste ou Wunschdenken, Einstein - SF1, 23 juin 2011
- Article : Des barrages toujours plus hauts, Le Matin, 3 juillet 2011
- Article : Auf dem Weg zu vitaleren Flüssen und Bächen, Neue Zürcher Zeitung, 10 août 2011
- Emission : Revitalisation des rivières en Suisse, DRS2, 14 septembre 2011
- Article : Les cours d'eau sous tension, EAWAG - Aquatic research, novembre 2011
- Article : Entretien avec le Prof. Dr. Anton J. Schleiss, EPF Lausanne sur l'avenir de l'énergie hydraulique en Suisse, Usic News, 1er novembre 2011
- Article : Les barrages hydrauliques de Suisse restent d'importants producteurs d'électricité, Le Courier, 1er décembre 2011

### **De Cesare Giovanni**

---

- Emission : Alluvionnement des retenues et des purges, TC Italia 1, 8 avril 2011

## **10.4 Communications du LCH / LCH Communications**

- N° 45 J. Jenzer Althaus, "Sediment evacuation from reservoirs through intakes by jet induced flow", Communication 45, Laboratoire de constructions hydrauliques, Ed. A. Schleiss, Lausanne, 2011, ISSN 1661-1179
- N° 46 M. Leite Ribeiro, "Influence of tributary widening on confluence morphodynamics", Communication 46, Laboratoire de constructions hydrauliques, Ed. A. Schleiss, Lausanne, 2011, ISSN 1661-1179
- N° 47 M. Federspiel, "Response of an embedded block impacted by high-velocity jets", Communication 47, Laboratoire de constructions hydrauliques, Ed. A. Schleiss, Lausanne, 2011, ISSN 1661-1179
- N° 48 J. Garcia-Hernández, "Flood management in a complex river basin with a real-time decision support system based on hydrological forecasts", Communication 48, Laboratoire de constructions hydrauliques, Ed. A. Schleiss, Lausanne, 2011, ISSN 1661-1179
- N° 49 F. Hachem, "Monitoring of steel-lined pressure shafts considering water-hammer wave signals and fluid-structure interaction", Communication 49, Laboratoire de constructions hydrauliques, Ed. A. Schleiss, Lausanne, 2011, ISSN 1661-1179
- N° 50 J.-M. Ribi, "Etude expérimentale de refuges à poissons aménagés dans les berges de rivières soumises aux éclusées hydroélectriques", Communication 50, Laboratoire de constructions hydrauliques, Ed. A. Schleiss, Lausanne, 2011, ISSN 1661-1179

## **10.5 Rapports non publiés (recherche appliquée) / *Unpublished reports (applied research)***

- No. 1 HWS Gampel-Bratsch, Geschiebesammler Tschingelbach  
Einwohnergemeinde Gampel-Bratsch, janvier (2011)
- No. 2 Purge d'Electra Massa, incident du 21.05.2010 - Expertise  
Zürich Assurances, Lausanne, février (2011)
- No. 3 Aménagement de Montpezat – Barrage de Gage II, rapport final  
Electricité de France – CIH, Le Bourget-du-Lac, février (2011)
- No. 4 Kariba plunge pool, intermediate report 2  
Zambezi River Authority – ZRA, avril (2011)
- No. 5 Effets de rétention sur le projet R3. Influence de zones d'épanchement sur les crues du Rhône  
Etat du Valais 3<sup>ème</sup> correction du Rhône, juin (2011)
- No. 6 Augmentation de la puissance de l'aménagement Hongrin-Léman – Essais sur modèle numérique  
FMHL, c/o Alpiq, Lausanne, juillet (2011)
- No. 7 Usine de traitement et de valorisation des déchets des Cheneviers  
SIG – Services Industriels de Genève, août (2011)
- No. 8 Kariba plunge pool, intermediate report 3  
Zambezi River Authority – ZRA, août (2011)
- No. 9 Chespi physical model, draft final report  
Lombardi, Locarno-Minusio, août (2011)
- No. 10 Capelard, rapport final complémentaire  
SIL, septembre (2011)
- No. 11 Gage II, rapport complémentaire. Mesures des pressions dynamiques sur le clapet  
Electricité de France - CIH, Le Bourget-du-Lac, septembre (2011)
- No. 12 Psamathée – Nouvelle génération de la conception du système de purge des dessableurs – Rapport commun LCH – HES SO Valais  
Fondation Cimark, Sion, octobre (2011)
- No. 13 Impact sur le Ballast des Eaux de Ruissellement (IBER) – Etude sur modèle physique  
SNCF - IGT, octobre (2011)
- No. 14 Modèle physique de l'aménagement hydroélectrique sur le Rhône à Massongex  
Consortium MBR, FMV, Chalais, novembre (2011)

Edition finale Caroline Etter  
© LCH 2012