

---

**LCH**

Laboratoire de Constructions Hydrauliques  
Laboratory of Hydraulic Constructions

---



ÉCOLE POLYTECHNIQUE  
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

# **Rapport d'activité**

## ***Activity Report***

### **2012**

Editeur : Prof. Dr A. Schleiss



## Préface / Foreword

Pour renforcer la compétitivité de la force hydraulique suisse sur le marché européen de l'électricité, la flexibilisation de la production est primordiale pour répondre à une demande qui est volatile. Dans ce contexte, l'agrandissement de la capacité installée dans les centrales existantes, ainsi que l'augmentation de volume de stockage par la surélévation des barrages et des aménagements de pompage-turbinage est indispensable.

Les compagnies d'électricité se préparent déjà à ce défi pour atteindre l'objectif de la stratégie « Energie 2050 », ce qui est démontré par un grand nombre de projets qui sont à l'étude et qui sollicitent le LCH pour des expertises sur modèles physiques, ainsi que par des simulations numériques. En plus, un grand nombre de projets de recherche sont en cours au LCH. Ceux-ci répondent notamment aux préoccupations technologiques, environnementales et socio-économiques.

Afin de riposter à cette demande croissante nationale et internationale, le LCH a besoin de plus d'espace pour ses études expérimentales. En effet, la halle hydraulique est régulièrement suroccupée par des projets de recherche fondamentale et appliqués (cf. photos sur verso). Heureusement, le Canton du Valais a conclu avec l'EPFL un accord pour installer un pôle permanent intitulé « EPFL Valais Wallis » à Sion dans le domaine de l'énergie. Des nouvelles halles expérimentales pour des constructions hydrauliques et des machines hydrauliques sont prévues avec l'ambition de créer un des meilleurs centres mondiaux dans ces domaines. Tous les collaborateurs du LCH sont contents de ces nouvelles perspectives et consacrent tous leurs efforts de mener à bien ce projet ambitieux.

Comme confirme ce rapport d'activité, le LCH a de nouveau atteint en 2012 un excellent résultat dans ses missions de recherche, d'enseignement et de services, grâce à l'effort exceptionnel de ses collaboratrices et collaborateurs.

Pour conclure, je tiens à remercier sincèrement nos partenaires et nos clients pour leur soutien qui est primordial pour notre laboratoire.

*In order to reinforce the competitiveness of the Swiss hydropower on the European electricity market, the flexibilization of its production is essential for facing a highly volatile demand. In this context, the increase of the installed capacity in the existing hydropower plants as well as the extension of the storage volume by dam heightening and pumped-storage operations are required.*

*The electric power companies are getting ready for this challenge in order to reach the goal of Swiss governmental strategy "Energy 2050". This is confirmed by the numerous expertise projects which are studied at LCH by physical and numerical modelling. In parallel, many ongoing research projects study technological, environmental and socio-economical questions of the future.*

*To answer this increasing national and international demand, the LCH urgently needs more space for its physical model studies. The hydraulic laboratory is fully occupied since several years by applied and fundamental research projects (see picture on reverse page). Fortunately, the Canton of Valais has signed an agreement with EPFL to install a permanent satellite campus named "EPFL Valais Wallis" in Sion in the field of energy. New experimental installations for hydraulic structures and machinery are foreseen with the ambition to create one of the best centers in these fields. All members of LCH are looking forward to these new perspectives and are highly motivated to accomplish this ambitious project.*

*As confirmed by the present activity report, the LCH has again achieved in 2012 excellent results in its three missions which are teaching, research and services.*

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



Prof. Dr Anton Schleiss

Mai / May 2013



SNCF - IBER 2 Impact sur le ballast des eaux de ruissellement

FMHL+ : augmentation de la puissance de l'aménagement Hongrin-Léman.  
Aménagement de Montpezat.  
Barrage de Gage II

Modélisation hydraulique de la fosse d'érosion du barrage de Kariba



Enceinte pour le tournage du spot ECA

FMHL+ : augmentation de la puissance de l'aménagement Hongrin-Léman.

Capelard – Ville de Lausanne

Sorne Delémont, Marée Basse - Gestion des risques résiduels

Aménagement au fil de l'eau – Massongex sur Rhône (sous Sorne)



Prise d'eau pompage-turbinage de Grimsel 3 (Rätherichsboden)



Les Tenasses – Concept de sécurité du torrent des Bossons – Protection contre les laves torrentielles

FMHL+ : augmentation de la puissance de l'aménagement Hongrin-Léman.

Auslassorgane Beruhigungsbecken Innertkirchen

Etudes de recherche appliquée en cours dans la halle hydraulique en mars 2013  
*Applied research projects under study in the hydraulics laboratory in March 2013*

# TABLE DES MATIERES / TABLE OF CONTENTS

---

<b>1</b>	<b>Recherche / Research</b>	<b>1</b>
1.1	Recherche fondamentale / <i>Fundamental research</i>	1
1.1.1	L'exploitation des aménagements hydroélectriques complexes et son impact sur le régime d'écoulement du cours d'eau aval / Operation of complex hydropower schemes and its impact on the flow regime in the downstream river system under changing scenarios	1
1.1.2	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	5
1.1.3	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	9
1.1.4	Gestion des ressources en eau dans le bassin du Zambèze / Water resources management in the Zambezi River Basin	12
1.1.5	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	16
1.1.6	L'indice hydro-morphologique de la diversité: un outil de planning pour projets de revitalisation de cours d'eau / The Hydro-morphological Index of Diversity: A Planning Tool for River Restoration Projects	21
1.1.7	Hydrodynamique des écoulements turbulents à l'intérieur et à proximité des zones de végétation / Hydrodynamics of turbulent flows with vegetated boundaries	25
1.1.8	L'influence de la concentration d'air sur le développement de l'affouillement la fosse d'érosion et sur la stabilité des blocks du roche / Influence of air concentration on rock scour development and block stability in plunge pools	28
1.1.9	Performance hydraulique des aérateurs sur coursiers en marche d'escalier et leur effets sur l'écoulement aval / Hydraulic performance of stepped spillway aerators and related downstream flow features	32
1.1.10	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 modified sediment transport under climate change	35
1.1.11	Morphologie des confluences de rivières / Morphology on river confluences	39
1.1.12	Analyse expérimentale du frottement dynamique et du comportement rhéologique et inélastique des conduites à écoulement en charge transitoire / Experimental analysis of unsteady skin friction and pipe inelastic rheological behavior in pressurized transient flows	42
1.1.13	L'influence du comportement anisotrope de la roche sur les contraintes et les déformations dans les conduites en charge blindées / The influence of anisotropic rock behavior on stresses and deformation in steel liners or pressure shafts	45
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	49

1.1.15	Développement d'une méthodologie pour l'estimation des crues extrêmes de barrages / Development of a methodology for estimating extreme floods of dams	52
1.1.16	Conception hydroélectrique sous incertitudes / Hydropower Design under Uncertainties	54
1.1.17	Les caractéristiques d'écoulement sur des déversoirs en escalier - expériences en laboratoire sur des changements de pente abruptes et des mesures in situ sur prototype / Flow characteristics over stepped spillways - Laboratory experiments on abrupt slope changes and in-situ measurements on a prototype	56
1.2	Recherche appliquée (exemples sélectionnés) / Applied research (selected examples)	58
1.2.1	Ouvrages de sortie du bassin de compensation d'Innertkirchen : Etude sur modèle physique / Experimental model study on outlets of the Innertkirchen compensation basin	58
1.2.2	IBER2 : Impact sur le ballast des eaux de ruissellement – Phase IBER2: Impact of runoff on railroad ballast – Phase 2	60
1.2.3	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	63
1.2.4	Pont CFF sur la Lizerne - Passage des crues: Etude sur modèle physique / Railway Bridge over the Lizerne River - Flood passage : Experimental physical model study	66
1.2.5	Projet Delémont Marée Basse – Gestion des risques résiduels : Etude sur modèle physique / Projet « Delémont Marée Basse » – Residual risk management : Experimental physical model study	68
1.2.6	Projet FontEN : Fontaine Monumentale du Musée Olympique à Ouchy; Recherche appliquée d'optimisation de la lame de déversement de la fontaine en vue d'économie d'énergie / FontEN project: Monumental Fountain of Olympic Museum in Ouchy, applied research to optimize the weir crest for saving energy consumption	71
1.2.7	Augmentation de la puissance de l'aménagement Hongrin-Léman. Etude sur modèle physique du diaphragme et de la galerie de liaison de la cheminée d'équilibre	73
1.2.8	Modélisation hydraulique de la fosse d'érosion du barrage de Kariba. Détermination de la fosse optimale en fonction des débits déversés / Hydraulic Modelling of the Kariba Dam Plunge Pool. Determination of the optimum pool profile with respect to the spillway discharges	76
1.2.9	Projet d'aménagement de pompage-turbinage Lago Bianco, modélisation numérique 3D des écoulements dans le Lago di Poschiavo / Lago Bianco pump-storage project, 3D numerical modeling of the flow in Lago di Poschiavo	78
<b>2</b>	<b>Enseignement / Teaching</b>	<b>80</b>
2.1	Cours à l'EPFL donnés par les collaborateurs du LCH (année académique 2011/2012) / Courses at EPFL given by LCH staff (academic year 2011/2012)	80
2.1.1	Cours de cycle bachelor et de cycle master en génie civil / Undergraduate and Graduate courses in Civil Engineering	80
2.1.2	Cours de cycle Master en sciences et ingénierie de l'environnement / Graduate courses in sciences and environmental engineering	81
2.1.3	Ecole doctorale en Environnement / Doctoral school in Environment	81
2.2	Cours hors EPFL / Courses outside EPFL	81

2.3	Projets et laboratoires en section génie civil – semestres d'hiver 2011/2012, de printemps 2012 / <i>Graduate student projects and laboratory work in Civil Engineering section – winter semester 2011/2012, spring semester 2012</i>	82
2.4	Projets et laboratoires en section SIE – semestres d'hiver 2011/2012 / <i>Graduate student projects and laboratory work in Environmental Science and Engineering Section – winter semester 2011/2012</i>	83
2.5	Projets et laboratoires en section Management de la technologie et entrepreneuriat – semestres d'hiver 2011/2012/ / <i>Management of technology and Entrepreneurship section – winter semester 2011/2012</i>	83
2.6	Travaux pratiques de Master 2011-2012 (Automne) et 2012 (Printemps) / <i>Master thesis project 2011 – 2012 (Autumn) and 2012 (Spring)</i>	84
2.7	Excursions d'étudiants / <i>Student field trips</i>	85
2.7.1	Visite sur le terrain du projet Mauvoisin II	85
2.7.2	Excursion au barrage Les Toules avec les étudiants du génie civil 48 étudiants (13.11.2012)	86
2.8	Livres / <i>Textbooks</i>	87
2.9	Polycopiés / <i>Student course books</i>	87
<b>3</b>	<b>Manifestations scientifiques / <i>Scientific events</i></b>	<b>88</b>
3.1	Participation à des manifestations scientifiques hors EPFL	88
3.1.1	The First International and Third National Conference on Dams and Hydropower in Teheran, Iran, du 6 au 7 février 2012 (Workshop) et du 8 au 9 février 2012 (conférence)	88
3.1.2	The 4 <sup>th</sup> International Symposium on Hydraulic Structures “Hydraulic Structures into the 21st Century: a Critical Role in our Society”, à Porto, Portugal, du 9 au 11 février 2012	88
3.1.3	12 <sup>ème</sup> congrès INTERPRAEVENT, France, Grenoble, 23 au 26 avril 2012	89
3.1.4	80 <sup>ème</sup> réunion annuelle et du 24 <sup>ème</sup> congrès de la Commission Internationale des Grands Barrages (CIGB), Kyoto, Japon, 3 au 8 juin 2012	90
3.1.5	2 <sup>nd</sup> IAHR Europe Congress, “Water - infinitely deformable but still limited”, Munich, Allemagne, 27 au 29 juin 2012	92
3.1.6	3 <sup>rd</sup> International Workshop on River and Reservoir Hydrodynamics and Morphodynamics, New University of Lisbon, Caparica, Portugal, 9 au 10 juillet 2012	93
3.1.7	River Flow 2012, International Conference on Fluvial Hydraulic, San José, Costa Rica, 5 au 7 septembre 2012	93
3.1.8	8 <sup>th</sup> International Symposium on Ultrasonic Doppler Methods for Fluid Mechanics and Fluid Engineering (ISUD8), Dresden, Allemagne, 19 au 21 septembre 2012	94
3.2	Organisation de manifestations scientifiques internes EPFL	96
3.2.1	Atelier de formation à l'attention d'une délégation d'ingénieurs du CWRC, organisé à l'EPFL, Lausanne, du 9 au 13 janvier 2012	96
3.2.2	Training Workshop MesoHabsim, EPFL, Lausanne, 23/24 mai et 29/30 mai 2012	96
3.2.3	Workshop Sino-Swiss Science and Technology Cooperation Program (SSSTC), EPFL, Lausanne, Suisse, 20 juillet 2012	97
3.2.4	Séminaire VSA-SSR, Déversoir d'orage du Capelard, EPFL-LCH, Lausanne, 26 juillet 2012	98
3.3	Conférences publiques au LCH / <i>Public conferences at the LCH</i>	99

3.4	Conférences internes données au LCH / <i>In-house conferences given at the LCH</i>	99
3.5	Participation aux comités d'organisation / <i>Member of organising committees</i>	100
<b>4</b>	<b>Personnel / Staff</b>	<b>101</b>
4.1	Organisation du LCH (2012) / <i>Organisation of the LCH (2012)</i>	101
4.2	Collaborateurs en 2012 / <i>Staff in 2012</i>	102
4.3	Professeurs invités et hôtes académiques / <i>Visiting professors and academic visitors</i>	103
4.4	Événements spéciaux / <i>Special events</i>	104
4.4.1	Visite d'une équipe de la télévision Sud-Coréenne, EPFL, Lausanne, le 24 février 2012	104
4.4.2	Journées des gymnasiens : Visite de la halle hydraulique, EPFL, Lausanne, les 9 et 16 mars 2012	105
4.4.3	Visit of Dr Amanda Ashworth from Entura of Hydro Tasmania, Australia, du 26 au 30 mars 2012	105
4.4.4	Sortie à ski du LCH, Crans-Montana, du 31 mars au 1er avril 2012	106
4.4.5	« Nuit de chantier » interdisciplinaire entre les étudiant(e)s de génie civil de l'EPFL et les étudiant(e)s de droit de l'Université de Fribourg, organisée à l'EPFL, Lausanne, 4 mai 2012	107
4.4.6	Visite de la halle d'hydraulique – 28 <sup>th</sup> meeting of ISO technical committee 113 on hydrometry, EPFL, Lausanne, 9 mai 2012	108
4.4.7	Journée des classes, EPFL, Lausanne, 5 juin 2012	109
4.4.8	Visite d'une classe de l'école professionnelle de Morges (CEPM), EPFL, Lausanne, 7 juin 2012	110
4.4.9	Visit of Prof. Joseph Hun-wei Lee, EPFL, Lausanne, 21 juin 2012	110
4.4.10	Journée de la recherche ENAC 2012 - "Energie dans la ville", EPFL, Lausanne, 15 juin 2012	110
4.4.11	Grillade chez le Prof. Anton Schleiss, Ecublens, Suisse, 20 juillet 2012	111
4.4.12	Sortie LCH, 23 au 25 août 2012	112
4.4.13	Magistrale, EPFL, Lausanne - 6 octobre 2012	114
4.4.14	Délégation de spécialistes d'hydraulique et de dangers naturels, Lausanne, EPFL, LCH, 12 octobre 2012	115
4.4.15	Visite de 22 étudiants du Gymnase Im Lee de Winterthur, Lausanne, EPFL, LCH, 23 octobre 2012	115
4.4.16	Journée "Oser tous les métiers" à l'EPFL, 8 novembre 2012	116
4.4.17	Visite du service de l'urbanisme, de l'environnement et des travaux publics de la ville de Delémont, 9 novembre 2012	117
4.4.18	Visite des classe de 8ème OS math-physique du Collège de Moudon, Lausanne, EPFL, LCH, 6 décembre 2012	118
4.4.19	Souper de fin d'année du LCH, Broc, 14 décembre 2012	120
<b>5</b>	<b>Participation aux commissions, associations professionnelles et académiques / <i>Participation in commissions, professional and academic associations</i></b>	<b>121</b>
<b>6</b>	<b>Conférences données par les collaborateurs du LCH / <i>Conferences presented by LCH staff</i></b>	<b>123</b>
6.1	Invités / <i>Invited</i>	123
6.2	Autres conférences / <i>Other conferences</i>	124
<b>7</b>	<b>Participation aux congrès et visite des instituts de recherche / <i>Participation in congresses and visits of research institutes</i></b>	<b>126</b>



<b>8</b>	<b>Participation au jury de thèses de doctorat / <i>Participation in doctoral thesis jury</i></b>	<b>128</b>
<b>9</b>	<b>Participation à des comités de lecteurs et jury de fonds de recherche / <i>Participation in review committees of journals and research funds</i></b>	<b>129</b>
<b>10</b>	<b>Publications</b>	<b>130</b>
10.1	Journaux scientifiques / <i>Scientific journals</i>	130
10.1.1	Référés / <i>Referred</i>	130
10.1.2	Autres / <i>Others</i>	131
10.2	Comptes rendus des congrès / <i>Proceedings of congresses</i>	132
10.2.1	Référés / <i>Referred</i>	132
10.2.2	Autres / <i>Others</i>	135
10.3	Revue de presse / <i>Press reviews</i>	136
10.4	Communications du LCH / <i>LCH Communications</i>	137
10.5	Rapports non publiés (recherche appliquée) / <i>Unpublished reports (applied research)</i>	138
<b>11</b>	<b>Prix et récompenses dans la recherche / <i>Research prizes and awards</i></b>	<b>139</b>



# 1 Recherche / Research

## 1.1 Recherche fondamentale / *Fundamental research*

### 1.1.1 **L'exploitation des aménagements hydroélectriques complexes et son impact sur le régime d'écoulement du cours d'eau aval / *Operation of complex hydropower schemes and its impact on the flow regime in the downstream river system under changing scenarios***

L'hydraulique est toujours la source d'énergie renouvelable la plus importante mondialement. Plus de 40% de l'hydroélectricité européenne provient des pays alpins. Les aménagements d'accumulation à haute chute contribuent significativement à la production d'énergie de pointe et à la régulation des réseaux électriques. Dans l'avenir, l'exploitation hydroélectrique sera confrontée à plusieurs défis relatifs d'une part à l'impact du changement climatique sur la disponibilité des ressources en eau et d'autre part aux contraintes économiques imposées par l'évolution des circonstances légales, politiques et commerciales.

La production hydroélectrique conduit à une restitution non-stationnaire de l'eau dans la rivière aval. Le marnage est la source majeure de la dégradation du régime d'écoulement et par conséquent de l'écosystème fluvial. Même si son effet sur les paramètres biologiques n'est que partiellement compris, la loi prescrit son atténuation.

Dans ce projet de recherche, une nouvelle approche intégrative de modélisation et d'évaluation de l'impact des aménagements hydroélectriques complexes sur le cours d'eau aval est développée. La méthode de diagnostic et intervention contient (1) un modèle hydrologique pour une évaluation des bassins versants glaciaires alpins à long terme, (2) un outil de gestion de l'exploitation des aménagements d'accumulation à haute chute, (3) la définition du régime d'écoulement et les coûts des mesures d'atténuation du marnage et (4) un modèle d'habitat pour des morphologies spécifiques et une espèce indicateur.

*Hydropower is the world's most important renewable electricity source. More than 40% of European hydroelectric energy is produced in Alpine countries. High-head storage hydropower plants (HPP) contribute significantly to peak energy production as well as electricity grid regulation. Future plant management is faced with several challenges concerning modified availability of water resources due to climate change as well as new economic constraints associated with legal, political and electricity market issues.*

*HPP operation results in unsteady water release to the downstream river system. Hydropeaking is the primary factor of flow regime alteration, impacting the river ecosystem. Even when the biological response to hydropeaking is not fully understood, the recently adapted law on water protection prescribes its mitigation in Switzerland.*

*In this research project, a novel integrative approach to model and assess the impact of the operation of a complex hydropower scheme on the downstream river system is developed. It contains (1) a precipitation-runoff model extended for long-term simulations of glacierized Alpine catchment areas, (2) an operation tool for high-head storage HPP, (3) flow regime generation with cost estimation of hydropeaking mitigation measures and (4) a habitat model of reference river morphologies for a target species.*

L'Aar supérieur (ou Hasliaare) en Suisse (Figure 1) est un cours d'eau alpin soumis au marnage d'un complexe hydroélectrique composé de plusieurs retenues et centrales de production. Depuis les années 1930, le transfert d'eau estivale en hiver ainsi que l'amplitude et la fréquence des fluctuations journalières de débit ont considérablement augmenté. En outre, la morphologie naturelle en tresses présentant une multitude de mesohabitats a été transformée en canal rectiligne dans la vallée. Malgré la forte réduction de la biodiversité et biomasse des faune et flore aquatiques, le potentiel de redéveloppement a été jugé comme étant toujours existant. Des discussions concernant une réhabilitation au niveau morphologique et hydraulique sont en cours. Le bassin versant de l'Aar supérieur est donc un cas d'étude approprié pour l'analyse de l'interaction entre les paramètres climatiques, hydrologiques, hydrauliques, économiques et écologiques.

The upper Aare River (Hasliaare) in Switzerland (Figure 1) is an Alpine stream, affected by hydropеaking from a complex hydropower scheme with several storage volumes and power houses. Since the 1930s, seasonal water transfer from summer to winter and the amplitude and frequency of daily peak discharge have been continuously increased. Furthermore, the dynamic braided river network with various mesohabitats gave way to a mainly monotonous channel. Although diversity of species and biomass of aquatic biota have drastically decreased, the potential of redevelopment remains. Investigations to improve the river morphology and the flow regime are under discussion. The upper Aare River catchment is therefore an appropriate case study for analysis of the interactions between climatic, hydrological, hydraulic, economic as well as ecological parameters.

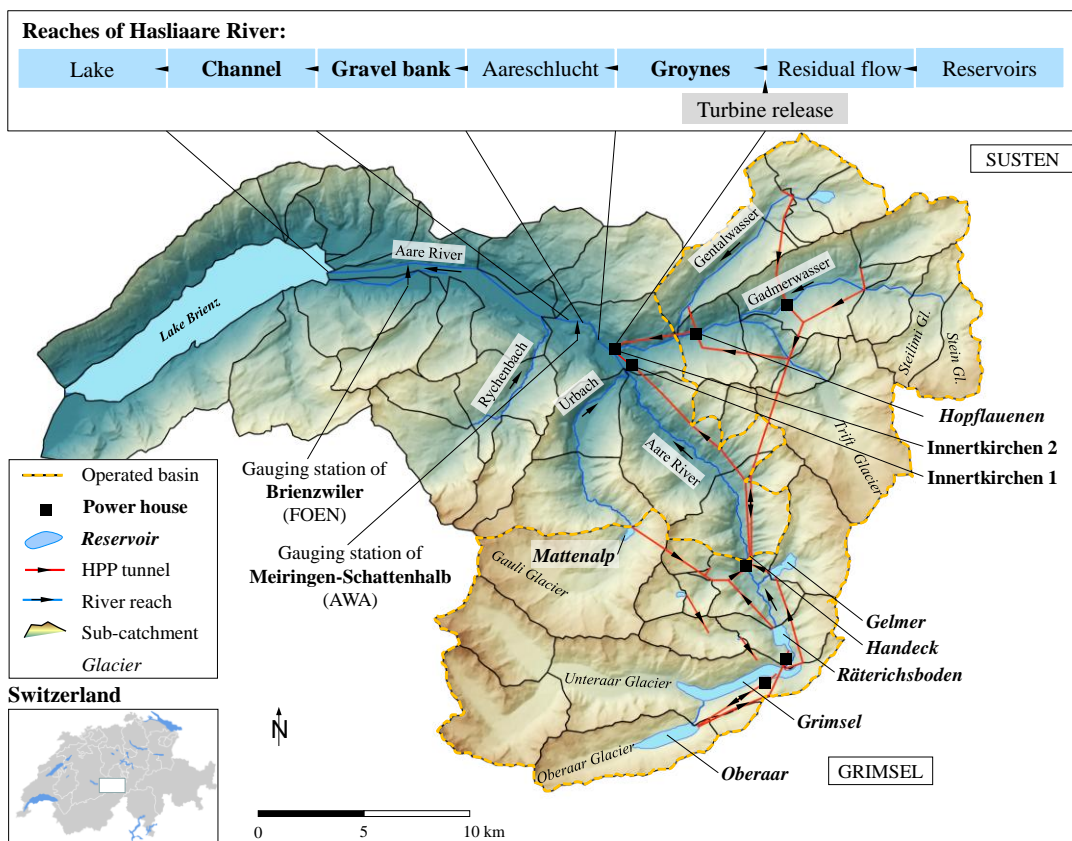


Figure 1 : Bassin versant de l'Aar supérieur à l'amont du Lac de Brienz montrant le réseau des cours d'eau, l'aménagement hydroélectrique (réservoirs principaux et centrales), les glaciers, les sous-bassins principaux et les deux stations de mesure de débit.

Figure 1 : Catchment area of the upper Aare River upstream of Lake Brienz with the river network, the operated river basin with the hydropower scheme (main reservoirs and power houses), glaciers, main sub-catchment areas and the two river gauging stations.

La simulation de l'apport en eau des bassins versants est essentielle pour une gestion optimale des forces hydrauliques en conditions normales, mais également en cas de crues. L'approche conceptuelle semi-distribuée de *Routing System* contient un modèle de transformation précipitations-apports constitué de différents réservoirs d'eau (GSM-SOCONT). Une distribution spatiale des précipitations et de la température est prise en compte pour la simulation des processus hydrologiques prédominants, comme la constitution de la couche de neige, la fonte de neige et de glace, l'infiltration et le ruissellement. Le développement, le calage ainsi que l'application du modèle sont discutés pour la crue de 2005, où l'effet de rétention de l'aménagement est étudié, et pour des estimations d'apports à long terme. Les scénarios de changement climatique sont basés sur une période de référence et tiennent compte des variations intra- et interannuelles de température et de précipitations. Les apports journaliers sont simulés par une mise à jour horaire des paramètres météorologiques, glaciologiques et hydrologiques. Sans réduction des émissions en CO<sub>2</sub>, une disparition de la quasi-totalité de la masse glaciaire est prévue pour la fin du 21<sup>ème</sup> siècle. Par conséquent, l'absence de la fonte de glace en été et la fonte de neige survenant plus tôt au printemps modifierait le régime de glacio-nival à nival.

Une approche heuristique implantée dans le logiciel *Routing System* permet la simulation du mode d'exploitation des aménagements hydroélectriques complexes. Dans le cas d'étude du bassin versant de l'Aar supérieur, et malgré la complexité du système, l'influence du climat, l'effet de la libéralisation du marché de l'électricité, les extensions de l'aménagement ainsi que les contraintes environnementales sont simulés et évalués. Au niveau économique, une augmentation de la flexibilité opérationnelle induite par des nouvelles capacités de (pompage-) turbinage permet de compenser la réduction des apports futurs, en particulier en cas d'une variabilité croissante du prix de l'électricité. Ces renforcements peuvent être combinés avec des restrictions sur les paliers écologiquement sensibles afin de restaurer le régime d'écoulement naturel.

*The simulation of runoff in Alpine catchment areas is essential for optimal hydropower exploitation under normal flow conditions, but also for the analysis of flood events. The semi-distributed conceptual modeling approach Routing System contains a reservoir-based precipitation-runoff transformation model (GSM-SOCONT), extended by dynamic glacier simulation tool. Spatial precipitation and temperature distributions are taken into account for simulating the relevant hydrological processes, such as glacier melt, snowpack constitution and melt, soil infiltration and runoff. The model development, calibration and validation are illustrated for the 2005 flood event, where the flood reduction capacity of the HPP is discussed, as well as future long-term runoff estimations. Climate change scenarios, based on a reference climate period, take into account intra-annual temperature and precipitation variations as well as their long-term tendencies. Runoff series of daily resolution are produced by hourly updating of the meteorological, glaciological and hydrological parameters. An almost complete de-glacierization of the upper Aare River basin is simulated for the late 21<sup>st</sup> century. The resulting reduction of glacier melt in summer and earlier snowmelt in spring change the runoff regime from glacio-nival to nival.*

*The implemented heuristic hydropower modeling tool in Routing System allows simulation of the operating mode of complex HPP. Within the case study of the upper Aare River catchment and despite the complexity of the HPP network, the influence of climate change, electricity market issues, plant enhancements as well as hydropeaking constraints is simulated and assessed. Despite the reduction of future runoff, increased flexibility due to new turbine and pumped-storage capacities allows compensation, especially in the case of volatile electricity prices, and could even partially restore the natural flow regime.*

Plusieurs mesures opérationnelles et constructives ayant pour objectif de réduire le marnage sont implantées dans le modèle. Les régimes d'écoulement résultant et leurs coûts sont définis. Des contraintes au niveau de la gestion de l'aménagement, comme la réduction de la capacité de turbinage, l'augmentation du débit résiduel ou la limitation du ratio entre les débits minimum et maximum, imposent un coût relativement important en comparaison avec l'efficacité écologique de la mesure. Un meilleur résultat au niveau écologique et économique est atteint pour des mesures constructives, comme une galerie de déviation ou un bassin de compensation à l'aval des turbines. L'eau est temporairement retenue pour être ensuite restituée, atténuant ainsi les pointes.

Le régime d'écoulement est évalué pour un modèle d'habitat spécifique pour les morphologies représentatives et trois périodes de vie de la truite (*Salmo trutta fario*), basé sur des études *in situ* réalisées dans le cadre d'un projet de recherche mené par l'EAWAG. Les indicateurs stationnaires et dynamiques quantifient la préférence d'habitat. Ils permettent une analyse coûts-avantages des mesures d'atténuation du marnage prévues. Pour le cas de l'Aar, ces indices montrent que la réhabilitation du régime d'eau doit être combinée avec une amélioration de l'état morphologique du cours d'eau pour augmenter la qualité des habitats piscicoles.

L'approche développée est utile pour l'extension des aménagements d'accumulation à haute chute ayant pour objectif une atténuation du régime d'écoulement altéré d'un cours d'eau. Malgré plusieurs sources d'incertitudes, elle permet aux opérateurs, autorités et chercheurs de définir l'impact écologique de l'exploitation, nécessaire à l'évaluation multi-objectif des interventions, et donc de traiter le marnage d'une manière directe et efficace.

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 publics.

Thèse de doctorat : Martin P. Bieri

*Several operational and construction measures to reduce hydropеaking are implemented in the model. Resulting flow regimes as well as the related costs are defined. Operational constraints, such as limitation of turbine discharge, increase of residual flow or limited drawdown range, generate relatively high costs compared to their environmental effectiveness. Better ecological and economic response is achieved by construction measures, such as flow deviation systems or compensation basins installed downstream of the power house outflow where the water is temporarily stored and then released to the river by a guided system.*

*The simulated flow regimes are rated by a river specific habitat model for representative morphologies and three life stages of the target species brown trout (*Salmo trutta fario*). This is based on results from a 2D hydrodynamic model and *in situ* investigations undertaken in the framework of a joint project of EAWAG. Steady and dynamic indicators quantify fish habitat suitability and allow comparison through economic indices of the implemented mitigation measures. For the Hasliare River, investments for mitigation of hydropеaking are only justified by morphological improvements.*

*The developed approach is useful for the enhancement of complex storage hydropower schemes regarding mitigation of altered flow regimes. Despite several uncertainties, it allows operators, authorities and researchers to define and rate the impact of HPP operation on the river network, to ecologically and economically assess mitigation measures and thus to address hydropеaking in a straightforward manner.*

*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. thesis : Martin P. Bieri*

## 1.1.2 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*

La sédimentation des réservoirs et les pertes de capacité qui en résultent affectent l'efficacité, la durée de vie et la sécurité des aménagements hydroélectriques. Comme tous les aménagements traditionnels d'accumulation, les aménagements de pompage-turbinage sont concernés. Par un turbinage et pompage flexible entre deux réservoirs, ces derniers permettent de produire de l'énergie ou de l'absorber, selon les besoins. Ainsi, ils jouent un rôle clé dans la régulation des réseaux et dans l'approvisionnement en énergie de pointe. Les réservoirs de ces aménagements sont soumis à des séquences de pompage-turbinage dynamiques, dont l'influence sur les processus de sédimentation est relativement peu connue.

L'objectif de la présente recherche est d'étudier une nouvelle méthode contribuant à l'évacuation des sédiments fins des réservoirs des aménagements de pompage-turbinage, en gardant les particules fines en suspension par des séquences de pompage-turbinage quand elles arrivent dans le réservoir et plus précisément devant la prise d'eau. Ainsi, leur dépôt pourrait être retardé et permettrait leur évacuation par les turbines ou éventuellement par des systèmes de vidange ou de purge. L'effet des cycles de pompage-turbinage sur les conditions d'écoulement et le comportement des sédiments fins a donc été étudié par des mesures sur prototype et des essais en laboratoire. Les deux méthodologies ont été complétées par des simulations numériques.

Le réservoir inférieur d'un aménagement de pompage-turbinage des Alpes Suisses a été équipé de plusieurs Acoustic Doppler Current Profilers (ADCP) afin de mesurer des profils de vitesses d'écoulement 2D devant la prise d'eau pendant plusieurs semaines. Les résultats montrent que le soutirage d'eau n'affecte que le champ très proche de la prise. En revanche, pendant les opérations de turbinage, des recirculations à grande échelle sont provoquées par le débit entrant dans le lac. Sous l'influence de la topographie, des écoulements de retour se créent en direction de la prise. Une analyse fréquentielle des séries temporelles de débit et de vitesse révèle que la période prédominante des

*Reservoir sedimentation and the resulting storage losses impact efficiency, safety and thus the sustainability of hydropower schemes. Beside traditional storage hydropower plants, also pumped-storage facilities are affected. Flexible turbine and pump operations between two reservoirs allow demand-dependent electricity production and absorption. Thus, they play a dominant role in peak load energy production as well as grid regulation. The storage volumes are influenced by continuous in- and outflow cycles. Their impact on sediment settling processes has not been addressed in research yet.*

*Inspired by the cyclic, bidirectional water exchange of pumped-storage plants, a novel method for sediment removal from reservoirs was investigated in the present study. After high sediment yield into the reservoir, fine sediment should remain in suspension in front of the water intake due to the pumped-storage induced turbulence. Thus, the settling process may be delayed and sediment be evacuated by the power or flushing tunnels. In prototype measurements and laboratory experiments the influence of pumped-storage operations on flow patterns as well as the settling rates and sediment balance in two interconnected reservoirs has been studied. The two approaches were completed by numerical simulations.*

*In the lower reservoir of a pumped-storage hydropower plant in the Swiss Alps, flow velocities in front of the intake/outlet were measured by Acoustic Doppler Current Profilers (ADCP). The devices with independent energy supply were implemented on the reservoir bottom and sampled 2D flow velocity profiles over several weeks. The measurements showed only local influence of pumping (outflowing water) near the intake, whereas turbine operations (inflowing water) induce large eddy flow fields in the reservoir. Depending on lake topography, patterns with backflow can appear. A frequency analysis of the discharge and flow velocity series indicated a corresponding main period between the flow*

vitesse enregistrées correspond à celle des cycles pompage-turbinage (pics principaux identiques dans la Figure 1a). Les champs d'écoulements calculés numériquement (ANSYS-CFD, (Figure 1b) confirment les tendances observées sur les mesures in-situ.

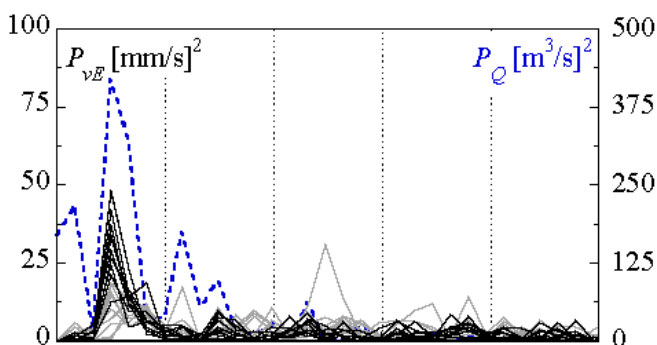


Figure 1 a) Fréquences prédominantes du signal de débit (bleu traitillé) et de la composante Est de vitesses au point de mesure P2 (noir et gris continu) et b) champ de vitesse calculé autour de la prise d'eau après 140 minutes de turbinage

La partie supérieure du puits blindé du même aménagement a été équipée d'un système de monitoring de turbidité qui a mesuré les concentrations sédimentaires des eaux pompées et turbinées en continu pendant huit mois. Les mesures montrent que pendant l'hiver, quand le niveau des lacs est haut et que les réservoirs sont couverts de glace, les concentrations sont plus faibles qu'au printemps, après la fonte des neiges et des niveaux des lacs abaissés pour des raisons d'exploitation. Des variations de concentrations jusqu'à 16% corrélées avec l'évolution temporelle des séquences de pompage-turbinage ont été observées principalement pendant des périodes de lac bas. Au cours de la période de mesure, plus de 45'000 t de sédiment fin ont été transportées entre les deux réservoirs. Cependant, le bilan sédimentaire dû à l'exploitation pompage-turbinage est équilibré, ce qui indique que les particules fines sont gardées en suspension par les écoulements induits par l'aménagement. Les séquences de pompage-turbinage ne sont susceptibles de contribuer activement à la sédimentation seulement quand un des deux réservoirs présente une concentration sédimentaire considérablement plus élevée que l'autre.

velocity profiles and the in- and outflow cycles of 1 day (Figure 1a). The ANSYS-CFD simulated flow fields corresponded to the in situ flow patterns (Figure 1b).

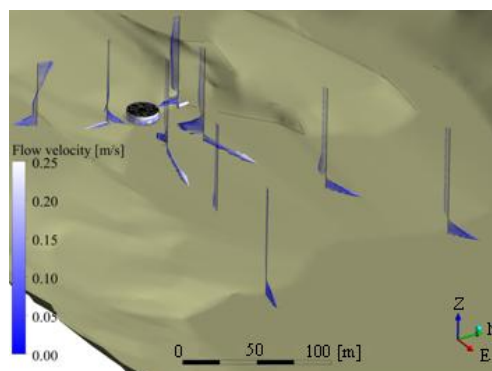


Figure 1 a) Power spectra for discharge (blue dashed) and east velocity components at sampling point P2 (dark and grey continuous) and b) computed flow pattern (ANSYS-CFD) around the intake/outlet structure after 140 minutes of turbine mode.

In the upstream part of the power shaft of the same hydropower scheme, a turbidity probe was installed for monitoring reasons. Over a period of eight months, sediment concentration of the operated water was continuously measured. An autonomous remote data acquisition and transfer system may be helpful for real-time monitoring by the hydropower operators. The measurements showed seasonal change of sediment concentration in the power system. In winter, high reservoir levels and ice-cover reduced sediment content, whereas in spring, snowmelt and low reservoir levels increased sediment yield. Short-term variations of sediment concentration up to 16% correlated with the in- and outflow cycles, especially for low reservoir filling. During the sampling period, about 45'000 t of fine sediment were moved between the two lakes. However, the sediment balance due to pumped-storage operation remained equilibrated. Fine sediment was kept in suspension in front of the intake/outlet structure by the operation induced flow patterns. Pumped-storage facilities would only increase sedimentation in case of unequal sediment concentrations in the two reservoirs.



Lors des essais en laboratoire, l'influence du débit et de la fréquence des cycles de pompage-turbinage sur les conditions d'écoulement et la sédimentation des particules fines a été étudiée. De l'eau chargée en sédiments a été pompée entre deux bassins rectangulaires (figure a). Des mesures continues de turbidité ont permis de suivre l'évolution des concentrations dans les deux bassins. De plus, le bassin principal a été équipé de sondes à Ultrason (UVP) afin d'enregistrer les champs d'écoulement 2D et d'analyser la trajectoire du jet entrant. Des analyses préliminaires en modèle numérique ont permis de déterminer le temps nécessaire pour développer des conditions d'écoulement stationnaires dans le bassin. Ce temps dépend du débit et a permis de fixer la fréquence de base des cycles de pompage-turbinage. La courbe de sédimentation des particules utilisées a été établie lors d'un essai de référence en eau calme et a servi par la suite de référence pour la comparaison des différentes configurations testées.

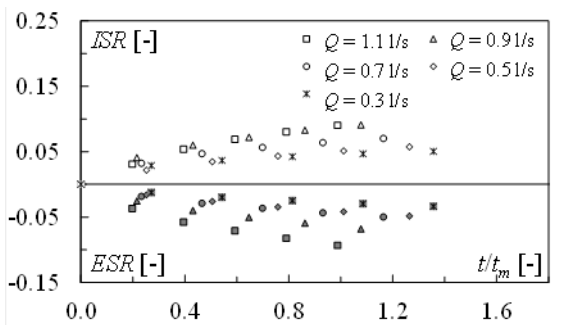
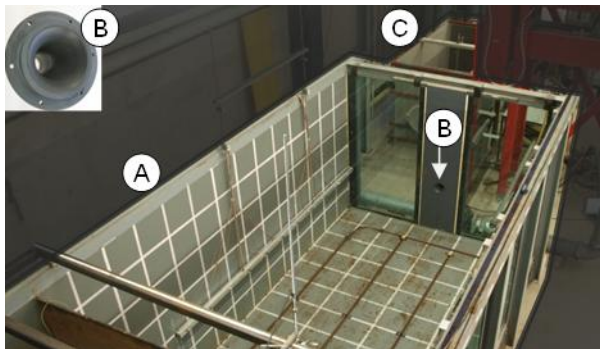


Figure 2 a) Photo de l'installation expérimentale, avec le bassin principal (A), la prise d'eau (B) et le bassin secondaire (C), b) influx et évacués sédiment rates ISR et ESR en fonction du temps adimensionnel  $t/t_m$  pour différents magnitudes de débit  $Q$ , et c) suspended sediment ratio SSR, augmentation adimensionnelle  $INC_{SSR}$  et le débit  $Q$  en fonction du temps adimensionnel  $t/t_m$

The impact of magnitude and frequency of the in- and outflow cycles on flow field and fine sediment settling behavior was studied in laboratory experiments. Between two interconnected rectangular basins (figure a), sediment-laden water was pumped back and forth according to regular in- and outflow cycles. In both volumes, turbidity was continuously measured. In the main basin, Ultrasonic Velocity Profilers (UVP) allowed 2D flow velocity measurements and the analysis of the developing inflowing jet. In a numerical model, time for achieving steady state conditions in the reservoir was defined. This discharge dependent duration indicated the frequency of the initial in- and outflow cycles. A reference test in stagnant water conditions defined the sediment settling curve without operation, corresponding to a basis of comparison for the investigated test configurations.

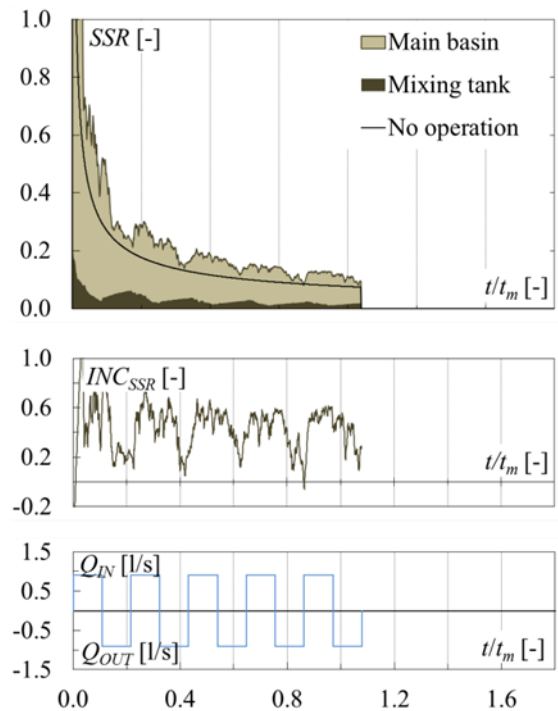


Figure 23 a) Photo of the laboratory set-up with the main basin (A), the intake/outlet (B) and the mixing tank (C), b) influx and evacuated sediment rates ISR and ESR as a function of dimensionless time  $t/t_m$  for different cycle magnitudes  $Q$ , and c) suspended sediment ratio SSR, dimensionless increase  $INC_{SSR}$  and discharge  $Q$  as a function of dimensionless time  $t/t_m$

Pendant cinq cycles de pompage-turbinage à débits et fréquences variés de manière systématique, l'évolution temporelle du taux de sédiments en suspension (Suspended Sediment Ratio SSR) a été mesurée et comparée à l'essai de référence. La quantité en sédiments entrant et sortant (Influx Sediment Rate ISR et Evacuated Sediment Rate ESR) et donc le bilan sédimentaire (SB) du système a pu être calculé. Pendant une première phase de sédimentation, environ 60% des sédiments sont décantés indépendamment de la magnitude et de la fréquence des cycles pompage-turbinage. Néanmoins, une exploitation à haute fréquence de pompage-turbinage dans cette phase permet de créer des conditions initiales favorables pour un taux de sédiments en suspension élevé. Des débits faibles conduisent à des taux entre 10 et 40% plus élevés que dans une situation sans exploitation. Avec des débits élevés, des taux entre 50 et 80% sont atteints, en fonction de la fréquence des cycles (Figure 2b). Une prise d'eau plus proche du fond du bassin ou de la surface libre permet d'augmenter le taux de sédiments en suspension de 20% par rapport à la configuration d'une prise au centre du bassin. Le bilan sédimentaire du système n'est que marginalement influencé par les séquences de pompage-turbinage.

Les mesures sur prototype et en laboratoire ont montré que les séquences de pompage-turbinage affectent les conditions d'écoulement dans un réservoir, particulièrement pendant les périodes d'eau entrante. La turbulence provoquée permet de garder en suspension les sédiments fins, ce qui conduit à des masses considérables transportés dans le système. Globalement, le bilan sédimentaire reste équilibré tant que les deux réservoirs présentent des concentrations similaires.

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

Avec le soutien de Kraftwerke Oberhasli AG (KWO)  
Thèse de doctorat : Michael Müller

*During five in- and outflow cycles of various magnitude and frequency, the evolution of suspended sediment ratio SSR was measured and compared to the reference case. Sediment influx and release (influx sediment rate ISR and evacuated sediment rate ESR) and thus the sediment balance SB of the system could be defined. In a first stage, 60% of the initially suspended sediment settled independently from magnitude of the in- and outflow cycles. High cycle frequency applied during this phase led to considerably higher SSR by the end of the test sequence. Low discharges increased particle suspension by 10 to 40% compared to conditions without operation, whereas high discharges increased concentration by 50 to 80%, depending on cycle frequency (Figure 2b). With an intake/outlet structure close to the bottom or to the reservoir surface, 20% higher sediment concentrations could be achieved than in case of intermediate position. Sediment balances is only marginally impacted by in- and outflow cycles.*

*In situ as well as laboratory investigations highlight the fact that pumped-storage operations influence the flow patterns in reservoirs, especially in the near intake area. The induced turbulence keeps fine sediment in suspension, leading to an extensive sediment exchange between the storage volumes. The sediment balance remains unaffected, as long as the sediment concentrations in the reservoirs are similar.*

*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. thesis : Michael Müller*

### 1.1.3 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 écoulements dans les canaux courbes sont caractérisés par de fortes interactions entre l'écoulement longitudinal, le courant secondaire induit par la courbure et la topographie, générant la morphologie typique observée dans les courbes.

Cette morphologie particulière peut avoir des impacts défavorables tels un risque d'érosion accru près de la rive extérieure et une réduction de la largeur navigable. Plusieurs techniques existent pour diminuer ces effets négatifs, tels les vannes de fond ou les épis, mais elles ont l'inconvénient d'être des constructions fixes qui peuvent représenter une menace potentielle pour la navigation.

L'objectif de la présente recherche est d'étudier une technique innovante qui consiste à manipuler indirectement la morphologie en modifiant les champs de vitesses. Un écran de bulles, généré par un tube poreux situé sur le lit près de la rive extérieure, peut produire un courant secondaire additionnel avec un sens de rotation opposé au courant secondaire induit par la courbure. Ce courant secondaire induit par les bulles est capable de redistribuer les vitesses et par conséquent de modifier la morphologie du lit (Figure 1).

*Open-channel bend flows are characterized by strong interactions between the streamwise flow, the curvature-induced secondary flow and the bed morphology, resulting in the development of a typical bar-pool bed topography.*

*This particular morphology leads to adverse impacts, such as increased risk of erosion at the outer bank or reduced navigable width. Several techniques exist to reduce these adverse impacts, such as bottom vanes, fixed layers or submerged groynes, but they have the disadvantages of being fixed constructions on the bed that represent a possible threat for navigation.*

*The goal of this research project is to investigate an innovative technique that consists in indirectly manipulating the morphology by provoking changes in the flow patterns. A bubble screen, originating from a porous tube located on the bed near the outer bank, can generate an additional secondary flow with a sense of rotation opposite to the curvature-induced secondary flow. This bubble-induced secondary flow is able to redistribute the velocities and consequently to modify the bed morphology (Figure 1).*

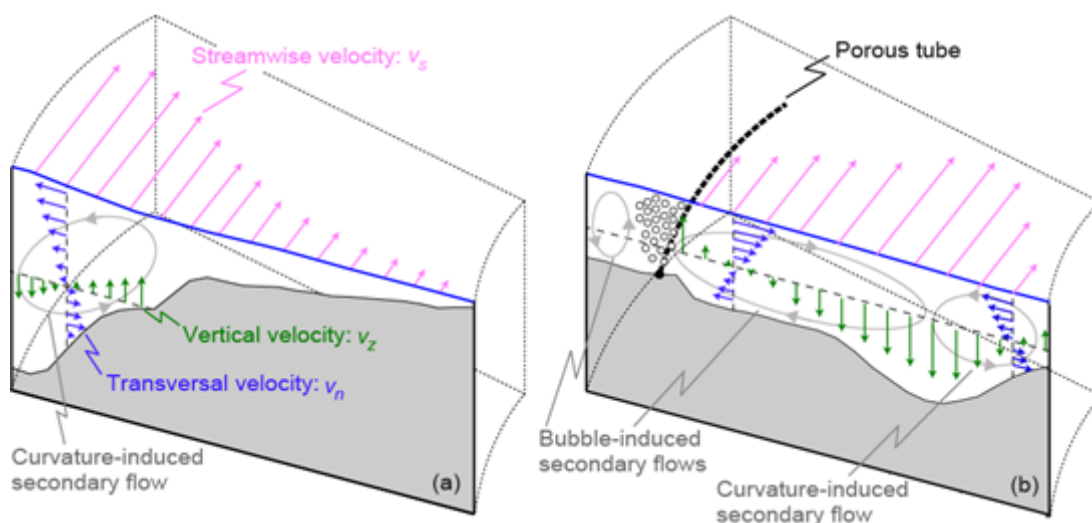


Figure 1 : Schéma conceptuel de l'écoulement en courbe et de la forme du fond (a) pour un cas de référence sans l'écran de bulles et (b) pour le cas avec l'écran de bulles

Figure 1 : Conceptual sketch of bend flow and bottom shape in (a) a reference case without the bubble screen and (b) a case using the bubble screen

Contrairement à des techniques "lourdes", les écrans de bulles ont l'avantage d'être contrôlables, écologiques (oxygénation), réversibles et non-permanents. Ils sont déjà utilisés dans une large gamme d'application, comme l'aération et la destratification des lacs et des réservoirs.

L'objectif de cette recherche est d'étudier comment la morphodynamique des rivières, et plus particulièrement celle des canaux courbes à surface libre, peut être influencée au moyen d'un écran de bulles. Les résultats sont obtenus par des expériences réalisées en laboratoire dans un canal fortement incurvé à l'EPFL sur fond mobile, en augmentant progressivement le degré de complexité (Figure 2).

Contrary to "hard" engineering techniques, bubble screen has the advantage of being controllable, ecological (oxygenation), reversible and non-permanent. It has already been used in a wide range of applications, such as aeration and destratification of lakes and reservoirs.

The objective of the present research project is to investigate how river morphodynamics can be influenced by means of a bubble screen. Special attention is given to the applicability of the bubble screen technique in open-channel bends. Results are obtained by means of several laboratory experiments performed in a sharply curved flume at EPFL on a mobile bed, following a stepwise approach with increasing degree of complexity (Figure 2).

### Laboratory experiments

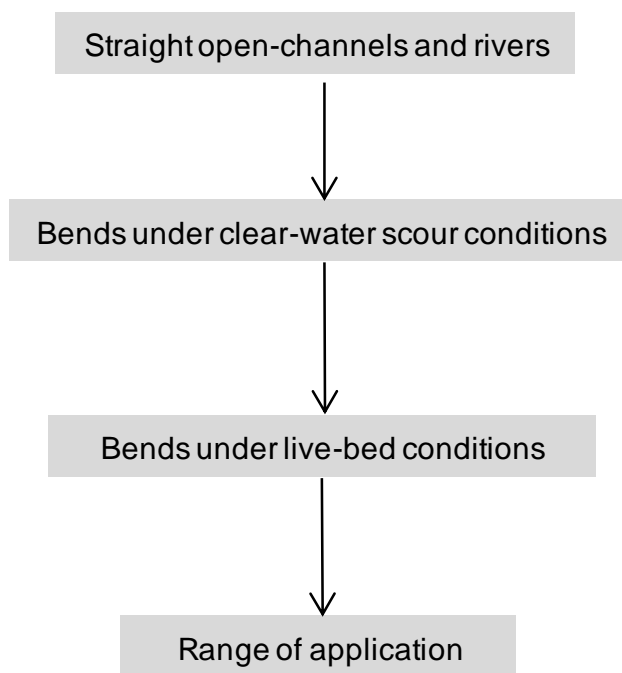
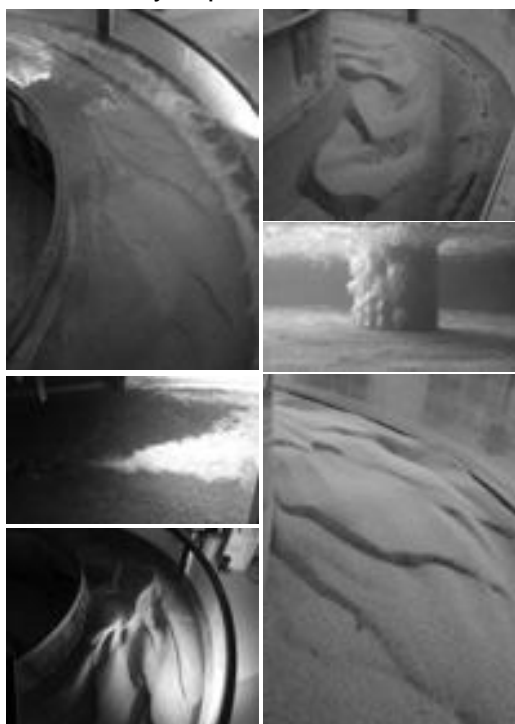


Figure 2 : Recherche expérimentale et structure du projet de recherche.

Figure 2 : *Experimental investigation and structure of the research project.*

Les expériences réalisées dans la partie rectiligne du canal ont montré que le courant secondaire induit par les bulles redistribue la vitesse longitudinale, modifiant par conséquent la morphologie du lit. La force et la longueur du courant secondaire est indépendante de la vitesse de l'écoulement principal et augmente avec la hauteur d'eau. Cette cellule secondaire couvre 3 (fond fixe) à 7 (fond mobile) fois la

*Straight flow experiments showed that the bubble-induced secondary flow redistributes the longitudinal velocity, which causes also morphological redistribution. The strength and size of the bubble-induced secondary flow were independent of the base flow velocity and increased with the water depth. The size of the secondary flow cell ranged from 3 (immobile bed) to 7 (mobile bed) times the*

hauteur d'eau. Des longueurs similaires ont été reportées dans la littérature pour des hauteurs d'eau comprises entre 0.1 et 5 m, indiquant que les expériences en laboratoire sont pertinentes pour une application dans les rivières naturelles et les canaux à surface libre. Une interaction a également été observée entre l'écran de bulle, le courant secondaire induit par les bulles et la morphologie. Ce comportement hydro-morphologique explique que la longueur et la force du courant secondaire soient plus importantes sur un fond mobile que sur un fond fixe.

Les expériences réalisées dans un canal courbe sans apport sédimentaire, ont montré que le courant secondaire induit par les bulles repousse le courant secondaire induit par la courbure vers la rive intérieure et réduit sa force. L'écran de bulle réduit considérablement les gradients morphologiques (Figures 3a et 3b). L'érosion maximale est diminuée de moitié et est éloignée de la rive extérieure où elle n'affecte plus la stabilité de la rive.

water depth. Similar sizes of bubble-induced secondary flow cells have been reported in literature for water depths ranging from 0.1 to 5 m, indicating that the laboratory experiments are relevant for natural rivers and open-channels. A mutually strengthening interplay occurred between the bubble screen, the bubble-induced secondary flow and the morphology. This coupled hydraulic-morphologic behavior explains the larger size and strength of the secondary flow over a mobile bed than over an immobile bed.

Experiments performed in the curved channel under clear-water scour conditions show that the bubble-induced secondary flow shifts the curvature-induced secondary flow in inwards direction and reduces its strength. The bubble screen considerably reduces morphological gradients (Figures 3a and 3b). Maximum bend scour is reduced by about 50% and occurs further away from the outer bank where it does not endanger the bank stability.

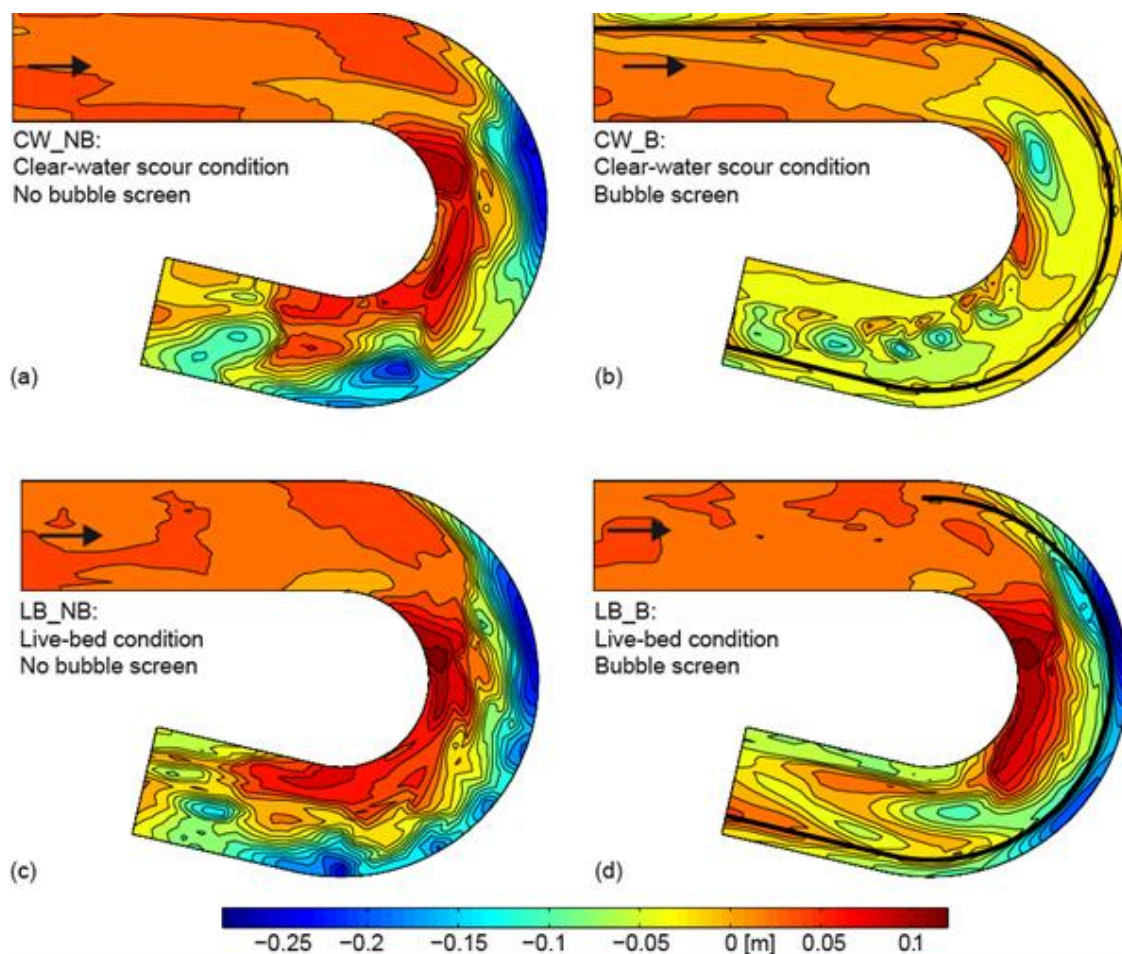


Figure 3 : Topographies finales avec un intervalle de 0.02 m obtenues par altimétrie laser pour les expériences CW\_NB (a), CW\_B (b), LB\_NB (c) et LB\_B (d). La même échelle de couleur est utilisée pour simplifier la comparaison.

Figure 3 : Final bed topography with an interval of 0.02 m derived from laser altimetry measurements for the CW\_NB (a), CW\_B (b), LB\_NB (c) and LB\_B (d) experiments. The same color scale has been used to simplify comparison.

L'érosion maximale est observée à la jonction des deux courants secondaires induits par les bulles et par la courbure. Les vitesses longitudinales et verticales maximales sont observées au même endroit, montrant leur importance quant à la formation de l'érosion locale. L'écran de bulle réduit également de manière significative la déposition près de la rive intérieure.

Les expériences réalisées avec transport sédimentaire et une alimentation constante en sédiments montrent que l'efficacité de l'écran de bulles à modifier l'écoulement et la morphologie n'est pas uniforme sur l'ensemble du canal (Figures 3c et 3d). Dans la partie amont de la courbe, le courant secondaire induit par la courbure est trop puissant pour être influencé par le courant secondaire induit par les bulles. Cependant, dans la partie aval de la courbe, le courant secondaire induit par la courbure étant plus faible, le courant secondaire induit par les bulles est capable de modifier l'écoulement et de déplacer l'affouillement vers le milieu du canal.

Les différents résultats expérimentaux obtenus ont permis d'établir une gamme d'application de la technique de l'écran de bulles en considérant l'impact de la courbure du canal et de la force de l'écoulement principal.

Les résultats expérimentaux montrent que l'écran de bulles a la capacité de modifier la morphologie des rivières peu profondes et des canaux à surface libre.

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

Doctorante : Violaine Dugué

*The location of maximum scour coincides with the junction of curvature-induced and bubble-induced secondary flows. At this location, the maximum streamwise velocities and maximum vertical velocities impinging on the bed also occur, which indicates their importance with respect to the formation of bend scour. The bubble screen also substantially reduces deposition at the inner bank.*

*Experiments performed under live-bed conditions with a constant sediment feeding show that the bubble screen efficiency is not uniform on the whole length of the flume (Figures 3c and 3d). In the upstream part of the bend, the strength of the curvature-induced secondary flow is too high to be influenced by the bubble-induced secondary flow. However, in the downstream part of the bend, as the curvature-induced secondary flow is weaker, the bubble-induced secondary flow is able to modify the flow patterns and to shift the scour location in the middle of the flume.*

*Based on the different types of experimental results, a range of applicability of the bubble screen technique was defined by considering the bend curvature and the base flow strength.*

*The experimental results demonstrate the potential of the bubble-screen as a technique to modify the morphology in a variety of applications in shallow rivers and open-channels.*

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

*Ph.D. Student : Violaine Dugué*

#### **1.1.4 Gestion des ressources en eau dans le bassin du Zambèze / Water resources management in the Zambezi River Basin**

L'objectif global du projet des barrages africains (African Dams Project ADAPT) est de renforcer la science interdisciplinaire de la gestion intégrée des ressources en eau (Integrated Water Resource Management IWRM).

L'étude se concentre sur le bassin du fleuve Zambèze, situé dans la partie Sud-Est du continent africain. Le Zambèze s'étend sur

*The overarching goal of the African Dams Project (ADAPT) is to strengthen the interdisciplinary science of integrated water resource management (IWRM).*

*The study focuses on the Zambezi River Basin, located in the South-East part of the African continent. The Zambezi River runs*

quelques 2600 km et relie huit pays africains (l'Angola, la Namibie, le Botswana, la Zambie, le Zimbabwe, le Malawi, la Tanzanie et le Mozambique) qui se partagent les différentes parties des 1,4 M km<sup>2</sup> de son immense bassin versant. La moyenne annuelle des chutes de pluie dans le bassin est approximativement de 1000 mm par an mais seulement environ 7% (70 mm par an) se déverse dans l'Océan indien. Le bassin s'étend entièrement sous les tropiques entre 10°Sud et 20°Sud englobant des régions humides, semi-arides et arides dominées par des régimes pluviométriques saisonniers liés à la zone de convergence intertropicale. Les précipitations varient considérablement d'année en année et se produisent presque exclusivement entre octobre et mars. L'utilisation actuelle des ressources en eau est principalement limitée à la production d'énergie hydraulique à travers une série de bassins de retenue. Basé sur les résultats de « l'analyse des opportunités d'investissement multisectoriel » menée par la Banque mondiale en 2010, l'impact du développement hydroélectrique sur la production d'énergie et l'écologie des plaines inondables sera évalué par l'analyse de scénarios.

Un modèle hydraulique-hydrologique a été construit en utilisant un logiciel open source (SWAT) après une évaluation approfondie des précipitations selon les relevés satellites pour les données de base (Cohen Liechti *et al.*, 2012). Toutes les données de base (modèle numérique d'élévation, cartes d'utilisation du sol, cartes des sols, températures et précipitations) sont disponibles gratuitement. Le code d'origine du logiciel a été modifié afin de tenir compte de l'influence des plaines inondables et des règles de fonctionnement des barrages. Les lacs et les plaines inondables sont modélisés en tant que réservoirs avec des paramètres spécifiques à chacun. Sur la base de la topographie, une zone de drainage minimum de 5000 km<sup>2</sup> a été définie pour la discrétisation du bassin versant résultant en environ 200 sous-bassins. Ensuite, les sous-bassins autour des lacs et des plaines inondables ont ensuite été affinés pour aboutir à un total de 405 sous-bassins (figure 1). La géomorphologie, le paramétrage et la superposition des flux des sols et du couvert végétal ont été effectués automatiquement dans l'interface. Les unités de réaction hydrologiques ont été délimitées en utilisant un seuil de 35% pour l'utilisation du terrain, la qualité du sol et la pente qui

*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 M 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. The basin lies fully within the tropics between 10°S and 20°S encompassing humid, semi-arid and arid regions dominated by seasonal rainfall patterns associated with the Inter-Tropical Convergence Zone. Rainfall varies considerably from year to year and occurs almost entirely between October and March. Current water use is mainly limited to hydropower production through a series of impoundments. Based on the results of the "Multi-sector investment opportunities analysis" conducted by the World Bank in 2010, the impact of hydropower development on the energy production and the ecology of the floodplain will be assessed by scenario analysis.*

*A hydraulic-hydrological model was build using an open source software (the Soil and Water Assessment Tool) after an extensive evaluation of satellite derived rainfall for input data [Cohen Liechti *et al.*, 2012]. All the input data (digital elevation model, land use map, soil map, temperature and precipitation) are freely available. The original code of the software has been modified in order to account for floodplains influence and to model hydropower operation rules. The lakes and the floodplains are implemented as reservoir with defined operation rules or calibrated parameters. Based on the topography, a minimum drainage area of 5000 km<sup>2</sup> was defined to discretize the watershed in about 200 sub-basins. The sub-basins around the lakes and floodplains were then refined resulting in a total of 405 sub-basins (figure 1). The geomorphology, stream parameterization and overlay of soil and land cover were automatically done within the interface. The Hydrological Response Units were delimited using a threshold of 35% for the land use, the soil and the slope resulting in a total of 778 units.*

donne un total de 778 unités.

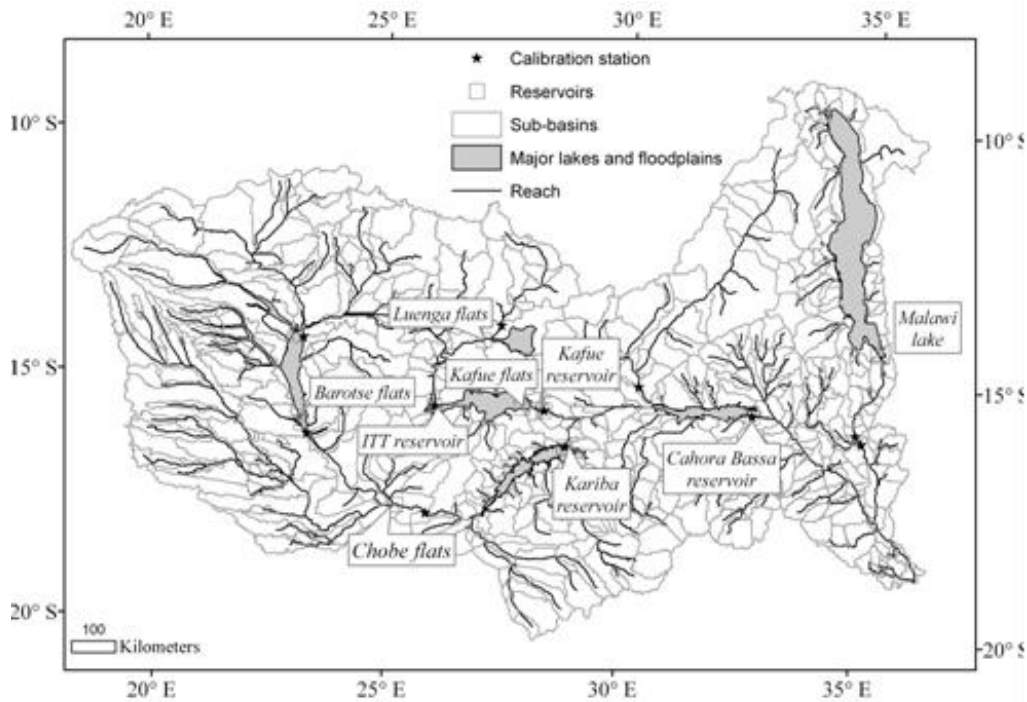


Figure1 : Tracé du sous bassin avec les réservoirs et les stations de calibration / validation

Figure 1 : Sub-basin delineation with the corresponding reach, the reservoirs and the calibration/validation stations

Les données souvent critiques pour la modélisation hydrologiques d'un grand bassin versant sont les séries historiques de débits observés qui permettent le calage et la validation du modèle. La base de données la plus complète disponible dans le bassin du Zambèze est gérée par le Centre de données de ruissellement global (Global Runoff Data Centre GRDC). Dans cette base de données, 67 stations avec des débits journaliers sont situées dans le bassin du Zambèze. En outre, le Département de l'eau de la Zambie (DWA) a fourni les données de 34 stations de débits.

A critical data set for the reliable hydrologic-hydraulic modeling of a large catchment is the time series of measured discharge which allows for the calibration and validation of the model. The most extensive available database containing historical discharge records in the Zambezi Basin is managed by the Global Runoff Data Centre (GRDC). In the global database, 67 daily stations located within the Zambezi basin are identified. In addition, the Department of Water Affairs of Zambia (DWA) provided a list of 34 stations with the associated discharge data over the Zambian part of the basin.

Cependant, la plupart de ces stations ne dispose pas de données pour la période d'intérêt. Le Zambèze River Authority (ZRA) qui gère le barrage de Kariba, la société zambienne électrique (ZESCO) qui exploite les barrages de Kafue Gorge et Itezhi Tezhi et "Hidroeléctrica de Cahora Bassa" (HCB) qui assure la gestion du barrage de Cahora Bassa, ont transmis certaines des informations enregistrées aux barrages, tels que les niveaux d'eau et les écoulements. Par conséquent, les volumes dans les réservoirs artificiels sont utilisés comme points de calage. Dans la figure 1, les points de calage sélectionnés après une évaluation de la qualité des données sont placés dans la carte. Une période de stabilisation de deux ans

However, most of the station does not have data for the period of interest. The Zambezi River Authority (ZRA), managing Kariba dam, the Zambian electrical company (ZESCO) operating Kafue Gorge and Itezhi Tezhi dams, and "Hidroeléctrica de Cahora Bassa" (HCB), managing Cahora Bassa dam, shared some of the information recorded at the dams, as the water levels and the outflows. Consequently, the volumes at the artificial reservoirs are used as calibration points. In the figure 1, the calibration stations chosen after an evaluation of the data quality are placed in the map.



(1996-1997) suivie d'une période de calage de six ans (1998 à 2003) et une période de validation de trois années (2004-2006) permet de caler le modèle. L'algorithme d'optimisation utilisé est un algorithme génétiquement adaptatif utilisant une méthode multi-objective (AMALGAM).

La fonction objective choisie est la somme des erreurs relatives sur les débits au niveau de chaque point de calage et sur le volume dans les barrages. Les résultats sont évalués en termes de coefficient de Nash-Sutcliffe et en bilan de volume pour le calage et la période de validation afin de sélectionner le meilleur ensemble de paramètres.

*A warm-up period of two years (1996-1997) followed by a calibration period of six years (1998 to 2003) and a validation period of three years (2004-2006) allows the calibration of the model. The optimization algorithm used is a multi-algorithm genetically adaptive multi-objective method (AMALGAM).*

*The objective function is the sum of relative errors on discharge at each discharge station and on volume at the dams. The results are evaluated in terms of Nash-Sutcliffe coefficient and volume ratio for the calibration and validation period in order to select the best parameter set.*



Figure 2 : Barrage de Cahora Bassa

*Figure 2 : Cahora Bassa dam*

Dans la dernière partie de l'étude, les nouveaux projets de barrage seront inclus dans le modèle et leur impact sur la production d'énergie et sur les flux hydrologiques seront quantifiés. Des scénarios de crues environnementales seront mis en œuvre comme des contraintes pour la gestion des centrales hydroélectriques et leurs effets sur la production seront évalués. Enfin, l'impact du changement climatique sera étudié.

Partenaires: Institut fédéral suisse des sciences aquatiques et de la technologie (EAWAG), Institut fédéral suisse de technologie de Zurich (ETH)

Financement: Centre de compétence Environnement et Durabilité (CCES)

Doctorante : Théodora Cohen Liechti

*In the last part of the study, the new dam projects will be included in the model and their impact on energy production and on flow will be quantified. Different scenarios of environmental flood will be implemented as constraints for operation of the hydropower plants. Finally, climate change impact will be evaluated.*

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

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

*Ph.D. student : Théodora Cohen Liechti*

### **1.1.5 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'acquies 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.

La présente recherche, 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.

*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.*

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

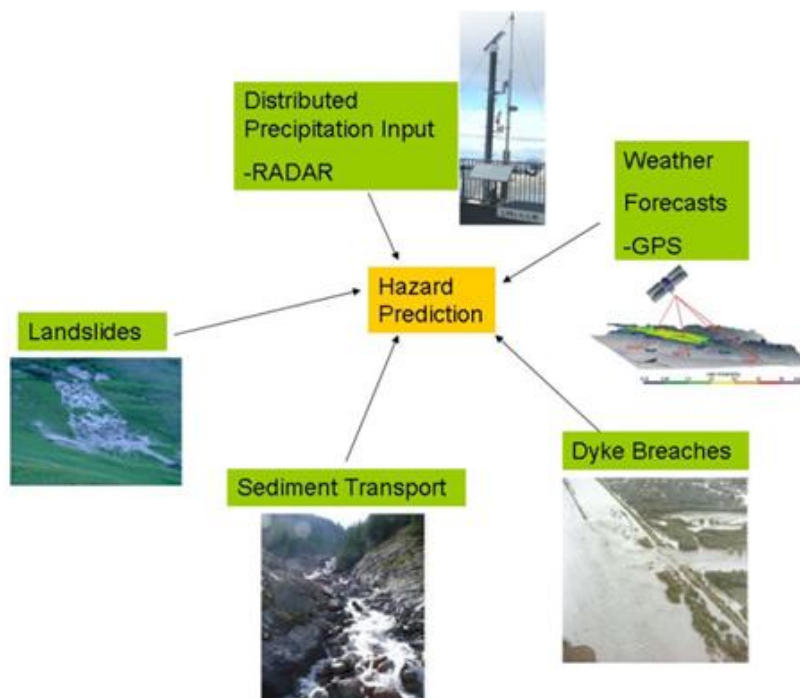


Figure 1 : Organisation du projet APUNCH

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.

Pendant l'année 2011-2012, des essais systématiques ont été exécutés au laboratoire, dans un canal à pente variable (pentes utilisées entre 6.7% et 13.1%) de 8 m de long et 0.25 m de large, afin d'analyser l'impact des gros blocs sur la capacité de charriage. Un total de 42 essais a été effectué avec succès.

L'influence de plusieurs paramètres tels que la pente  $S$  du canal, le diamètre des blocs  $D$ , la distance adimensionnelle entre les blocs  $\lambda/D$ , le débit solide  $q_s$  et le débit liquide  $q$  a été étudiée. La durée des tests varie entre 90 et 750 minutes. Des débits liquides et solides constants sont fournis au canal dans la section amont. Des blocs sont placés de manière aléatoire dans le canal afin d'établir leur impact sur la capacité de charriage.

Figure 1 : APUNCH project organisation

*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.*

*During the year 2011-2012, systematic laboratory experiments have been carried out in a 8 m long and 0.25 m wide tilting flume (slopes analyzed between 6.7% and 13.1%), in order to study the impact of large boulders on sediment transport capacity. A total of 42 tests with various boulders configurations have been carried out successfully.*

*The influence of several parameters such as the flume slope  $S$ , the boulder diameter  $D$ , the dimensionless distance between boulders  $\lambda/D$ , the solid discharge  $q_s$  and the liquid discharge  $q$  has been studied. Test durations varied between 90 and 750 minutes. Constant sediment and water discharge were supplied into the flume at the upstream section. Boulders were randomly placed in the flume in order to analyze their impact on sediment transport.*

Les essais ont été menés avec plusieurs diamètres de blocs ( $D=0.075-0.125$  m) et distances adimensionnelle entre eux ( $\lambda/D=2-5$ , où  $\lambda$  est la distance moyenne entre blocs). Le transport solide est mesuré à la sortie du canal toutes les minutes. La protrusion de plusieurs blocs est mesurée régulièrement pendant l'essai avec un limnimètre. La vitesse moyenne de l'écoulement ainsi que la vitesse de pointe sont mesurées toutes les 15 minutes au moyen d'injections d'encre et analyse de vidéos.

*Experiments included the test of various boulder diameters ( $D=0.075-0.125$  m) and dimensionless distances between them ( $\lambda/D=2-5$ , where  $\lambda$  is the average distance between boulders). Sediment transport is measured every minute at the outlet. The protrusion of several boulders is measured regularly with a point gauge during the experiment. Bulk mean flow velocities are measured every 15 minutes by means of ink injection and video analysis.*

Le débit liquide, constant pendant l'essai, est contrôlé par un débitmètre électromagnétique. La morphologie du lit et la protrusion du canal sont mesurées à la fin de l'essai. Des photographies permettent d'établir la granulométrie de surface du lit finale. L'installation d'essai est présentée dans la Figure 2.

*Water discharge, kept constant, is controlled by an electromagnetic flow meter. Bed and boulder profile is measured at the end of the experiments. A set of pictures is taken in order to calculate the final surface grain size distribution. The experimental facility is presented in Figure 2.*

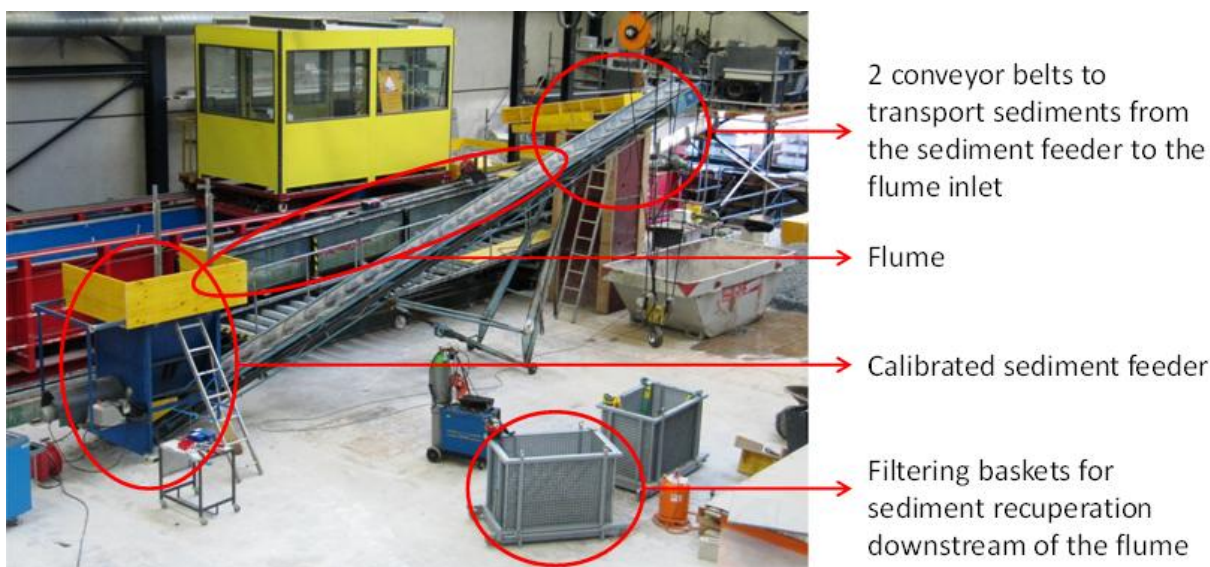


Figure 2 : Installation expérimentale utilisée pour les essais

Figure 2 : Experimental facility used for tests

Des séries temporelles de transport solide, protrusion des blocs et vitesses moyennes sont analysées afin d'établir une corrélation entre les variables susmentionnées. La présence de blocs dans le canal en diminue clairement la capacité de transport solide. En outre, confirmant des observations faites par d'autres chercheurs, la granulométrie étendue utilisée pour l'alimentation solide cause des grandes variations de débit solide sortant du canal pendant l'essai. Les observations montrent que ces fluctuations périodiques de transport solide sont liées à différents états morphologiques du lit du canal. Le lit est pavé

*Time series of sediment transport, boulders protrusion and mean velocities are analyzed in order to establish correlation between these data. The presence of boulders clearly decreases the sediment transport capacity in the channel, as expected. Moreover, confirming earlier observations by other researchers, the wide grain size distribution fed to the system results in significant oscillations of the bedload transport during the experiments. Observations indicate that these periodical fluctuations correspond to different bed states. The bed is jammed during low sediment discharges, while bed fining occurs*

lors de faibles débit solides, alors qu'on observe une nappe de charriage lors du transport intense.

La vitesse et la protrusion des blocs montrent également des fluctuations liées au transport solide. Pour des grands débits liquides, l'amplitude des impulsions de charriage diminue. Pour une configuration de blocs donnée, la fréquence des oscillations est similaire pour toutes les variables mentionnées ci-dessus. De plus, sur la base d'analyse de corrélation et autocorrélation, ces variables oscillent en phase. Les caractéristiques de fluctuations sont étudiées en fonction de la pente du canal, du diamètre des blocs ainsi que de la distance entre eux, du débit liquide et solide.

Un exemple de fluctuations est donné dans la Figure 3, pour un test qui a duré 12.8h. La Figure 4 montre la rapide variation morphologique qu'on observe autour des blocs pendant les essais.

due to the movement of bedload sheets in high sediment fluxes.

*Bedload pulses or fluctuations, well-behaved periodically, are clearly visible in the sediment transport measured at the downstream section. Velocity and boulder protrusion measurements reveal that the fluctuations are linked to bedload pulses. For high flow conditions, the amplitude of the pulses in terms of bedload decreases. For a given boulder configuration, the frequency of oscillations is similar for all the above mentioned variables. Moreover, based on detailed cross-correlation and auto-correlation analysis, they seem to be in phase. The fluctuations are studied as function of: flume slope, boulder diameter and distance, liquid and solid discharge.*

*An example of bedload, velocities and protrusion fluctuations is given in figure 3 for a test that lasted 12.8h. Figure 4 presents the rapid morphology change that can be seen around boulders.*

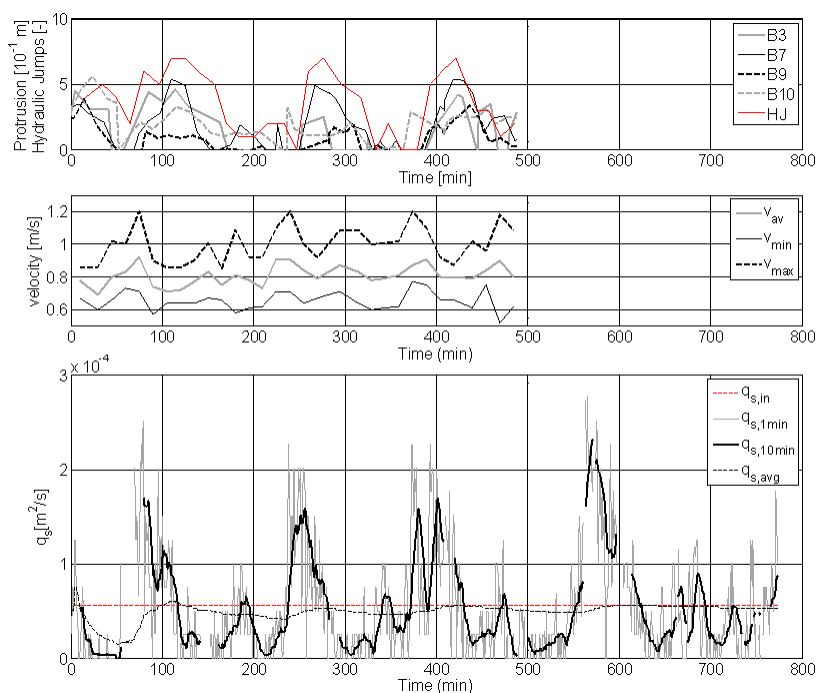


Figure 3 : Exemple de fluctuations du charriage (en bas), liées avec les fluctuations de vitesse (centre) et de protrusion des blocs (en haut).  $S=6.7\%$ ,  $\lambda/D=5$  [-],  $D=0.075[m]$ ,  $q=0.0168 [m^2/s]$ ,  $q_s = 0.563 \cdot 10^{-4} [m^2/s]$

Figure 3 : Example of bedload pulses (bottom), linked with flow velocity (center) and boulder protrusion (top) fluctuations.  $S=6.7\%$ ,  $\lambda/D=5$  [-],  $D=0.075[m]$ ,  $q=0.0168 [m^2/s]$ ,  $q_s = 0.563 \cdot 10^{-4} [m^2/s]$ .



Figure 4 : Variation rapide de la protrusion d'un bloc. Sur la gauche on voit le bloc au temps 0 et sur la droite on voit ce même bloc 5 minutes plus tard (avec  $\lambda/D=5$  [-],  $D=0.125$  [m],  $q=0.0207$  [ $m^2/s$ ],  $q_s=1.40 \cdot 10^{-4}$  [ $m^2/s$ ])

*Figure 4 : Rapid variation in boulder protrusion. On the left the boulder at time 0 and on the right the same boulder 5 minutes later (with  $\lambda/D=5$  [-],  $D=0.125$  [m],  $q=0.0207$  [ $m^2/s$ ],  $q_s=1.40 \cdot 10^{-4}$  [ $m^2/s$ ])*

La figure 4 présente le débit solide moyen en fonction du débit liquide pendant chacun des essais. Les essais sont groupés par configuration (la distance adimensionnelle entre blocs  $\lambda/D$  est décrite par le remplissage du symbole, le diamètre  $D$  par sa forme et enfin la pente  $S$  par la couleur du bord). Comme connu depuis des siècles, la capacité de transport solide augmente avec la pente du canal. Le but de cette recherche est celui de quantifier l'impact de la présence de différentes densités spatiales de blocs de plusieurs diamètres, notamment en fonction de la pente.

*Figure 4 presents the average sediment transport during each experiment as a function of the discharge. The experiments are grouped by configuration (the dimensionless boulder distance  $\lambda/D$  is given by the filling of the symbol, the diameter  $D$  value are described by the form and slope  $S$  values are given by the border color of the symbol). As known for centuries, the transport capacity increases with slope. The goal of the present research is to quantify the impact of the presence of different spatial densities of boulders with various diameters, namely as a function of slope.*

La figure 5 montre clairement qu'une grande densité spatiale ( $\lambda/D=2$ ) diminue drastiquement la capacité de transport d'une rivière. Lorsqu'on augmente la distance entre les blocs, leur impact diminue rapidement. Plus la pente est grande et moins l'impact des blocs est visible.

*Figure 5 clearly shows that a high spatial densities of boulders ( $\lambda/D=2$ ) drastically decreases the sediment transport capacity of a river. When increasing the distance between boulders their impact rapidly decreases. The higher the slope and the weaker the impact of boulders becomes.*

La protrusion des blocs joue également un rôle fondamental dans la définition de la capacité de transport, car elle définit la section transversale obstruée du cours d'eau, ainsi que sa rugosité.

*The average protrusion of boulders also has a strong impact on sediment transport capacity, because it defines the available cross section of a river and also its roughness.*

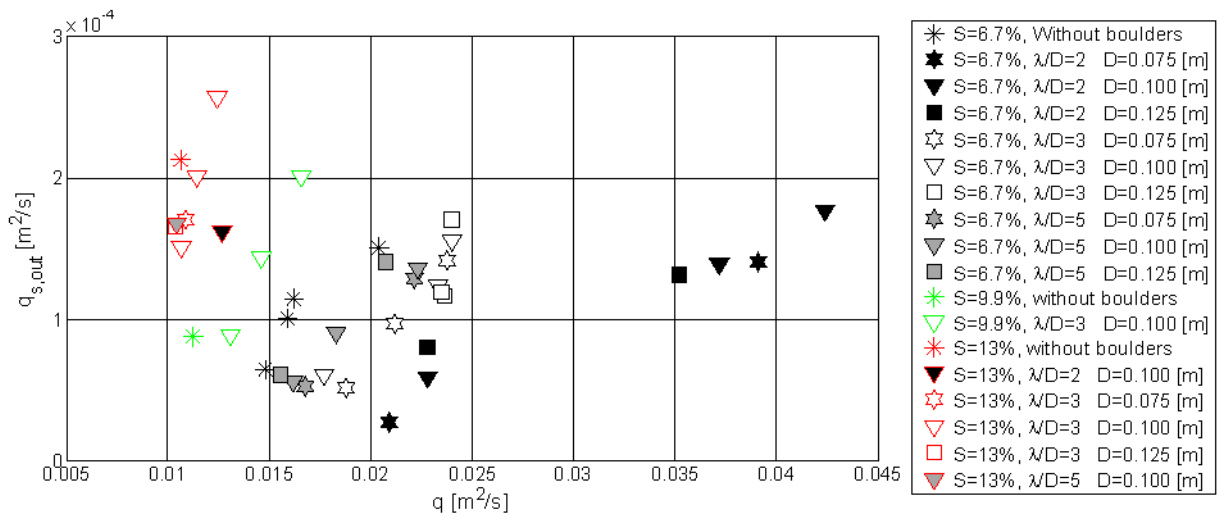


Figure 5 : Débit solide moyen  $q_{s,out}$  en fonction du débit  $q$  pour les différentes configurations de blocs et pentes testées

Figure 5 : Average solid discharge  $q_{s,out}$  as a function of discharge  $q$  for the various boulder configurations and slopes

Une analyse détaillée des données est en cours. Ce projet de recherche sera terminé vers mi-2013.

Detailed data analysis is ongoing. The research will be finished mid-2013.

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).

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).

Doctorante : Tamara Ghilardi

Ph.D. Student : Tamara Ghilardi

### 1.1.6 L'indice hydro-morphologique de la diversité: un outil de planning pour projets de revitalisation de cours d'eau / The Hydro-morphological Index of Diversity: A Planning Tool for River Restoration Projects

Ce projet de recherche, soutenu par l'Office Fédéral de l'Environnement dans le cadre de la « Gestion intégrée des eaux », a été terminé au mois de juin 2012. Le projet a été réalisé entre 2007 et 2012 dans le but de développer un indice, basé sur les variables hydrauliques et morphologiques significatives capable de caractériser d'une manière fiable le milieu hydro morphologique d'un tronçon de cours d'eau.

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)), was finished in June 2012. The project that was conducted within the period between 2007-2012 aimed at developing an index pooling all that variables characterizing the hydro-morphological template of a stream site.

Le HMID peut être appliqué à l'échelle du tronçon dans les projets de revitalisation des cours d'eau ayant pour but d'améliorer l'hétérogénéité des habitats aquatiques. En se basant sur une modélisation numérique, l'indice hydro-morphologique de la diversité (HMID) peut être calculé facilement comparer différentes alternatives de projets de revitalisation de cours d'eau. En offrant une capacité de prédiction, le HMID fournit à

Based on numerical modeling, the hydro-morphological index of diversity HMID can be calculated easily for a comparison of different alternatives in river engineering projects and thus, achieving predictive power for design decisions, it delivers the hydraulic engineer with a precious design tool. The HMID can be applied at a reach-related scale in engineering programs involving geomorphic measures that aim at the enhancement of habitat

l'ingénieur hydraulicien un outil précieux pour comparer les alternatives en discussion.

Après des travaux intensifs sur site, des analyses statistiques de corrélation des variables hydrauliques et morphologiques à l'échelle du point ou bien du tronçon, et la modélisation hydrodynamique des 5 sites d'étude sur la rivière Singine (FR/BE), la thèse a été rédigée et rassemblée dans un document unique au cours de l'année 2012.

Le document contient l'introduction, une vue d'ensemble exhaustive de la littérature existante, 5 chapitres distincts qui ont été ou seront soumis à des journaux scientifiques, la conclusion et des recommandations pour la suite de la recherche.

Les résultats les plus importants de cette étude sont les suivants :

- La variabilité hydro-morphologique d'un cours d'eau peut être décrite en utilisant le coefficient de variation CV des variables hydrauliques hauteur d'eau et vitesse d'écoulement. La diversité partielle  $V(i)$  de chaque variable est définie par

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

- Le HMID d'un tronçon a été formulé en multipliant les diversités partielles de la vitesse d'écoulement ( $v$ ) et de la hauteur d'eau ( $d$ ). La variabilité du milieu hydro-morphologique est donc décrite par la valeur unique suivante :

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

- Des analyses extensives de corrélation ont été effectuées pour les variables hydrauliques à l'échelle du point (échelle du micro-habitat) et entre les variables hydrauliques et le variable géomorphiques à l'échelle du tronçon (échelle du méso-habitat). Les analyses ont montré des corrélations très fortes entre les variables hydrauliques simples et les variables hydrauliques complexes, et entre la variabilité de variables hydrauliques simples et la variabilité géomorphique décrite par la variabilité des substrats (matériaux du fond), par la diversité

*heterogeneity of a stream.*

*After having conducted – during the previous years – extensive field works, statistical correlation analysis for hydraulic and geomorphic point-related and reach-related variables as well as hydrodynamic modelling of 5 study sites at river Sense (FR/BE), in year 2012 the Ph.D. project was completed by describing the project in a single document.*

*The document contains the introduction, an extensive literature review, the introduction to the problem, 5 distinct chapters which partially are or will be submitted as scientific papers to peer reviewed journals, as well as the conclusions and an outlook to further necessary research activities.*

*The most important results of the project are as follows:*

- *The hydromorphological variability of a stream reach can be described by using the coefficient of variation CV of the hydraulic variables water depth and flow velocity. Partial diversity  $V(i)$  of each factor is expressed as:*

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

- *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*

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

- *Correlation analyses were conducted within hydraulic variables at a micro scale level (point related) and between geomorphic and hydraulic variables at a reach scale level. The analysis revealed strong correlations between simple hydraulic variables and complex hydraulic variables as well as between variability of the simple hydraulic variables water depth and flow velocity and geomorphic variability, described by substrate variability, cross section and thalweg diversity and mean ratio of wetted to bankfull width (Figure 1).*



des sections transversales et du thalweg et par le rapport moyen entre la largeur mouillée et la largeur en pleines rives (Figure 1).

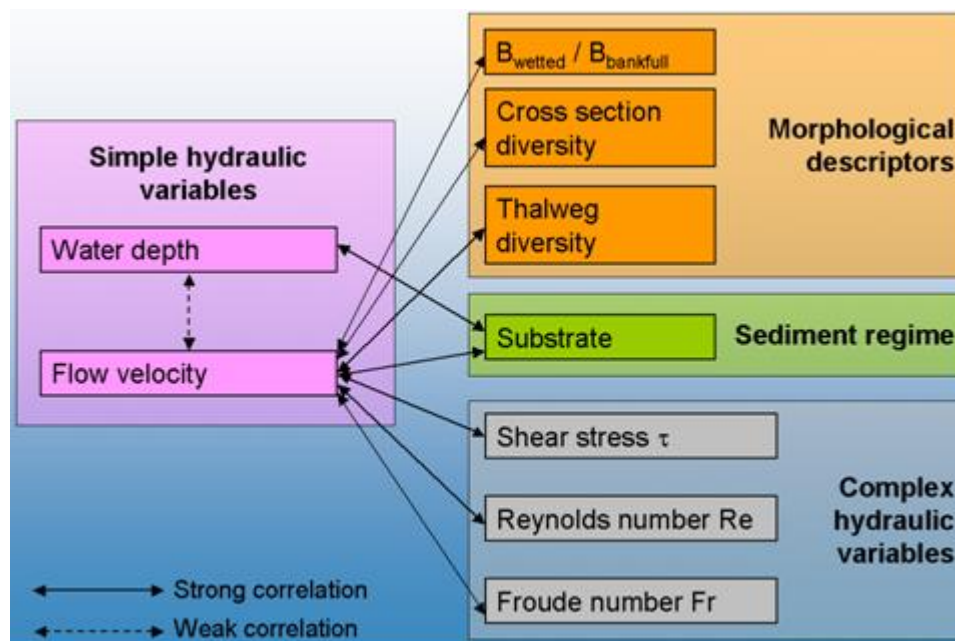


Figure 1 : Corrélations entre les variables hydro-morphologiques

Figure 1 : Correlations between hydro-morphological variables

- La formule proposée du HMID est donc capable de représenter d'une manière fiable la diversité hydro-morphologique d'un tronçon d'un cours d'eau. Une analyse de corrélation avec une méthode d'évaluation visuelle (Rapid Bioassessment Protocols, développé par l'Agence d'environnement des États Unis) a confirmé cette capacité.
- A l'aide d'une modélisation numérique, la variabilité temporelle des variables hydrauliques et du HMID a été étudiée. On a pu démontrer que dans une rivière naturelle une stabilité temporelle majeure du milieu aquatique est obtenue, due au fait que les variables hydrauliques sont moins variables à l'échelle temporelle. Au contraire, dans une rivière fortement altérée, c'est à dire canalisée, où la variabilité spatiale est réduite, la variabilité temporelle augmente et, par conséquent, les habitats aquatiques sont moins stables.
- *The proposed formula of the HMID has been demonstrated, by correlation analysis with a visual habitat assessment method (Rapid Bioassessment Protocols, developed by the US Environmental Agency), to properly represent the hydromorphological diversity of a stream reach.*
- *By means of numerical modelling temporal variability of hydraulic variables and of HMID was investigated. It could be demonstrated that in a natural stream greater temporal stability is maintained as hydraulic variables show less temporal variability. Vice versa, at streams with a strongly modified morphology, i.e. at channelized reaches, spatial variability is reduced and temporal variability increased with a resulting instability of hydraulic habitats.*

Néanmoins, lorsque le débit s'approche du débit aux pleines rives dans un cours d'eau naturel, le transport solide augmente, mettant en mouvement le fond du lit et déstabilisant et en suite réformant les habitats aquatiques. Ces événements ont au moins la même importance pour une bonne fonctionnalité écologique des cours d'eau comme la richesse structurelle, c'est à dire une bonne variabilité spatiale des habitats aquatiques.

*However, when discharges approaches bankfull, at natural streams habitats lose their stability due to occurring bed reshaping events. These events represent intermediate disturbance events which are important to maintain ecological functions of the river bed.*

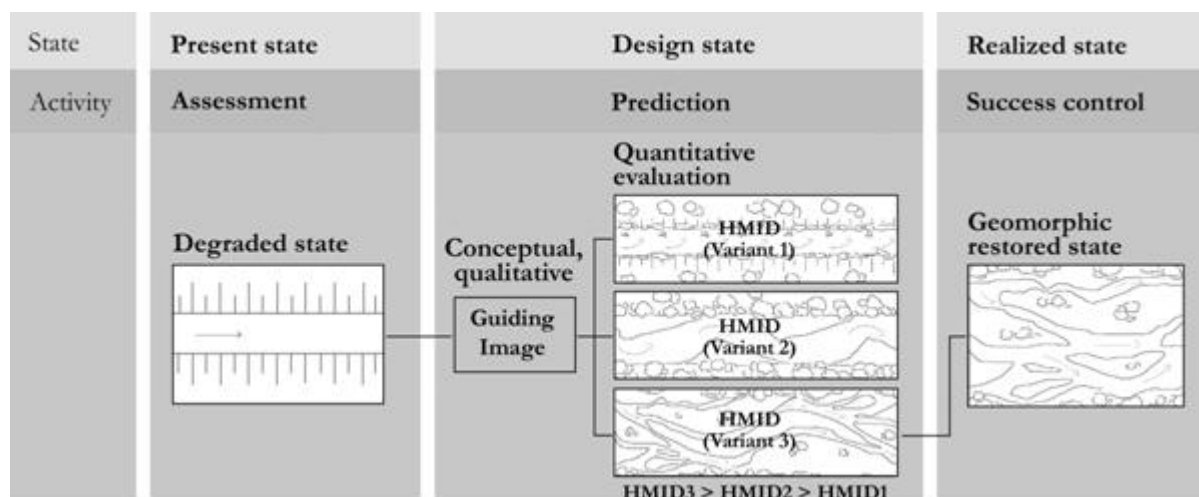


Figure 2 : Diagramme à l'échelle du tronçon des processus thématiques et de leur ordre temporel lors de la revitalisation de cours d'eau avec indication des méthodes actuellement en usage

*Figure 2 : Reach-related process flow diagram of thematic and temporal actions in river restoration with indication of methods and tools currently applied*

Le HMID peut être utilisé comme outil de planning dans les projets de revitalisation de cours d'eau (Figure 2). A l'aide d'une étude de cas, l'applicabilité pratique du HMID a été démontrée. Mis à part le fait que les projets de revitalisation des cours d'eau doivent être réalisés de manière interdisciplinaire en prenant absolument en compte aussi les processus se vérifiant sur une macro-échelle, le HMID est un outil très utile pour comparer l'amélioration des habitats aquatiques pour différentes variantes du projet, pour évaluer l'amélioration d'un projet en relation avec l'état actuel d'un tronçon et pour vérifier le degré d'approchement d'un état de référence.

*The HMID can be used as a planning tool in river restoration projects (Figure 2). By means of a case study the applicability of the HMID could be shown. Apart from the fact that river restoration projects must consider also macro scale effects and include interdisciplinary approaches, the HMID is a useful tool to compare habitat enhancement for different project alternatives, to evaluate the improvement of a project alternative in relation to the present condition and to which extent the project alternatives approach hydromorphological reference conditions.*

La recherche future pourrait intégrer l'application du HMID aux rivières ayant des caractéristiques morphologiques différentes de la rivière Singine qui dans l'état de référence est un cours d'eau en tresses (par exemple cours d'eau méandriformes ou cours d'eau de montagne avec une morphologie step-pool), approfondir les aspects liés à la persistance temporelle des habitats aquatiques en fonction de la morphologie et intégrer un module directe pour le calcul du HMID dans un outil numérique.

*Further research work could integrate the application of the HMID to further stream types (f.i. meandering streams or rivers with step-pool morphology), deepen and further improve the insights into temporal persistence of habitats depending on the morphological template and to directly implement the calculation of HMID into a 2d-hydrodynamic software.*

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 Zürich.

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

Thèse de doctorat : Walter Gostner

*Ph.D. thesis : Walter Gostner*

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

Cette thèse de doctorat fait partie de l'IST-EPFL Joint Doctoral Initiative. Elle s'inscrit dans le thème de l'hydraulique environnementale. Le plan de recherche a été accepté par l'École doctorale de l'EPFL en octobre 2010.

*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.*

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.

*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.*

En bio-ingénierie, la conception d'un cours d'eau non sensible à l'érosion est un problème complexe du point de vue de la dynamique des fluides car il s'agit de connaître la force de traînée exercée sur le lit et sur les éléments de végétation, ainsi que la pente de frottement globale. La plupart des critères de conception existants emploient des formules de résistance, comme l'équation de Manning-Strickler, 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'*upscaling* 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

*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 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.*

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 troisième année, la doctorante a travaillé au LCH, où elle a effectué de façon détaillée le traitement de données d'une partie des essais expérimentaux réalisés au cours de l'année précédente. Une publication soumise au journal *Physics of Fluids* a résulté de cette analyse.

Une description détaillée d'un écoulement turbulent dans un ensemble de tiges émergentes avec une densité variable a été réalisée au moyen d'une caractérisation de l'écoulement dans le domaine spatial avec une approche pertinente et innovante. Une analyse spatiale de ce type d'écoulements est particulièrement intéressante car il évite l'approximation de la théorie "frozen turbulence". L'approche innovante a consisté en l'application d'outils communs pour l'analyse de la turbulence avec des séries spatiales de vitesse en direction transversale au lieu de considérer la direction de l'advection (Figure 1).

*During last year, the candidate has been working at LCH where she carried out an extensive data treatment of part of the experimental tests performed during the previous year. A publication submitted to *Physic of Fluids* journal resulted from this analysis.*

*A detailed description of a turbulent flow within an array of emergent stems with varying density was performed, carrying out a flow characterization in spatial domain with a pertinent and innovative approach. A spatial analysis of this kind of flows is particularly interesting since it avoids the approximation of the frozen turbulence theory. The innovative approach consisted in the application of the common tools for turbulent analysis with spatial velocity series in the spanwise direction instead of considering it along the direction of advection (Figure 1).*

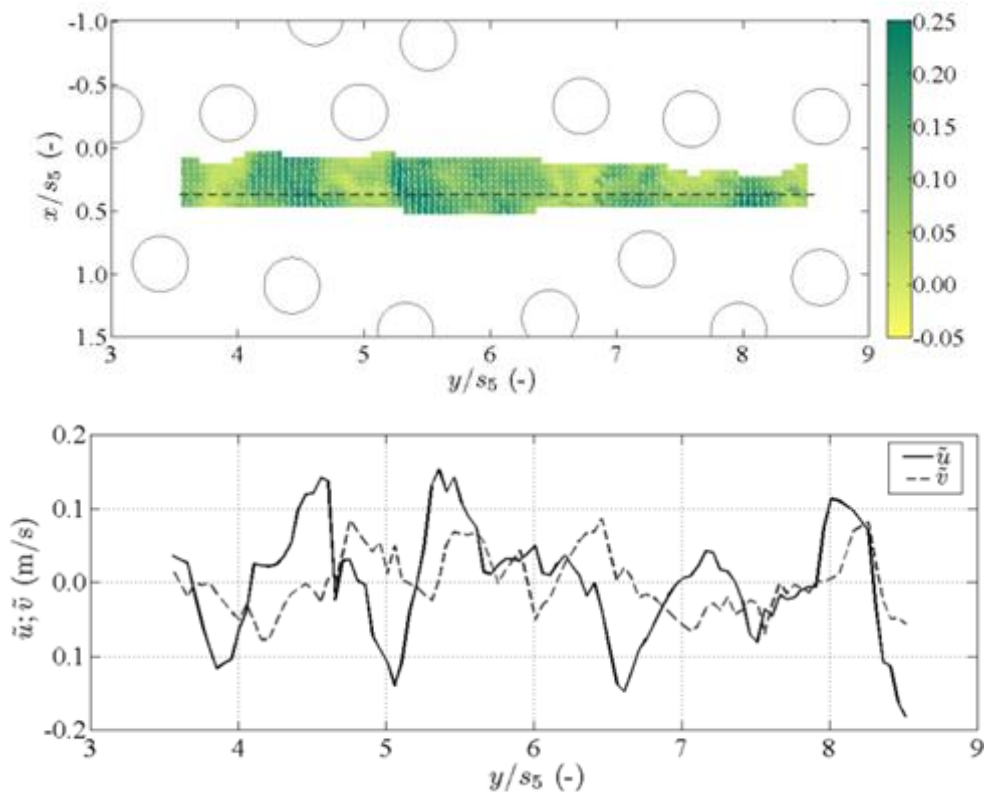


Figure 1 : Exemple d'un champ de vitesse instantanée (à gauche). Série de vitesse instantanée et spatiale correspondant à la section en pointillés représentés sur la figure de gauche (à droite)

*Figure 1 : Example of an instantaneous velocity map (left). Instantaneous and spatial velocity series corresponding to the dashed line represented on the map of the figure on the left hand side (right)*

L'analyse détaillée a été réalisé au moyen de fonctions d'autocorrélation, des fonctions de structure et des spectres d'énergie (figure 2). Les fonctions d'autocorrélation sont utilisées pour définir les échelles de longueur caractéristiques de l'écoulement, la macro-échelle. L'analyse spectrale a montré que la plus importante contribution dans le bilan énergétique se produit à la macro-échelle de la position longitudinale spécifique. Toutefois, la signature spectrale des positions à l'amont, avec des densités de tiges différentes, est encore visible.

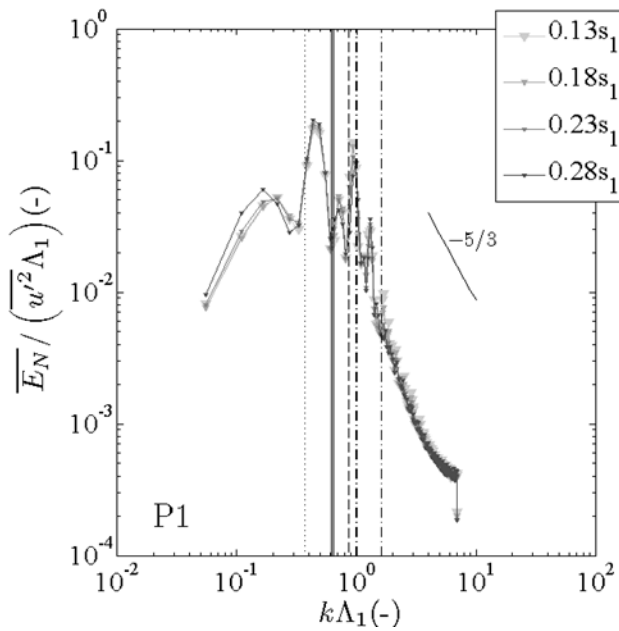


Figure 2 : Spectres d'énergie spatiale pour une région avec une densité de cylindres élevée (à gauche) et pour une région avec une faible densité de cylindres (à droite).

Les fonctions de structure du troisième ordre ont été utilisées pour estimer le taux de dissipation de l'énergie turbulente, au moyen de l'application de la classique loi des quatre cinquièmes (four-fifth law en anglais). Le taux de dissipation de TKE présente une variation spatiale proche de celle de la densité de la tige (Figure 3, à gauche), il augmente avec la densité des tiges. Une tendance inverse entre le taux de dissipation et le nombre de Reynolds basé à la macro-échelle a été identifiée (figure 3, à gauche).

The detailed analysis included autocorrelation functions, structure functions and energy spectra (Figure 2). Autocorrelation functions are used to define the characteristic length scales of the flow, the macro scale. Spectral analysis showed that the most important input in the energy balance occurs at the macro-scale of a specific stem density patch. However, the spectral signature from upstream patches, with different stem densities, is still visible.

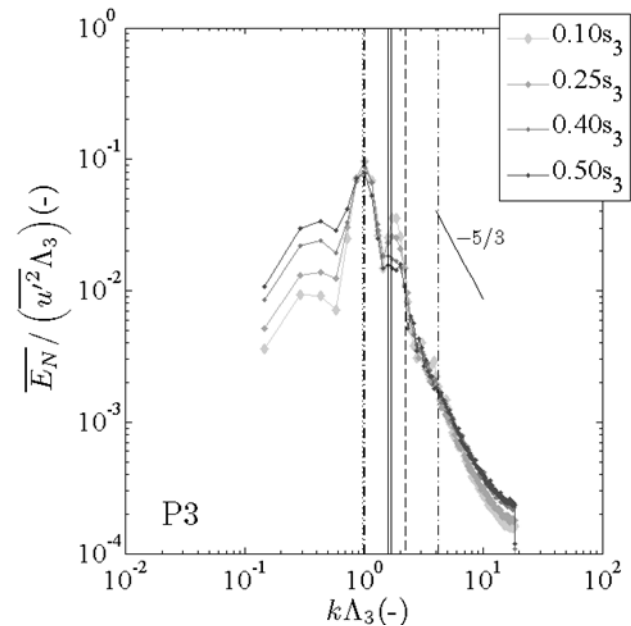


Figure 2 : Spatial energy spectra for a reach with high cylinders density (left) and low cylinders density (right)

Third order structure functions were used to estimate the dissipation rate of turbulent energy in the studied flow, applying the classic four-fifth. The mean dissipation rate of TKE exhibits a pattern of spatial variation close to that of the stem density (Figure 3, left). In both wavelength of the array modulation, the rate of energy dissipation increased with stem density. An inverse tendency between dissipation rate and macro scale Reynolds number was identified, since the former decreases when the later increases (Figure 3, left).

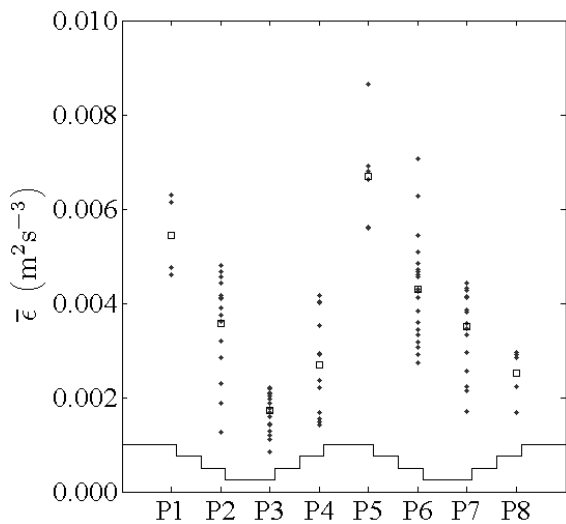


Figure 3 : Taux de dissipation pour les 8 positions longitudinales (à gauche). Taux de dissipation moyenne en fonction du nombre de Reynolds basé sur la macro échelle (à droite)

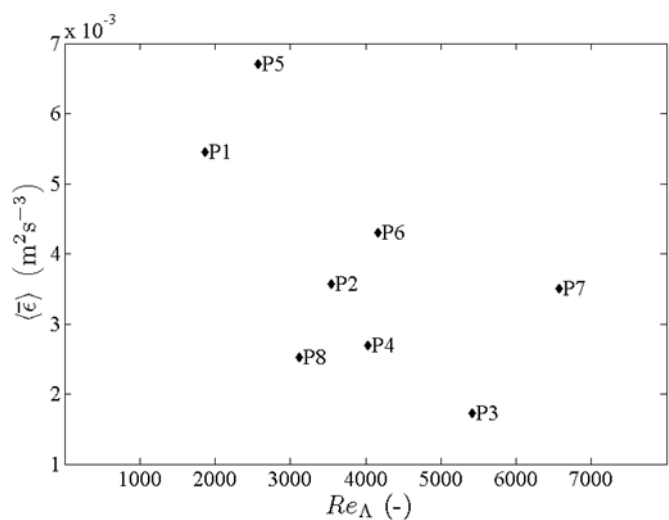


Figure 3 : Dissipation rate for the 8 longitudinal positions (left). Double averaged dissipation rate against Reynolds number based in the macro scale (right)

Recherche financée par la Fondation pour la Science et Technologie Portugaise (FCT) .

Research financed by the Portuguese Foundation for Science and Technology (FTC).

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

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

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

#### Introduction et problématique

Les jets plongeants à haute vitesse, tels que ceux formés par les déversoirs des grands barrages, sont à l'origine de l'affouillement du rocher. Ce processus est le résultat de phénomènes physiques complexes concernant les trois médias concernés: l'eau, la roche et l'air.

L'entraînement d'air a un effet considérable sur le processus. L'air est entraîné dans le jet pendant le trajet à travers l'atmosphère et au point d'incidente contre la fosse. Le flux des bulles dans la fosse influence la dissipation d'énergie. Les bulles peuvent également pénétrer les fissures des roches, où elles changeront complètement les propriétés des ondes de pression. La description précise du comportement des bulles d'air dans la fosse et de leur influence dans les fluctuations de pression dans l'interface eau-roche et à l'intérieur des fissures à échelle prototype n'a

#### Introduction and problematics

High-velocity plunging water jets, such as those formed by spillways of high-head dams, causes scour of the rock foundations. The scour process is the result of complex physical phenomena concerning the three media involved: water, rock and air.

Air entrainment significantly influences the whole process. Air is entrained in the jet during the travel through the atmosphere and at the impinging point against the plunge pool. The air bubbles flow in the plunge pool influence energy dissipation. The bubbles may also enter rock fissures, where they will completely change properties of the pressure waves. The precise description of air bubbles behavior in plunge pools and of their influence in pressure fluctuations in the water-rock interface and inside fissures under prototype conditions has never been achieved. Froude, Weber and

jamais été atteinte. Dépendent de Froude, Weber et de Reynolds, des observations sur modèles à échelle quasi-prototype et la prise en compte des pressions dynamiques sont nécessaires pour évaluer correctement l'effet de l'impact des jets dans le développement de l'érosion du rocher.

Bien que des développements aient été faits pour décrire correctement l'affouillement, l'influence de l'air est encore un sujet de débat. La recherche en cours vise à une description complète de la dissipation de l'air entraîné par jets à haute vitesse dans la piscine et son influence sur les pressions dynamiques sur le fond et à l'intérieur des fissures.

### Aspects théoriques

L'affouillement dû 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 l'énergie du jet. Les pressions dynamiques appliquées sur le fond de la fosse sont générés 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.

*Reynolds dependent phenomenon, observations on near-prototype scale models and consideration of fully transient pressures are necessary to appropriately assess the effect of jet impingement in the development of rock scour.*

*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.*

### 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 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.*





L'air est fourni par deux systèmes: un système d'aération passive et un système d'aération active. Pour le premier, l'air extérieur est entraîné par le jet par biais de 6 petites dépressions créées à l'intérieur de la buse, et pour le dernier, l'air comprimé est introduit directement par les ouvertures de la buse.

Une double sonde à fibre optique est utilisée dans le bassin, à différentes profondeurs et distances radiales de l'axe du jet. Le taux de vide, le nombre, fréquence et taille des bulles peuvent ainsi être obtenus. 12 capteurs de pression dynamiques kulite sont utilisés autour du bloc. Une carte National Instruments (NI) USB-6259 de la série M est utilisée avec logiciel développé au laboratoire.

Pour les essais effectués jusqu'à présent, le jet était plongeant au centre du bloc, qui était maintenu immobile.

### Premiers résultats et discussion

Les résultats associent pour la première fois les pressions dynamiques appliquées autour d'un bloc confiné à des concentrations d'air dans un bassin impacté par des jets aérés quasi-prototypes, en utilisant une approche expérimentale systématique.

Il a été constaté que le taux de vide à chaque position augmente avec la vitesse du jet, jusqu'à ce qu'une valeur maximale est atteinte, puis diminue pour des jets à haute vitesse. Des expressions empiriques sont proposées entre le taux de vide de chaque position dans le bassin, représentée par sa profondeur et la distance horizontale vers l'axe du jet, et le rapport air-eau du jet et sa vitesse.

Les pressions transitoires ont été analysées au moyen de coefficients de pression adimensionnels et le contenu spectral des signaux. Les résultats confirment que les pressions moyennes et ses oscillations sont influencées par l'aération du jet, à l'interface eau-roche tout comme à l'intérieur des fissures. De plus, il est montré qu'une partie de l'air contenu dans le bassin est capable de pénétrer dans les fissures et changer les effets de résonance

*Air is provided by two different systems: a passive aeration system and an active aeration system. For the former, outside air was dragged by the water jet by means of 6 small depressions created inside the nozzle, while for the latter, compressed air is directly inserted through the openings in the nozzle.*

*A double fibre-optic probe is used in different depths and radial distances from the jet axis in the plunge pool. Void fraction, bubble count, bubble rate and chord length can thus be obtained. 12 kulite pressure transducers are used to measure dynamic pressures around the block. The data acquisition device is a National Instruments (NI) card type USB-6259 series M driven with laboratory developed software.*

*For the tests performed so far, the jet was impinging in the centre of the block, which was kept unable to move.*

### First results and discussion

*The results relate for the first time the transient pressures applied around a confined block to air concentrations in a plunge pool impacted by aerated near-prototype jets using a systematic experimental approach.*

*It was found that air concentrations at each position increase with jet velocity, until a maximum value is attained and then reduce for high-velocity jets. Empirical expressions are proposed that relate air concentration for each position in the plunge pool, represented by its depth and horizontal distance to jet axis, to air-to-water ratios of the jet and jet velocity.*

*The fully transient pressures were analyzed by means of non-dimensional pressure coefficients and the spectral contents of the pressure signals. Results confirm that mean pressures and oscillations are affected by the aeration of the jet, both on the water-rock interface as inside the fissures. Moreover, evidence is shown that part of the air content in the plunge pool is able to enter the fissures and influence resonance effects.*

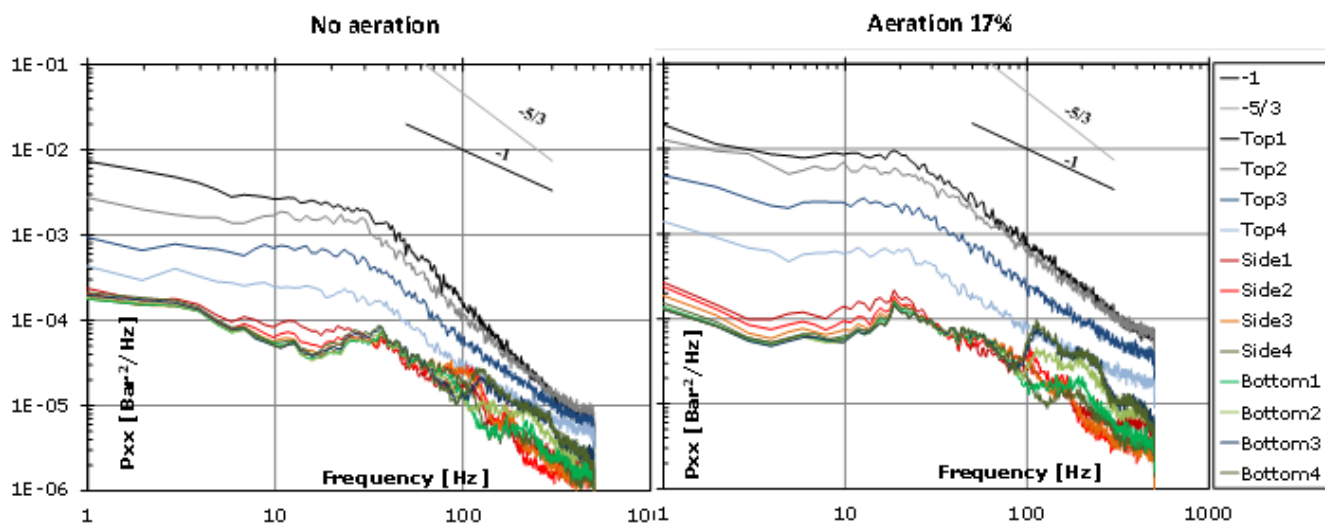


Figure 2 : Densité spectrale des pressions dynamiques autour du block pour un jet aéré et non-aéré.  $V_j = 19.7\text{m/s}$ , profondeur du bassin = 80cm

Figure 2 : Power spectral density of dynamic pressures around the block for aerated and non-aerated test.  $V_j = 19.7\text{m/s}$ , pool depth = 80cm

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

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

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

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

### 1.1.9 Performance hydraulique des aérateurs sur coursiers en marche d'escalier et leur effets sur l'écoulement aval / Hydraulic performance of stepped spillway aerators and related downstream flow features

La cavitation sur les déversoirs et coursiers a endommagé de nombreuses structures avant que les premiers aérateurs aient été construits. Depuis que ces ouvrages sont étudiés par la recherche et mis en place dans la pratique, plus aucun dommage n'a été reporté.

Cavitation on chutes and spillways damaged many structures before first bottom aerators were applied. Since these devices are studied in research projects and implemented in practice, no more damages are reported.

En parallèle, un nouveau type de coursier c'est développé ces dernières années : les coursiers en marche d'escalier (Figure 1). Les débits spécifiques sont normalement inférieurs aux coursiers classiques pour éviter tout dégât, car les marches ont supposément un plus grand potentiel de dommages. Cependant, ces restrictions sont de plus en plus ignorées, impliquant que des premiers dégâts ont été rapportés.

In parallel, a new spillway type was established over the last years with different flow features: stepped chutes (Figure 1). There, the specific discharge load was usually limited compared to classical chutes to avoid cavitation damages, as stepped spillways have presumably a higher damage potential. However, these restrictions are more and more ignored, so that first damages occurred.



Figure 1 : Déversoir en marche d'escalier sur le barrage d'Elkwater Fork (US, Reichler Engineering)

Jusqu'à présent, aucune étude systématique n'a été faite pour définir des règles de dimensionnement pour des aérateurs sur coursiers en marche d'escalier. Pour éliminer ce manque de connaissances, le concept d'aération des coursiers standard est appliqué aux coursiers en marches d'escalier (Figure 2).

L'intention est d'analyser systématiquement et d'optimiser des aérateurs sur un modèle physique pour finalement pouvoir donner des recommandations de dimensionnement générales. Tous les paramètres affectant l'efficacité de ces aérateurs sont connus et vont être systématiquement varié durant ce projet.

*Figure 1 : Stepped spillway on Elkwater Fork Dam (US, Reichler Engineering)*

*However, no systematic studies were so far conducted providing general design guidelines for the application of aerators on stepped spillways. To reduce this gap in knowledge, the chute aeration concept as known from classical chutes is applied on stepped spillways in the herein presented research project (Figure 2).*

*It thus intends to systematically investigate and optimize related aerators on a physical model to finally give reliable and general applicable design recommendations. The relevant parameters affecting the efficiency of such aerators are known and are varied systematically during the project.*

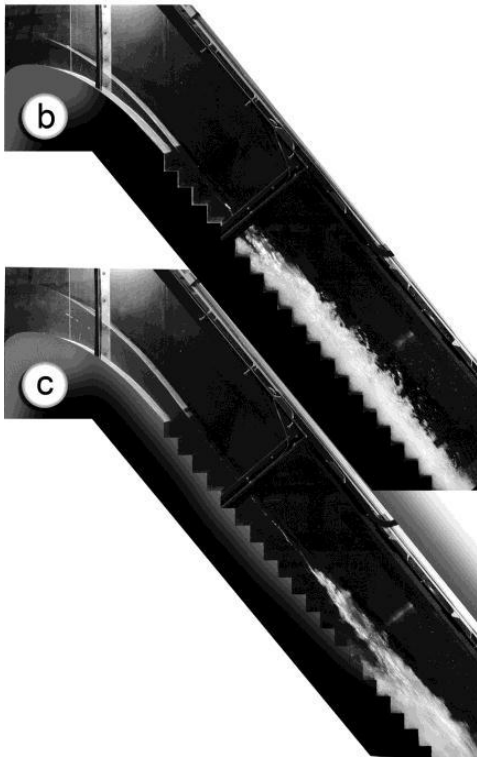


Figure 3 : Coursier en marches d'escalier sans (gauche) et avec (droite) un aérateur (Schiess 2008, JHR)

Pour cette recherche, un modèle physique d'un coursier en marche d'escalier est utilisé (Figure 3) pour analyser de manière systématique sa performance en variant les paramètres suivants :

- le nombre de Froude  $F_0$
- la profondeur initiale de l'écoulement  $h_0$
- l'angle du pseudo-fond  $\varphi$
- la hauteur de marche  $s$
- l'angle du déflecteur  $\alpha$
- la hauteur du déflecteur  $t$

La concentration d'air est mesurée sur la profondeur de l'écoulement et sur la longueur du canal pour en obtenir la distribution. De plus, le coefficient d'entraînement d'air  $\beta$  mesuré permet de dimensionner le système d'amenée d'air de façon à éviter les sous-pressions et leurs fluctuations.

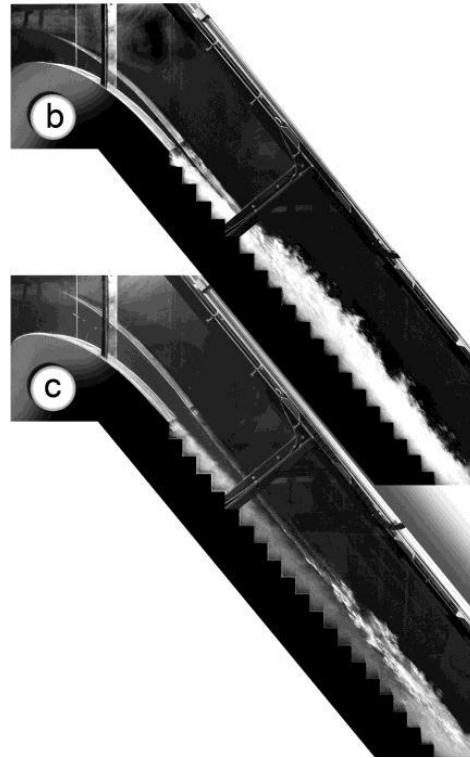


Figure 3 : Stepped spillway without (left) and with (right) a step aerator (Schiess 2008, JHR)

For the present research, a physical model of a stepped spillway is used (Figure 3) to investigate its performance by systematically varying all relevant parameters :

- the approach flow Froude number  $F_0$
- the approach flow depth  $h_0$
- the pseudo-bottom (chute) angle  $\varphi$
- the step height  $s$
- the deflector angle  $\alpha$
- the deflector height  $t$

The air concentration is measured in the flow depth and along the length of the channel in order to have its distribution. Furthermore, the air entrainment coefficient  $\beta$  is derived to design air supply systems avoiding sub-pressures with fluctuations.

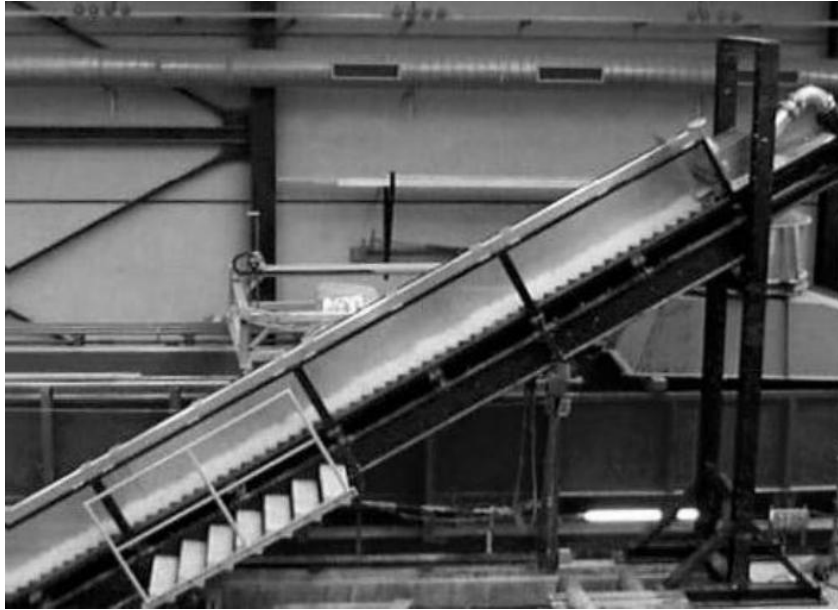


Figure 3: Canal en marche d'escalier du LCH (André 2004)

Figure 3: LCH stepped spillway channel (André 2004)

Au final, des recommandations générales de dimensionnement pour les aérateurs sur coursier en marches d'escalier pourront être établies.

*Then, general design recommendations for aerators on stepped chutes can be provided.*

Par la suite il est prévu d'intégrer les résultats dans un modèle numérique pour évaluer sa capacité à simuler un écoulement aéré sur un coursier en marches d'escalier.

*It is further planned to adapt the results into a numerical model to evaluate its capability to simulate aerated stepped spillway flow.*

Cette recherche est financée par le Fonds national suisse FNS.

*This research is funded by the Swiss National Science Foundation SNF.*

Doctorant : Stéphane Terrier

*Ph.D. student : Stéphane Terrier*

### **1.1.10 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 modified sediment transport under 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 flood protection measures 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.*

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 (Figure 1).

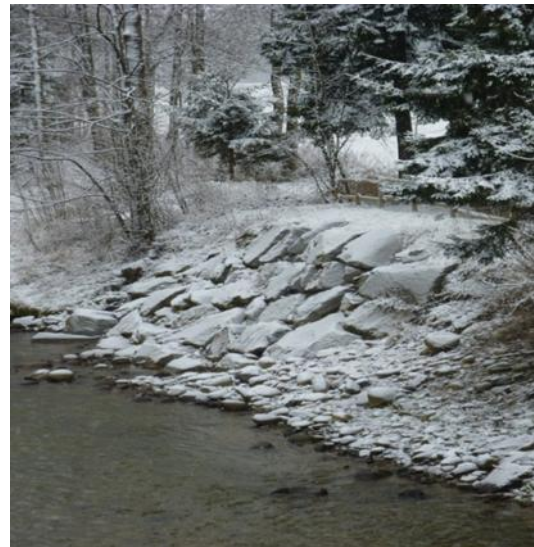


Figure 1 : Vue de l'enrochement à l'aval de la rivière de Kleine Emme, Lucerne, Suisse

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 (Figure 2).

*Therefore, probabilistic analysis of failure mechanisms of flood protection measures due to flood events and sediment transport is a principal step to insure the embankment stability (Figure 1).*



*Figure 1 : View of the river bank riprap protection of Kleine Emme river, Lucerne, Switzerland*

*A research project is defined as "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.*

*In this research, the concept of a probabilistic assessment model is presented based on Monte Carlo simulation. The aim is to define the failure risk of flood protection measures as a result of changed design criteria. This probabilistic simulation estimates the reliability of measures like ripraps 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 ripraps has been defined by taking into account the changed bed-load transport. A sensitivity analysis was conducted based on the effect of varying slopes, block size, bed-load characteristics, geometry of the section and hydraulic parameters (Figure 2).*

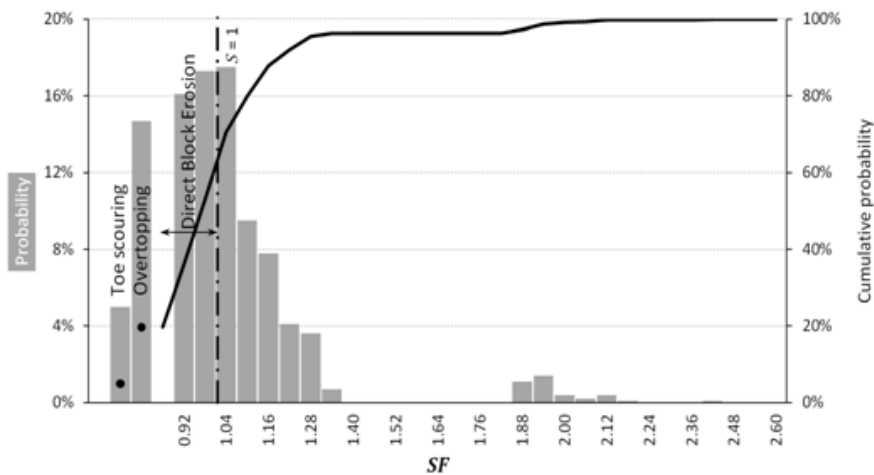


Figure 2 : Vue schématique de la fonction de répartition pour la probabilité de rupture d'enrochement

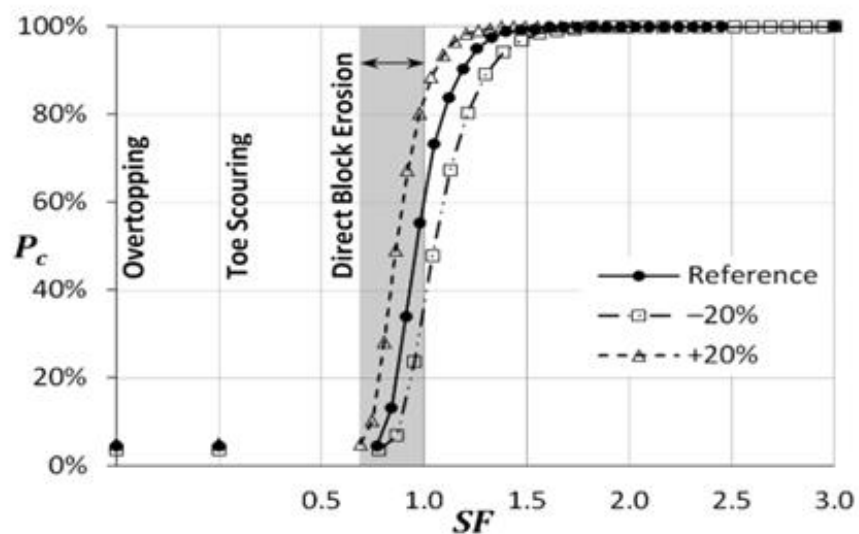


Figure 2 : Schematic view of Cumulative distribution function for riprap failure probability

Dans la prochaine étape du projet de recherche, des études sur modèle physique sont réalisées.

Les essais sont agencés pour étudier la stabilité de gros blocs placés individuellement en tant que protection des berges des cours d'eau alpins.

Il existe plusieurs méthodes pour concevoir un enrochement des berges. Cependant, la méthode la plus couramment utilisée consiste à placer aléatoirement des roches de taille moyenne. Si de grands blocs de roche sont nécessaires pour des raisons de stabilité, ces derniers doivent être placés individuellement, de manière régulière. Cela donne une résistance supplémentaire contre l'érosion. La réaction de grands blocs de roche utilisés pour des berges fluviales alpines a été jusqu'à présent peu étudiée. Par conséquent, cette étude expérimentale est menée afin d'évaluer la stabilité de ces gros blocs comprimés pour assurer la protection des berges.

Physical experiments are carried out as the next step of the research project.

The experiments are arranged to study the stability of individually placed large blocks as bank protection in alpine rivers.

Several methods exist to design a river bank riprap. However, design methods are generally limited to dumped medium size rocks. If large rock blocks are required for stability reasons, they cannot be dumped anymore but they have to be placed individually. This gives additional resistance against flow erosion. The behavior of large rock blocks for alpine river embankments was so far rarely studied, thus, this experimental investigation is conducted to investigate the stability of such compressed large blocks as river bank protection.

Des expériences sont menées dans un canal à lit fixe rugueux de 10 m de long et 1.5 m de large. Les matériaux d'enrochement étudiés sont des blocs uniformes de grès concassé aux tailles médianes de  $D^{50} = 3.7, 4.2$  et  $4.7$  cm. Ces essais sont effectués pour des pentes de 0.03, 0.015, 0.005 en écoulement torrentiel uniforme. Les pentes transversales de l'enrochement varient de 1V-2H à 3.5V-5H. Une couche de roches, et ensuite deux couches, sont étudiées afin de vérifier l'influence de l'épaisseur de l'enrochement. Ces couches sont comprimées et déployées sur un filtre à granulométrie étendue. Le débit du seuil de la rupture de l'enrochement est déterminé en fonction d'une série de tests d'une durée de 180 minutes chacun.

Le premier mouvement de roches et de la rupture totale de l'enrochement dans une section sont définis comme critères de défaillance. Le taux d'érosion de l'enrochement est mesuré de façon continue à une minute d'intervalle, au moyen d'un suivi par trois caméras et des techniques de traitement d'images. En outre, les roches érodées sont recueillies et pesées dans un piège à sédiments à l'extrémité aval du canal. Le moment du premier glissement de l'enrochement peut être défini de même que le moment de la défaillance totale d'une section. L'analyse de la défaillance en fonction de la fiabilité temporelle est effectuée. Les premiers résultats démontrent que dans les mêmes conditions, la seconde couche stabilise le système de protection de façon significative et retarde le moment de la rupture totale. Néanmoins, le taux d'érosion de la seconde couche de blocs de roches est augmenté. De plus, ces résultats préliminaires montrent l'effet de l'inclinaison de l'enrochement comprimé sur le temps caractéristique de défaillance.

*Experiments are conducted in a 10 m long and 1.5 m wide flume with a rough fixed bed. Studied riprap material included uniform crushed sandstones with median rock sizes of  $D^{50} = 3.7, 4.2$  and  $4.7$  cm. Testing is undertaken for stream-wise slopes of 0.03, 0.015, 0.005 in uniform supercritical flow. Transversal slopes of the riprap vary from 1V-2H to 3.5V-5H. One layer of rocks as well as two layers are studied in order to investigate the influence of the riprap thickness. They are compressed and provided over a wide grain size distribution filter. The riprap failure threshold discharge is determined based on series of tests with duration of 180 minutes.*

*First movement of rocks and total collapse of the blocks in one section are defined as failure criteria. Riprap erosion rate is measured continuously with a one minute frequency, by means of block tracking with three cameras and standard video-image processing techniques. Furthermore, the eroded rocks were collected and weighed in a sediment trap at the downstream end of the channel. The time of first sliding of the riprap was defined as well as the time of total failure in one section. Time depended reliability analysis of failure has been performed. First results reveal that under the same conditions, the second layer stabilizes the protection system significantly and delays the time of total failure. Nevertheless, the erosion rate of the second layer of rock blocks is increased. Moreover, these preliminary results show the effect of the inclination of compressed riprap on characteristic failure time.*





Figure 3 : Vue de défaillance des enrochements / view of riprap failure

Financement : Office fédéral de l'environnement (OFEV)

Doctorante : Mona Jafarnejad



Figure 3 : Vue de défaillance des enrochements / view of riprap failure

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

Ph.D. student : Mona Jafarnejad

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

Au sein du réseau fluvial, les confluences sont des environnements particuliers caractérisés par une grande valeur écologique, où la dynamique des flux et de la morphologie du lit sont très influencés par les écoulements locaux. Cependant, quelques expériences en laboratoire ont été développées dans des conditions lit mobile. La plupart des modèles morphologiques développés pour décrire la morphologie du lit de rivière aux confluences étaient basées sur des lits concordants ou lorsque les sédiments sont fournis que dans l'affluent.

A cet effet, deux séries d'expériences ont été réalisées dans une installation expérimentale constitué d'un canal principal long de 8,5 m, de largeur 0,5 m, et un affluent de 4,9 m de long et 0,15 m de large. L'angle de confluence est de 90 ° pour la première série d'essais et de 70 ° pour la seconde (Figure 1).

*Within the fluvial network, confluences are particular areas characterized by great ecological value where flow dynamics and bed morphology are much influenced by local patterns. However, few laboratory experiments have been developed under mobile bed conditions. Most of the morphologic models developed to describe the bed morphology at river confluences were based on concordant beds or where sediments were supplied only in the tributary.*

*For that purpose, two sets of experiments were carried out in an experimental facility consisting on a main channel 8.5 m long and 0.5 m wide, and a tributary 4.9 m long and 0.15 m wide. The confluence angle was 90° for the first set of tests and 70° for the second (Figure 1).*

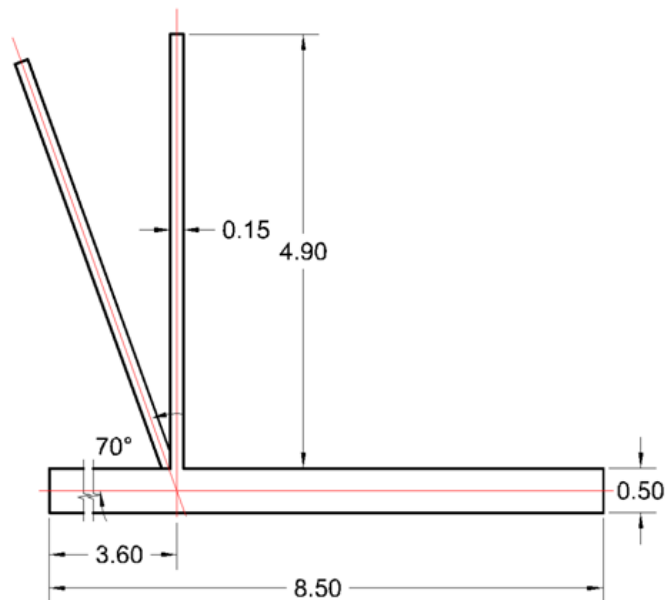


Figure 1 : Géométrie des expériences

Figure 1 : Experiments' geometry

Chaque série d'essais comprend trois essais, avec différents ratio de débit entre l'affluent et le canal principal ( $Q_{ratio} = Q_{tributary} / Q_{main} = 0,11; 0,15; 0,23$ ). Le débit adopté après la confluence a été fixé à 30 l / s, et a été maintenu constant pour tous les tests.

Each series of tests consisted on three, in which different tributary to main-channel discharge ratio scenarios were run ( $Q_{ratio} = Q_{tributary}/Q_{main} = 0.11; 0.15; 0.23$ ). The adopted discharge at the post-confluence was set to 30 l/s, which was kept constant for all tests.

	Ratio $Q_t/Q_m$	$Q_m$	$Q_t$	$Q_{sm}$	$Q_{st}$
	[-]	[l/s]	[l/s]	[kg/min]	[Kg/min]
<b>High ratio</b>	0.23	24.4	5.6	0.30	0.50
<b>Intermediate ratio</b>	0.15	26.1	3.9	0.30	0.50
<b>Low ratio</b>	0.11	27.0	3.0	0.30	0.50

Table 1: Configuration des débits

Table 1: Discharge configurations

Pendant les essais, le sable (0-4 mm  $d_{65} = 1.4$  mm) et un mélange de 80% de sable (0-4 mm  $d_{65} = 1.4$  mm) et 20% de gravier (4-8 mm  $d_{65} = 2.3$  mm) ont été fournis pour le canal principal et l'affluent, respectivement, au moyen de deux bacs à sédiments indépendants avec des débits solides constants, 0,3 kg / min pour le canal principal et 0,5 kg / min l'affluent.

During the tests, sand (0-4 mm  $d_{65} = 1.4$  mm) and a mixture of 80% of sand (0-4 mm  $d_{65} = 1.4$  mm) and 20% of gravel (4-8 mm  $d_{65} = 2.3$  mm) were supplied to the main channel and to the tributary, respectively, by means of independent sediment feeders with constant solid discharges, 0.3 kg/min for the main channel and 0.5 kg/min for the tributary.

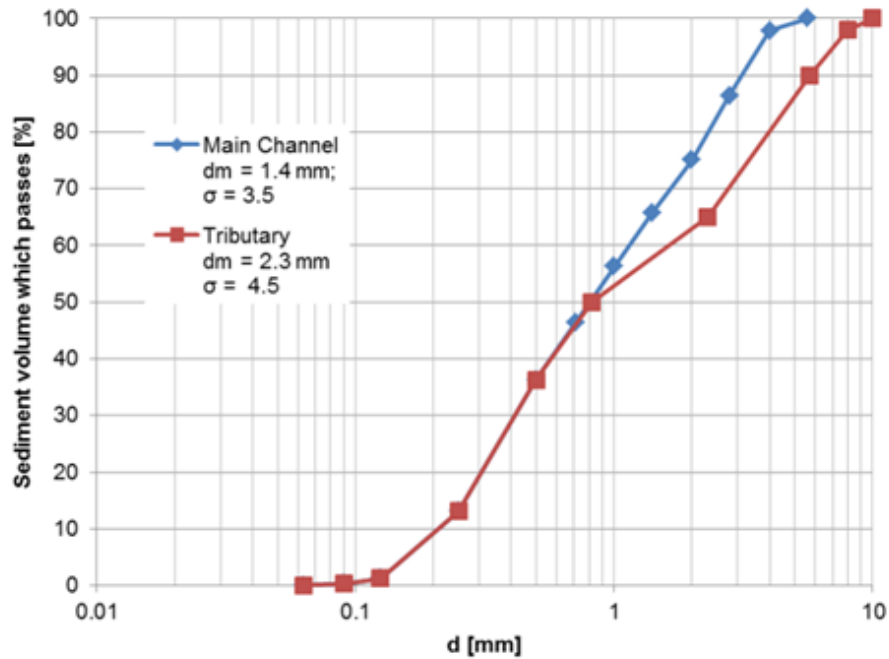


Figure 2 : Granulométrie des expériences

Figure 2 : Grain size distribution curves

Chaque test a été effectué jusqu'à ce qu'un équilibre ait été atteint, c'est à dire lorsque le débit sortant solide était égal ou supérieur à 90% de l'entrant. Des mesures systématiques de la topographie du lit du niveau de l'eau ont été réalisées pendant les essais, permettant la vérification de l'état d'équilibre. Une fois l'équilibre atteint, la topographie du lit, et le niveau de l'eau ont été mesurés. En outre, les champs de vitesse 3D ont été enregistrés à l'aide d'un ADV (Figure 2).

*Each test was run until equilibrium was reached, i.e. when the outgoing solid discharge was equal or larger than 90% of the incoming. Systematical surveys of bed topography and water level were performed during the tests, allowing the verification of the equilibrium state. Once equilibrium was reached, bed topography, and water level were measured. In addition, 3D velocity field was recorded using ADV (Figure 2).*

À la suite de ces tests et sur la base des mesures effectuées, l'effet de l'angle de confluence sur la morphologie du lit a été étudié par l'analyse de ces différents paramètres géométriques comme la profondeur d'affouillement maximal, la hauteur maximale et la largeur maximale des barres en aval de la confluence de dépôt.

*As a result of these tests and based on the performed measurements, the effect of the confluence angle on the channel bed morphology was studied by analyzing such different geometrical parameters as maximum scour depth, maximum height and maximum width of the deposition bar downstream the confluence.*

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

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

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

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

### **1.1.12 Analyse expérimentale du frottement dynamique et du comportement rhéologique et inélastique des conduites à écoulement en charge transitoire / *Experimental analysis of unsteady skin friction and pipe inelastic rheological behavior in pressurized transient flows***

Les pressions extrêmes transitoires calculées par la plupart des solveurs ne sont pas assez précises pour décrire le comportement physique observé dans les systèmes réels. Plusieurs facteurs, ne figurant pas dans la théorie classique des coups de bélier, affectent la propagation des ondes transitoires et leur atténuation, dans le temps et l'espace, comme le comportement viscoélastique du matériau de la conduite, les pertes et obstructions, le frottement dynamique, la cavitation et l'interaction fluide-structure. Ces divergences surgissent lorsque, dans la dérivation des équations des écoulements transitoires, les hypothèses de base sont utilisées, telles que les flux axisymétriques 1D, le comportement au frottement stationnaire ou linéaire-élastique du fluide et du matériau de la conduite.

Une première étape de cette thèse de doctorat est d'étudier le degré d'importance des différents phénomènes affectant l'onde de pression qui ne sont pas décrits par la théorie classique du coup de bélier. Ensuite l'étude se focalisera sur une évaluation, numérique et expérimentale, de deux de ces effets : le frottement dynamique et le comportement inélastique et rhéologique de la conduite. Dans ce but les modèles de l'état de l'art de ces précédents phénomènes seront recherchés et une sélection de telles formulations sera implémentée. Une recherche expérimentale sera menée afin de collecter des informations sur la pression, la distribution des vitesses, les contraintes de frottement et les déformations axiales et circonférentielles de la conduite sur plusieurs modèles physiques. Le but à terme étant l'élaboration de recommandations pratiques en termes de friction, célérité d'onde et comportement rhéologique.

Le travail accompli jusqu'à présent a été porté sur l'étude de l'état de l'art dans la modélisation numérique du frottement dynamique. Le frottement stationnaire est l'hypothèse communément adoptée par les logiciels d'écoulements transitoires, bien que les validations expérimentales aient montré d'importantes différences avec les données mesurées. Le concept physique du

*Extreme transient pressures calculated by most solvers are not accurate enough to describe the physical behavior observed in real life systems. Several factors, which are not described in classical water-hammer theory, affect water hammer wave attenuation, shape and timing, such as viscoelastic behavior of pipe-wall material, blockage and leakage, unsteady friction, cavitation and fluid-structure interaction. These discrepancies arise when, deriving transient-flow equations, basic assumptions like 1D axisymmetric flow, steady friction or linear-elastic behavior of the liquid and pipe-wall are supposed.*

*A first step of this PhD research is to study the degree of importance of the different phenomena affecting pressure waveform not contemplated by classical water-hammer theory. Thence the focus of the study will be centered on the assessment, either numerically and experimentally, of two of these effects: unsteady skin friction and pipe inelastic rheological behavior. For this purpose the state of the art models for unsteady friction and rheological behavior will be reviewed and a selection of such formulations will be implemented. Experimental investigation will be carried out in order to collect information about pressure, velocity distribution, shear stress and axial/circumferential pipe deformation in several experimental facilities. The ultimate goal is the elaboration of engineering recommendation practices in terms of friction, wave speed and rheological behavior.*

*The work performed so far has been oriented to the study of the state of the art numerical modeling regarding unsteady friction. Most frequently steady friction approximation is assumed in commercial water-hammer software, though experimental validation has shown important disagreement versus measured. In essence the physical concept of the unsteady friction phenomena is explained*

phénomène de friction dynamique est expliqué par la nature 2-D du profil de vitesse pendant un événement transitoire. Cependant les modèles transitoires 2-D sont numériquement gourmands et peu convenables pour le dimensionnement. Dans un tel contexte, un effort de recherche est justifié quant au développement d'un modèle optimisé 1-D pour l'hydraulique transitoire en considérant les informations du domaine 2-D et notamment les pertes de charges dues au frottement.

Les différentes hypothèses de frottement dynamique peuvent être classées en six groupes.

1. Le terme de frottement est fonction de la vitesse instantanée moyenne de l'écoulement.
2. Le terme de frottement est fonction de la vitesse instantanée moyenne de l'écoulement et de l'accélération instantanée locale.
3. Le terme de frottement est fonction de la vitesse instantanée moyenne de l'écoulement, de l'accélération instantanée locale et de l'accélération instantanée convective.
4. Le terme de frottement est fonction de la vitesse instantanée moyenne de l'écoulement et de la diffusion.
5. Le terme de frottement est fonction de la vitesse instantanée moyenne de l'écoulement et de l'influence des variations de vitesses précédentes.
6. Le terme de frottement est basé sur la distribution transversale de la vitesse instantanée de l'écoulement.

Ainsi, un programme informatique a été écrit dans le but de simuler les modèles de frottement dynamique (UF) les plus représentatifs. Le code est écrit en C++, est orienté objet et permet la simulation des formules suivantes en utilisant la méthode des caractéristiques (MOC) : équations classique du coup de bélier avec friction constante, UF Trikha (1975), UF Brunone (1991), UF Vardy & Brown (2004) et UF Trikha -Vardy-Brown (2007). A titre d'exemple, trois modèles sont comparés : l'un sans frottement, le second avec un frottement constant et le troisième avec frottement dynamique (modèle Trikha, 1975).

*due to the 2-D nature of the velocity profile during transient events. However 2-D hydraulic transient models are numerically demanding and not convenient for design purposes. In such context, research effort is justified towards the development of an optimized 1-D hydraulic transient model though considering fundamental information from the 2-D domain in regard the frictional head loss.*

*The different unsteady friction assumptions can be classified into six groups*

1. *The friction term is dependent on instantaneous mean flow velocity.*
2. *The friction term is dependent on instantaneous mean flow velocity and instantaneous local acceleration.*
3. *The friction term is dependent on instantaneous mean flow velocity, instantaneous local acceleration and instantaneous convective acceleration.*
4. *The friction term is dependent on instantaneous mean flow velocity and diffusion.*
5. *The friction term is dependent on instantaneous mean flow velocity and weights for past velocity changes.*
6. *The friction term is based on cross-sectional distribution of instantaneous flow velocity*

*Up to the date a code has been written in order to model some of the most representative unsteady friction models (UF). The code is written in C++ language, it is object oriented and it allows the simulation of the following friction formulations using the Method of Characteristics (MOC): classical water hammer equations with steady friction assumption, UF Trikha (1975), UF Brunone (1991), UF Vardy&Brown (2004) and UF Trikha-Vardy-Brown (2007). As an instance, in the following graph three models are compared: the first with no friction assumption, a second with steady friction approximation and finally an unsteady friction model (Trikha, 1975).*

Hydraulic head (m) at downstream boundary

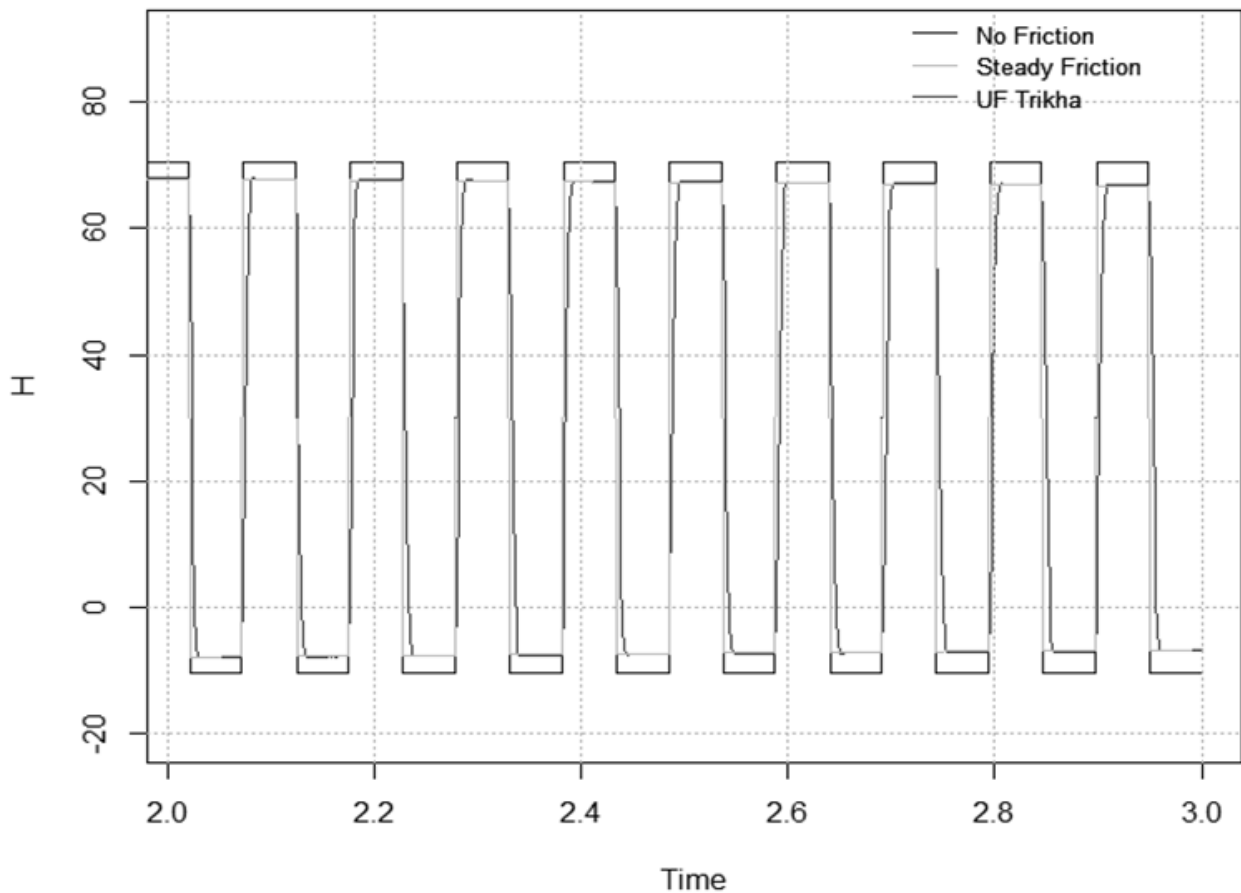


Figure 1 : Comparaison des coups de bélier d'onde dans une conduite étroite entre trois hypothèses différentes: pas de frottement (bleu), frottement constant (vert) et le modèle Trikha pour le frottement dynamique (rouge)

Figure 1 : Comparison of water-hammer wave in a close conduit between three different assumptions: no friction (blue color), steady friction (green) and Trikha unsteady friction model (red)

Sur la figure 1 il est observé combien des hypothèses de base sur le frottement affectent l'atténuation du coup de bélier dans le temps et l'espace. Les charges hydrauliques (m) sont représentées après une fermeture soudaine de la valve dans un système simple formé par un réservoir infini connecté à l'amont avec une charge  $H_0=30$  m, une conduite simple de diamètre  $D=22.1$  mm et de longueur  $L=37.2$  m, et avec une valve à l'aval. Les résultats montrent que dans un modèle sans friction, l'amplitude est restée constante après 3 secondes (pas d'atténuation) alors qu'une perte de charge est observée dans le modèle à friction constante. La friction dynamique introduit une atténuation supplémentaire changeant légèrement l'onde de pression.

In the figure 1 it can be observed how basic friction assumptions affect water hammer attenuation, shape and timing. Hydraulic heads (m) are represented after a sudden closure of a valve in a simple system formed by an infinite reservoir connected in the upstream boundary with water level  $H_0=30$  m, a single pipe with  $D=22.1$  mm and  $L=37.2$  m, and with a valve in the downstream boundary. Results show how after 3 seconds the amplitude of oscillation in the frictionless case remains constant (no damping effect), while a reduction in hydraulic heads can be clearly observed on the steady friction assumption. The unsteady friction formulation modeled introduces an extra attenuation slightly shifting the water hammer wave.

Des investigations supplémentaires auront pour but de comparer et classer plus précisément les modèles dynamiques de friction les plus importants. Ensuite une approche similaire sera adoptée afin de tenir compte du comportement inélastique et rhéologique de la conduite, incorporant dans le code C++ les formulations les plus représentatives de l'état de l'art. Une fois le travail numérique complété une investigation expérimentale commencera et aura pour but de comparer et/ou valider les mesures numériques et sur modèles.

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

Doctorant : David Ferràs  
(initiative de doctorants communs IST-EPFL)

*Further investigation will be focused on deepening in the comparison and classification of the most significant unsteady friction models. Afterwards a similar approach will be followed in regard inelastic rheological behavior of the pipe wall, incorporating in the C++ code the implementation of the representative state of the art formulations. Once the numerical work will be completed, experimental data will be collected in order to validate and investigate possible discrepancies between numerical and experimental measurements.*

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

*Ph.D. Student : David Ferràs  
(under the joint IST-EPFL doctoral initiative)*

### **1.1.13 L'influence du comportement anisotrope de la roche sur les contraintes et les déformations dans les conduites en charge blindées / *The influence of anisotropic rock behavior on stresses and deformation in steel liners or pressure shafts***

#### Introduction

Les critères de dimensionnement des conduites en charge blindées ont largement été élaborés pendant les années 1940 à 1980, période de construction de la plupart des aménagements hydroélectriques en Europe. Dans le cas quasi-statique, c'est à dire sans interaction fluide-structure, l'état de contrainte dans le blindage et la participation du rocher sont analytiquement résolus dans un rocher élastique et isotrope. L'influence du rocher anisotrope n'a pas encore été étudiée. Ce travail conduit l'étude d'un tel comportement des conduites, dans le cas quasi-statique. Des facteurs de correction considérant l'anisotropie de la roche dans la méthode analytique sont élaborés à l'aide d'une approche numérique, étudiant l'influence de certains paramètres.

#### Méthode

Une approche multicouche radiale symétrique est adoptée, montrée Figure 1. Dans ce système, cinq zones sont distinguées : (i) le blindage : dont la surface intérieure est en contact avec l'écoulement en charge et est

#### Introduction

*Most design criteria of steel-lined pressure tunnels have been outlined during the construction of the hydropower plants in Europe between the 40s and the 80s. In the quasi-static case, i.e. without Fluid-Structure Interaction (FSI), load sharing and stress state in the lining are analytically solved in elastic isotropic rock. Its behavior in anisotropic rock has not been studied yet. In this study, the influence of anisotropic rock is investigated in the quasi-static case. Correction factors for considering rock anisotropy with analytical approaches are elaborated by numerical modeling approach, conducted with a parametric analysis.*

#### Method

*A radial symmetrical multilayer approach is adopted, as shown in Figure 1. In this system, five zones are distinguished: (i) the steel liner: whose internal surface is in contact with pressurized flow and is impervious; (ii) the*

impermeable ; (ii) l'espacement initial : résulte du rétrécissement de la conduite dû au contact avec l'eau froide ; (iii) le béton de remplissage : compris entre le blindage et le rocher, qui est normalement fissuré et ne transmet pas les efforts de tractions ; (iv) la zone rocheuse fissurée : résultat de la méthode d'excavation et du changement du champ de contraintes autour du tunnel ; et (v) la zone rocheuse éloignée : zone non perturbée, supposée homogène, isotrope et élastique.

En considérant un comportement isotrope de la roche, la déformation du système est dérivée pour chaque couche des équations de compatibilité des déplacements aux interfaces, en faisant deux hypothèses : (i) les couches ou matériaux intacts sont homogènes, élastiques avec un comportement axisymétrique, modélisés selon la théorie des cylindres à parois épaisses ; et (ii) les couches fissurées ne peuvent transmettre les contraintes de tractions.

Afin de considérer le comportement anisotrope, le modèle constitutif de la roche orthotrope est adopté, et plus particulièrement l'isotropie transversale (c'est-à-dire un milieu avec un plan isotrope et une anisotropie perpendiculaire). Ce modèle est habituellement utilisé pour modéliser des roches telles le schiste, l'ardoise, le gneiss, la phyllite, la siltite, la mudstone, le grès, et le basalte. Dans ces cas, le plan d'isotropie transversale est parallèle à la foliation, la schistosité ou les plans de stratification.

La modélisation numérique est effectuée avec Mechanical APDL (ANSYS). L'analyse est statique et linéaire. Les éléments utilisés sont 2D 8-Node or 6-Node Structural Solid, en état plan de déformations. Les fissures sont modélisées selon une approche discrète dans le béton et la zone rocheuse perturbée, de façon à ne pas transmettre de traction. L'intérêt est porté sur les effets de la pression interne, ainsi les matériaux n'ont pas de masse et il n'y a pas de champ de contrainte in situ. Le modèle est validé dans la roche isotrope.

*initial gap: result of the steel shrinking that occurs because of the contact with cold water; (iii) the backfill concrete: zone between the steel liner and the rock, which is usually cracked and therefore cannot transmit tensile stress; (iv) the near-field rock zone: disturbed part of the rock mass as a result of the excavation method and the change in the stress field around the tunnel – this zone is cracked and thus cannot transmit tensile stress either; and (v) the far-field rock zone: non-disturbed zone, assumed as a homogeneous, isotropic and elastic material.*

*Considering an isotropic behavior for the rock, the deformation of this system is derived for each layer from the compatibility conditions at the interfaces, making two assumptions: (i) uncracked materials or layers are homogenous, elastic with axisymmetrical behavior, modeled according to the thick-walled cylinder theory; and (ii) cracked layers cannot transfer tensile stresses.*

*To consider the anisotropic behavior in this study, the constitutive modeling of orthotropic rock is adopted, and more particularly the transverse isotropy or also called cross-anisotropy (that is a medium with a plane of isotropy). This model is usually used to model rocks such as schist, slate, gneiss, phyllite, siltstone, mudstone, sandstone, shale and basalt. In these cases, the plane of transverse isotropy is parallel to the foliation, schistosity or bedding planes.*

*The numerical modeling is performed with Mechanical APDL (ANSYS). The analysis is static and linear. The elements used are 2D 8-Node or 6-Node Structural Solid, in plain strain conditions. Cracks are modeled with a discrete approach in backfill concrete and in near-field rock mass, in order to not transmit tensile stresses. Interest is focused on the effect of internal pressure, thereby materials do not have mass and there is no in situ stress field. The model was successfully validated in isotropic rock.*



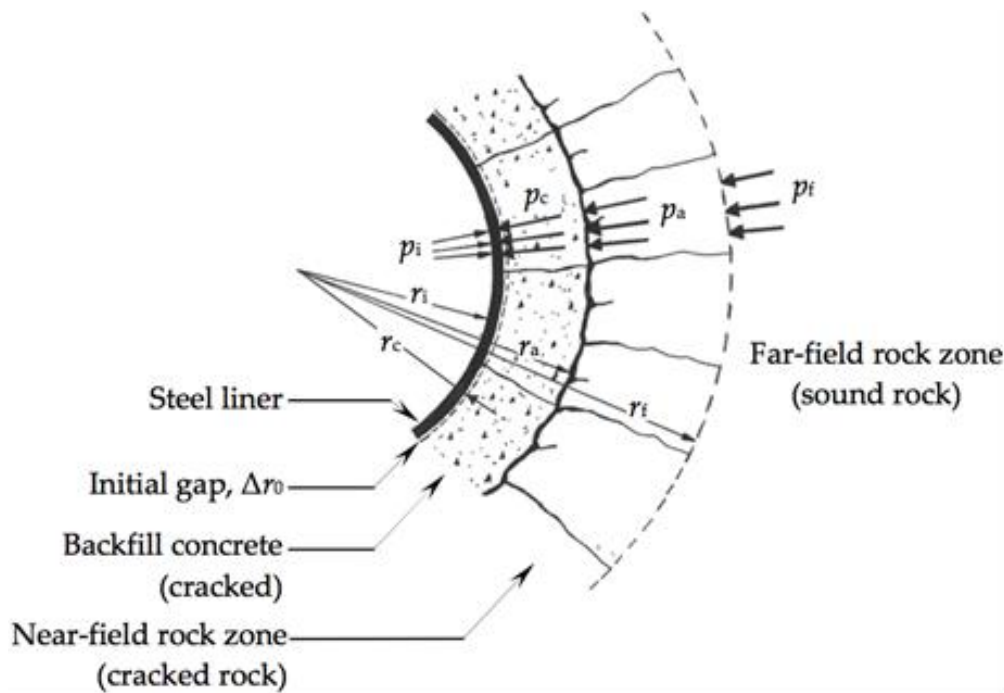


Figure 1 : Système multicouche radial symétrique pour les conduits blindés avec un comportement axisymétrique utilisé dans le cas quasi-statique

Figure 1 : Radial symmetrical multilayer system for steel liners with axisymmetrical behavior used in the quasi-static case

### Résultats et discussion

Pour illustrer l'influence du comportement anisotrope de la roche, la Figure 2 montre l'exemple d'une déformée calculée avec ANSYS du système composé du blindage, du béton fissuré, la roche fissurée et de la roche intacte et la Figure 3 montre les résultats numériques adimensionnels pour le déplacement radial, représentés en coordonnées polaires pour un cas.

Comparé au cas isotrope correspondant (i.e. avec la rigidité dans la direction la plus faible de la roche anisotrope autour du tunnel, ce qui est communément considéré en pratique pour dimensionner le tunnel dans un cas axisymétrique simplifié), les contraintes maximales dans le blindage sont réduites jusqu'à 14% lorsque  $1 < E/E' < 2$  (ratio entre les rigidités du plan isotrope et sa direction transversale), et jusqu'à 20% lorsque  $E/E' = 4$ . Elles apparaissent aux points internes du blindage dans le plan isotrope. Dans le reste du blindage, les contraintes sont réduites jusqu'à 31%.

Des facteurs de correction empiriques ont été définis afin de considérer le comportement anisotrope de la roche et permettre l'estimation des contraintes à des points spécifiques du blindage dans le cas quasi-statique avec l'approche analytique, et dans le domaine de validité démontré par cette étude.

Ce travail s'est uniquement focalisé sur un critère de dimensionnement, i.e. les contraintes

### Results and discussion

To illustrate the influence of the anisotropic rock behavior, Figure 2 shows an example of a deformed shape computed with ANSYS of a system composed by a steel liner, cracked backfill concrete, cracked near-field rock mass and intact far-field rock mass and Figure 3 shows numerical non-dimensional results for the simulated radial displacement in polar coordinates for one case.

Compared to the corresponding isotropic case (i.e. with the lowest stiffness value of the anisotropic rock mass around the tunnel, which is commonly considered in practice to design the tunnel in a simplified axisymmetrical case), maximum stresses in the liner are reduced up to 14% when  $1 < E/E' < 2$  (ratios between the stiffness in the isotropic plane and the transverse plane), and up to 20% when  $E/E' = 4$ . They occur at internal points in the plane of isotropy in the liner. In the rest of the liner, stresses are even more reduced, up to 31% at internal point in the direction perpendicular to the plane of isotropy.

Empirical correction factors have been defined for considering anisotropic rock mass behavior and enable the estimation of stresses at specific locations in the steel liner in the quasi-static case with analytical approaches, in the range of validity provided by this study.

This work only focused on one range in the design criteria, i.e. the limiting working stress

limites dans le blindage. Les interactions avec le champ de contraintes in situ dans la roche restent à être étudiées, ainsi que l'interaction fluide-structure et l'analyse transitoire.

in the steel liner. Interactions with the in situ stress field in the rock mass remain to be investigated, as well as considering FSI and transient analysis.

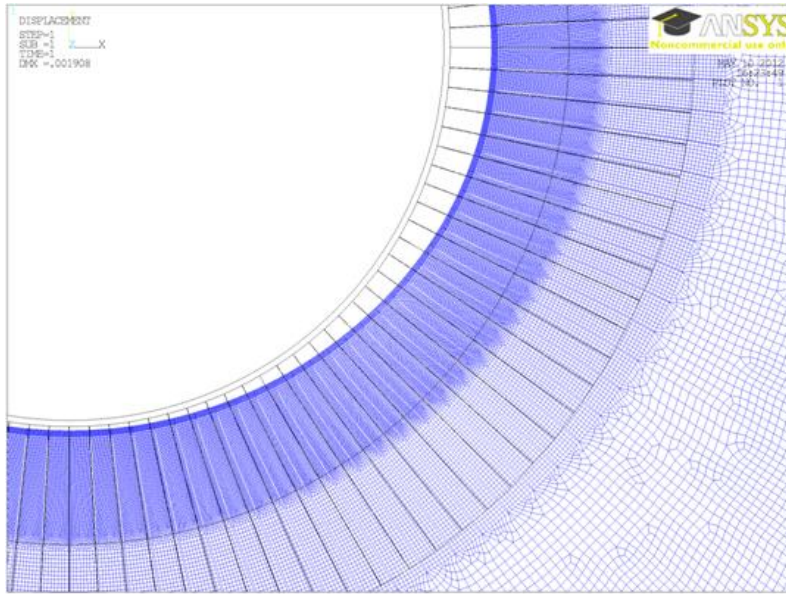


Figure 2 : Exemple d'une déformée calculée avec ANSYS d'un système composé par un blindage en acier, du béton de remplissage fissuré, une zone rocheuse fissurée et le reste de la roche intacte

Figure 2 : Example of a deformed shape computed with ANSYS of a system composed by a steel liner, cracked backfill concrete, cracked near-field rock mass and intact far-field rock mass

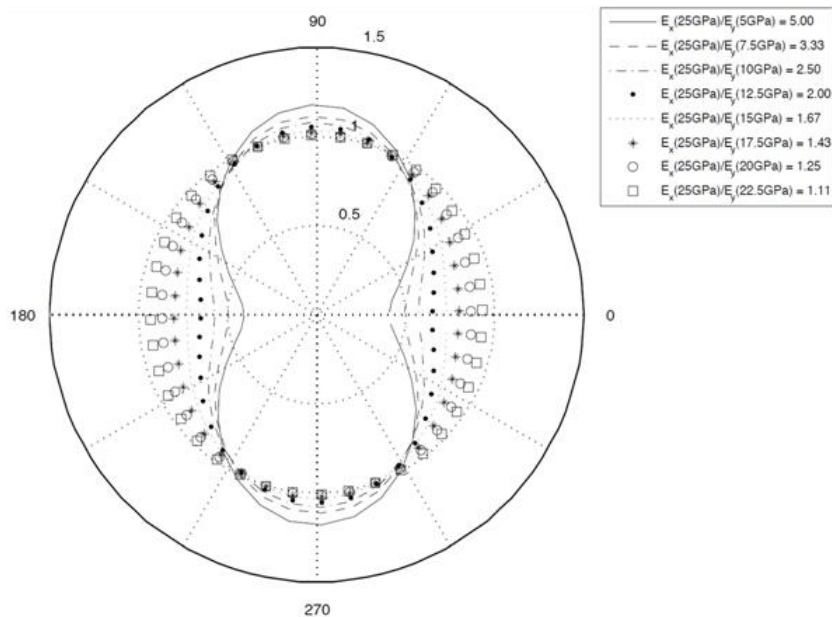


Figure 3 : Résultats numériques adimensionnels pour les déplacements en coordonnées polaires pour un rayon interne  $r_i = 1.50$  m, une épaisseur de blindage  $t = 20$  mm et une pression interne  $p_i = 25$  bar, dans le cas quasi-statique et en considérant le comportement anisotrope de la roche

Figure 3 : Numerical non-dimensional results for the simulated radial displacement in polar coordinates for internal radius  $r_i = 1.50$  m, liner thickness  $t = 20$  mm and internal pressure  $p_i = 25$  bar, in the quasi-static case and considering anisotropic behavior of the rock

Recherche financée par le Centre de Compétence Energie et Mobilité (CEEM), swisselectric research et l'Office Fédérale de l'Energie (OFEN).

Research financed by the Competence Center Energy and Mobility (CEEM), the swisselectric research and the Swiss Federal Office of Energy (SFOE).

Doctorant : Alexandre Jean Pachoud

Ph.D. student : Alexandre Jean Pachoud

### **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 African DAmS Project (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 création et l'amélioration d'un modèle hydraulique-hydrologique semi-conceptuel et journalier général du Zambèze, fournissant des directives et des méthodologies applicables aux bassins similaires.

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 de cette base de données est montrée dans la figure 1.

*The African DAmS 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 and methodologies applicable to similar basins.*

*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. An illustration of the database is shown in Figure 1.*

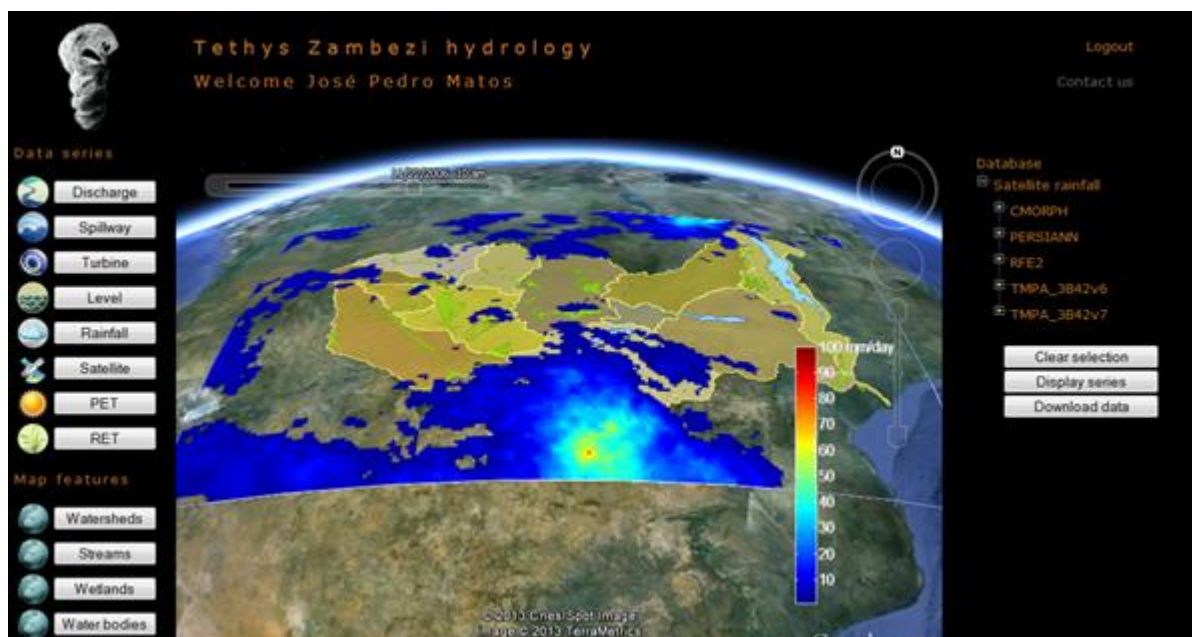


Figure 1 : Illustration de la base de données hydrologiques développée (<http://zambezi.epfl.ch>)

Figure 1 : Illustration of the developed hydrological database (<http://zambezi.epfl.ch>)

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. 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. Afin de traduire les valeurs mesurées de précipitation des estimations aériennes 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 diverses techniques est présentée dans la Figure 2.

Dans la dernière étape de la recherche, en ayant à l'esprit l'optimisation des opérations des barrages, une méthodologie d'étalonnage semi-automatique polyvalente est appliquée au modèle hydrologique. Afin d'améliorer la performance du modèle, les données de débit sont complétées par des informations sur le niveau de l'eau à des endroits clés du bassin grâce aux filtres de Kalman. En parallèle, les méthodes d'apprentissage automatique sont

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. In terms of rainfall, this can be a problem when considering discharges older than 1998, as reliable satellite rainfall estimations did not exist. In order to translate older gaged rainfall values into aerial rainfall estimations a nonlinear method displaying memory capabilities has been proposed. This method, based on the Least Squares Support Vector Machines (LS-SVM) machine learning model, has shown a strong potential to outperform alternative techniques such as Kriging at the scales of interest. A comparative illustration of several techniques is presented in Figure 2.

In the final stage of the research, having in mind dam operation optimization, a multi-purpose semi-automated calibration methodology is being applied to the hydrological model. In order to improve modeling performance discharge data is complemented with water level information at key locations of the basin, through Kalman filtering techniques. In parallel, machine learning methods are being evaluated regarding inflow forecasts at specific river cross-sections (Figure 3).

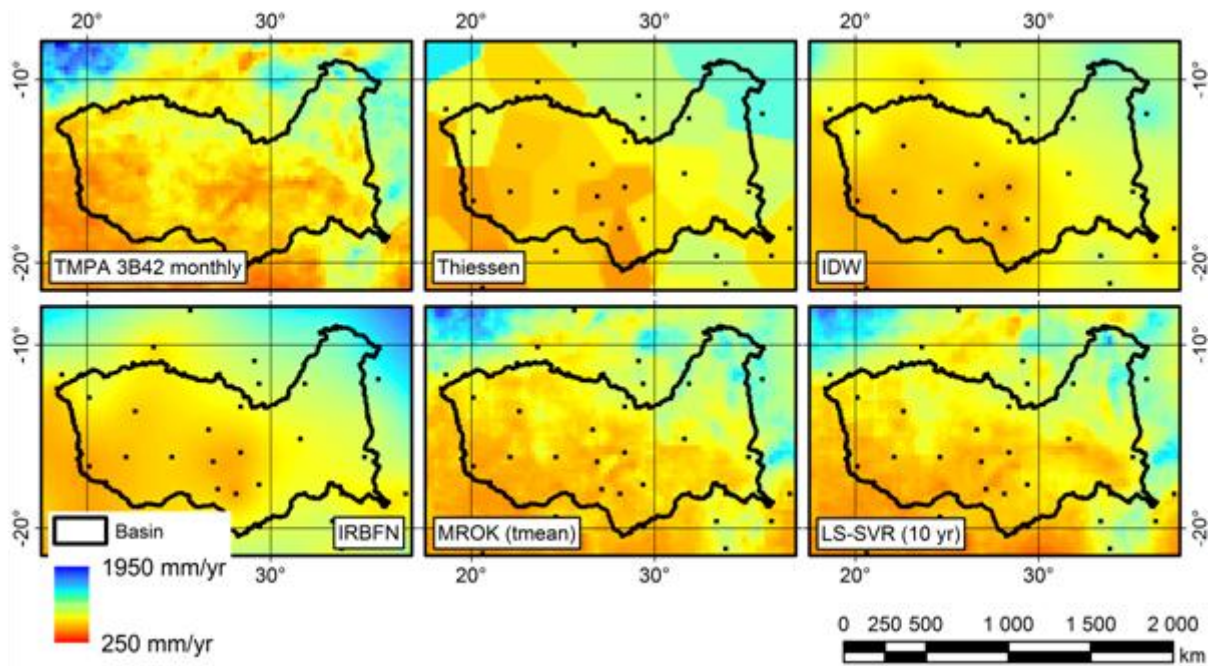


Figure 2 : Illustration comparative des différentes techniques d'interpolation de la précipitation sur le bassin du fleuve Zambèze, à l'échelle annuelle.

Figure 2 : Comparative illustration of different rainfall interpolation techniques over the Zambezi River basin at the yearly scale.

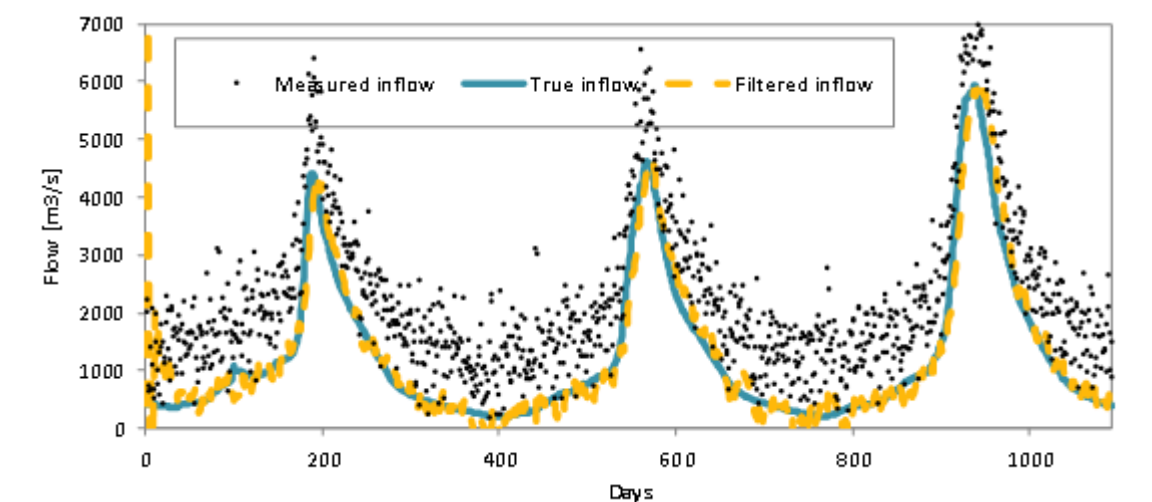


Figure 3 : Kalman filters applied to reservoir inflow estimation

Figure 3 : Kalman filters applied to reservoir inflow estimation

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

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

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

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

### **1.1.15 Développement d'une méthodologie pour l'estimation des crues extrêmes de barrages / *Development of a methodology for estimating extreme floods of dams***

La sécurité des barrages doit être garantie même lors de crues extrêmes. En Suisse, la crue de projet est défini comme une inondation ayant une période de retour de 1'000 ans qui doit pouvoir être évacuée en dessous du niveau de fonctionnement maximale, même si l'une des vannes est hors service. En outre, le barrage doit supporter sans défaillance une crue dite de sécurité qui est plus grande qu'une inondation d'une période de retour de 10'000 ans. Dans les régions alpines, le défi de la détermination des crues extrêmes consiste dans les conditions météorologiques spéciales et le relief de montagne.

Dans le passé, des projets de recherche ont été faits sur ce sujet, comme par exemple CRUEX (CRUEX, 2001), un projet visant à développer un modèle PMP-PMF avec la possibilité d'intégrer les caractéristiques hydrologiques alpins où les phénomènes orographiques sont très fréquentes.

Dans ce contexte, différents modèles ont été développés pour prédire la crue maximale probable: ORAGE (Bérod, 1994), Socont (Bérod, 1997), Faitou (Dubois, 1998) et Routing System (Dubois, Boillat, 2000).

Les résultats ont montré que les modèles utilisés peuvent donner des valeurs réalistes, mais doivent être considérés comme des résultats intermédiaires. La recherche n'a toujours pas conclu dans ce domaine, mais il a été possible d'élaborer des cartes PMP de la Suisse (figure 1). Une méthodologie complète qui est applicable aux bassins versants alpins est toujours manquante.

*Dams have to be safe even under extreme flood events. In Switzerland the design flood is defined as a 1'000-years flood which has to be evacuated below the maximum operation level even if one of the spillway gates is out of operation. Furthermore the dam has to withstand without failure for the so-called safety flood which is above a 10'000-years flood event. In alpine regions the determination of such extreme flood events is a challenge due to the special meteorological conditions and the mountain relief.*

*In the past several research projects have been done on this topic, i.e. CRUEX (CRUEX, 2001), a project to develop a PMP-PMF model with the possibility to integrate alpine hydrologic characteristics where orographic phenomena are very frequent.*

*In this context, different models have been developed to predict the maximum probable flood: ORAGE (Bérod, 1994), Socont (Bérod, 1997), Faitou (Dubois, 1998) and Routing System (Dubois, Boillat, 2000).*

*The results have shown that the used models could give realistic values, but should be considered as intermediate results. Research still hasn't concluded in this domain, however it was possible to elaborate PMP maps of Switzerland (Figure 1). A comprehensive methodology that is applicable to alpine catchment areas is still missing.*

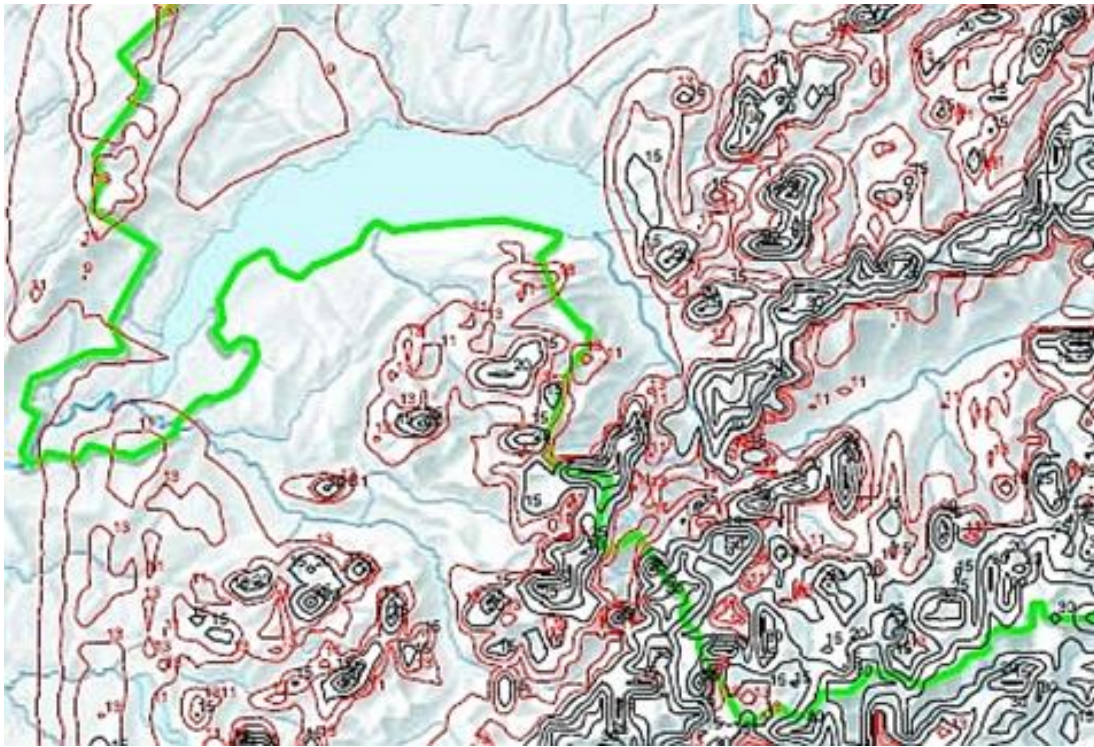


Figure 1 : maximum precipitation probable (PMP) en Suisse, au sol mm/h, duration : 24h (extract) - © OFEG and EPFL-EFLUM-H&L.

Figure 1 : Probable maximum precipitation (PMP) in Switzerland, at ground mm/h, duration : 24h (extract) - © OFEG and EPFL-EFLUM-H&L.

En outre, la recherche à l'EPFL a mené au modèle MINERVE, opérationnel en Valais, qui permet de faire des simulations hydrologiques et hydrauliques.

Furthermore, research at EPFL led to the model MINERVE, operational in the Valais, what is used to do hydrologic and hydraulic simulations.

L'objectif de cette thèse est le développement d'une méthodologie qui convient pour les bassins versants alpins. Les modèles existants PMF seront améliorés en tenant compte des aspects météorologiques et hydrologiques. La distribution spatiale des précipitations extrêmes pour une certaine région et leur représentation par la mise en œuvre d'un module SIG seront mises en place. La méthodologie de calcul des crues extrêmes doit être claire, précise et rigoureuse. Le logiciel Routing System sera modifié et complété par les nouvelles découvertes. Un manuel d'utilisation sera élaboré et des ateliers de formation seront organisés.

The objective of this research thesis is the development of a methodology that is suitable for alpine catchments. The existing PMF models will be ameliorated by considering the meteorological and hydrologic aspects. Spatial distribution of the extreme precipitations for a certain region and their representation by implementation of an SIG module will be established. The methodology for extreme flood computations has to be clear, precise and rigorous. The program Routing System will be modified and completed with the new findings. User manuals will be elaborated and workshops will be organized.

Actuellement, une revue de la littérature dans le domaine de l'estimation des crues est en cours. Deux approches principales peuvent être soulignées. La première est une méthode probabiliste-statistique, tandis que la seconde est une méthode déterministe (pluie-débit), tel qu'elle est utilisée dans le logiciel Routing System.

Currently a literature review is being undertaken in the domain of flood estimation. Two main approaches can be outlined. The first one is a probabilistic-statistical method, whereas the second one is a deterministic method (rainfall-runoff), such as it is used in the program Routing System.

Jusqu'à ici, cette étude a montré les difficultés de l'estimation des précipitations extrêmes et des crues en raison des incertitudes croissantes pour des périodes de retour importantes. En outre, la complexité de l'analyse régionale a pu être soulignée.

*Until now, this study could reveal the difficulties of the estimation of extreme precipitation and flood events for long return periods. In addition, the complexity of regional analysis could be pointed up.*

Recherche financée l'Office fédérale de l'énergie OFEN.

Recherche financée Swiss Federal Office of Energy (SFOE).

Doctorant : Fränz Zeimetz

Ph.D. student : Fränz Zeimetz

### **1.1.16 Conception hydroélectrique sous incertitudes / *Hydropower Design under Uncertainties***

La conception de centrales hydroélectriques est déterminée par des prévisions à long terme. Celles-ci sont hautement incertaines et sont l'une des sources majeures de risque pour de tels projets.

*The design of hydropower plants is determined by long-term forecasts. These forecasts are highly uncertain and are one of the sources of major risk for hydropower projects.*

La tâche traditionnelle d'ingénierie est d'optimiser la centrale hydroélectrique de manière à ce qu'elle satisfasse le scénario prévu. Les approches d'ingénieur et économique qui gouvernent virtuellement tous les planifications hydrauliques considèrent que les processus hydrologiques et du marché sont stationnaires, bien qu'il soit connu que ces processus peuvent changer. Aucuns de ceux-ci sont statiques et une prévision est très complexe et contient beaucoup d'incertitudes. Des incertitudes supplémentaires peuvent aussi provenir de l'interprétation de données incomplètes. Une aberration des valeurs effectives des prévisions peu avoir une conséquence majeur sur le succès d'un projet.

*The traditional engineering task is to optimize the hydropower plant so that it meets the forecasted scenario. The engineering and economic approaches that underlie virtually all water planning assume that the hydrological processes and market processes are stationary, even if it is well known that these processes can change. None of these are static and a forecast is highly complex and contains many uncertainties. Additional uncertainties may also stem from interpretation of incomplete data. An aberration of the effective values from the forecasts can highly affect the success of a project.*

De nombreux projets hydroélectriques existent où les prévisions n'ont pas concordé aux valeurs effectives et au final les centrales n'ont pas atteint les performances prévues. En conséquence, l'hydroélectricité est fortement affectée par les risques. Ils sont une cause majeure de la non-construction de certains projets et ne peuvent ainsi pas contribuer à l'approvisionnement en énergie renouvelable.

*Numerous hydropower projects exist where the forecasts were not matching the effective values and finally the plants did not reach the expected performance. Consequently, hydropower is strongly affected by risks. It is a major reason why some hydropower projects are not constructed and cannot contribute to sustainable energy supply.*

En outre, l'accroissement de la part des investisseurs privés dans les projets hydroélectriques renforce la tendance vers un contrôle ou une limitation des risques lors du choix d'un investissement.

*Furthermore, the increasing proportion of private investors for hydropower projects reinforces the trend towards control or limitation of risks when making investment choices.*



Malgré les forts risques pris sur de grands projets hydroélectriques, il existe surprenamment peu de connaissances systématiques sur la prise en compte de la gestion du risque dans la conception de centrales hydroélectriques.

Le but de ce projet de recherche est de développer un Planning Framework for Project Specific Strategy (PFPS) qui intègre exploitation adaptative, conception robuste et analyse d'option réelle dans le processus de conception de projets hydroélectriques. Avec ce projet, d'importantes étapes vers une meilleure compréhension de l'application d'approches de conception novatrice pour la gestion des incertitudes dans le secteur hydroélectrique sont effectuées.

Durant les premiers mois de la thèse en 2012, la création d'un modèle énergétique et économique a été finalisée. Des tests avec des cas virtuel ont été effectués. Dans une prochaine étape, l'intégration de la prévision énergétique et du modèle hydrologique doit être élaborée.

La revue de la littérature sur les conceptions robustes a montré que l'approche minmax regret est très prometteuse. Le critère minmax regret a seulement besoin de la liste des scénarios possibles, sans aucune hypothèse sur la probabilité ou la vraisemblance. De premiers tests avec le modèle virtuel montrent que l'approche minmax regret amène à une conception plus robuste, est transparente et peut être intégrée dans l'approche traditionnelle de conception. Cependant, l'application sur des cas réels et une étude détaillée sur de possibles décisions de conception pouvant induire en erreur doivent être préparées dans une prochaine étape. De plus, nous travaillons actuellement sur une approche multi-objectifs où la méthode minmax est combinée avec des marges de sécurité sur les paramètres de performance.

Recherche financée par l'Office Fédéral de l'Energie.

Doctorant : Felix Oberrauch

*Despite the high risks taking over on large hydropower projects, surprisingly little systematic knowledge exists about the incorporation of risk management into the design of hydropower plants.*

*The aim of the research project is to develop a Planning Framework for Project Specific Strategy (PFPS) which incorporates Adaptive Operation, Robust Design and Real Option Analysis into the design process for hydropower projects. With this project we make important steps towards a better understanding of the application of innovative design approaches for management of uncertainty in the hydropower sector.*

*During the first months of the PhD- work in 2012 the setup of an energy and economical model could be finalized. Test runs with virtual cases have been carried out. In a following step the integration of the energy forecast and hydrological model has to be elaborated.*

*The review of the literature on robust design has shown that especially the minimax regret approach is very promising. The minimax regret criterion only needs the list of possible scenarios, without any assumptions on probabilities or likelihood. First test runs with the virtual model indicate that the minimax regret approaches leads to a more robust design, it is transparent and could be integrated into the traditional engineering design process. However, the application on real cases and a detailed study of possible misleading design decisions shall be prepared in a next step. In addition we are currently working on a multi-objective approach, where the maximax method is combined with a safety margin on the performance parameters.*

*Research financed by the Swiss Federal Office of Energy.*

*Ph.D. student : Felix Oberrauch*

### **1.1.17 Les caractéristiques d'écoulement sur des déversoirs en escalier - expériences en laboratoire sur des changements de pente abruptes et des mesures in situ sur prototype / *Flow characteristics over stepped spillways - Laboratory experiments on abrupt slope changes and in-situ measurements on a prototype***

Au cours des deux dernières décennies, les coursiers en escalier ont à nouveau été mis en évidence en raison de l'évolution des techniques de construction des barrages tels que le béton compacté au rouleau (BCR) et le sable et gravier cimentés (CGS). Principalement, un déversoir en escalier peut être économiquement intégré dans la face aval d'un barrage-poids en BCR. En combinaison avec les barrages en enrochement et en remblai, ces déversoirs sont également exécutés dans les pentes rocheuses du côté du barrage. Du à la topographie et à des raisons économiques, les changements de pente ne peuvent pas être évités. Les avantages des déversoirs en escalier comprennent la facilité de construction, la réduction du risque de cavitation, et la minimisation des dimensions du bassin de dissipation au pied du barrage en raison de la dissipation d'énergie importante le long du coursier. Il y a encore une lacune dans nos connaissances sur les déversoirs en escalier avec des changements brusques de pente.

Ainsi, l'étude expérimentale du présent travail de recherche porte donc sur les divers aspects de l'écoulement en surface libre au-dessus des déversoirs en escaliers pour :

1. Étudier les caractéristiques de l'écoulement sur les changements brusques de pente sur le déversoir en escalier et l'évaluation de ses influences sur la performance du déversoir.
2. Étude sur le champ de pressions dynamiques et ses fluctuations ainsi que la vitesse de surface d'écoulement dans une mesure prototype in situ sur un déversoir en escalier, qui sera utilisée pour évaluer les résultats des essais sur modèle, notamment en termes de l'effet d'échelle, et pour évaluer sa performance.

Pour les applications pratiques, il est nécessaire de connaître comment une configuration de transition de pente sur les déversoirs en escalier doit être conçue. La

*During the last two decades, stepped spillways became common due to the evolution of the roller compacted concrete (RCC) and cemented sand and gravel (CGS) dam in construction technique. Principally, a stepped chute can be economically integrated into the downstream face of a RCC gravity dam. In combination with embankment and rockfill dams, stepped spillways are also executed in the rock slopes on the side of the dam. Due to imposed topography and economical reasons, slope changes cannot be avoided. Advantages of stepped spillways include ease of construction, reduction of cavitation risk, and minimizing the stilling basin dimensions at the downstream dam toe due to significant energy dissipation along the chute. There is still a gap in knowledge related to the stepped spillways with abrupt slope changes.*

*Thus this experimental research work deals with various aspects of free surface flow over stepped spillways to :*

1. *Study the flow characteristics on sudden slope changes over the stepped spillway and evaluating its influences on the spillway performance.*
2. *Study on dynamic pressure field and fluctuations as well as flow surface velocity within an in-situ prototype measurement on a stepped spillway, which will be utilized to assess the results of laboratory model tests especially in terms of scale effect, and evaluating its performance.*

*For practical applications it has to be known how a configuration of slope transition over the stepped spillways has to be designed. The key question is to find the optimized configuration*

question clé est de trouver la configuration optimale entre pente et géométries variables en présence de caractéristiques d'écoulements différents. La combinaison choisie de changements de pente, hauteurs de marche et débits est indiquée dans le tableau 1.

**Table 1: Defined configuration of step height and slope changes**

Slope		50°	18.6°	Slope		50°	30°
$h_{s(cm)}$	Upper	12	6	Upper	12	12	
	lower	6	6	lower	12	6	
		6	3		6	6	
		6	3		6	3	
Slope		40°	18.6°	Slope		40°	30°
$h_{s(cm)}$	Upper	12	6	Upper	12	12	
	lower	6	6	lower	12	6	
		6	3		6	6	
		6	3		6	3	
Slope		30°	18.6°	Slope		50°	40°
$h_{s(cm)}$	Upper	12	6	Upper	12	12	
	lower	6	6	lower	12	6	
		6	3		6	6	
		3	3		6	6	

En outre, parallèlement aux expériences en laboratoire, des mesures prototype in situ seront effectuées sur l'évacuateur de crue supérieur de l'aménagement de pompage-turbinage Siah-Bishe. Cette mesure prototype est une occasion exceptionnelle de mesurer les caractéristiques hydrauliques pertinentes au cours des essais de pompage de l'usine, puisque le lancement de la pompe produirait un déversement contrôlé (en termes de décharge et de temps) sur le coursier.

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

Doctorant : Mohammad Javad Ostad Mirza

between varying slope and step geometries in presence of different flow features. The chosen combination of slope changes, step height and discharges is shown in Table 1.

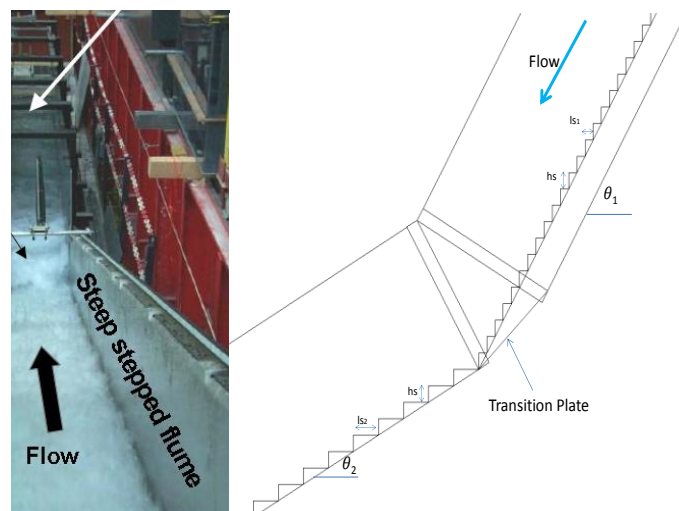


Figure 1: LCH stepped spillway channel (André 2004), and sketch of the step dimension along slope changes from steep to mild.

Moreover, in parallel to the laboratory experiments, in-situ prototype measurements on upper spillway of Siah-Bishe pumped-storage dam and power plant will be performed. This prototype measurement is an exceptional chance to measure hydraulically relevant features during the pump tests of the plant, since launching the pumps would result in a controlled over-flow (in terms of discharge and time) on the spillway.



Figure 2: Siah-Bishe pumped-storage dam and power plant, Iran

Research funded by the Portuguese Foundation for Science and Technology (FTC) and LCH-EPFL

Ph.D. student : Mohammad Javad Ostad Mirza

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

### 1.2.1 Ouvrages de sortie du bassin de compensation d'Innertkirchen : Etude sur modèle physique / *Experimental model study on outlets of the Innertkirchen compensation basin*

Les Kraftwerke Oberhasli AG (KWO) prévoient des travaux importants sur la centrale Innertkirchen 1, dans le cadre du projet «KWO +». La restitution des eaux turbinées dans l'Aare est un point particulier à prendre en compte. Afin d'améliorer la valeur écologique du lieu et de diminuer le marnage de l'Aare, un bassin de compensation est prévu à l'aval des centrales Innertkirchen 1 et 2. Ce dernier est délimité latéralement par le Hasliaare, le Gadmerwassers et la ligne ferroviaire Meiringen-Innertkirchen MIB. Il a une capacité de stockage d'environ 20'000 m<sup>3</sup> et est contrôlé par deux ouvrages indépendants : un clapet et une vanne-segment (Figure 1).

*The Kraftwerke Oberhasli AG (KWO) plan major works on the hydro-electric power plant Innertkirchen 1 in the frame of the project "KWO +". The restitution of turbinéd water into the Aare River is a particular aspect to consider. To improve the ecological value of the site and to reduce the water level fluctuations of the Aare River due to hydro-peaking, a compensation basin will be provided downstream of the plants Innertkirchen 1 and 2. The basin is laterally delimited by the Hasliaare River, the Gadmerwassers River and the railway line Meiringen-Innertkirchen MIB. It has a storage volume of some 20,000 m<sup>3</sup> and is controlled by two independent outlet-structures : a flap gate and a radial gate (Figure 1).*



Figure 1 : Photo-montage du bassin de compensation lié aux centrales Innertkirchen 1 et 2 (source : KWO)

*Figure 1 : View of the compensation basin of Innertkirchen 1 and 2 power plant (source : KWO)*

Le modèle physique (Figure 2) reproduit fidèlement un tronçon de l'Aare d'environ 250 m, la partie aval du bassin de compensation et les deux ouvrages de contrôle du bassin. Ce dernier est réalisé à l'échelle 1:40. En plus des épis dans l'Aare, un lit mobile est créé afin de constater les zones d'érosion et de de dépôt éventuelles.

*The physical model (Figure 2) reproduces a section of about 250 m of the Aare River, the downstream portion of the compensation basin and its two control structures. The model is built with a geometrical scale factor of 1:40. Beside the spur-dikes in the Aare River, a moving bed is provided to study potential erosion and deposition areas.*



Figure 2 : Modèle physique de l'aménagement et de l'Aare – vue depuis l'aval

L'étude vise principalement la vérification du fonctionnement des organes de contrôle et leurs limites en fonction du débit dans l'Aare. Il s'agit aussi de déterminer les courants principaux dans l'Aare et de quantifier les vitesses d'écoulement. Pour ce faire, un protocole de mesures systématiques est mis en place. Les niveaux d'eau et les vitesses d'écoulement sont mesurés, offrant des résultats continus sur toute la zone d'étude.

Après les phases de calibration et de validation du modèle, une première série d'expérimentation donne des résultats intéressants. Les limites de capacité des organes de sortie et les premiers résultats concernant l'emplacement et la pertinence des ressauts hydrauliques sont déterminés. Il a aussi été constaté des dépôts de sédiments dans les bassins amortisseurs et des ondes dans le coursier devant la vanne-segment. Sur base de ces résultats, une première phase d'optimisation a vu le jour.

Plusieurs éléments sont modifiés (Figure 3). Le bassin amortisseur de l'ouvrage de sortie de la vanne-segment est prolongé et cette dernière déplacée vers l'amont. La section d'entrée de cet ouvrage de sortie est élargie en rive droite, diminuant les ondes. Les murets séparant les bassins amortisseurs du lit de l'Aare sont rehaussés.

Figure 2 : Physical model of the compensation basin and the Aare River – seen from downstream

*The study's main objective is to assure an adequate hydraulic operation of the basin outlets under relevant discharges in the Aare River. Besides, the flow characteristics and bed elevations of the Aare River were documented to provide an adequate regime for the environment. Therefore, systematic tests are conducted, including water level and flow velocities measurements, providing results over the entire study area.*

*After the initial model calibration and validation phase, a first series of experiments were conducted, providing the discharge capacity of the outlet structures and the efficiency of the stilling basins and of the river bed protection. Particular zones with erosion or sedimentation were documented. Of particular interest were deposits in the stilling basins, generated by floods in the Aare River, which could however be flushed when operating the outlets. Besides, shock waves occurred in the channel upstream the radial gate. Based on these results, an optimized structure was proposed.*

*Several elements were thus adapted (Figure 3). The stilling basin downstream of the radial gate was extended and the radial gate shifted towards upstream. The channel of this outlet structure was widened towards the right bank, to reduce the flow velocity and thus the shock wave extensions.*

L'emplacement et la typologie des blocs anti-érosion à la sortie des bassins amortisseurs dans l'Aare sont revus.

The walls separating the stilling basin and the Aare River were heightened. The location and type of bed protection blocks in the Aare River were adapted. In addition, the Client provided a modified geometry of the separation wall between basin and Aare River.

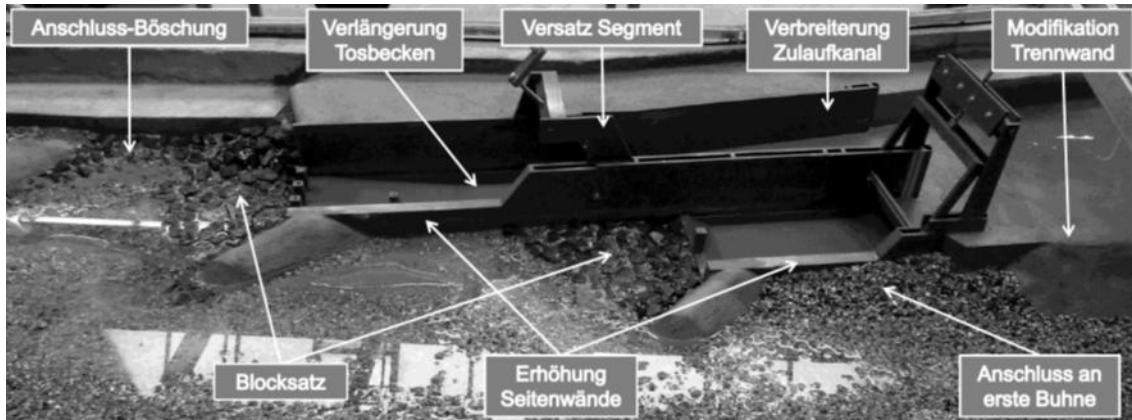


Figure 3 : Modifications apportées sur le modèle physique après la première phase d'essais

Figure 3 : Adaption of physical model after first test series

Une fois les modifications réalisées, une deuxième phase de validation est exécutée, ainsi que la détermination des capacités des ouvrages de sortie. Les essais se poursuivent donc, en conservant une collaboration étroite et active avec le client.

Once the adaptations were inserted into the model, a second test phase was launched, in analogy to the first series. Experiments are still on-going, including a close and active collaboration with the client.

Etude confiée par : KWO – Kraftwerke Oberhasli AG

Study entrusted by : KWO – Kraftwerke Oberhasli AG

Ingénieurs de projet : Fränz Zeimetz, Raphaël Sprenger, Michael Pfister

Project Engineers : Fränz Zeimetz, Raphaël Sprenger, Michael Pfister

### 1.2.2 **IBER2 : Impact sur le ballast des eaux de ruissellement – Phase IBER2: Impact of runoff on railroad ballast – Phase 2**

La sécurité de la voie ferrée à Sarry, sur la Ligne à Grande Vitesse (LGV) Pars Sud Est, a été mise en danger par un violent orage en 2000 (Figure 1, à gauche). 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 génère une déstabilisation de la voie qui peut être à l'origine d'un déraillement. Lorsque des obstacles, tels que des regards de collecteurs drainants, des poteaux caténaires ou des piles de pont, sont présents le long de la piste, ce risque peut augmenter drastiquement.

The safety of the railroad in Sarry, on the High Speed Line (LGV), Paris South East of Réseau Ferré de France, was endangered by a severe thunderstorm occurred in 2000 (Figure 1, on the left). It highlighted the flood risk of platform connected with ballast entrainment along the railroad that, in extreme case, can cause a derailment. When obstacles, such as drainage manholes, catenary poles or bridge pier, are present along the railroad, the ballast entrainment risk increases drastically.

Le couple hauteur d'eau-vitesse causant l'entraînement du ballast et puis sa rupture doit être étudié sur modèle réduit afin d'améliorer les directives actuelles.

Le modèle physique a été construit pour le projet IBER en 2011. Il a une échelle géométrique 1:3 et est utilisé en similitude de Froude pour ce qui concerne l'aspect hydraulique. La similitude de transport solide est garantie par le respect du critère de Shields pour l'entraînement du ballast.

*The couple water depth-velocity causing ballast entrainment and rupture must be studied on a scaled model in order to improve the existing construction recommendations.*

*The scaled model was built for the IBER project in 2011. It has a scale of 1:3 and is used in Froude similarity for the hydraulic similarity. The sediment transport similarity is guaranteed by the respect of the Shields criteria for ballast entrainment.*



Figure 1 : Gauche: photo prise après l'orage survenu à Sarry en 2000. Centre : test sur modèle physique avec 2 obstacles, un poteau caténaire à l'aval d'une pile de pont. Droite : test avec deux obstacles, un regard de collecteur drainant à l'aval d'une pile de pont. La distance entre les obstacles pour les essais présentés est de 4.5 m sur prototype, la pente de la piste est de 3.0%

*Figure 1 : Left: picture taken after the thunderstorm occurred in Sarry in 2000. Center: test with 2 obstacles, with the catenary pole downstream of a bridge pier. Right: test with 2 obstacles, with the drainage manhole downstream of a bridge pier. Distance between obstacles for the presented tests is 4.5 m in prototype and the slope of the platform is 3.0%.*

Lors d'une première phase d'essais (projet IBER), l'impact de chaque obstacle a été étudié individuellement. Au vu des résultats obtenus, il a été décidé de continuer le projet avec une deuxième phase (IBER2) étudiant l'effet combiné de deux obstacles (Figure 1 au centre et sur la droite), ainsi que l'effet d'un passage de train et l'optimisation du système de drainage.

Les essais avec deux obstacles ont été mené pour deux pentes de piste (0.65% et 3%). Deux distances entre obstacles ont été utilisées (3 et 4.5 m sur prototype). Les distances ont été décidées sur la base des zones d'érosion maximale observées lors des essais avec l'obstacle amont seul. L'analyse des résultats est en cours. Il est néanmoins déjà possible de confirmer que les différentes combinaisons d'obstacles ont des impacts

In a first phase (IBER project), the impact of every single obstacle was studied. According to the results, it was decided to continue the project with a second phase (IBER2), studying the combined impact of two obstacles (Figure 1, center and right images), the effect of a train passage and the optimization of the drainage system.

Tests with two obstacles were carried out for two platform slopes (0.65% and 3%). Two distances between obstacles have been used (3 and 4.5 m on prototype). The distances have been decided according to the zone of maximum erosion caused by the upstream obstacle alone. The result analysis is ongoing. It is however already possible to confirm that different obstacle combinations have different impact on the platform, that can be either

différents, qui peuvent être tant déstabilisant que stabilisant. Par exemple, chaque combinaison ayant un regard de collecteur drainant à l'aval présente moins d'érosion que l'obstacle amont seul.

Des essais avec vibrations ont également été menés dans des configurations sans obstacles. Ceci a permis d'étudier l'impact du passage d'un train sur la banquette de ballast lorsqu'il y a un écoulement le long de la piste. Les résultats montrent que la stabilité de la banquette de ballast est diminuée de manière presque négligeable par les vibrations.

Enfin, un dernier objectif de ce projet, est celui d'investiguer la performance de différent aménagements permettant de réduire l'écoulement le long sur la piste. Une partie de l'eau doit être drainée par le regard de collecteur drainant. Plusieurs techniques sont envisagées à cet égard. La performance de ces techniques doit être évaluée par le LCH. Une modélisation numérique, au moyen du logiciel « Flow 3D », sera utilisée. Afin de valider le modèle numérique, les résultats de la configuration de base sont comparés avec les mesures faites sur modèle physique (Figure 3).

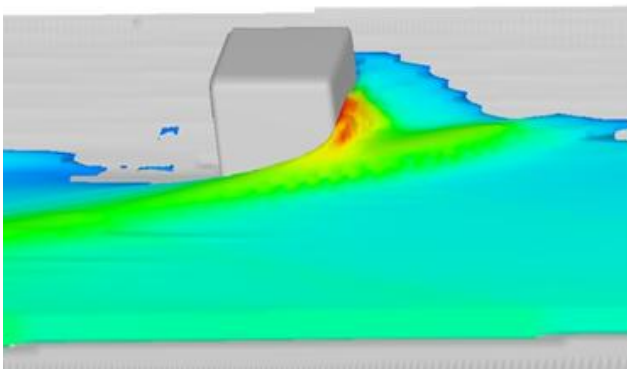


Figure 3 : Comparaison des résultats de la modélisation numérique (à gauche) et de l'essai sur modèle physique (à droite) pour les mêmes conditions (pente 1.5%, débit  $1.55 \text{ m}^3/\text{s}$ )

Etude confiée par : SNCF

Ingénieurs de projet : Tamara Ghilardi, Elena Battisacco, Mona Jafarnejad, Giovanni De Cesare

stabilizing or destabilizing. For example, each combination having a manhole downstream presents less erosion than what was observed with the upstream obstacle alone.

Tests with vibrations were carried out without obstacles, in order to analyze the impact of train transit during flooding event. Results show that the ballast stability is decreased in a minor way by the vibrations.

Furthermore, another objective of this research is to investigate different solutions to reduce the flood over the platform. Part of the water flowing on the platform has to be drained into the drainage manhole by different means. The performance of the proposed solutions will be evaluated by LCH. A numerical simulation, made with the program "Flow-3D", will be used for this part of the project. In order to validate the model, the numerical results are compared with the measurements done on the scaled model.



Figure 3 : Comparaison between the numerical simulation (left) and the physical model (right) for the same conditions (slope 1.5%, discharge  $1.55 \text{ m}^3/\text{s}$ )

Study entrusted by : SNCF

Project engineers: Tamara Ghilardi, Elena Battisacco, Mona Jafarnejad, Giovanni De Cesare



### 1.2.3 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 de 240 MW (Figure 1). 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.

*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 (Figure 1). 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. It has an active storage volume of 53.2 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>.*



Figure 1 : Salle des machines de la centrale actuelle Veytaux (source : [www.fmhl.ch](http://www.fmhl.ch))

*Figure 1 : Engines room of the actual power plant of Veytaux (source : [www.fmhl.ch](http://www.fmhl.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

*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,*

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 d'équilibrage de l'énergie, qui est principalement due au développement des énergies renouvelables en Europe et en Suisse. La nouvelle centrale Veytaux 2 utilisera la conduite forcée et le canal de fuite existants. Ainsi, le fonctionnement combiné des deux usines nécessite une attention particulière.

*generating peak electricity, will allow the plant to play 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 and Switzerland. The new plant will mainly use the existing upstream (headrace tunnel and penstock) and downstream (tailrace channel and intake/outlet work) hydraulic system. Therefore special attention has to be paid on the combined operation of the two plants.*



Figure 2 : Modèle physique de FMHL+ à l'échelle 1:30

*Figure 2 : Physical model of the FMHL+ tailrace channel at 1:30 scale*

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).

*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).*

Le modèle respecte les critères de similitude de Froude et est construit à l'échelle 1:30. Ce dernier reproduit la centrale existante Veytaux 1 (installations en aval des quatre groupes) avec le canal de fuite vers le 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.

*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 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.*

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.

*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, including the intake and banks topography*

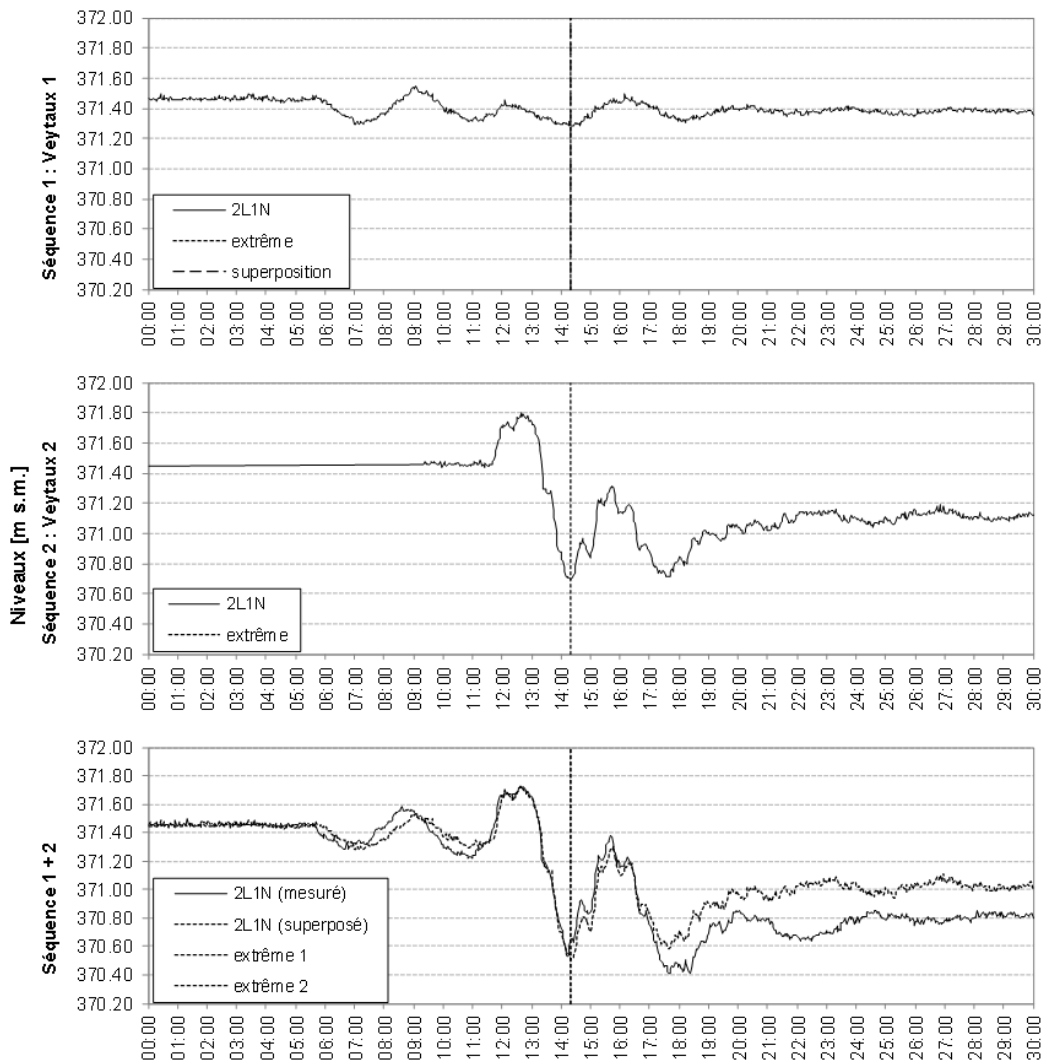


Figure 3 : Evolution de l'onde au droit de la sonde 2L1N à proximité du puits de pompage Veytaux 2 (superposition de séquence de pompage pour déterminer les extrema)

Figure 3 : / Wave propagation near the pumping shaft of Veytaux 2 (superposition of the pumping sequence to determine the extrema)

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.

*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.*

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

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

Ingénieurs de projet : Martin Bieri, Stéphane Terrier, Raphaël Sprenger, Giovanni De Cesare

*Project engineers : Martin Bieri, Stéphane Terrier, Raphaël Sprenger, Giovanni De Cesare*

## 1.2.4 Pont CFF sur la Lizerne - Passage des crues: Etude sur modèle physique / *Railway Bridge over the Lizerne River - Flood passage : Experimental physical model study*

Un pont de la ligne CFF Martigny – Sion passant sur la Lizerne en sortie de la gare d'Ardon (Figure 1) a été rénové. Afin de permettre le passage de crues et du transport solide, le projet d'aménagement prévoit :

- de caréner le pont à l'amont
- de rehausser les berges et
- d'abaisser le fond du lit sur environ 300 m



Figure 1 : Pont CFF avant travaux - vue depuis l'amont

*Crossing the Lizerne River after the Ardon station, a railway bridge (Figure 1) of the line Martigny - Sion has been renovated. To allow flood waters and sediments to safely pass, the proposed project plans:*

- to install an upstream apron on the bridge*
- to raise the banks' height*
- to lower the bed on a distance of about 300 m*

*Figure 1 : Railway bridge before renovation work – viewed from upstream*

Le Service des Routes et des Cours d'Eau (SRCE) du canton du Valais a mandaté le Laboratoire de Constructions Hydrauliques (LCH) de l'EPFL pour faire une étude sur modèle physique du comportement des aménagements prévus.

*The Department of Roads and Waterways of the Valais mandated the Laboratory of Hydraulic Constructions (LCH) at EPFL for a physical model study on the behavior of planned structures.*

La Lizerne, avec un bassin versant de 260 km<sup>2</sup>, est un des affluents du Rhône. Les débits de crue à étudier sont compris entre 100 et 160 m<sup>3</sup>/s, valeurs allant de la crue centennale à la crue extrême. A 1'300 m de son embouchure dans le Rhône, la Lizerne passe sous le nouveau pont CFF en question. Par rapport à l'ancien pont, la cote de la partie inférieure du tablier du nouveau pont se trouve abaissée de 28 cm à l'amont et de 55 cm à l'aval. Un carénage amont de forme elliptique est donc prévu et le rehaussement des berges serait exécuté sur une longueur de 114 m à l'amont du pont. L'abaissement du fond du lit prévu est de 330 m (Figure 2).

*The Lizerne River, with a catchment area of 260 km<sup>2</sup>, is a tributary of the Rhone River. The flood discharges to be studied are between 100 and 160 m<sup>3</sup>/s, values from the 100 year flood to the probable maximum flood. 1'300 m upstream from its mouth in the Rhone River, the Lizerne River passes under the new railway bridge. Compared to the old bridge, the side of the lower deck of the new bridge is lowered from 28 cm to 55 cm upstream and downstream. An upstream elliptical apron is expected and the raising of the banks would be made over a distance of 114 m upstream of the bridge. The lowering of the bed is foreseen on a length of 330 m (Figure 2).*

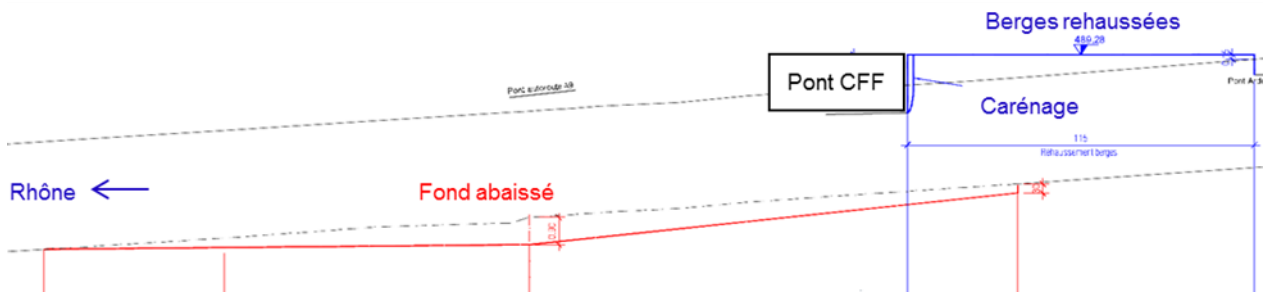


Figure 2 : Profil en long de la Lizerne avec fond abaissé, nouveau pont CFF et berges rehaussées

En conformité avec les objectifs à atteindre, le modèle physique (Figure 3) intègre un tronçon d'approche à l'amont ainsi que le tronçon abaissé, les deux ponts CFF modulables et un tronçon de restitution aval. La longueur totale à reproduire est de l'ordre de 500 m sur une largeur de 10 m environ. 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 1:42. En ce qui concerne le transport solide, le modèle est exploité en similitude de charriage, ce qui permet de transférer les résultats du modèle hydraulique au comportement réel de la Lizerne.

Figure 2 : Longitudinal profile of Lizerne River with lowered bed, new railway bridge and banks' height raised

In accordance with the objectives, the physical model (Figure 3) incorporates an approach section upstream as well as the lowered section, the two bridges and a downstream section for the restitution. The total length to be reproduced is about 500 m with a width of about 10 m. The model is operated according to Froude similarity, assuming the conservation of the ratio between the forces of inertia and gravity. The scale is 1:42. Regarding sediment transport, the model is used in bed load transport similarity, which allows to transfer the results of the hydraulic model to the actual behavior of the Lizerne.



Figure 3 : Modèle physique de la Lizerne – vue depuis l'amont / Physical model of the Lizerne River – viewed from upstream

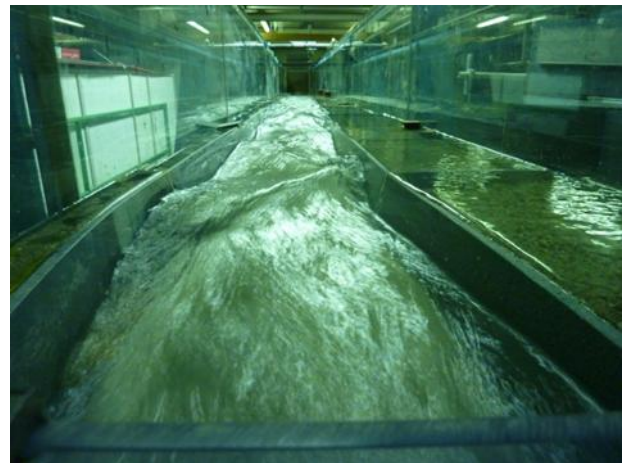


Figure 4 : Crue extrême de 160 m<sup>3</sup>/s sur le modèle physique de la Lizerne – vue vers l'aval depuis le pont CFF / Extreme flood of 160 m<sup>3</sup>/s on the physical model of the Lizerne River – looking downstream from the railway bridge

Les essais sur modèle ont démontré la pertinence des solutions retenues et la grande sensibilité du régime d'écoulement. L'abaissement du lit est confirmé comme une solution nécessaire, mais les essais ont montré qu'il était possible de diminuer sa longueur de 50 m, afin de réduire les coûts de reprise en sous-œuvre. Associée au carénage du nouveau pont CFF et la rehausse des digues à l'amont de ce dernier, cette solution offre un gain de capacité permettant de transiter la crue extrême de 160 m<sup>3</sup>/s (Figure 4), d'un point de vue hydraulique.

De plus, l'interaction avec le transport solide réduit la capacité de l'ouvrage. Cependant, la gestion du charriage est possible au moyen d'un dépotoir à l'amont, permettant de retenir temporairement les sédiments et de transporter les dépôts résiduels durant ce laps de temps. Enfin, la rugosité du lit influence le régime d'écoulement mais ne compromet pas la solution retenue. Il n'y a en outre pas de problèmes observés pour le transit du bois flottant.

Etude confiée par : DTEE – SRCE : Service des Routes et des Cours d'Eau, Communes de Vétroz et Ardon

Collaboration : AquaVision Engineering Sàrl  
Ingénieurs de projet : Raphaël Sprenger,  
Giovanni De Cesare

*Model tests have demonstrated the relevance of the solutions adopted and the high sensitivity of the flow regime. The lowering of the bed is confirmed as necessary, but the tests showed that it was possible to reduce its length by 50 m, in order to reduce the cost of underpinning work. Associated with the apron of the new railway bridge and the raising of bank's height upstream, this solution provides a capacity gain to pass the extreme flood of 160 m<sup>3</sup>/s (Figure 4), in a hydraulic point of view.*

*Furthermore, the interaction with the sediment transport reduced the capacity of the structure. However, the management of the bed load transport is possible using a retention gravel basin upstream, to temporarily retain the sediments and transport the residual deposits during this time. Finally, the bed roughness influences the flow regime but does not affect the planned solution. There was also no observed problem for the transit of driftwood.*

*Study entrusted by : DTEE – SRCE : Department of Roads and Waterways, Communes of Vétroz and Ardon*

*Collaboration : AquaVision Engineering Sàrl  
Project Engineers : Raphaël Sprenger,  
Giovanni De Cesare*

### **1.2.5 Projet Delémont Marée Basse – Gestion des risques résiduels : Etude sur modèle physique / *Projet « Delémont Marée Basse » – Residual risk management : Experimental physical model study***

La Sorne traverse la Ville de Delémont dans un lit fortement canalisé (Figure 1). Le projet Delémont Marée Basse prévoit de gérer le risque résiduel par un débordement en rive droite en aval du stade de la Blancherie. Les eaux débordées retrouvent la Sorne en aval de la Ville via la plateforme CFF. L'ouvrage de déversement doit protéger le centre-ville contre les débits trop importants. Cet ouvrage central dans la gestion des risques résiduels doit être optimisé et contrôlé pour assurer son parfait fonctionnement.

*The Sorne River flows across the town of Delémont in a strongly channeled bed (Figure 1). The project "Delémont Marée Basse" plans to manage the residual risk by an overflow on the right bank downstream of the stadium named La Blancherie. The overflow reaches the Sorne River again downstream of the town via the railway platform. The overflow structure must protect the city against the high discharges. This structure, which is an important point in the management of residual risks, must be optimized and controlled to ensure perfect operation.*

La Sorne est un des affluents de la Birse qui rejoint le Rhin à Birsfelden. Elle a un bassin versant de 241 km<sup>2</sup> à la station de mesure de l'OFEV à Delémont. Les débits à étudier sont compris entre 90 et 165 m<sup>3</sup>/s, alors que la capacité de la Sorne dans le centre de Delémont est de 70 à 90 m<sup>3</sup>/s. Les aménagements prévus permettront d'augmenter la capacité à 135 m<sup>3</sup>/s et le déversement latéral pourra prélever entre 0 et 40 m<sup>3</sup>/s.

*The Sorne River is one of the tributaries of the Birse River which joins the Rhin River in Birsfelden. It has a catchment area of 241 km<sup>2</sup> at the measuring station of Delémont. The discharges to be studied are between 90 and 165 m<sup>3</sup>/s, while the capacity of the Sorne River in the center of Delémont is 70 to 90 m<sup>3</sup>/s. The planned training works will increase the capacity to 135 m<sup>3</sup>/s and the lateral overflow will release 0 to 40 m<sup>3</sup>/s.*



Figure 1 : La Sorne au travers de la ville de Delémont – vue vers l'aval

*Figure 1 : The Sorne river across the city of Delémont – looking downstream*

En conformité avec les objectifs à atteindre, le modèle physique intègre un tronçon d'approche à l'amont, le tronçon aval, l'ouvrage de décharge en rive droite ainsi qu'un tronçon de restitution à l'aval du déversoir. La longueur de la Sorne est d'un peu plus de 300 m, alors que la zone inondable de déversement latéral est reproduite jusqu'au voies CFF (Figure 2).

*In accordance with the objectives, the model incorporates an approach section upstream, the downstream section, the lateral overflow structure on the right bank and the restitution downstream of the weir. The length of the Sorne River is a little more than 300 m, while the lateral overflow area is reproduced until the railway tracks (Figure 2).*



Figure 2 : Périmètre du modèle physique

*Figure 2 : Perimeter of the physical model*

Le modèle physique (Figure 3) est réalisé à l'échelle géométrique de 1:32 et a comme objectif de valider et d'optimiser le fonctionnement de la solution de déversement.

Il doit permettre de déterminer la capacité de dérivation et le taux de séparation pour différents débits et d'optimiser l'aménagement pour améliorer le déversement. De même, le modèle physique doit permettre l'analyse du fonctionnement du déversoir dans l'état intermédiaire (Sorne non aménagé à l'aval).



Figure 3 : Modèle physique Sorne-Delémont à l'échelle 1:32, construit sur une plateforme étanche

Après une phase d'observation et de calage du modèle physique sur les lignes d'eau mesurées sur site ou calculées numériquement, la première phase d'essais étudie la Sorne à l'état actuel. Ensuite, différentes phases de test et d'optimisation de l'ouvrage sont exécutés sur la Sorne à l'état aménagé, afin d'apporter la solution la plus adéquate. Une fois la solution retenue, une analyse qualitative est effectuée sur les aspects liés au transport solide et son influence potentielle sur le déversement latéral. Si nécessaire, une phase de réserve évaluera l'impact de mesure transitoire pour le fonctionnement avec la Sorne à l'état actuel.

Etude confiée par : Ville de Delémont  
Collaboration : BG Ingénieurs Conseils SA

Ingénieurs de projet : Raphaël Sprenger,  
Giovanni De Cesare

*The physical model (Figure 3) is built at the scale of 1:32 and aims to validate and optimize the operation of the overflow solution.*

*It should determine the bypass capacity and the separation rate for different discharges and optimize the overflow discharge. Similarly, the physical model will allow analyzing the overflow structure operation in the intermediate state (Sorne without training works downstream).*

*Figure 3 : Physical model Sorne-Delémont at the scale of 1:32, built on a impervious platform*

*After a period of observation and model calibration on measured or numerically computed water lines, the first phase of the experiments study concerns the Sorne River in its current state. Then, different phases of testing and optimization of the geometry are executed with the remodeled Sorne River, to provide the most appropriate solution. Once the solution adopted, a qualitative analysis is performed on the aspects of sediment transport and its potential influence on the overflow discharge. If necessary, a reserve stage assesses the impact of transitional discharges for the operation with the Sorne River in current state.*

*Study entrusted by : Town of Delémont  
Collaboration : BG Consulting Engineers SA*

*Project engineers : Raphaël Sprenger,  
Giovanni De Cesare*



### 1.2.6 **Projet FontEN : Fontaine Monumentale du Musée Olympique à Ouchy; Recherche appliquée d'optimisation de la lame de déversement de la fontaine en vue d'économie d'énergie / *FontEN project: Monumental Fountain of Olympic Museum in Ouchy, applied research to optimize the weir crest for saving energy consumption***

Ce projet de recherche appliquée s'inscrit dans le cadre du projet "FontEn" de la Ville de Lausanne qui vise principalement la réduction de la consommation électrique de certaines fontaines de Lausanne, et en particulier sur la fontaine du Musée Olympique à Ouchy.

La fontaine monumentale du Musée Olympique est un des joyaux de la Ville de Lausanne. Inaugurée le 23 juin 1993, son design a été conçu par l'architecte paysagiste José Lardet. Elle présente une surface cumulée de 220 m<sup>2</sup> pour un volume de 190 m<sup>3</sup> d'eau, répartis sur quatre bassins qui se développent à partir d'une altitude de 377 m s.m. sur une hauteur totale de 4.5 m (Figure 1).

*This applied research project is part of the project "FontEn" City of Lausanne which aims mainly to reduce the power consumption of certain fountains of Lausanne, and in particular of the fountain of the Olympic Museum in Ouchy.*

*The monumental fountain Olympic Museum is one of the jewels of the city of Lausanne. Inaugurated on 23 June 1993, it was designed by the landscape architect José Lardet. It has a total surface of 220 m<sup>2</sup> with a volume of 190 m<sup>3</sup> of water, spilling over four basins that develop from an altitude of 377 m a.s.l. for a total height of 4.5 m (Figure 1).*



Figure 1 : Photo de la fontaine du Musée Olympique

Figure 1 : Olympic Museum fountain

La fontaine déverse de l'eau sur une longueur totale d'environ 40 m le long de la partie frontale et latérale côté ouest du bassin supérieur.

Depuis son inauguration, le profil de crête a subi un tassement différencié et n'est donc plus uniforme. Une inégalité considérable de l'épaisseur de la lame de déversement peut être observée, la différence entre le niveau maximal et minimal se situe entre 20 et 50

*The fountain spills water over a total length of about 40 m along the front side and west side of the upper basin.*

*Since its inauguration, the crest profile had a differential settlement and is not uniform anymore. A considerable inequality along the crest profile can be observed. The difference between the maximum and minimum heights along the spillway's crest range between from*

mm pour trois pompes en marche. Cette configuration créer une distribution non homogène du débit le long du déversoir. L'objectif de ce projet consiste principalement dans la réduction du débit d'eau déversant du bassin principal, tout en conservant l'aspect esthétique et sonore du rideau d'eau.

Le LCH a proposé une recherche pour l'optimisation de la lame de déversement en vue d'économie d'énergie, réalisé en plusieurs étapes: identification du débit minimum théorique pour le profil actuel du déversoir, garantissant l'effet esthétique recherché avec un rideau d'eau sans déchirements; étude sur le potentiel de réduction du débit avec un profil optimisé ou, éventuellement géométrie différente; et proposition technique de réalisation par le génie civil.

Afin de déterminer le coefficient de débit pour ce déversoir à crête arrondie, à de très faible charges, une relation prenant en compte les caractéristiques du fluide comme la tension superficielle, la viscosité cinématique et la densité du fluide pour différentes températures, a été appliquée, d'abord théoriquement selon la littérature disponible, ensuite validé par un calcul numérique 2D (Figure 2).

A l'état actuel le débit sur la partie frontale représente 63% du débit total à trois pompes. Par contre, la longueur de cette partie représente 71% de la longueur totale du déversoir. Afin de redistribuer plus uniformément le débit, plusieurs configurations ont été proposées: la surélévation partielle sur la cataracte et le nivellement totale de la crête du déversoir.

20 to 50 mm, with three pumps working.

*This configuration creates a non-homogeneous distribution of flow along the weir. The objective of this project is mainly the reduction of discharge spilled by the upper basin, while maintaining the aesthetics and sound of the water flow.*

*LCH proposed a research for the weir's profile optimization in order to reduce energy consumption; this study is achieved in several stages: identifying the theoretical minimum discharge for the current profile of the spillway, ensuring the desired aesthetic effect with a continuous water nappe; study on the potential rate reduction with an optimized profile geometry or possibly different technical proposal; implementation by civil engineering.*

*In order to determine the discharge coefficient for the round-crested weir, with very low head values over the crest, a relationship taking into account the characteristics of the fluid as the surface tension, the kinematic viscosity and the density of the fluid at different temperatures has been applied first theoretically according to the available literature, and then validated by a numerical simulation model 2D (Figure 2).*

*At the current state, the flow spilling from the frontal part represents 63% of the total discharge, using three pumps. Nevertheless, the length of this part is 71% of the total length of the weir. In order to obtain a uniform discharge distribution, several configurations have been proposed: partial spillway elevation and total crest reshaping.*

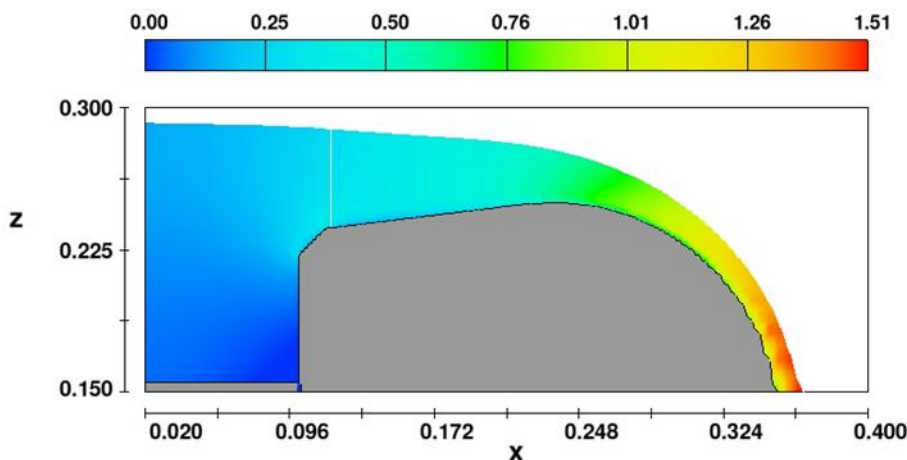


Figure 2 : Illustration de l'écoulement par-dessus de la crête de déversoir pour le déversoir actuel (sans paroi amont) avec une charge de 43 mm, L'échelle de couleur correspond à la vitesse d'écoulement.

Figure 2 : Picture of actual flow passing over the spillway crest, using a head value of 43 mm. The color scale correspondes to different velocities values.

Après analyse des résultats obtenus par simulation numérique et par relation théorique, on peut conclure que le déversoir initialement existant avec sa crête parfaitement nivelée constitue la solution optimale, permettant une réduction de débit considérable tout en gardant l'aspect de la fontaine.

Etude confiée par : Commune de Lausanne, Service des parcs et domaines

Ingénieurs de projet : Elena Battisacco, Giovanni De Cesare

*After analyzing the results obtained by numerical simulation and theoretical relationship, we can conclude that the initially existing weir, with its perfectly horizontal crest, is the optimal solution. It will allow a considerable flow reduction while keeping the aesthetics of the fountain.*

*Study entrusted by : Commune de Lausanne, Service des parcs et domaines*

*Project engineers : Elena Battisacco, Giovanni De Cesare*

### **1.2.7 Augmentation de la puissance de l'aménagement Hongrin-Léman. Etude sur modèle physique du diaphragme et de la galerie de liaison de la cheminée d'équilibre**

L'aménagement de pompage-turbinage de Hongrin-Léman, en Suisse, a été mis en service en 1971. Les travaux pour doubler la puissance actuelle de 240 MW de la centrale sont en cours. Ces travaux comprennent la construction d'une nouvelle chambre d'équilibre de 7.2 m de diamètre relié à la galerie d'amenée par un tunnel de 28.5 m de long et 2.2 m de diamètre. Les calculs numériques des écoulements transitoires effectués sur le système ont montré que des pertes supplémentaires sont nécessaires à l'entrée de la chambre pour maintenir les pressions transitoires dans la galerie d'amenée au-dessus de la valeur minimale de 10 mètre colonne d'eau (mce).

Un diaphragme sera installé dans la galerie de liaison. Un modèle physique à échelle 1 :18.2 a été construit au LCH (Fig. 1) avec pour objectif déterminer et optimiser les coefficients de perte de charge (avec et sans diaphragme) en fonction du sens et de la répartition des débits entre la galerie d'amenée et de liaison, et, par conséquent, le diamètre optimal du diaphragme.

La perte totale objective se situe à 38 mce sur le tronçon étudié dans le sens d'écoulement sortant de la chambre d'équilibre et pour un débit de 57 m<sup>3</sup>/s.

*The Hongrin-Leman pumped-storage power plant, in Switzerland, started operating in 1971. The construction works to double the current 240 MW capacity of the plant are now ongoing. These works include the construction of a new surge shaft of 7.2 m of diameter connected to the headrace tunnel by means of a tunnel 28.5 m long with 2.2 m of internal diameter. The numerical calculations of transient flows carried out on the headrace system have shown that additional losses are needed at the entrance of the new surge shaft to keep the transient pressures inside the headrace tunnel above the minimum value of 10 m water column (mwc).*

*A diaphragm will be installed in the connection tunnel. A 1:18.2 physical scale model has been built at the LCH (Fig. 1) with the aim to determine and optimize the head loss coefficients (with and without diaphragm) depending on the direction and flow distribution between the headrace and the connection tunnels, and, therefore, the optimal diameter of the diaphragm.*

*The total objective head loss corresponds to 38 mwc in the studied perimeter with a flow direction coming from the shaft and for a discharge of 57 m<sup>3</sup>/s*

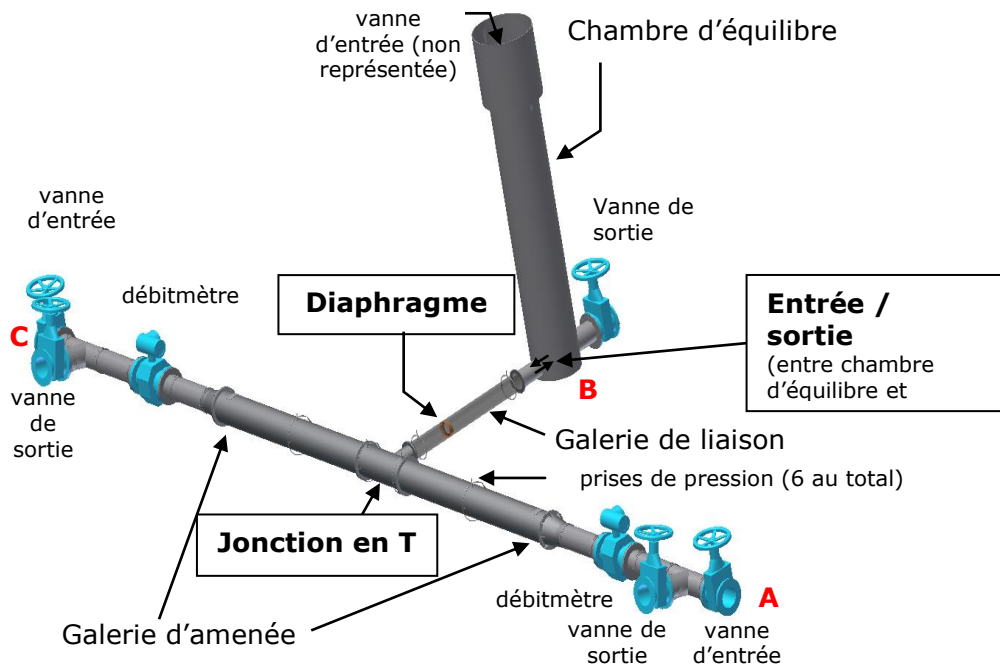


Figure 1 : Schéma du modèle physique construit au LCH

Figure 1 : Schematic drawing of the physical model at the LCH

L'étude expérimentale a été achevée avec l'utilisation de 4 configurations : sans diaphragme, et avec 3 diaphragmes de diamètres différents : 1.55 m, 1.70 m et 1.63 m, ce dernier avec un programme complet de répartition des débits sur la jonction en T. Les débits testés varient entre 0 et 60 m<sup>3</sup>/s environ. Les pertes de charge suivent une relation linéaire avec l'énergie cinétique et quadratique avec le débit (Fig. 2).

Les pertes de charge totales dans le tronçon en étude sont composées des pertes réparties (qui peuvent être négligées dans ce cas), plus les pertes locales, à l'entrée/sortie entre la chambre d'équilibre et la galerie de liaison, sur le raccord en T, qui peut fonctionner hydrauliquement comme une jonction ou une bifurcation, et sur le diaphragme.

The experimental phase of the study was completed with the use of four configurations: without diaphragm, and with 3 diaphragms of different diameters: 1.55 m, 1.70 m and 1.63 m, the latter with a complete discharge splitting program on the T-junction. The tested discharges varied between 0 and 60 m<sup>3</sup>/s. The losses follow a linear relationship with the kinetic energy and quadratic with the discharge (Fig. 2).

The total head losses in the segment under study are composed of distributed linear losses (which can be neglected in this particular case), plus local losses at the entry/exit between the surge chamber and the connection tunnel, on the T-connection, which can operate hydraulically as a bifurcation or a junction, and on the diaphragm.

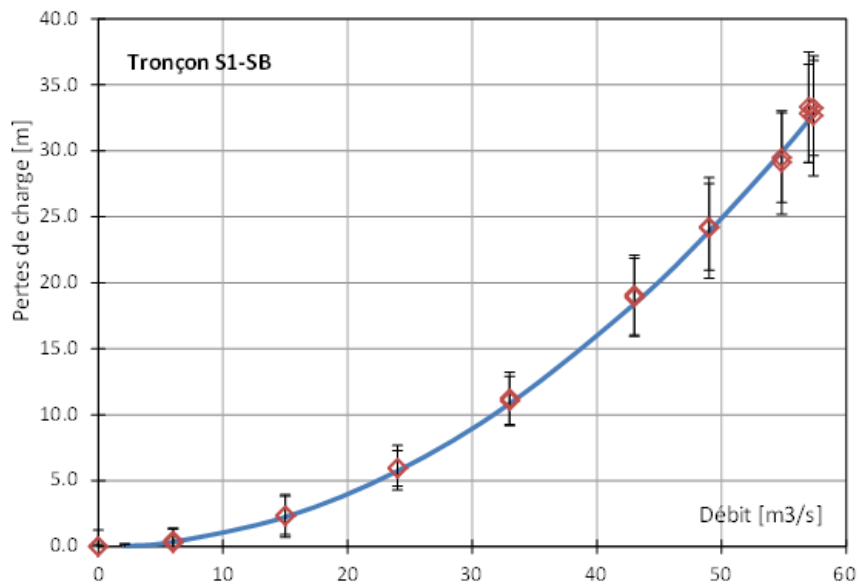
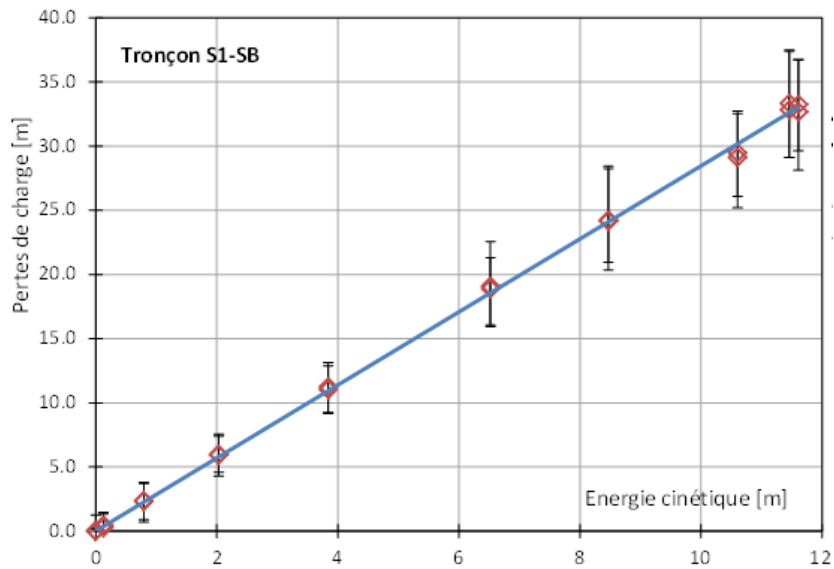


Figure 2 : Pertes de charge en fonction de l'énergie cinétique et du débit, avec barres min/max gauche/droite

Sur la base de trois points disponibles et en admettant une relation théorique selon la littérature pour les pertes d'orifice dans une conduite, un diamètre optimale de  $d = 1.69$  m a été trouvé. Le coefficient de perte de charge singulière totale obtenu par les essais physiques pour les diamètres de diaphragme de 1.69 m et 1.63 m sont respectivement  $K_d = 3.3$  et  $K_d = 3.8$ . Ces valeurs sont dans la plage admissible de  $K_d$ .

Etude confiée par: Forces Motrices Hongrin-Léman – FMHL

Ingénieurs de projet : Rafael Duarte, Giovanni De Cesare

Figure 2 : Head losses as a function of kinetic energy and discharge, with min/max bars left/right

On the basis of the three points available and assuming a theoretical relationship according to literature for head losses of an orifice in a conduit, an optimal diameter of  $d = 1.69$  m was found. The total head loss coefficients obtained by the physical tests for diaphragm diameters of 1.69 m and 1.63 m were respectively  $K_d = 3.3$  and  $K_d = 3.8$ . Both values are within the acceptable range of  $K_d$ .

Study entrusted by: Forces Motrices Hongrin-Léman – FMHL

Project engineers : Rafael Duarte, Giovanni De Cesare

## 1.2.8 Modélisation hydraulique de la fosse d'érosion du barrage de Kariba. Détermination de la fosse optimale en fonction des débits déversés / *Hydraulic Modelling of the Kariba Dam Plunge Pool. Determination of the optimum pool profile with respect to the spillway discharges*

### Introduction

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, de 128 m de hauteur, créé un lac artificiel de 180 km<sup>3</sup> environ, un des plus grands au monde.

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

### Introduction

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

*The Kariba plunge pool scour is extraordinary because of its depth. As a result of long spilling periods (Fig. 1), 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.*

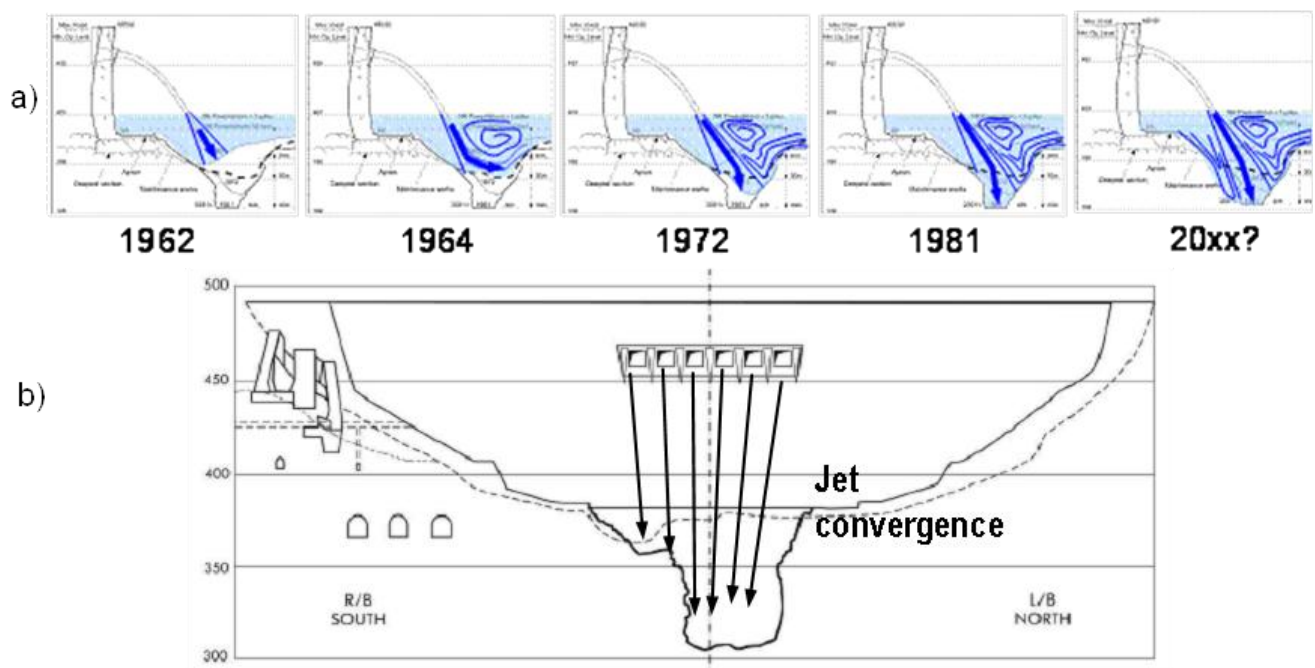


Figure 1 : a) Historique des courants dans la fosse; b) Section transversal de la fosse et trajectoires des jets

Figure 1 : a) History of plunge pool shape; b) transversal section of the pool with jet trajectories

### Objectifs et méthode

L'étude a l'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.

### Objectives and Method

*The investigation aims to determine the development of the plunge pool scour shape as a function of 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.*

Une approche hybride a été choisie, en combinant modélisation physique et numérique. Le modèle physique fournit 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 caractéristiques du jet et du rocher sur prototype. Avec cette approche, les aptitudes des 2 modèles sont combinées de façon optimale

#### Résultats de l'étude

Au cours de la première phase, 2 fosses "historiques" ont été reproduites sur le modèle physique. Les données obtenues ont été utilisées pour le calage et validation du modèle numérique.

Basée sur des résultats préliminaires de l'évolution de l'érosion, une première géométrie proposée pour la fosse a été testée sur le modèle physique, qui avait des résultats meilleurs mais encore insuffisants. Ainsi, une deuxième géométrie optimisée a été testée, qui avait une performance suffisante et tenait compte des aspects opérationnels et pratiques. Comme résultat, une géométrie finale a été validée sur les 2 modèles, limitant l'érosion future (Fig. 2). Finalement, le lavage des matériaux rocheux a été étudié.

#### Conclusions

L'approche hybride, avec l'utilisation tant des données historiques comme expérimentaux de pression dynamique et vitesse, a généré des prévisions d'érosions fiables dans le long-terme.

La modification adéquate de la forme de la fosse, vers l'aval et latéralement, par l'excavation de 300'000 m<sup>3</sup> de roche, s'est montrée une solution efficace techniquement et économiquement. Le potentiel d'érosion future sera quasi négligeable, même pour la crue maximale possible, et sera maintenue éloignée du barrage, assurant sa sécurité.

*A hybrid approach was chosen, thereby combining physical and numerical modelling. The physical model 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 and rock characteristics. Thus, the strengths of both model types are optimally combined.*

#### Project results

*During the first phase, 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. This provided better but still insufficient scour conditions. As a consequence, a second optimized reshaped geometry was tested, with a sufficient hydraulic performance also considering operational and practical aspects. As a result, final pool geometry was derived and validated in both models, limiting future scour development (Fig. 2). Finally, the washing out of blasted material was studied.*

#### Conclusions

*The hybrid approach, including historic flow data and experimental turbulent pressure and velocity data, generates reliable scour predictions on the long-term.*

*Adequate step-wise reshaping of the current pool towards downstream and laterally, by blasting of about 300'000 m<sup>3</sup> of rock material, revealed to be an efficient and technically and economically feasible solution. By doing so, future scour potential will become quasi-negligible, even for the maximum possible flood, and will be kept away from the dam, assuring safety of both dam and plunge pool.*

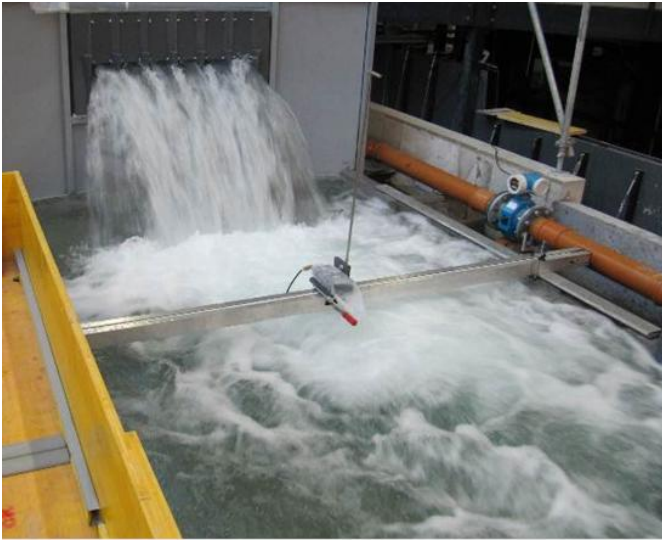


Figure 2 : comparaison entre les géométries actuelle (gauche) et proposée (droite).

Etude confiée par ZRA (Zambezi River Authority)

Collaboration : Aqua Vision Engineering Sàrl

Ingénieurs de projet : Rafael Duarte, Sebastián Guillén Ludeña, Michael Pfister



Figure 2 : comparison between current (left) and proposed (right) geometry currents

Study entrusted by : ZRA (Zambezi River Authority)

Collaboration : Aqua Vision Engineering Sàrl

Project engineers : Rafael Duarte, Sebastián Guillén Ludeña, Michael Pfister

### **1.2.9 *Projet d'aménagement de pompage-turbinage Lago Bianco, modélisation numérique 3D des écoulements dans le Lago di Poschiavo / Lago Bianco pump-storage project, 3D numerical 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 msm) et le Lago di Poschiavo (altitude 960 msm). 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.

*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.*



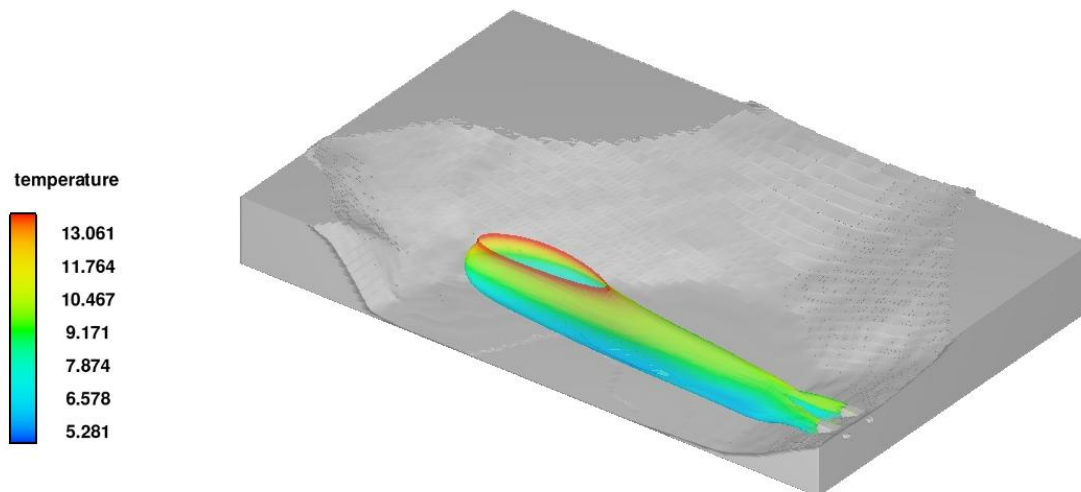


Figure 1 : Champ d'écoulement et de température des deux jets entrant dans le Lago di Poschiavo pendant le turbinage /  
*Flow and temperature field in the Lago di Poschiavo during generation mode*

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.

*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.*

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

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

Ingénieur de projet : Milad Daneshvari, Giovanni De Cesare

*Project engineer : Milad Daneshvari, Giovanni De Cesare*

## 2 Enseignement / Teaching

### 2.1 Cours à l'EPFL donnés par les collaborateurs du LCH (année académique 2011/2012) / Courses at EPFL given by LCH staff (academic year 2011/2012)

#### 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> 123 étudiants / students	70 heures, Bachelor 6 <sup>ème</sup> semestre avec Dr G. De Cesare et Dr M. Pfister
Aménagements hydrauliques II <i>Hydraulic structures and schemes II</i> 30 étudiants/ students	42 heures, Master 2 <sup>ème</sup> semestre
Barrages et ouvrages hydrauliques annexes <i>Dams and appurtenant hydraulic structures</i> 28 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> 28 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, économie, construction law I</i> 58 étudiants / students	28 heures, Master 1 <sup>er</sup> semestre avec Prof. Dr J.B. Zufferey et Mouvet, chargé de cours
Organisation, économie et droit de la construction II <i>Organisation, économie, construction law II</i> 31 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> 55 étudiants/ students	42 heures, Master 1 <sup>er</sup> et 3 <sup>ème</sup> semestres

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

---

Ouvrages et aménagements hydrauliques I <i>Hydraulic structures and schemes I</i> 123 étudiants / students	70 heures, Bachelor 6 <sup>ème</sup> semestre avec Prof. A. Schleiss et Dr G. De Cesare
Systèmes hydrauliques urbains <i>Urban hydraulic systems</i> 32 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> 123 étudiants / students	70 heures, Bachelor 6 <sup>ème</sup> semestre avec Prof. A. Schleiss et Dr M. Pfister
Réseaux hydrauliques et énergétiques <i>Hydraulic and energy networks</i> 24 étudiants / students	42 heures, Bachelor 5 <sup>ème</sup> semestre avec Dr Haldi et Prof. Paolone

---

**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*  
28 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*

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*  
7 étudiants / *students*

28 heures

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

---

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

---

Advanced studies HES-SO en revitalisation de cours d'eau, Ecole d'ingénieur et d'architecture de  
Fribourg

Revitalisation des cours d'eau et mesures constructives de protection contre les crues – une  
contradiction ?

32 étudiants

4 heures

---

**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

6 étudiants / *students*

## 2.3 Projets et laboratoires en section génie civil – semestres d'hiver 2011/2012, de printemps 2012 / Graduate student projects and laboratory work in Civil Engineering section – winter semester 2011/2012, spring semester 2012

Projet de construction / *Construction project*

---

### **Projet d'un barrage voûte en Iran, avec ses ouvrages annexes (Karoun IV)**

Etudiant : Marvin Ancian – 9<sup>ème</sup> semestre

### **Projet d'un barrage voûte en Iran, avec ses ouvrages annexes (Karoun IV)**

Etudiants : Alessandro D'Amario, Anton Schalcher, Raphaël Coquoz, Michel Perrin, Davide Wüthrich et Benjamin Dedie – 8<sup>ème</sup> semestre

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

Etudiants : Gerardo Basterrechea Nuñez et Joachim Nicod – 8<sup>ème</sup> semestre

### **Projet de barrage, avec ses ouvrages annexes en Suisse ou à l'étranger (Karoun IV)**

Etudiant : Jahmani Caillet – 9<sup>ème</sup> semestre

Laboratoire GC / GC Laboratories

---

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

Etudiants : Jarlborg Gustav, Davide Galimberti et Grégoire Diserens – 8<sup>ème</sup> semestre

Projet ENAC / *ENAC project*

---

### **Projet de renaturation d'un cours d'eau en Suisse romande (La Broye)**

Etudiant : Langel Pierric – 9<sup>ème</sup> semestre

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

Etudiant : Alban Nathanaël Nguyen – 9<sup>ème</sup> semestre

Projet de systèmes civils / *Civil system project*

---

### **Mise en séparatif du réseau unitaire lausannois**

Etudiant : David Zumofen – 9<sup>ème</sup> semestre

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

Etudiante : Antoine Chevalley – 7<sup>ème</sup> semestre

### **Analyse et optimisation des systèmes hydroélectriques complexes en Suisse (OFIMA)**

Etudiants : Jérémy Loup, Anton Schalcher et Yann Creteigny – 7<sup>ème</sup> semestre

### **Analyse et optimisation des systèmes hydroélectriques complexes en Suisse (OFIMA)**

Etudiant : Gerardo Basterrechea Nuñez – 8<sup>ème</sup> semestre

### **Mise en séparatif du réseau unitaire lausannois**

Etudiants : Christophe Loraux et Julie Aymonier – 8<sup>ème</sup> semestre

Projet GC / Civil Engineering project

---

### **Projet de mini-centrale hydroélectrique en Suisse (Val d'Illiez)**

Etudiants : Rémi Caroff, Samuel Fallegger, Alexandre Frosio, Alexandra Meyer, Alain Pillonel, Jade Senn, Maria Carmela Farmà, Maxime Legros-Lefevre, Ghizlaine Bennani, Soufiane Laraichi, Stéphane Meylan – 6<sup>ème</sup> semestre

### **Fontaine artistique pour l'EPFL sur l'esplanade**

Etudiants : Hugo Bordes, Thibaut Montbarbon et Morgane Anne Lang – 6<sup>ème</sup> semestre

Projet interdisciplinaire / *Interdisciplinary project*

---

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

Etudiant : Fares Hobeiche – 7<sup>ème</sup> semestre

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

Etudiants : Mehdi Benmoussa et Abdelkarim Benjelloun – 7<sup>ème</sup> semestre

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

Etudiant : Ahmad Matar – 7<sup>ème</sup> semestre

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

Etudiant : Yanick Dürig – 8<sup>ème</sup> semestre

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

Etudiants : Amine Khalfi, Hamza Meskini et Elhoucine Lahbabi – 8<sup>ème</sup> semestre

**2.4 Projets et laboratoires en section SIE – semestres d'hiver 2011/2012 / Graduate student projects and laboratory work in Environmental Science and Engineering Section – winter semester 2011/2012**

Projet SIE / *Environmental science and engineering project*

---

**Revitalisation de la rivière Urbach dans le canton de Berne**

Etudiant : Silvia Oppliger – 9<sup>ème</sup> semestre

Echange SIE

---

**Barrage à Massongex**

Etudiant : Sebastian Schwindt – 9<sup>ème</sup> semestre

**2.5 Projets et laboratoires en section Management de la technologie et entrepreneuriat – semestres d'hiver 2011/2012 / Management of technology and Entrepreneurship section – winter semester 2011/2012**

Projet MTE / *MTE project*

---

**L'influence des aménagements hydroélectriques alpins sur l'économie régionale**

Etudiant : Wei Li – 7<sup>ème</sup> semestre

## **2.6 Travaux pratiques de Master 2011-2012 (Automne) et 2012 (Printemps) / Master thesis project 2011 – 2012 (Autumn) and 2012 (Spring)**

### **Design of steel lined pressure shafts considering fluid-structure interaction**

Diplômant GC: Alexandre Pachoud (Prix IM 2013)

### **Changements climatiques et nouvelles opportunités de production hydroélectrique**

Diplômant GC: David Zumofen (Prix Stucky)

<http://actu.epfl.ch/news/ces-glaciers-qui-enfantent-de-nouveaux-lacs/>

### **Prévision des débits en milieu karstique sur le bassin versant de l'Aubonne**

Diplômant SIE: Flavio Finger

### **Etude de faisabilité d'un canal navigable entre le lac de Neuchâtel et le Léman**

Diplômant GC: Fränz Zeimetz

<http://actu.epfl.ch/news/un-canal-navigable-pour-relier-le-leman-au-lac-d-4/>

### **Aménagement de pompage-turbinage du Lago Bianco dans le canton des Grisons**

Diplômant GC: Fabian Leimer

### **Model investigation of supercritical flow in 90° junction manholes with variable inflow conduit diameters**

Diplômant GC: Dimitri Simos

### **Faisabilité d'un projet de micro-turbinage des eaux potables des communes de Veysonnaz – Nendaz**

Diplômant GC: Arnaud Fragnière

### **Amélioration d'un système d'aide à la décision pour la gestion des crues dans un bassin équipé avec des aménagements hydroélectrique**

Diplômante GC : Isabelle Feller

### **Revitalisation de la rivière Urbach dans le canton de Berne**

Diplômante SIE: Silvia Oppliger

### **Etude morphologique d'une confluence - Application à la jonction de la Lizerne et du Rhône**

Diplômant SIE: Michaël Rusconi

### **Petite centrale hydroélectrique de Palanggenbach dans le Canton d'Uri**

Diplômant GC : Samir Ouaret

### **Etude de faisabilité de l'aménagement hydroélectrique de Uma Oya au Sri Lanka**

Diplômant Erasmus: Sebastian Schwindt

### **Etude d'un port flottant sur le Léman**

Diplômante GC : Morgane Ugo

<http://actu.epfl.ch/news/un-port-flottant-pour-amarrer-son-bateau-au-larg-4/>

### **Flow forecasting in the Koshi River Basin**

Diplômant SIE : Alain Foehn

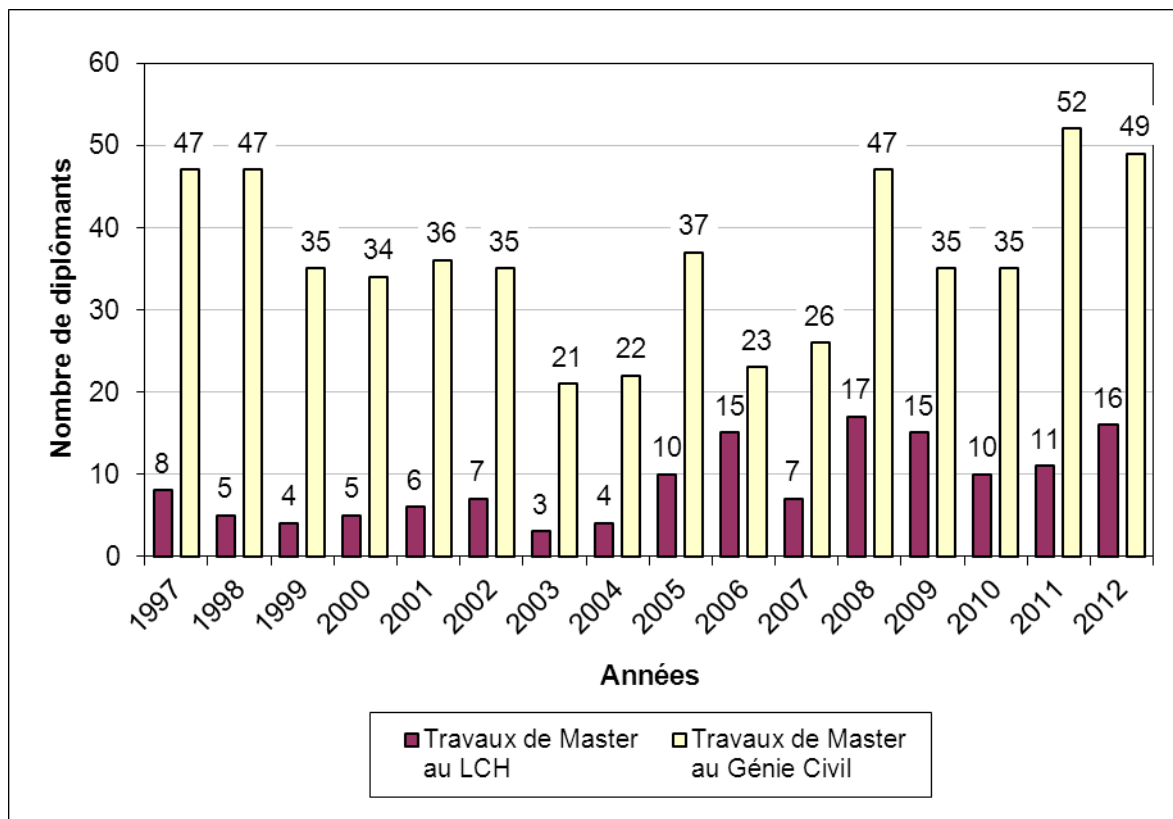
[http://actualites.epfl.ch/index.php?module=Newspaper&func=viewarticle&np\\_id=1958&np\\_eid=150&catid=5](http://actualites.epfl.ch/index.php?module=Newspaper&func=viewarticle&np_id=1958&np_eid=150&catid=5)

### **Etude expérimentale de l'influence des faiblesses locales de rigidité des parois d'une conduite d'essais sur les signaux de coup de bélier**

Diplômante GC : Moradi Gelare

## Precipitation Run off Model applied to two semi-arid watersheds

Diplômante GC : Mélanie Wist



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 et ERASMUS exclus)

## 2.7 Excursions d'étudiants / Student field trips

### 2.7.1 Visite sur le terrain du projet Mauvoisin II

#### Cours UE Environnement et GC

61 étudiants (5.10.2012)

Dans le cadre du cours UE Environnement et GC, le Prof. Anton Schleiss organise chaque année une visite des emplacements de chantier du projet Mauvoisin II. En date du 5 octobre 2012, il y a eu 61 étudiants, répartis dans 9 minibus, qui se sont rendus de bonne heure de l'EPFL à Riddes. Après une discussion des ouvrages prévus à Riddes pour Mauvoisin II, ils ont pu visiter la centrale existante et le poste de couplage.

La sortie s'est poursuivie aux Mayens-de-Riddes où une fenêtre d'accès à la galerie est prévue. Le programme prévoyait ensuite de pique-niquer à la Croix de Cœur (col entre les Mayens-de-Riddes et Verbier), mais c'était sans compter que la route y menant était fermée pour travaux ! En bravant l'interdiction, il a été possible d'arriver jusqu'à la sortie du village où un tas de gravier au milieu de la route bloquait définitivement tout passage. Prof. Schleiss a décidé alors de pique-niquer sur place et d'attendre que les ouvriers reviennent de leur pause de midi. Lorsque ceux-ci sont revenus, il a été négocié l'ouverture de la route avec... une bouteille de vin! Cinq minutes plus tard, le tas de gravier était nivelé et compacté.



Après un arrêt à la Croix de Cœur pour admirer la vue sur le Massif du Mont-Blanc et les Combins, le groupe s'est rendu à l'emplacement prévu de la deuxième fenêtre d'accès, au-dessus de Sarreyer. La visite s'est poursuivie à Bonatchiesse où un biotope a été créé suite au rehaussement du barrage de Mauvoisin. Et pour couronner la visite et ce magnifique jour d'automne, il n'y avait rien de tel que de se rendre sur le couronnement du barrage de Mauvoisin pour les dernières explications.

### **2.7.2 Excursion au barrage Les Toules avec les étudiants du génie civil** *48 étudiants (13.11.2012)*

En date du 13 novembre 2012, ce n'est pas moins de 48 étudiants qui ont participé à la visite du barrage Les Toules. Ces étudiants suivent le cours « Barrages » donné par le Prof. Anton Schleiss au cycle de master en génie civil à l'EPFL.





## 2.8 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. Ercicum – F. Laugier – J.L. Boillat – M. Piroton – 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

Comité Suisse des Barrages – Swiss Committee on Dams

**Dams in Switzerland**

Source for Worldwide Swiss Dam Engineering, 373 pages, Buag AG, Baden-Dättwil, ISBN 978-3-85545-158-6

## 2.9 Polycopiés / Student course books

Schleiss Anton

**Aménagements hydrauliques**, 484 pages, septembre 2010  
disponible à la Librairie la Fontaine, vente des cours: [poly@lfl.ch](mailto:poly@lfl.ch), <http://www.livres.ch/>

**Barrages**, 274 pages, octobre 2007  
disponible à la Librairie la Fontaine, vente des cours: [poly@lfl.ch](mailto:poly@lfl.ch), <http://www.livres.ch/>

**Aménagements de cours d'eau**, 130 pages, septembre 2007  
disponible à la Librairie la Fontaine, vente des cours: [poly@lfl.ch](mailto:poly@lfl.ch), <http://www.livres.ch/>

Pfister Michael

**Systèmes hydrauliques urbains**, 126 pages, mars 2009  
disponible à la Librairie la Fontaine, vente des cours: [poly@lfl.ch](mailto:poly@lfl.ch), <http://www.livres.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 et Droit public, disponible à la Librairie la Fontaine, vente des cours: [poly@lfl.ch](mailto:poly@lfl.ch), <http://www.livres.ch/>

### 3 Manifestations scientifiques / *Scientific events*

#### 3.1 Participation à des manifestations scientifiques hors EPFL

##### 3.1.1 ***The First International and Third National Conference on Dams and Hydropower in Teheran, Iran, du 6 au 7 février 2012 (Workshop) et du 8 au 9 février 2012 (conférence)***

M. Schleiss a été invité à cette conférence avec environ 2000 participants comme « Key-note speaker ». Il a donné une conférence intitulée «New innovative concepts for the design and monitoring of the pressure steel lined shafts ».

Par ailleurs, il a donné un workshop (4 heures) sur le thème “Scour evaluation at high head and high capacity spillways”.



*Photo de groupe avec Prof. Pete Loucks, Cornell University, USA (2ième de gauche)*

##### 3.1.2 ***The 4<sup>th</sup> International Symposium on Hydraulic Structures “Hydraulic Structures into the 21st Century: a Critical Role in our Society”, à Porto, Portugal, du 9 au 11 février 2012***

Le quatrième symposium international sur les ouvrages hydrauliques a eu lieu du 9 au 11 février 2012 à Porto, Portugal. Une belle ville côtière avec des bons poissons et spécialement les vins de Porto.

Ana Margarida a été la guide pendant le séjour à Porto. Michael a reçu des compliments après sa présentation. Ana Margarida a convaincu le public avec ses réponses brillantes et finalement les gens avaient tellement faim qu'ils ont oublié de poser des questions à Milad après sa présentation, c'était juste avant l'heure du déjeuner.

Les conférences suivantes ont été faites :

Ana Margarida : Bank protection at the outer side of curved channels by an undulated macrorough concrete wall (Auteurs : A. Vela Giró and A. J. Schleiss)

Michael : Jet impact angle on chute downstream of aerator (Auteur : M. Pfister)

Milad : Numerical simulation of a new sand trap flushing system (Auteurs : M. Daneshvari, C. Münch-Alligné and G. De Cesare)



*Photo de groupe avec Michael, Milad et Ana Margarida*

### **3.1.3 12<sup>ème</sup> congrès INTERPRAEVENT, France, Grenoble, 23 au 26 avril 2012**

Le 12<sup>ème</sup> congrès INTERPRAEVENT a eu lieu du 23 au 26 avril 2012 à Grenoble.

Une de nos doctorantes, Tamara Ghilardi, est allée représenter le LCH lors de cette intéressante conférence sur les risques naturels en montagne. Cette manifestation a été donnée en plusieurs langues dont l'anglais, l'allemand, le français et l'italien, avec traduction simultanée dans les autres langues. La majorité des participants provenaient de l'Autriche, ainsi qu'une dizaine d'autres pays y étaient représentés.

Ce congrès a traité différents sujets, tels que la recherche d'applications de terrain dans le domaine des avalanches, les chutes de blocs, les laves torrentielles ainsi que les phénomènes de transport solide et d'arrivée de corps flottants en cas de crues. Les présentations orales ont été données le lundi, le mercredi et le jeudi. Le mardi a été la journée des visites de terrain. Notre collaboratrice en a profité pour visiter des rivières de montagne dans lesquelles ont été appliquées des techniques de génie biologique et de génie civil. Il a été particulièrement intéressant de visiter un site d'étude de l'IRSTEA (ex-CEMAGREF) soumis à un transport solide intense. Plusieurs techniques de stabilisation par du génie civil, ainsi que du génie biologique, y sont testées et étudiées sur le long terme. Bien sûr, la météo n'a pas été très clémente ce jour-là, car il faisait 3°C avec de la pluie et de la neige !



*A gauche : visite du premier site mardi matin, proche de Grenoble. A droite : visite du site d'étude de l'IRSTEA mardi après-midi, avec application de différentes techniques de stabilisation, dans la région de Digne.*

La journée du mercredi a été très chargée. Tamara Ghilardi a présenté oralement son article sur les essais sur modèle physique de l'Avançon. Le soir, elle a présenté le poster de notre ancien doctorant, Fadi Hachem, sur les essais sur le modèle physique du Millibach. Beaucoup de personnes ont posé des questions sur ce genre d'essais physiques, tant après la présentation que pendant la séance de posters et le lendemain. Un bon coup de pub pour le LCH.

### **3.1.4 80<sup>ème</sup> réunion annuelle et du 24<sup>ème</sup> congrès de la Commission Internationale des Grands Barrages (CIGB), Kyoto, Japon, 3 au 8 juin 2012**

En qualité de membre du comité technique « Hydraulics of Dams », M. Anton Schleiss a participé à cette 80<sup>ème</sup> réunion annuelle et 24<sup>ème</sup> congrès au CIGB à Kyoto. En date du dimanche 3 juin, M. Schleiss a été invité à donner une conférence publique dans le hall de la gare principale de Kyoto sur les barrages en Suisse avec à l'appui de très belles photos venant du calendrier des barrages suisses.



*Conférence publique dans le hall de la gare principale de Kyoto*

Lors du Symposium « Dams for a changing world » le 5 juin 2012, Sébastien Cajot a présenté son travail de master intitulé «Reservoir sediment management by using sediment replenishment in Japanese Rivers : Nunome and Muro dams, field and numerical study» réalisé au LCH et à l'Université de Kyoto (Prof. Sumi).



Lors de la réunion annuelle en date du 5 juin 2012, M. Schleiss a été élu vice-président du CIGB (ICOLD) comme représentant de la zone Europe. En qualité de nouveau président, M. Adama Nambre du Burkina Faso a été élu.



*Election de M. Schleiss comme vice-président du CIGB (ICOLD), zone Europe*

Lors du congrès, les présentations suivantes ont été faites :

A. Schleiss :

- Jenzer Althaus, J., De Cesare, G., Schleiss, A., “Innovative and low cost continuous evacuation of sediment through the intake structure using multiple jets at the reservoir bottom »
- Leite Ribeiro, M., Pfister, M., Boillat, J.-L., Schleiss, A., Laugier, F., “Piano Key Weirs as efficient spillway structure”

E. Bollaert :

- Bollaert, E., Duarte, R., Pfister, M., Schleiss, A., Mazvidza, D., “Physical and numerical model study investigating plunge pool scour at Kariba Dam”.

### 3.1.5 **2<sup>nd</sup> IAHR Europe Congress, “Water - infinitely deformable but still limited”, Munich, Allemagne, 27 au 29 juin 2012**

Le deuxième congrès de la division européenne de l'International Association for Hydro-Environment Engineering and Research (IAHR) a eu lieu du 27 au 29 juin 2012 à Munich en Allemagne.

Une belle ville bavaroise avec plusieurs Biergarten's où on peut profiter des après-midis ensoleillés et déguster la bière locale. Le LCH a été représenté à ce congrès par le Prof. Schleiss, Rafael Duarte et Ana Margarida Ricardo.

Les conférences suivantes ont été données :

Ana Margarida :

- Interaction Of Different Wavelengths In A Turbulent Flow Within A Random Array Of Rigid And Emergent Stems (Auteurs: Ana M. Ricardo, Mário J. Franca, Anton J. Schleiss et Rui M.L. Ferreira)
- Preliminary Study On The Influence Of An Air-Bubble Screen On Local Scour Around A Bridge Pier (Auteurs: Violaine Dugué, Elham Izadinia, Sylvain Rigaud et Anton J. Schleiss)

Rafael :

- Dynamic Pressures Around A Confined Block Impacted By Plunging Aerated High-Velocity Jets (Auteurs: Rafael Duarte, Erik Bollaert, Anton Schleiss et António Pinheiro)
- Monitoring Of A Steel-Lined Pressure Shaft Using Global Indicators And The Frequency Response Function (Auteurs: Fadi E. Hachem et Anton J. Schleiss)

La participation active du LCH, par des présentations intéressantes, des discussions et des activités non scientifiques a été très intense pour nos collaborateurs présents.

La première soirée fut sportive car le Prof. Schleiss, Ana Margarida et Rafael ont regardé le match du foot Portugal-Espagne au Löwenbräukeller Biergarten. Ana Margarida et Rafael ont aussi participé au souper officiel du congrès qui a eu lieu à l'Augustiner Keller, un restaurant typique de la région.



Présentation d'Ana Margarida

### 3.1.6 **3<sup>rd</sup> International Workshop on River and Reservoir Hydrodynamics and Morphodynamics, New University of Lisbon, Caparica, Portugal, 9 au 10 juillet 2012**

Un groupe de chercheurs de quatre institutions portugaises (IMAR-CMA, FCTUNL, CEHIDRO-IST et LNEC) ont organisé le troisième International Workshop on River And Reservoir Hydrodynamics and Morphodynamics, qui s'est tenu à la faculté de science et technologie de l'Universidade Nova de Lisboa en Caparica du 9 au 10 juillet 2012.

Ana Margarida, Mohammad et Mona ont participé à cette réunion scientifique. Ce workshop, très informel mais très utile du point de vue scientifique, a été très intéressant pour les chercheurs plus jeunes qui ont eu la possibilité de discuter activement avec sept chercheurs seniors : Wim Uijtewaal (TU Delft), Dubravka Pokrajac (Aberdeen), Koki Shiono (Loughborough), Claudia Adduce (Roma Tre), Rui Ferreira (IST), João Leal (FCTUNL) et Mário Franca (FCTUNL, actuellement au LCH).

Mona et Ana Margarida ont procédé à une présentation orale et elles ont aussi dirigé une discussion du style round table. Mohammad a assisté à des présentations et discussions d'autres personnes et il a aussi participé dans les activités sociales organisées autour du workshop.



*Photo de Mona pendant sa présentation et photo de Ana Margarida avec Prof. Pokrajac.*

### 3.1.7 **River Flow 2012, International Conference on Fluvial Hydraulic, San José, Costa Rica, 5 au 7 septembre 2012**

La conférence s'est déroulée du 5 au 7 septembre 2012 à San José, Costa Rica. Une délégation composée par Giovanni, Mário, Ana Margarida, Mona, Tamara et Violaine a bien représenté le LCH.



*Giovanni a bien présenté le prochain River Flow 2014*



*Délégation du LCH au Welcome Cocktail.*

En effet, les filles ont participé aux « Master Classes » le jour avant la conférence, où elles ont profité pour discuter de leurs sujets de thèse avec d'autres doctorants et étudiants en Master. Giovanni a présenté, pendant le banquet de la conférence, la prochaine édition du River Flow qui se réalisera à Lausanne en 2014 et qui sera organisée par le LCH.

Par ailleurs, pour la partie scientifique, nous y avons contribué avec les présentations suivantes :

Violaine :

- V. Dugué, A. J. Schleiss & K. Blanckaert, "Bend scour reduction induced by an air-bubble screen under live-bed conditions"

Tamara :

- T. Ghilardi & A. J. Schleiss, "Steep flume experiments with large immobile boulders and wide grain size distribution as encountered in alpine torrents"

Ana Margarida :

- Ana M. Ricardo, Mário J. Franca, Anton Schleiss & Rui M. L. Ferreira, "Energy Dissipation of flows in vegetated patches with spatially varying stem density"

Mona :

- Mona Jafarnejad, Michael Pfister, & Anton J. Schleiss, "Failure risk analysis of riverbank ripraps with Monte Carlo simulation"

La séance d'ouverture a été marquée pour un puissant tremblement de terre d'une magnitude de 7,6 sur l'échelle de Richter.

### **3.1.8 *8<sup>th</sup> International Symposium on Ultrasonic Doppler Methods for Fluid Mechanics and Fluid Engineering (ISUD8), Dresden, Allemagne, 19 au 21 septembre 2012***

Dans la série des conférences ISUD, dont la troisième édition a eu lieu à Lausanne organisée par le LCH en 2002, la huitième était organisée par le Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR), actif dans la recherche nucléaire, mais également en dynamique des fluides, économie des ressources et recherche médicale.

Giovanni De Cesare (membre du comité scientifique et du jury pour le Student Paper Award) a participé et présenté les articles suivants:

- Müller, M., De Cesare, G. and Schleiss, A. (2012). One- and two-dimensional UVP velocity sampling in a cuboidal basin subject to in- and outflow sequences, Proc. of the eight International Symposium on Ultrasonic Doppler Methods for Fluid Mechanics and Fluid Engineering, 8th ISUD, September 19-21, 2012, Dresden, Germany, pp. 15-18
- Dugué, V., Blanckaert, K. and Schleiss, A. (2012). Flow patterns induced by a bubble screen in a sharply curved flume based on Acoustic Doppler Velocity Profiler measurements, Proc. of the eight International Symposium on Ultrasonic Doppler Methods for Fluid Mechanics and Fluid Engineering, 8th ISUD, September 19-21, 2012, Dresden, Germany, pp. 29-32
- Pfister, M., Duarte, R., Müller, M. and De Cesare, G. (2012). Cavitation risk estimation at orifice spillway based on UVP and dynamic pressure measurements, Proc. of the eight International Symposium on Ultrasonic Doppler Methods for Fluid Mechanics and Fluid Engineering, 8th ISUD, September 19-21, 2012, Dresden, Germany, pp. 137-140



Giovanni De Cesare a également assuré la modération d'une session. Les articles publiés de toutes les conférences ISUD se trouvent sous: [www.isud-conference.org](http://www.isud-conference.org).

Pour la partie sociale, les participants ont pu profiter de la descente de l'Elbe en bateau à vapeur depuis le Château de Pillnitz jusqu'au Centre-ville de Dresden, une visite guidée de la vieille ville et du dîner.



*Photo de groupe devant le Château de Pillnitz Descente en bateau à vapeur jeudi soir depuis le Château de Pillnitz jusqu'au Centre-ville de Dresden*

Il y a eu deux lauréats du Ubertone Student Paper Award. Le prix a été décerné conjointement à Richard Nauber de la Technische Universität Dresden pour son article "Dual-plane Ultrasound Array Doppler Velocimeter for Flow Investigations in Liquid Metals" et Tomonori Ihara du Tokyo Institute of Technology pour son article "A Very Low Velocity Measurement Using Ultrasonic Velocimetry".



*Les deux lauréats du Ubertone Student Paper Award : Richard Nauber et Tomonori Ihara*

La prochaine édition du Symposium, le 9th ISUD aura lieu à Strasbourg la deuxième semaine de septembre 2014. Il sera co-organisé par la société Ubertone, active dans le développement d'instruments de mesure par ultrason et par l'Université de Strasbourg.

## 3.2 Organisation de manifestations scientifiques internes EPFL

### 3.2.1 *Atelier de formation à l'attention d'une délégation d'ingénieurs du CWRC, organisé à l'EPFL, Lausanne, du 9 au 13 janvier 2012*

Des scientifiques chinois ont participé à un atelier de formation à l'EPFL organisé par nos collaborateurs MM. Giovanni De Cesare, Jean-Louis Boillat, Martin Bieri (et Javier Garcia Hernández) pour la gestion de l'eau sur un bassin versant d'une surface de 1'808'500 km<sup>2</sup>, soit 43 fois la superficie de la Suisse. Le modèle MINERVE, développé à l'EPFL pour le bassin versant du Rhône, sera ainsi appliqué à la rivière Changjiang (Yangtze).

En mai 2010, un atelier de formation a été organisé en Suisse avec les experts du CWRC, qui a permis de définir les bases d'une gestion intégrée du risque sur le bassin versant de la rivière Chiangjiang (Yangtse). Les objectifs de cette coopération ont ensuite été précisés lors de rencontres entre le CWRC et l'OFEV à Wuhan en septembre 2010 et à Lausanne en novembre 2010.



Cette collaboration s'est poursuivie dans le cadre d'un atelier de formation, organisé à l'EPFL du 9 au 13 janvier 2012 à l'attention d'une délégation d'ingénieurs du CWRC. L'enseignement intensif dispensé permettra à la délégation chinoise de repartir avec un modèle calé du bassin versant de la rivière Han. La coopération se poursuivra à distance pour faciliter l'évolution du modèle vers des niveaux de détails supérieurs.

Finalement, une dernière mission d'ingénieurs suisses en Chine a permis de valider les progrès réalisés par les ingénieurs chinois. L'extension de la modélisation à l'ensemble du bassin versant de la rivière Chiangjiang (Yangtse) sera alors possible.

### 3.2.2 *Training Workshop MesoHabsim, EPFL, Lausanne, 23/24 mai et 29/30 mai 2012*

MesoHABSIM est une approche innovante visant une gestion durable des cours d'eau. L'outil informatique est développé par le Rushing River Institute à Boston (US) pour la revitalisation des rivières altérées. Il est déjà largement appliqué aux États-Unis et aussi de plus en plus en Europe. Le modèle décrit les conditions d'habitat de la faune aquatique. L'utilisateur peut simuler les changements d'habitat qualitatifs et quantitatifs dus à une intervention au niveau de la morphologie ou du régime d'écoulement.

Pendant un cours intensif de quatre jours à l'EPFL, le Prof. Piotr Parasiewicz et son collaborateur Joseph Rogers ont montré une introduction à cet outil performant.

Le Laboratoire de Constructions Hydrauliques (LCH), comme organisateur local, a eu le plaisir de recevoir une dizaine d'inscriptions. Les participants de diverses professions venaient de la Suisse, de la France, de la Norvège et du Canada.



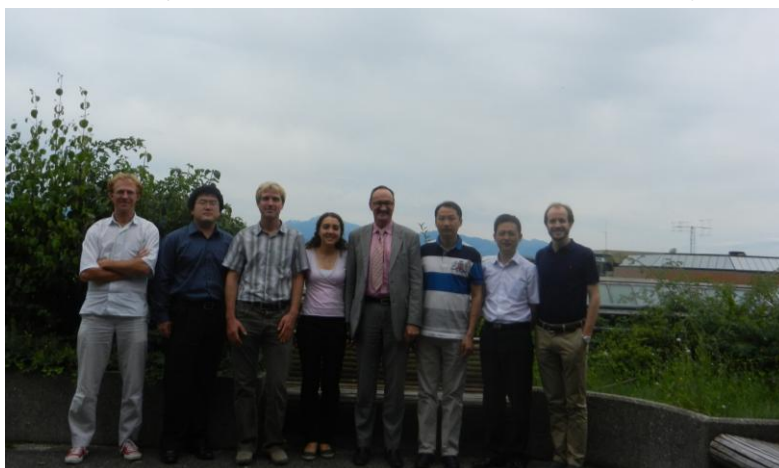
*En mission dans la Sorge (à gauche : Joe Rogers explique la récolte des données; à droite : un participant avec le TS, l'instrument pour la mesure de la profondeur et de la vitesse de l'écoulement)*

Durant ce workshop, notre doctorant, Martin Bieri, a représenté le LCH. Après une introduction du modèle MesoHABSIM en salle, une visite sur terrain a permis aux participants d'appliquer les connaissances acquises. Le cours s'est clôturé par un souper dans le magnifique vignoble du Lavaux. Il est évident que le menu préféré fut les filets de perche.

### **3.2.3 Workshop Sino-Swiss Science and Technology Cooperation Program (SSSTC), EPFL, Lausanne, Suisse, 20 juillet 2012**

Le vendredi 20 juillet 2012, Dr Koen Blanckaert a organisé un workshop au LCH dans le cadre du Sino-Swiss Science and Technology Cooperation Program (SSSTC). Le SSSTC finance un "Institutional Partnership (IP)" qui a comme objectif de développer des nouvelles collaborations entre la Suisse et la Chine. Le but du workshop a été de donner un aperçu des activités en Suisse et en Chine et de définir des éventuelles synergies.

M. Schleiss a présenté la recherche du LCH et Tamara, Ana Margarida et Martin ont présenté leur travail de thèse. Dr. Fred Jordan et Dr. Thierry Bussard ont exemplifié la collaboration Sino-Swiss du côté suisse. Ils ont présenté des projets développés en Suisse et appliqués en Chine. Du côté chinois, deux professeurs ont présenté la recherche de leur institut: Prof Li Danxun de Tsinghua University (State Key Laboratory of Hydroscience and Engineering) et Prof. Chen Qiuwen de la Chinese Academy of Sciences (Research Center for Eco-Environmental).



### **3.2.4 Séminaire VSA-SSR, Déversoir d'orage du Capelard, EPFL-LCH, Lausanne, 26 juillet 2012**

La Section Suisse Romande de la VSA (Association suisse des professionnels de la protection des eaux) propose régulièrement des séminaires qui s'adressent aux experts des eaux dans le cadre de la formation continue.

C'est ainsi qu'en date du 26 juillet 2012, notre collaborateur Michael Pfister a organisé un séminaire intitulé «Visite du Capelard à Lausanne» qui a compté une trentaine de participants.

Ce séminaire avait pour but de présenter et de discuter les expériences faites avec des dégrilleurs montés sur les déversoirs d'orage des canalisations unitaires afin de prétraiter les eaux restituées dans leur environnement naturel.

Le programme a inclus les présentations suivantes :

- Dominique Zürcher, Ville de Lausanne, Service d'assainissement, « Particularités du réseau lausannois d'évacuation des eaux »
- Kurt M. Gloor, ROMAG aquacare AG, « Dégrilleur type ROMAG »
- Aki Kleiner, Services Industriels de Genève, « Retour d'expérience dégrilleur ROMAG à Genève
- Michael Pfister, EPFL-LCH, « Modèle réduit du Capelard »

A la fin de la présentation, les participants ont eu le plaisir de visiter la halle hydraulique du LCH afin de voir le modèle réduit du déversoir du Capelard. Par la suite, ils sont allés visiter le prototype directement sur place au Capelard, sur lequel le dégrilleur a été installé.

Les présentations sont résumées dans le rapport VSA 615 et peuvent être téléchargées sur le lien suivant : <http://www.vsa.ch/fr/publications/rapports/615/>.

### **3.3 Conférences publiques au LCH / Public conferences at the LCH**

*La gestion des eaux de l'Himalaya comme défi stratégique - le rôle d'ICIMOD comme centre de recherche régional a Kathmandou*

Andreas Schild

Ancien directeur général du *International Centre for Integrated Mountain Development - ICIMOD*, Népal Kathmandou, (02.02.2012)

*Traité des eaux de l'Indus 1960 - Premier arbitrage 2007, Barrage et centrale hydro-électrique de Baglihar*

Prof. Raymond Lafitte

Expert indépendant, Suisse, Lutry, (22.03.2012)

*Projets et travaux liés au renouvellement de la concession hydroélectrique de Chancy-Pougny*

Laurent Thareau et Christophe Dorée

Responsable du Département Hydroélectricité & Directeur de Projet SFMCP

Compagnie Nationale du Rhône CNR, Direction de l'Ingénierie, France, Lyon, (03.05.2012)

*Le projet Hongrin-Léman Plus*

Alain Jaccard

Chef de projet

Alpiq Suisse SA, Suisse, Lausanne, (21.06.2012)

*Hydrodynamic conditions surrounding Brown trout (*Salmo trutta*) and Rainbow trout (*Salmo gairdneri*) redds*

William (Bill) K. Annable

Associate Professor, PhD, PEng, PGeo

Department of Civil and Environmental Engineering, University of Waterloo, Canada (21.06.2012)

*Hydraulics of labyrinth weirs*

Prof. Blake P. Tullis

Utah State University (USA) (02.08.2012)

### **3.4 Conférences internes données au LCH / In-house conferences given at the LCH**

*Simulations fines de précipitations et des crues extrêmes dans les bassins topographiques complexes*

Ramona Receanu (27.01.2012)

*Hydrodynamics of flow with vegetated boundaries*

Ana-Margarida Ricardo (24.02.2012)

*Hydropower design under uncertainties*

Felix Oberrauch (23.03.2012)

*Hydrological-hydraulic modelling of the Zambezi river basin*

Theodora Cohen Liechti (20.04.2012)

*On the way to the hydraulic-morphological index of diversity : field works and data elaboration*

Walter Gostner (23.05.2012)

*Innovative measures to mitigate the negative effects of complex hydropower schemes on river systems*

Martin Bieri (12.06.2012)

*Morphology on river confluences*

Sebastián Guillén Ludeña (22.06.2012)

*Monitoring and Prediction Methods for sedimentation in pumped storage plants*

Michael Müller (03.07.2012)

*Impact of Hydropeaking on Brown trout habitat*

Emilie Person (24.08.2012)

*Flow conditions and intense sediment transport in steep mountain rivers considering the large immobile boulders*

Tamara Ghilardi (19.10.2012)

*Study on flow characteristics and pressure fluctuations at non-prismatic stepped chutes with abrupt slope changes*

Mohammad Ostad Mirza (12.11.2012)

*Hydraulic-hydrologic model for Zambezi River using satellite data and artificial intelligence techniques*

José Pedro Matos (26.11.2012)

*Hydrodynamics of flow with vegetated boundaries*

Ana-Margarida Ricardo (10.12.2012)

*Influence of air concentration on rock scour development and block stability in plunge pools*

Rafael Duarte (18.12.2012)

*Failure risk of flood protection measures due to changed sediment transport under climate change*

Mona Jafarnejad (21.12.2012)

### **3.5 Participation aux comités d'organisation / Member of organising committees**

*Atelier de formation à l'attention d'une délégation d'ingénieurs du CWRC, EPFL, Lausanne, du 9 au 13 janvier 2012*

Anton Schleiss, Giovanni De Cesare, Jean-Louis Boillat, Martin Bieri et Javier Garcia Hernandez, membres du comité d'organisation

*Cours de perfectionnement CIPC KOHS « Protection contre les crues », documentation des dangers et gestion des crues, Martigny, du 15 au 16 mars 2012*

Giovanni De Cesare, animation d'un atelier sur le thème « Organisation du système d'alerte et planification des mesures d'urgence

*MesoHABSIM, Training Workshop, Rushing River Institute, EPFL, Lausanne, 23/24 mai et 29/30 mai 2012*

Anton Schleiss, Prof. Dr. Piotr Parasiewicz, chair du comité d'organisation

*Workshop Sino-Swiss Science and Technology Cooperation Program (SSSTC), EPFL, Lausanne, 20 juillet 2012*

Koen Blanckaert, membres du comité d'organisation

*Séminaire VSA-SSR, Déversoir d'orage du Capelard, EPFL, Lausanne, le 26 juillet 2012*

Michael Pfister, chair du comité d'organisation

*2nd International Workshop on Labyrinth and Piano Key Weirs - PKW 2013. Paris - Chatou (F), 20-22 novembre 2013 (en cours)*

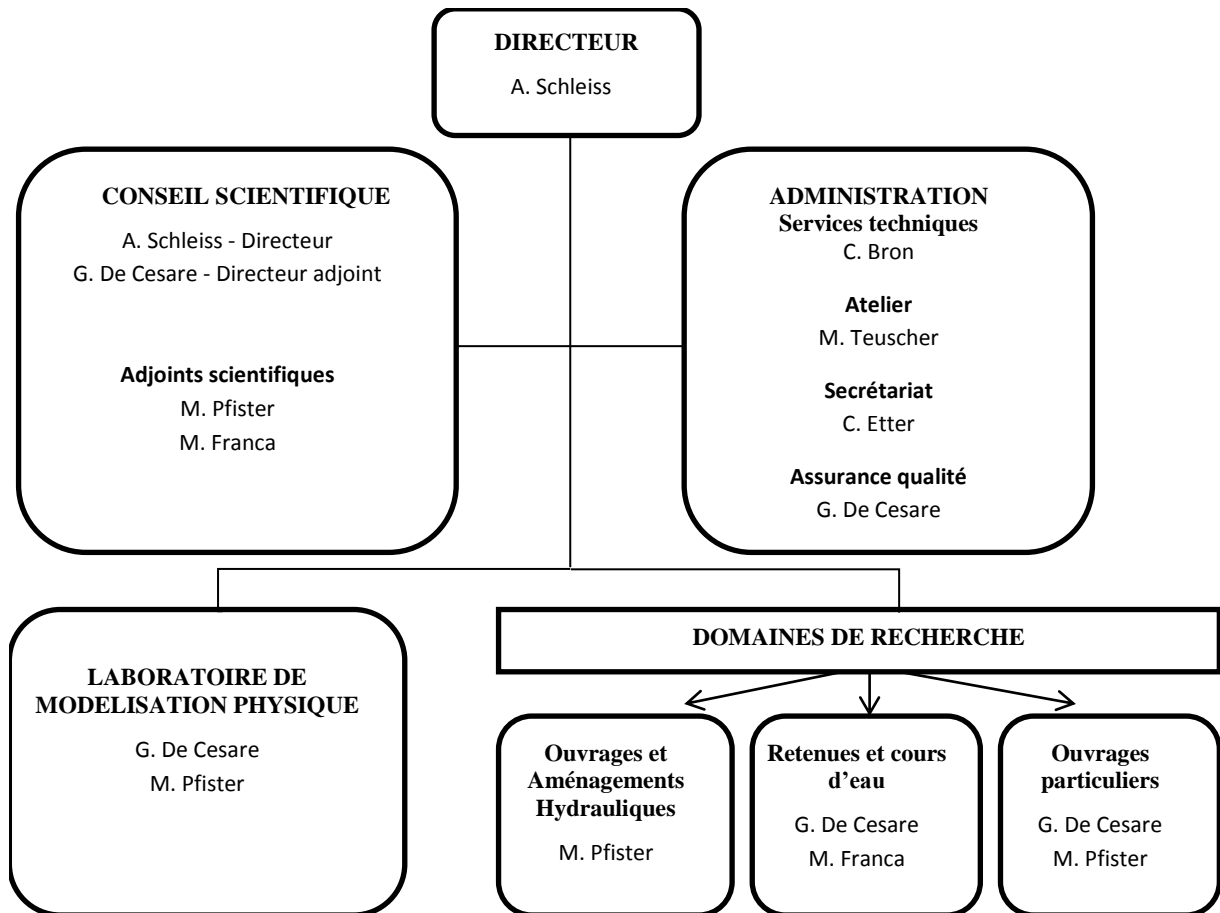
Michael Pfister, membre du comité d'organisation

*7th International Conference on Fluvial Hydraulics - River Flow 2014. EPFL Lausanne (CH), 3-5 septembre 2014 (en cours)*

Anton Schleiss, Giovanni De Cesare, Mario J. Franca, Michael Pfister, Scarlett Monnin, membres du comité d'organisation

## 4 Personnel / Staff

### 4.1 Organisation du LCH (2012) / Organisation of the LCH (2012)



Carte de vœux 2013 du LCH / Season's Greetings card 2013 of the LCH

## 4.2 Collaborateurs en 2012 / Staff in 2012

### **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 Mario Franca (temps partiel) depuis / since 01.09.2012

Dr Koen Blanckaert (temps partiel) 01.10.2004 - 30.06.2012

### **Collaborateurs scientifiques et ingénieurs de recherche / Scientific staff and research engineers**

Milad Daneshvari depuis / since 01.05.2008

Raphaël Sprenger depuis / since 01.08.2011

Stéphane Terrier 01.10.2011 - 15.04.2012

### **Doctorants (inscrits) / Ph.D. students (registered)**

Walter Gostner 01.08.2008 - 31.05.2012

Michael Müller 01.09.2007 - 31.08.2012

Martin Bieri 01.10.2007 - 31.08.2012

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

Felix Oberrauch depuis / since 01.03.2012

Stéphane Terrier depuis / since 16.04.2012

Alexandre Pachoud depuis / since 01.11.2012

Fränz Zeimet depuis / since 01.11.2012

### **IST-EPFL Joint Doctoral Initiative**

Ana Margarida Costa Ricardo (Portugal) depuis / since 01.09.2009

José Pedro G. S. C. Matos (Portugal) depuis / since 01.09.2009

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

David Ferràs Segura (Espagne) depuis / since 01.11.2012

### **Stagiaires / Trainees**

Elena Battisacco (Italie) 01.04.2012 - 31.12.2012

Rocco Capuano (Italie) 18.06.2012 - 18.09.2012

Damiano Capobianco (Italie) 18.06.2012 - 18.09.2012

### **Hôtes académiques / Academic guests (doctorants / PhD students)**

Elham Izadinia (Iran) 01.11.2011 - 30.04.2012



### **Services techniques / Technical Staff**

Cédric Bron	depuis / since 01.11.2008
Stéphane de Boer	01.10.2011 - 31.07.2012
Michel Teuscher	depuis / since 01.07.2004
Marc-Eric Pantillon (temps partiel)	depuis / since 01.07.1998
Grégory Falk (apprenti)	depuis / since 10.08.2009
David Rüegg (apprenti)	depuis / since 08.08.2011

### **Secrétariat du LCH / LCH Secretariat**

Caroline Etter (temps partiel)	01.04.2002 - 31.12.2012
Scarlett Monnin (temps partiel)	depuis / since 01.09.2010

### **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. Dr. Piotr PARASIEWICZ, Rushing Rivers Institute, Amherst, MA, USA**

Professeur invité de la section de génie civil dans le cadre du suivi des doctorants (Walter Gostner, Martin Bieri et Mona Jafarnejad) du 14 mai au 8 juin.2012

### **Prof. Blake P. TULLIS, Utah Water Research Laboratory, Utah State University, USA**

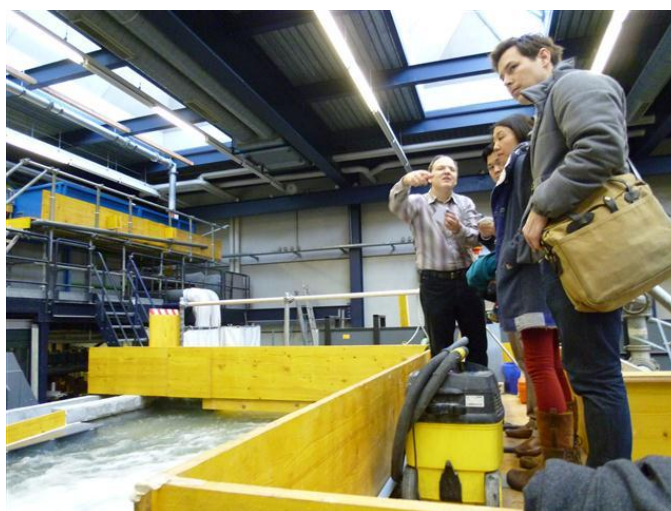
Professeur invité de la section de génie civil dans le cadre de la recherche PKweir du 1<sup>er</sup> juillet 2012 au 11 août 2012

## 4.4 Evénements spéciaux / *Special events*

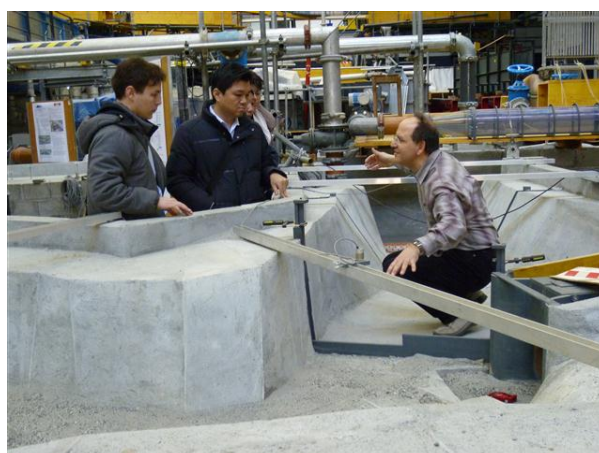
### 4.4.1 *Visite d'une équipe de la télévision Sud-Coréenne, EPFL, Lausanne, le 24 février 2012*

En relation avec l'exposition internationale qui se déroulera en 2012 à Yeosu en Corée du Sud, les médias de ce pays s'intéressent beaucoup à la Suisse et tout particulièrement à ce qui touche au développement durable.

Dès lors, une équipe de la télévision Sud-Coréenne a visité le laboratoire de constructions hydrauliques. Guidée par Giovanni De Cesare, les journalistes se sont montrés très intéressés par l'énergie hydraulique et étaient fort impressionnés par l'activité de recherche appliquée dans le domaine de l'hydroélectricité, de la protection contre les crues ainsi que de la recherche fondamentale en hydraulique.



*Présentation du modèle de Kariba (Zambie et Zimbabwe), barrage et fosse d'érosion*



*Présentation du modèle de Chespi y Palma Real (Equateur), ouvrage de dérivation de sédiment*

#### **4.4.2 Journées des gymnasiens : Visite de la halle hydraulique, EPFL, Lausanne, les 9 et 16 mars 2012**

C'est avec un grand intérêt que les gymnasiens ont découvert les activités du Laboratoire de Constructions Hydrauliques (LCH) de l'EPFL les 9 et 16 mars 2012.

Dans la matinée, ils ont pu acquérir une première connaissance hydraulique en assistant au cours d'Aménagements Hydrauliques donné par le Prof. Anton Schleiss. Quelques exemples d'études et de modélisations physiques menées par le laboratoire ont été présentées par Violaine Dugué.

Au cours de l'après-midi, les gymnasiens, répartis en plusieurs groupes, ont été guidés par nos collaborateurs, respectivement Giovanni De Cesare, Rafael Duarte et Raphaël Sprenger, à travers le labyrinthe des différents modèles de la halle hydraulique. En plus de poser des questions, ils ont su brillamment répondre aux nôtres. C'est donc un futur positif qui se dessine pour la section de génie civil, avec une relève motivée et intéressée.



*Explications générales à l'entrée de la halle*



*Petit groupe sur le modèle de Kariba*

#### **4.4.3 Visit of Dr Amanda Ashworth from Entura of Hydro Tasmania, Australia, du 26 au 30 mars 2012**

During March 2012, Dr Amanda Ashworth visited LCH-EPFL from Entura, a consulting business of Hydro Tasmania in Australia. Dr Ashworth's visit was part of a study tour that took her to Thailand, Norway, France, Switzerland and the UK. Entura is an expert renewable energy engineering consulting firm working primarily in Australia, Asia, and southern Africa.

Dr Ashworth is leading a project to establish a training centre to service national and international clients who need to build capability in clean energy and water fields as they work to deliver ambitious renewable energy and water infrastructure programs. Her tour was designed to understand critical success factors and learnings from other organisations delivering training to professionals in an international context.

Dr Ashworth was hosted by Professor Dr Anton Schleiss and Dr Giovanni De Cesare, who provided insights into their experience with the international Masters of Advanced Studies MAS in Water Resources Management and Engineering delivered between 1999 and 2009 and other short course designed and delivered by LCH. During her visit she also met with Dr Nadine Stainier of the EPFL Pedagogical Research and Support (CRAFT) and Mr Pascal Paschoud of Formation Continue UNIL-EPFL to gain an understanding of key lessons for adult learning programs.



*Dr Amanda Ashworth visiting the LCH-EPFL lab (left) and together with hosting Prof. Dr Anton Schleiss and Dr Giovanni De Cesare (right)*

Dr Ashworth said "It was great to meet everyone at LCH where there is substantial expertise in water infrastructure projects. I am very grateful for the time given to me amongst so many other teaching and research demands. It is indeed disappointing that the course is no longer operating but I look forward to finding ways for Entura/Hydro Tasmania and EPFL-LCH to cooperate into the future".

#### **4.4.4 Sortie à ski du LCH, Crans-Montana, du 31 mars au 1er avril 2012**

Cette année, une partie des collaborateurs du LCH a passé un week-end de ski à Crans-Montana du 31 mars au 1<sup>er</sup> avril 2012.

Cette fois-ci, le 1<sup>er</sup> rendez-vous a été au restauroute du Chablais à 7h30 et nous avons rejoint Raphaël Sprenger pour découvrir les pistes de ski, dont la Plaine Morte que nous avons beaucoup apprécié. A midi, nous avons vite fait de manger notre sandwich afin de pouvoir reskier au plus vite, mais surtout afin de ne plus sentir le vent sur nos visages qui nous a « un peu » refroidi.



A la fin de cette première journée de ski, nous nous sommes arrêtés pour un petit «Afterski » avec un concert à la clé. Après avoir éteint notre soif de grand sportif, nous avons pris nos quartiers au dortoir du camping de la Moubra et avons gentiment rejoint le restaurant des parents à Raphaël, Restaurant de la Plage, à deux pas de notre dortoir.

Le restaurant dispose d'une vue superbe sur la station d'une part, et sur le lac de Moubra d'autre part. Nous avons pu découvrir des succulents mets comme les rognons, des croûtes au fromage,

croûtes aux champignons et de fabuleux desserts que nous recommandons vivement. Malheureusement, nous n'avons pas croisé Roger Moore qui est un grand fan de ce lieu...

Dimanche matin, l'odeur du petit déjeuner est parvenue jusqu'à nos narines. Les parents de notre collaborateur ont préparé un délicieux déjeuner pour redonner des forces aux skieurs et aux promeneurs.

Pour la pause de midi, nous avons eu droit à une raclette organisée. Nous avons profité du soleil, de la bonne humeur, d'une soupe maison, du fromage d'alpage ainsi qu'un petit coup de fendant valaisan.....avant de redescendre gentiment en plaine.

Nous remercions sincèrement notre collaborateur, Raphaël Sprenger, ainsi que ses parents, pour le chaleureux accueil durant ce week-end.



*Raclette improvisée en bas des pistes*

#### **4.4.5 « Nuit de chantier » interdisciplinaire entre les étudiant(e)s de génie civil de l'EPFL et les étudiant(e)s de droit de l'Université de Fribourg, organisée à l'EPFL, Lausanne, 4 mai 2012**

Dans le cadre du cours «Organisation, économie et droit de la construction», la traditionnelle «Nuit du chantier» a été organisée sous le coaching du Professeur Anton Schleiss, Directeur du Laboratoire de Constructions Hydrauliques (LCH), ainsi que du Professeur Jean-Baptiste Zufferey, Directeur de l'Institut pour le droit suisse et international de la construction à l'Université de Fribourg et Laurent Mouvet, Directeur général du bureau d'ingénieurs Stucky SA.



Tout au long de ce cours, un cas particulier a servi de fil conducteur pour l'étude des relations entre les différents intervenants dans un projet de construction. Ce cas réel, situé en Suisse centrale, a été baptisé « Apartment House Sunshine ». A l'occasion d'exercices précédents, dont une matinée à l'Université de Fribourg, pour jouer quelques cas d'études, les étudiant(e)s ont établi des contrats d'ingénieur et des dossiers de soumission pour certains travaux. L'objectif de la nuit du chantier était, sur la base des documents contractuels établis par les étudiant(e)s, de simuler par jeu de rôle le déroulement de séances faisant suite à des difficultés majeures intervenues sur le chantier.

L'accident majeur provoqué par l'instabilité du terrain suite à l'excavation de la fouille pour le « Apartment House Sunshine » a eu des conséquences graves sur le chantier en cours et notamment sur les maisons avoisinantes. La ligne de chemin de fer, passant sur une montagne célèbre dont la renommée mondiale est telle que de nombreux touristes viennent l'admirer, a subi une déformation de la voie avec une interruption de circulation.



Lors de la séance finale, les groupes d'étudiants ont joué des jeux de rôle (maître d'ouvrage, direction des travaux, architecte, ingénieur, entrepreneur, chemin de fer) pour défendre leurs intérêts et positions sur la base de leurs contrats établis auparavant. Après les phases, « Mesures d'urgence », « Plan d'activités et mesures à long terme » et « Dégâts et responsabilités », les responsabilités ont finalement été déterminées durant la dernière séance de la nuit de chantier.

En effet, après interpellation des fautifs, soit l'entreprise de 10 à 20% d'une part, et l'ingénieur de 80 à 90%, d'autre part, les discussions animées se sont terminées autour d'un somptueux apéro au Rolex Learning Center avant que la nuit ne tombe.

#### **4.4.6 Visite de la halle d'hydraulique – 28<sup>th</sup> meeting of ISO technical committee 113 on hydrometry, EPFL, Lausanne, 9 mai 2012**

Le comité ISO sur l'hydrométrie a visité le CERN durant la matinée du 9 mai 2012, avant de venir à l'EPFL pour y passer l'après-midi. Après un café au Learning Center, le Prof. Anton Schleiss a présenté les activités du laboratoire.



Le Prof. Anton Schleiss présentant le LCH



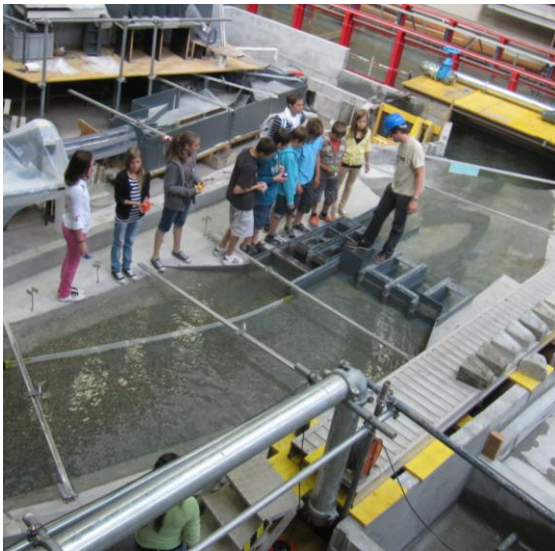
Environ 40 participant(e)s

La quarantaine de participants a ensuite visité notre halle à l'aide des guides suivants : Milad Daneshvari, Rafael Duarte, Sebastián Guillén Ludeña et Stéphane Terrier. Ils se sont montrés très intéressés par nos modèles et ont posé un grand nombre de questions.

#### 4.4.7 *Journée des classes, EPFL, Lausanne, 5 juin 2012*

Le 5 juin 2012, l'EPFL a accueilli plus de 2000 élèves de 5ème et 6ème primaire des cantons romands. La halle hydraulique du LCH a ouvert ses portes à 6 classes d'une vingtaine d'élèves. Ces derniers, guidés par Martin, Rafael, Stéphane, Théodora, Ana Margarida, Giovanni, Raphaël, Milad et Violaine, ont pu voir deux des plus imposants modèles de la halle hydraulique en fonctionnement (Massongex et Kariba).

Cela a été l'occasion pour eux de comprendre le fonctionnement d'un évacuateur de crue et la création d'une fosse d'érosion avec des commentaires des plus inattendus, tel : "on a qu'à mettre une montagne pour boucher le trou". Ils ont également pu étudier les vitesses de surface à l'approche d'un barrage ainsi que les ressauts hydrauliques en faisant une course de petits animaux aquatiques sur le modèle de Massongex. Cette attraction a eu un grand succès auprès des jeunes !

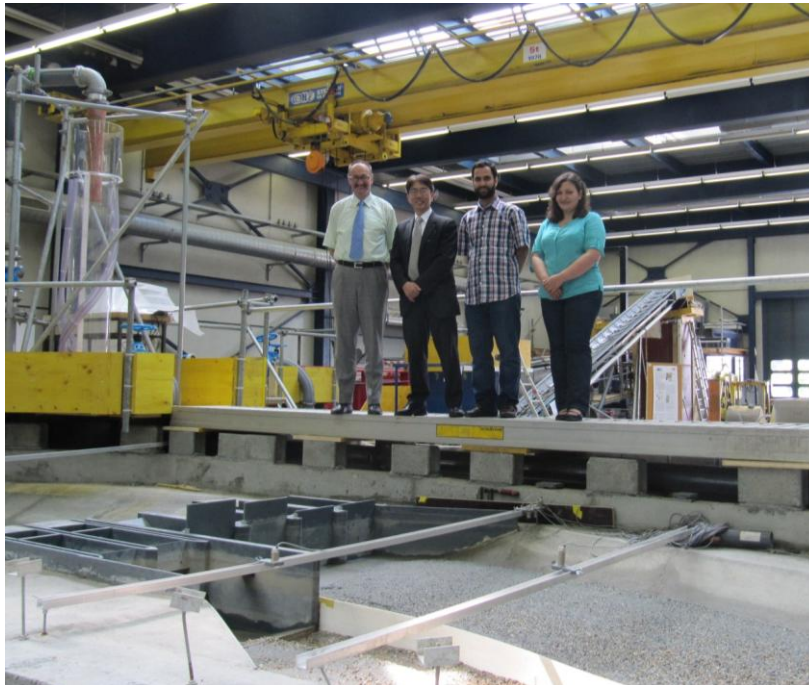


#### **4.4.8 Visite d'une classe de l'école professionnelle de Morges (CEPM), EPFL, Lausanne, 7 juin 2012**

En date du 7 juin 2012, le LCH a accueilli une classe d'une vingtaine d'élèves-apprentis de la construction métallique de l'école professionnelle de Morges (CEPM) pour visiter la halle hydraulique. Guidé par Giovanni De Cesare, il ont pu voir l'exposition au premier étage des maquettes de l'évacuateur du barrage d'Ostour en Iran et la vidange de fond de Kárahnjúkar en Islande, suivi par des explications sur l'aménagement de pompage-turbinage de FMHL Veytaux 1 et 2.

#### **4.4.9 Visit of Prof. Joseph Hun-wei Lee, EPFL, Lausanne, 21 juin 2012**

Prof. Joseph Hun-wei Lee, Vice-President for Research and Graduate Studies at Hong Kong University of Science and Technology, visited Laboratory of Hydraulic Construction (LCH) in 21.6.2012. He is Editor of the Journal of Hydro-environment Research and Vice-President of the International Association for Hydro-environment Engineering and Research - IAHR (2007-2013).



*Prof, Anton Schleiss, Prof. Joseph Hun-wei Lee, Mohammad Ostadmirza et Mona Jafarnejad*

#### **4.4.10 Journée de la recherche ENAC 2012 - "Energie dans la ville", EPFL, Lausanne, 15 juin 2012**

Cette année, la journée de la recherche ENAC était intitulée «Energie dans la ville». Cette journée a été différentes activités, telles que des stands de démonstration de différents organismes et laboratoires, l'exposition des posters de doctorants, une conférence plénière, des remises de prix et un apéritif dînatoire.

Dans les posters soumis à cette occasion, il y a eu cinq posters du LCH avec les thèmes de thèse des doctorants suivants : Ana Margarida, Rafael, Tamara et Violaine. Cette édition a été particulièrement prospère pour LCH. Mona a gagné le premier prix avec son poster intitulé « *Failure risk of flood protection measures due to modified sediment transport under climate change* », et Violaine le troisième prix avec le poster « *Influencing river morphodynamics by means of bubble screens – Application to open-channel bends* ».





*Violaine recevant le troisième prix*



*Prof. Schleiss et Brühwiler, qui ont reçu le premier prix pour Mona.*



*Photo de groupe avec les collaborateurs LCH qui ont participé à cet événement.*

#### **4.4.11 Grillade chez le Prof. Anton Schleiss, Ecublens, Suisse, 20 juillet 2012**

C'est par un vendredi malheureusement non ensoleillé cette fois-ci, donc pluvieux, que la grillade chez le Prof. Anton Schleiss, a été faite en date du 20 juillet 2012.

En fin d'après-midi, une partie des collaborateurs du LCH, dûment accompagnés, ont commencé cet événement avec l'apéro de bienvenue. Lors dudit apéro, le Professeur a pu découvrir et relâcher ses cadeaux, qui étaient deux petits koïs (carpe japonaise) dont les prénoms sont : Ka et Trin ;-)



*Ka et Trin*



*La grillade*

Les mets de la grillade ont été les suivants ; du rôti à redevenir carnivore si on est végétarien, diverses salades colorées et parfumées, de sublimes gratins de pomme de terre, divers fromages, desserts dont la fameuse mousse au chocolat de Mme Schleiss.



*L'équipe du LCH avec conjoints et conjointes*

#### **4.4.12 Sortie LCH, 23 au 25 août 2012**

En date du 23 août 2012, une partie des collaborateurs du LCH se sont répartis dans 3 Mini-bus et ont entamé leur roadtrip pour une ou des destinations totalement inconnues. En effet, notre collaborateur, Martin Bieri, organisateur de ce voyage, a fait comme les trois singes de la sagesse, soit ne rien voir, ne rien entendre et surtout « ne rien dire ». La première étape a consisté en la visite de l'usine de Sublin à Bex concernant l'ouvrage des Forces Motrices de l'Avançon (FMA). Claude Légeret, sous-directeur des FMA, nous a fait visiter l'installation et nous a fait part des problèmes rencontrés lors de la mise en service de la nouvelle conduite en 2007.

Durant les tests finaux, plusieurs fuites ont été décelées sur le nouveau tube reliant le réservoir de Plan-Sépey à l'usine. A cette époque, M. Schleiss avait été mandaté pour une expertise. A la fin de cette incursion, les FMA nous ont offert un apéritif. Nous avons profité de notre présence dans la région de Bex pour que notre doctorante, Tamara Ghilardi, nous fasse un bref explicatif sur le bassin de rétention de sédiments sur l'Avançon, projet sur lequel elle a travaillé.



*Visite de l'usine de Sublin (Forces Motrices de l'Avançon)*



*Bassin de rétention de sédiments sur l'Avançon*

Après avoir pique-niqué vers les bois de Finges, nous avons repris la route pour nous rendre à Leukerbad à notre grande surprise et surtout à notre entière satisfaction, puisque nous avons pu barboter dans les bains thermaux durant 3 heures. Le soir, nous avons déposé nos affaires au Derby Hôtel et nous nous sommes rendus à pied au Restaurant Weidstübli tenu par la famille Collenberg-Grichting, qui nous a préparé une raclette à gogo. Après avoir mangé avec délectation ce met, nous sommes redescendus à Leukerbad avec des flambeaux.

Vendredi 24 aout 2012, nous avons déjeuné aux aurores et pris la première télécabine pour arriver au col de la Gemmi. Depuis là, nous avons entamé une longue randonnée afin d'atteindre Kandersteg. Nous avons traversé de magnifiques paysages alpins, des pâturages avec des moutons courant dans tous les sens à notre approche et descendus sur des chemins à forte déclivité.

A la fin de cette promenade de santé, des grillades avaient été organisées à midi afin de regagner des forces. La raison ? C'est que quand nous avons atteint Kandersteg, nous avons encore eu des moments d'adrénaline et de frissons dans les arbres du Parc Aventure.



*Marche en direction de Kandersteg*



*Parc Aventure de Kandersteg*

A la fin de nos acrobaties, nous sommes allés à l'hôtel Alfa Soleil tenu par la cousine du Professeur Schleiss où nous avons passé la nuit du vendredi au samedi. Mais quelle nuit !!!! Nous devons venir pour le repas du soir déguisés sur le thème des années septante. Après une séance photo avec nos déguisements, nous avons mangé un menu élaboré avec des plantes et des fleurs de la région. Un seul mot : SUCCULENT. La nuit s'est poursuivie, au mécontentement des clients de l'hôtel, avec « DJ Schleiss » et ses platines jusqu'à une certaine heure.....

Le dernier jour du voyage, soit samedi 23 août, après un copieux petit déjeuner, nous sommes allés au Oeschinensee, lac de montagne idyllique avec ses eaux turquoise, pour une séance de luge. Émerveillement total avec cette piste d'une longueur de 750 m offrant des virages ébouriffants.



*Oeschinensee*



*Luge vers le Oeschinensee*

Après avoir bien ri, nous sommes allés nous restaurer au Berghaus Hirschi, auberge se situant aux abords du lac. Ensuite, nous sommes redescendus à pied à Kandersted. De retour dans nos Mini-bus, nous avons visité le Tropenhaus de Frutigen afin de découvrir l'élevage d'esturgeons, qui a comme objectif la recherche et l'optimisation des conditions de préservation et la constitution d'une population de poissons de près de 60'000 spécimens. Après en avoir appris un rayon sur ces poissons, nous avons aussi visité la serre tropicale où poussent bananiers, papayes et orchidées.

A la fin de la visite, nous nous sommes rendus dans la famille de notre doctorant Michael Müller qui nous a accueillis pour un souper-apéro marquant, malheureusement, la fin de notre périple. De retour à l'EPFL, nous avons regagné nos coussins et nos duvets avec un petit sourire au coin des lèvres en pensant à ces trois jours remplis d'aventures, de rires et d'émotions fortes pour certains.

#### **4.4.13    *Magistrale, EPFL, Lausanne - 6 octobre 2012***

Lors de la magistrale du 6 octobre 2012, le Prof. Anton Schleiss a reçu la "Polysphère 2011/12" pour l'excellence de son enseignement. Ce prix lui a été décerné par les étudiant(e)s de la Faculté Environnement Naturel, Architectural et Construit. Ce prix est décerné au professeur le plus méritant.



#### **4.4.14 Délégation de spécialistes d'hydraulique et de dangers naturels, Lausanne, EPFL, LCH, 12 octobre 2012**

Depuis quelques années, l'armée Suisse possède des états-majors d'ingénieurs qui planifient, calculent et suivent la réalisation des ponts militaires, des abris temporaires, des réaménagements d'espace ou d'immobilier de l'armée, des villages d'entraînement ou des ouvrages géotechniques. Ils forment ainsi un support technique aux autres corps militaires et à la population (inter-)nationale en cas de catastrophe (crues, séismes), pendant des événements publics (Euro2008) ou simplement pendant les cours de répétition.

Le vendredi 12 octobre 2012, une délégation de spécialistes d'hydraulique et de dangers naturels de ce corps d'ingénieurs a visité le Laboratoire de constructions hydrauliques lors d'une journée technique de formation. Prof. Anton Schleiss et Michael Müller (ancien doctorant du LCH, membre de l'état-major d'ingénieurs 1 et organisateur de la journée) ont eu le plaisir d'accueillir les 15 officiers pour leur donner une impression tout d'abord de l'EPFL et des activités du LCH, puis leur montrer la halle hydraulique et les modèles de mandats et thèses actuels. La matinée s'est terminée autour d'un sandwich lunch auprès des modèles physiques avant que le groupe de spécialistes se dirige vers Veytaux pour la suite de la journée d'hydraulique.



*Délégation des spécialistes d'hydrauliques et de dangers naturels dans la halle hydraulique*

#### **4.4.15 Visite de 22 étudiants du Gymnase Im Lee de Winterthur, Lausanne, EPFL, LCH, 23 octobre 2012**

En date du mardi 23 octobre 2012, une classe de 22 étudiants du Gymnase Im Lee de Winterthur a visité l'EPFL, dont une visite à notre laboratoire.

Milad et Ana Margarida ont accueilli ce groupe. Pendant une demi-heure, ils ont expliqué aux étudiants Suisse-allemands les activités du LCH, soit celles dans le domaine de l'ingénierie hydraulique, des systèmes et ouvrages civils, ainsi que celles, en particulier concernant les aménagements hydro-électriques, les réseaux hydrauliques naturels et urbains, les événements extrêmes, la protection contre les crues et les digues et les sollicitations dynamiques dues aux séismes

La visite s'est terminée par la visite et l'explication de certains modèles physiques entreposés dans la halle hydraulique.



*Milad en train de donner les explications initiales.*

Le 5 novembre 2012, M. Schleiss a participé avec M. Frühaut et 2 étudiants à une présentation de l'EPFL et les élèves d'ingénieur du même gymnase.

#### **4.4.16 Journée "Oser tous les métiers" à l'EPFL, 8 novembre 2012**

Ce matin, mon père et moi Aleksandra De Cesare avons pris le LEB (Train Lausanne-Echallens-Bercher) et le métro M1 pour venir à l'EPFL pour la Journée "Oser tous les métiers"\*. Déjà dans le LEB, nous avons rencontré Sarah avec son père qui allaient ensemble au CHUV et Karol, sa sœur et sa mère qui allaient au laboratoire où elle travaille. Nous avons donc pris le LEB ensemble et, une fois arrivés à Lausanne, nous avons pris trois directions différentes. Du Flon, nous avons pris le Métro M1 jusqu'à l'arrêt EPFL.

Une fois arrivés, nous sommes allés dans le bureau de mon père. Après la pause-café, nous sommes allés dans la halle d'hydraulique où se trouvent les maquettes. Nous étions accueillis par Raphaël Sprenger, ingénieur au LCH. Nous étions 3 enfants; Kevin, le fils de Caroline Etter qui assure le secrétariat du LCH, Richard le fils du Prof. Andrew Barry et moi. Nous avons examiné le modèle de la rivière Sorne qui passe à travers Delémont et avons vu les risques d'inondation. Le modèle permet de tester la solution en cas de crue extrême. Quand nous avons fini, nous sommes allés voir le grand bassin avec les pompes au sous-sol et nous sommes aussi montés à l'étage voir les barrages.

Nous avons mangé ensemble au restaurant le Parmentier de l'EPFL du risotto avec du poulet. Ensuite nous sommes retournés dans le bureau et avons bu un café (moi un verre d'eau). L'après-midi Kevin, Richard et moi ont suivi l'atelier 5 - Exposition interactive scientifique et Slime. Aleksandra De Cesare.



*Les trois jeunes visiteurs, Richard Barry, Aleksandra De Cesare et Kevin Etter, avec Raphaël Sprenger et Fränz Zeimetz derrière le modèle de la Sorne à Delémont*



*L'équipe de trois jeunes chercheurs avec leur guide Raphaël Sprenger*

*\* Le jeudi 8 novembre 2012 est une journée particulière: dans le canton de Vaud, tous les enfants de la 5ème à la 7ème sont invités à découvrir l'univers professionnel de leur père pour les filles et celui de leur mère pour les garçons.*

#### **4.4.17 Visite du service de l'urbanisme, de l'environnement et des travaux publics de la ville de Delémont, 9 novembre 2012**

A l'occasion de leur sortie annuelle, une partie du service communal de la ville de Delémont était en visite à Lausanne. Avant de se faire guider à travers le Rolex Learning Center et d'apprécier le projet « Trait d'Unions » autour du M2, les participants à l'excursion ont été accueillis au Laboratoire de Constructions Hydrauliques (LCH).

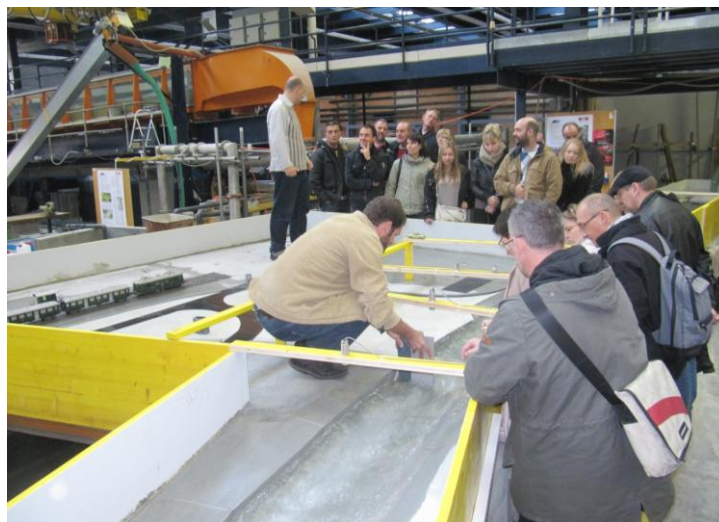
Après une brève introduction du Prof. Schleiss, le groupe s'est dirigé vers le modèle physique les concernant, celui du projet Delémont Marée Basse, gestion des risques résiduels. Ce dernier représente une partie de la Sorne, rivière traversant la ville, et la zone vouée au débordement latéral en cas de crue extrême.

C'est avec enthousiasme et intérêt que le groupe a suivi les explications de Giovanni De Cesare et des ingénieurs de projet, Antoine Magnollay chez BG Ingénieurs Conseils SA et David Siffert, ingénieur communal de la ville de Delémont. Ils ont pu localiser et se représenter fidèlement la partie modélisée de leur ville.

A cette visite ciblée, s'en est ajoutée une plus générale à travers la halle hydraulique et ses différents modèles. Les intervenants, Raphaël Sprenger et Giovanni De Cesare, ont senti un intérêt particulier des visiteurs pour ces études sur modèle physique. Le plaisir fut ensuite partagé autour d'une bonne table au Rolex Learning Center...



*Introduction aux visiteurs du Prof. Schleiss dans la halle hydraulique*



*Explications et expérimentation autour du modèle « Sorne-Delémont », devant un public conquis*

#### **4.4.18 Visite des classe de 8ème OS math-physique du Collège de Moudon, Lausanne, EPFL, LCH, 6 décembre 2012**

Jeudi 6 décembre, toutes les classes de 8ème OS math-physique du collège de Moudon se sont dirigées en direction de l'EPFL pour découvrir les mystères de la robotique, du plasma et de l'hydraulique. Premièrement, nous avons retrouvé une classe française sur le site de l'EPFL puis nous nous sommes partagés en deux groupes.

L'un est allé voir les projets concernant le laboratoire d'hydraulique, l'autre est allé visiter le laboratoire de recherche sur le plasma. Les deux présentations étaient très intéressantes et instructives. Les maquettes en hydraulique représentaient vraiment quelque chose de concret sur lequel il doit être très intéressant de travailler !





Ensuite nous sommes allés tous manger au restaurant de l'EPFL (Vinci). Après un bon repas, nous avons assisté à une représentation sur la robotique. Nous avons écouté entre autre une dame nous présentant le festival de robotique, d'un homme nous parlant de son parcours universitaire et de son doctorat et nous avons aussi écouté un professeur nous expliquant comment les scientifiques s'inspirent de la nature pour la robotique. Ce fut très instructif. Nous avons reformé 2 groupes. L'un est allé visiter les laboratoires de robotiques. Ils ont vu un chat robotisé, une salamandre et des meubles qui se montaient tout seul. Le deuxième groupe est allé faire voler un avion robotisé autonome pouvant aider à retrouver des personnes disparues et a découvert des drones inspirés de la mouche et de la libellule.



*Les élèves d'OS de math-physique 8ème de Moudon*

Ce fut une journée très enrichissante et nous sommes très contents d'avoir pu profiter de celle-ci.  
Merci !

#### 4.4.19 Souper de fin d'année du LCH, Broc, 14 décembre 2012

Le repas de Noël a eu lieu le 14 décembre au Creux du Feu dans le canton de Fribourg et a été précédé d'une visite chez Electrobroc à Broc où les guides nous ont accueillis chaleureusement pour nous mener à travers le musée. Nous avons pu apprécier des démonstrations du fonctionnement d'un aménagement hydroélectrique, comme celui d'Electrobroc, à l'aide de modèles physiques.



*Electrobroc à Broc*

Le musée a bien illustré l'ensemble des agents nécessaires à la production et à la distribution de l'électricité. Des explications sur l'importance de l'hydroélectricité en vue du changement climatique ont été données, mais étaient de nature douteuses. Puis une démonstration spectaculaire des arcs électriques à haut voltage nous a été donnée avant de passer au verre d'amitié. Après ce petit apéro, on s'est rendu au Creux du Feu pour savourer une magnifique fondue dans une ambiance chaleureuse et familiale. La tradition de la région a dicté le dessert, meringue à la double crème.



*Fondue au Creux du Feu*

Après le repas, M. Schleiss a pris la parole pour faire le bilan de l'année, qui était très positif et prometteur pour le futur. Le discours était mélangé à un jeu, qui consistait à chercher une formule donnant l'âge que fête M. Schleiss en 2013 issu des chiffres donnés pendant ce discours. La soirée s'est tranquillement finie autour d'un verre.

## **5 Participation aux commissions, associations professionnelles et académiques / Participation in commissions, professional and academic associations**

**Schleiss Anton**

---

*Swiss Tunneling Society (FGU-STG) (Member of the board)*

*Commission Internationale des Grands Barrages (CIGB) – Vice-président de la zone Europe / Int. Commission on Large Dams (ICOLD) – Vice chairman for the Europe zone*

*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)*

*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 2006-2012, membre de la Commission technique; Président du Groupe de travail "Relations publiques") / Swiss Committee on Dams (Chairman 2006-2012, member 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 et de la commission Foresight) / National Research Foundation of Belgium (chairman of the commission Exact and Natural Sciences SEN-3 and of the 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 (vice-président) / European committee of IAHR (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)*

*Conférence des directeurs de section (membre du bureau) / Conference of Heads of Teaching Programmes (member of the Board) (until 1.4.2012)*

*Commission d'enseignement de la section de génie civil (président du bureau) / Teaching Commission of the Civil Engineering Programme (chairman of the Board)(until 1.4.2012)*

*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) (until 1.4.2012)*

*Association des professeurs de l'EPFL (membre du bureau) / Society of EPFL Professors (member of the Board) (until April 2012)*

---

**De Cesare Giovanni**

---

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 Doppler Method for Fluid Mechanics and Fluid Engineering, Dresden, Germany, 19-21 September, 2011 (member)

Conférence du corps enseignant (CCE) de l'EPFL (membre du bureau)

---

**Pfister Michael**

---

International Association for Hydraulic Research (IAHR) (member)

IAHR Committee on Hydraulic Structures (member of Leadership Team)

VSA Section Suisse Romande (membre du Comité)

Commission d'Enseignement GC, EPFL, Membre

---

**Franca Mário**

---

International Association for Hydraulic Research (IAHR) (member)

American Geophysical Union (AGU) (member)

---

**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)

---

**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)*

---

**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

---

*The challenge of scour evaluation at high head and high capacity spillways*

The First International and Third National Conference on Dams and Hydropower in Teheran, Iran, du 6 au 7 février 2012 (Workshop) et du 8 au 9 février 2012

*New innovative concepts for the design and monitoring of the pressure steel lined shafts*

The First International and Third National Conference on Dams and Hydropower in Teheran, Iran, du 6 au 7 février 2012 (Workshop) et du 8 au 9 février 2012

*Reservoir sedimentation and sustainable development*

20th Meeting of Swiss Sedimentologists (SwissSed), Suisse, Fribourg, le 25 février 2012

*Innovative Konzepte zur Verminderung der Auswirkungen von Schwall und Sank in Fließgewässern*

PEAK Vertiefungskurs « Erfolgreiche Revitalisierung von Fließgewässern, Eawag, Suisse, Dübendorf, 11 mai 2012

*Innovative and low cost continuous evacuation of sediment through the intake structure using multiple jets at the reservoir bottom*

80ème réunion annuelle et du 24ème congrès de la Commission Internationale des Grands Barrages (CIGB), Japon, Kyoto, du 3 au 8 juin 2012

*PK Weirs as efficient spillway structure*

80ème réunion annuelle et du 24ème congrès de la Commission Internationale des Grands Barrages (CIGB), Japon, Kyoto, du 3 au 8 juin 2012

*Key note speech « Herausforderungen und Tendenzen für die Linienführung und Auskleidung von Triebwassersystemen bei Wasserkraftanlagen – challenges and tendencies in the design of underground waterways of hydropower plants »*

Swiss Tunnel Congress 2012, Suisse, Lucerne, KKL, du 13 au 14 juin 2012

*Possible measures to mitigate adverse impacts from hydropeaking : experiences, projects and ideas from Switzerland*

International Workshop on Hydropeaking organized by Platform Water Management in the Alps, Eawag, Suisse, Dübendorf, 19 juin 2012

*Surélévation des barrages en Suisse : importance économique et contraintes*

Journée d'étude du Comité suisse des barrages - Surélévation des barrages en béton et remblai, Suisse, Andermatt, du 28 au 29 juin 2012

*Wasserkraft in der Schweiz-Technische Möglichkeiten bei Erneuerungen, Aus-und Neubauten » (La force hydraulique en Suisse - Possibilités techniques concernant renouvellement, extensions et nouvelles réalisations*

*Tagung Symposium « Wie weiter mit Wasserkraft ? » (Comment continuer avec la force hydraulique ?)*

Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen VSE-AES, Congress Hotel, Suisse, Olten, 28 novembre 2012

#### De Cesare Giovanni

---

*Organisation du système d'alerte et planification des mesures d'urgence*

Cours de perfectionnement CIPC KOHS, Protection contre les crues, Suisse, Martigny, du 15 au 16 mars 2012

## 6.2 Autres conférences / Other conferences

### De Cesare Giovanni

---

*Flow and waves in a common tailrace channel of two pump-storage plants - physical and numerical simulation*

SimHydro 2012 « New Trends in Simulation », France, Nice, 12 au 14 septembre 2012

*One- and two-dimensional UVP velocity sampling in a cuboidal basin subject to in- and outflow sequences*

8th International Symposium on Ultrasonic Doppler Methods for Fluid Mechanics and Fluid Engineering (ISUD8), Allemagne, Dresden, 19 au 21 septembre 2012

*Flow patterns induced by a bubble screen in a sharply curved flume based on Acoustic Doppler Velocity Profiler measurements*

8th International Symposium on Ultrasonic Doppler Methods for Fluid Mechanics and Fluid Engineering (ISUD8), Allemagne, Dresden, 19 au 21 septembre 2012

*Cavitation risk estimation at orifice spillway based on UVP and dynamic pressure measurements*

8th International Symposium on Ultrasonic Doppler Methods for Fluid Mechanics and Fluid Engineering (ISUD8), Allemagne, Dresden, 19 au 21 septembre 2012 Pfister Michael

### Daneshvari Milad

---

*Numerical simulation of a new sand trap flushing system*

The 4th International Symposium on Hydraulic Structures "Hydraulic Structures into the 21st Century: a Critical Role in our Society", Portugal, Porto, du 9 au 11 février 2012

### Duarte Rafael

---

*Dynamic pressures around a confined block impacted by plunging aerated high-velocity jets*

2nd IAHR Europe Congress, Water - infinitely deformable but still limited, Allemagne, München, du 27 au 29 juin 2012

*Monitoring of a steel-lined pressure shaft using global indicators and the frequency response function*

2nd IAHR Europe Congress, Water - infinitely deformable but still limited, Allemagne, München, du 27 au 29 juin 2012

### Dugué Violaine

---

*An air-bubble screen used as a countermeasure to reduce erosion in open-channel bends*

ICSE-6 2012 - 6ème Conférence Internationale sur l'Affouillement et l'Erosion, France, Paris, 27 au 31 août 2012

*Bend scour reduction induced by an air-bubble screen under live-bed conditions*

River Flow 2012, International Conference on Fluvial Hydraulic, Costa Rica, San José, 5 au 7 septembre 2012

### Tamara Ghilardi

---

*Gestion du risque de crues de la rivière Avançon*

12ème congrès INTERPRAEVENT, France, Grenoble, du 23 au 26 avril 2012

*Steep flume experiments with large immobile boulders and wide grain size distribution as encountered in alpine torrents*

River Flow 2012, International Conference on Fluvial Hydraulic, Costa Rica, San José, 5 au 7 septembre 2012

### Gostner Walter

---

*Der hydro-morphologische Index der Diversität – eine Messlatte für das ökologische Potenzial von Hochwasserschutzprojekten, EcoMeeting (Ecology meets Engineers)*

Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau, Universität für Bodenkultur (BOKU), Autriche, Vienne, 23 au 24 février 2012

*L'indice della diversità idromorfologica: un nuovo strumento nella progettazione di interventi mirati alla riqualificazione fluviale*, 2° Convegno italiano sulla riqualificazione fluviale CIRFcentro italiano della riqualificazione fluviale), Bolzano (I), 6 au 7 novembre 2012

---

### **Jafarnejad Mona**

---

*Failure risk analysis of riverbank ripraps with Monte Carlo simulation*

River Flow 2012, International Conference on Fluvial Hydraulic, Costa Rica , San José, 5 au 7 septembre 2012

---

### **Pfister Michael**

---

*Jet impact angle on chute downstream of aerator*

4th IAHR International Symposium on Hydraulic Structures, Portugal, Porto, 10 février 2012

*Modèle réduit du Capelard.*

Séminaire du Comité Romand du VSA, Suisse, Lausanne, EPFL, 26 juin 2012

*Über den Wert eines Doktorats: Objektives und Subjektives*

Wasserbausymposium 2012, Austria, TU Graz, 13 septembre 2012

*Proposition d'une équation générale de dimensionnement pour les PKWs de type A*

Colloque PKW, France, Lyon, 19 décembre 2012

*Sensibilité des PKWs concernent le blocage avec des corps flottants*

Colloque PKW, France, Lyon, 19 décembre 2012

---

### **Ricardo Ana Maria**

---

*Bank protection at the outer side of curved channels by an undulated macrorough concrete wall*

The 4th International Symposium on Hydraulic Structures "Hydraulic Structures into the 21st Century: a Critical Role in our Society", Portugal, Porto, du 9 au 11 février 2012

*Interaction of different wavelenghts in a turbulent flow within a random array of rigid and emergent stems*

2nd IAHR Europe Congress, Water - infinitely deformable but still limited, Allemagne, Munich, du 27 au 29 juin 2012

*Preliminary study on the influence of an air-bubble screen on local scour around a bridge pier*

2nd IAHR Europe Congress, Water - infinitely deformable but still limited, Allemagne, Munich, du 27 au 29 juin 2012

*Energy Dissipation of flows in vegetated patches with spatially varying stem density*

River Flow 2012, International Conference on Fluvial Hydraulic, Costa Rica , San José, 5 au 7 septembre 2012

## **7 Participation aux congrès et visite des instituts de recherche / Participation in congresses and visits of research institutes**

*Atelier de formation à l'attention d'une délégation d'ingénieurs du CWRC, EPFL, Lausanne, du 9 au 13 janvier 2012*

Anton Schleiss, Giovanni De Cesarere, Jean-Louis Boillat, Martin Bieri, Javier Garcia Hernandez

*KOHS-Tagung 2012 / Symposium CIPC 2012, Olten, 20 janvier 2012*

*Regulierung Gewässersysteme – von der Vorhersage zum Entscheid / Régulation des systèmes fluviaux – de la prévision à la décision*

Anton Schleiss

*The First International and Third National Conference on Dams and Hydropower in Teheran, Iran, du 6 au 7 février 2012 (Workshop) et du 8 au 9 février 2012*

Anton Schleiss

*The 4th International Symposium on Hydraulic Structures "Hydraulic Structures into the 21st Century: a Critical Role in our Society", Portugal, Porto, du 9 au 11 février 2012*

Michael Pfister, Milad Daneshvari, Ana Maria Ricardo

*20th Meeting of Swiss Sedimentologists (SwissSed), Suisse, Fribourg, le 25 février 2012*

Anton Schleiss

*Cours de perfectionnement CIPC KOHS « Protection contre les crues », documentation des dangers et gestion des crues, Martigny, du 15 au 16 mars 2012*

Giovanni De Cesare

*2ème congrès INTERPRAEVENT, France, Grenoble, du 23 au 26 avril 2012*

Tamara Ghilardi

*PEAK Vertiefungskurs « Erfolgreiche Revitalisierung von Fliessgewässern, Eawag, Suisse, Dübendorf, 11 mai 2012*

Anton Schleiss

*MesoHABSIM, Training Workshop, Rushing River Institute, EPFL, Lausanne, 23/24 mai et 29/30 mai 2012*

Anton Schleiss, Martin Bieri, Emilie Person

*80ème réunion annuelle et du 24ème congrès de la Commission Internationale des Grands Barrages (CIGB), Japon, Kyoto, du 3 au 8 juin 2012*

Anton Schleiss

*Tunnel Congress 2012, Suisse, Lucerne, KKL, du 13 au 14 juin 2012*

Anton Schleiss

*International Workshop on Hydropeaking organized by Platform Water Management in the Alps, Eawag, Suisse, Dübendorf, 19 juin 2012*

Anton Schleiss

*Séminaire du Comité Romand du VSA, Suisse, Lausanne, EPFL, 26 juin 2012*

Michael Pfister

*2nd IAHR Europe Congress, Water - infinitely deformable but still limited, Allemagne, München, du 27 au 29 juin 2012*

Anton Schleiss, Rafael Duarte, Ana Maria Ricardo



*Journée d'étude du Comité suisse des barrages - Surélévation des barrages en béton et remblai, Suisse, Andermatt, du 28 au 29 juin 2012*  
Anton Schleiss

*Workshop Sino-Swiss Science and Technology Cooperation Program (SSSTC), EPFL, Lausanne, 20 juillet 2012*  
Koen Blanckaert, Anton Schleiss, Martin Bieri, Ana Maria Ricardo, Tamara Ghilardi

*ICSE-6 2012 - 6ème Conférence Internationale sur l'Affouillement et l'Erosion, France, Paris, 27 au 31 août 2012*  
Violaine Dugué

*River Flow 2012, International Conference on Fluvial Hydraulic, Costa Rica , San José, 5 au 7 septembre 2012*  
Giovanni De Cesare, Violaine Dugué, Tamara Ghilardi, Mona Jafarnejad, Ana Maria Ricardo

*SimHydro 2012 « New Trends in Simulation », France, Nice, 12 au 14 septembre 2012*  
Giovanni De Cesare

*Wasserbausymposium 2012, Austria, TU Graz, 13 septembre 2012*  
Michael Pfister

*8th International Symposium on Ultrasonic Doppler Methods for Fluid Mechanics and Fluid Engineering (ISUD8), Allemagne, Dresden, 19 au 21 septembre 2012*  
Giovanni De Cesare

*Tagung Symposium « Wie weiter mit Wasserkraft ? » (Comment continuer avec la force hydraulique ?), Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen VSE-AES, Congress Hotel, Suisse, Olten, 28 novembre 2012*  
Anton Schleiss

*Colloque PKW, France, Lyon, 19 décembre 2012*  
Michael Pfister

## 8 Participation au jury de thèses de doctorat / *Participation in doctoral thesis jury*

### **Schleiss Anton**

---

*Non-destructive determination of chloride content in concrete for condition monitoring of bridge decks using ground penetrating radar*

Doctorant : Alexis Kalogeropoulos, président du jury, 20.02.2012

*Facilitation of mini and small hydropower in Switzerland : how to shape the institution framework*

Doctorant : Nicolas Crettenand, EPFL, membre du jury, 22.02.2012

*Process-based precipitation-driven soil erosion modeling, laboratory flume experiments and analysis with the Hairsine-Rose model*

Doctorant : Seifeddine Jomaa, président du jury, 07.03.2012

*Prediction of grip length for bridge piers*

Doctorant : Veerappa Devaru, Visvesvaraya Techn. Univ. India, member of committee

*On the way to the hydraulic-morphological index of diversity: field works and data elaboration*

Doctorant : Walter Gostner, EPFL, directeur de thèse, 31.05.2012

*Innovative measures to mitigate the negative effects of complex hydropower schemes on river systems*

Doctorant : Martin Bieri, EPFL, directeur de thèse, 18.06.2012

*Monitoring and Prediction Methods for sedimentation in pumped storage plants*

Doctorant : Michael Müller, EPFL, directeur de thèse, 10.07.2012

*Near bed particle motion over transitionally rough bed using high speed imaging*

Doctorant : B. Ramesh, ITT Roorkee, India, member of committee

*Bioethanol production from oil palm empty fruit bunches : a comparison among different pretreatment options*

Doctorant : Simone Chiesa, EPFL, président du jury, 19.09.2012

*Experimental study of RCC jack jetty systems for river traingworks*

Doctorante : Anupama Nayak, ITT Roorkee, India, member of committee

*Impact du changement climatiques sur les revêtements routiers - Analyse de risque et mesures d'adaptation*

Doctorant : Peter Rychen, EPFL, membre du jury, 26.11.2012

### **De Cesare Giovanni**

---

*Monitoring and Prediction Methods for sedimentation in pumped storage plants*

Doctorant : Michael Müller, EPFL, co-directeur de thèse, 10.07.2012

### **Franca Mário**

---

*Density currents: laboratory study of unsteady friction factor and mass transfer processes*

Doctorant : Helena Nogueira, défense publique prévue en 2013, Université de Coimbra, directeur de thèse

## **9 Participation à des comités de lecteurs et jury de fonds de recherche / *Participation in review committees of journals and research funds***

### **Schleiss Anton**

---

- Stochastic Environmental Research and Risk Assessment
- Entropy
- Journal of Hydro-Environnement
- Houille Blanche
- Journal of Hydraulic Engineering – ASCE
- KSCE Journal of Civil Engineering
- Dam Engineering
- Int. Journal of Multiphase Flow
- Canadian Journal of Civil Engineering
- Journal of Hydraulic Research
- Water Management
- Ain Shams Engineering Journal
- Journal of Zhejiang University – Science A
- Hydrological Processes
- River Flow 2012
- 4<sup>th</sup> IAHR Int. Symposium on Hydraulic Structures
- FNRS, Belgique
- Hydro 2012
- SNF
- SimHydro 2012

### **De Cesare Giovanni**

---

- Journal of Hydraulic Research
- Journal of Hydrology
- Agence Nationale de la Recherche ANR, France

### **Pfister Michael**

---

- Journal of Hydraulic Engineering (ASCE)
- Journal of Hydraulic Research (IAHR)
- Environmental Fluid Mechanics (Springer)
- Journal of Irrigation and Drainage Engineering (ASCE)
- Journal of Process Mechanical Engineering (Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers)
- Journal of Hydrodynamics, Ser. B (Elsevier)
- International Workshop on Hydraulic Design of Low-Head Structures (IWLHS 2013)
- University of Queensland, Australia. Report CH87/12

### **Franca Mário**

---

- Journal of Hydraulic Research
- Earth Surface Processes and Landforms (BSG – British Society for Geomorphology)
- Journal of Hydrology
- Ice Water Management

## 10 Publications

### 10.1 Journaux scientifiques / *Scientific journals*

#### 10.1.1 *Référés / Referred*

Bieri, M., Müller, M., Boillat, J.-L., Schleiss, A. J., "Modeling of Sediment Management for the Lavey Run-of-River HPP in Switzerland", **Journal of Hydraulic Engineering**, Volume 138, No. 2 2012, DOI : 10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000505, pp. 340-347

Bieri, M., Schleiss, A. J., "Analysis of flood-reduction capacity of hydropower schemes in an Alpine catchment area by semidistributed conceptual modeling", **Journal Flood Risk Management**, November 2012, DOI : 10.1111/j.1753-318X.2012.01171.x, pp. 1-6

Blanckaert, K., Duarte, A., Chen, Q., Schleiss, A. J., "Flow processes near smooth and rough (concave) outer banks in curved open channels", **Journal of Geophysical Research**, Volume 117, 2012, F04020, DOI: 10.1029/2012JF002414, online, pp. 1-17

Blanckaert, K., Garcia, X.-F., Ricardo, A.-M., Chen, Q., Push, M., "The role of turbulence in the hydraulic environment of benthic invertebrates", **Ecohydrology**, 2012, DOI: 10.1002/eco.1301, online, pp. 1-13

Blanckaert, K., Kleinhans, M. G., McLelland, S. J., Uijttewaal, W. S. J., Murphy, B. J., van deKrujjs, A., Parsons, D. R., Chen, Q., "Flow separation at the inner (convex) and outer (concave) banks of constant-width and widening open-channel bends", **Earth Surface Processes and Landforms**, 2012, DOI: 10.1002/esp.3324, online, pp.1-21

Camnasio, E., Orsi, E., Schleiss, A. J., Discussion "Experimental study of velocity fields in rectangular shallow reservoirs", Reply by the authors, **Journal of Hydraulic Research**, Volume 50, No. 4, 2012, [http://dx.Doi.org/10.1080/00221686.2012.702856](http://dx.doi.org/10.1080/00221686.2012.702856), pp. 435-436

Chen, Q., Chen, D., Li, R., Ma, J., Blanckaert, K., "Optimizing the operation of the Qingshitan reservoir in the Lijiang River for multiple human interests and quasi-natural flow maintenance", **Journal of Environmental Sciences**, Volume 24, No. 1, 2012, DOI: 10.1016/S1001-0742(11)61029-2, online, pp. 1-6

Chen, Q., Wu, W., Blanckaert, K., Ma, J., Huang, G., "Optimization of water quality monitoring network in large river by combining measurements, a numerical model and matter-element analysis", **Journal of Environmental Management**, Volume 110, 2012, DOI: 10.1016/j.envman.2012.05.024, online, pp. 116-124

De Cesare, G., Pfister, M., Daneshvari, M., Bieri, M., "Herausforderungen des heutigen wasserbaulichen Versuchswesens mit drei Beispielen", **WasserWirtschaft**, Volume 102, No. 7-8, 2012, pp. 71-75

Hachem, F. E., Schleiss, A. J., "Detection of local wall stiffness drop in steel-lined pressure tunnels and shafts of hydroelectric power plants using steep pressure wave excitation and wavelet decomposition", **Journal of Hydraulic Engineering**, Volume 138, No. 1, 2012, DOI : [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)HY.1943-7900.0000478](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000478), pp. 35-45

Hachem, F., Schleiss, A. J., "Effect of drop in pipe wall stiffness on water-hammer speed and attenuation", **Journal of Hydraulic Research**, Volume 50, No. 2, 2012, ISSN 1814-2079 online, DOI : 10.1080/00221686.2012.656838 , pp. 218-227

Hachem, F., Schleiss, A. J., "Online monitoring of steel-lined pressure shafts by using pressure transient signals under normal operation conditions", **Journal of Hydraulic Engineering**, Volume 138, No.12, 2012, DOI :10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000636, online, pp. 1110-1118

Jordan, F. M., Boillat, J.-L., Schleiss, A. J., "Optimization of the flood protection effect of a hydropower multi-reservoir system", **International Journal of River Basin Management**, Volume 10, No. 1, 2012, DOI: 10.1080/15715124.2011.650868, pp. 65-72

Leite Ribeiro, M., Bieri, M., Boillat, J.-L., Schleiss, A. J., Singhal, G., Sharma, N., "Discharge Capacity of Piano Key Weirs", **Journal of Hydraulic Engineering**, Volume 138, No. 2, 2012, DOI : 10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000490, pp. 199-203

- Leite Ribeiro, M., Blanckaert, K., Roy, A. G., Schleiss, A. J., "Flow and sediment dynamics in channel confluences", **Journal of Geophysical Research**, Volume 117, F01035, 2012, DOI : 10.1029/2011JF002171, pp. 1-19
- Leite Ribeiro, M., Pfister, M., Schleiss, A. J., Boillat, J.-L., "Hydraulic design of A-type Piano Key Weirs", **Journal of Hydraulic Research**, Volume 50, No. 4, 2012, <http://dx.DOI.org/10.1080/00221686.2012.695041>, pp. 400-408
- Leite Ribeiro, M., Blanckaert, K., Roy, A. G., Schleiss, A.J., "Hydromorphological implications of local tributary widening for river rehabilitation", **Water Resources Research**, Volume 48, 2012, AGU, W10528, DOI: 10.1029/2011WR011296, online, pp. 1-19
- Liechti Cohen, T., Matos, J. P., Boillat, J.-L., Schleiss, A. J., "Comparison and evaluation of satellite derived precipitation products for hydrological modeling of the Zambezi River Basin", **Hydrology and Earth System Sciences**, Volume 16, No. 2, 2012, DOI : 10.5194/hess-16-489-2012, <http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/16/489/2012/hess-16-489-2012.html>, pp. 489-500
- Mehraein, M., Ghodsian, M., Schleiss, A. J., "Scour formation due to simultaneous circular impinging jet and wall jet", **Journal of Hydraulic Research**, Volume 50, No. 4, 2012, <http://dx.DOI.org/10.1080/00221686.2012.694174>, pp. 395-399
- Ottevanger, W., Blanckaert, K., Uijttewaal, W.S.J., "Processes governing the flow redistribution in sharp river bends", **Geomorphology**, Volume 163-164, 2012, DOI: 10.1016/j.geomorph.2011.04.049, online, pp. 45-55
- Pfister, M., Chanson, H., Discussion to "Scale effects in physical hydraulic engineering models", **Journal of Hydraulic Research**, Volume 50, No. 2, 2012, ISSN 1814-2079 online, DOI : 10.1080/00221686.2012.654671, pp. 244-246
- Pfister, M., Erpicum, S., Machiels, O., Schleiss, A. J., Piroton, M., Discussion "Discharge coefficient for free and submerged flow over Piano Key Weir", **Journal of Hydraulic Research**, Volume 50, No. 6, 2012, pp. 642-645
- Pfister, M., Hager, W. H., "Deflector-jets affected by pre-aerated approach flow", **Journal of Hydraulic Research**, Volume 50, No. 2, 2012, ISSN 1814-2079 online, DOI : 10.1080/00221686.2012.657875, pp. 181-191
- Pfister, M., Hager, W. H., Closure of "Chute Aerators. I: Air Transport Characteristics", **Journal of Hydraulic Engineering**, Volume 138, No. 7, 2012, DOI : 10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000189, pp. 667-668
- Pfister, M., Hager, W.H., Closure of "Chute Aerators. II: Hydraulic Design", **Journal of Hydraulic Engineering**, Volume 138, No. 6, 2012, DOI : 10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000201, pp. 573-574
- Schleiss, A. J., Manso, P. A., "Design of Pressure Relief Valves for Protection of Steel-Lined Pressure Shafts and Tunnels Against Buckling During Emptying", **Rock Mechanics and Rock Engineering**, Volume 45, No. 1, 2012, DOI : 10.1007/s00603-011-0187-9., pp. 11-20
- Schleiss, A., Diskussionsbeitrag zum Fachaufsatz "Ermittlung des Wasserkraftpotenzials in der Schweiz", **WasserWirtschaft**, Volume 102, No. 6, 2012, pp. 43

### 10.1.2 *Autres / Others*

- Angelone, S., Fäh, R., Peter, A., Scheidegger, C, Schleiss, A., "Revitalisation de cours d'eau : vue d'ensemble", **Fiches sur l'aménagement et l'écologie des cours d'eau**, 2012, Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne, pp. 1-8
- Angelone, S., Fäh, R., Peter, A., Scheidegger, C, Schleiss, A., "Flussrevitalisierungen: eine Übersicht", **Merkblatt-Sammlung Wasserbau und Ökologie**, 2012, Bundesamt für Umwelt (BAFU), Berne, pp. 1-8
- Gostner, W., Schleiss, A., "Index für hydro-morphologische Diversität", **Merkblatt-Sammlung Wasserbau und Ökologie**, 2012, Bundesamt für Umwelt (BAFU), Berne, Merkblatt 3, pp. 1-6

- Gostner, W., Schleiss, A., "Indice hydromorphologique de la diversité", **Fiches sur l'aménagement et l'écologie des cours d'eau, 2012**, Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne, Fiche 3, pp. 1-6
- Hachem, F., Schleiss, A., "Surveillance des puits et galeries blindés par analyse des coups de bélier en continu", **Wasser Energie Luft**, Volume 104, No. 2, 2012, pp. 111-116
- Haeberli, W., Schleiss, A., Linsbauer, A., Künzler, M., Bütler, M., "Gletscherschwund und neue Seen in den Schweizer Alpen", **Wasser Energie Luft**, Volume 104, No. 2, 2012, pp. 93-102
- Jordan, F. García Hernández, J., Boillat J.-L., Bieri, M., De Cesare, G., Schleiss, A., "Prévision des crues sur le Yangtsé - Application du concept MINERVE", **Wasser Energie Luft**, Volume 104, No. 4, 2012, pp. 282-288
- Leite Ribeiro, M., Blanckaert, K., Boillat, J.-L., Schleiss, A., "Elargissement local des embouchures", **Fiches sur l'aménagement et l'écologie des cours d'eau, 2012**, Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne, Fiche 5, pp. 1-4
- Leite Ribeiro, M., Blanckaert, K., Boillat, J.-L., Schleiss, A., "Lokale Aufweitung von Seiteneinmündungen", **Merkblatt-Sammlung Wasserbau und Ökologie**, 2012, Bundesamt für Umwelt (BAFU), Berne, Merkblatt 5, pp. 1-4
- Scheidegger, C., Werth, S., Gostner, W., Schleiss, A., Peter, A., "Amélioration de la dynamique", **Fiches sur l'aménagement et l'écologie des cours d'eau, 2012**, Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne, Fiche 1, pp. 1-6
- Scheidegger, C., Werth, S., Gostner, W., Schleiss, A., Peter, A., "Förderung der Dynamik bei Revitalisierungen", **Merkblatt-Sammlung Wasserbau und Ökologie**, 2012, Bundesamt für Umwelt (BAFU), Berne, Merkblatt 1, pp. 1-6
- Schleiss, A., "Talsperreenerhöhungen in der Schweiz : energiewirtschaftliche Bedeutung und Randbedingungen", **Wasser Energie Luft**, 104 (3)-2012, pp. 199-203
- Schleiss, A., Leite Ribeiro, M. "Einmündungen ökologisch aufwerten", **Tec21 (SIA)**, 10/2012, pp. 26-27
- Simanjuntak, T.D.Y.F., Marence, M., Schleiss, A. J., Mynett, A.E., "Design of pressure tunnels using a finite element model", **The International Journal on Hydropower & Dams**, Volume 19, No. 5, 2012, pp. 98-105
- Weibel, D., Peter, A., Schleiss, A., "Durchgängigkeit von Blockrampen", **Merkblatt-Sammlung Wasserbau und Ökologie**, 2012, Bundesamt für Umwelt (BAFU), Berne, Merkblatt 6, pp. 1-6
- Weibel, D., Peter, A., Schleiss, A., "Franchissabilité des rampes en enrochements", **Fiches sur l'aménagement et l'écologie des cours d'eau, 2012**, Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne, Fiche 6, pp. 1-6
- Werth, S., Alp, M., Karpati, T., Gostner, W., Scheidegger, C., Peter, A., "Biodiversité dans les cours d'eau", **Fiches sur l'aménagement et l'écologie des cours d'eau, 2012**, Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne, Fiche 2, pp. 1-6
- Werth, S., Alp, M., Karpati, T., Gostner, W., Scheidegger, C., Peter, A., "Biodiversität in Fliessgewässern", **Merkblatt-Sammlung Wasserbau und Ökologie**, 2012, Bundesamt für Umwelt (BAFU), Berne, Merkblatt 2, pp. 1-6

## **10.2 Comptes rendus des congrès / Proceedings of congresses**

### **10.2.1 Référés / Refered**

- Bollaert, E., Duarte, R., Pfister, M., Schleiss, A. J., Mazvidza, D., "Physical and numerical model study investigating plunge pool scour at Kariba Dam", **Proceedings (on CD) of the 24th Congress of CIGB-ICOLD**, 2-8 June 2012, Kyoto, Japan, Q. 94 - R. 17, pp. 241-248
- Cardoso, A., Fael, C., Simarro, G., Schleiss, A. J., "Riprap Protection of Vertical-Wall and Spill-Through Bridge Abutments ", **Proceedings of the 2nd European IAHR Congress**, 27-29 juin 2012, Munich, Allemagne, réf. B10

- Daneshvari, M., Münch-Alligné, C., De Cesare, G., "Numerical simulation of a new sand trap flushing system", **4th IAHR International Symposium on Hydraulic Structures**, 9-11 February 2012, Porto, Portugal, ISBN : 978-989-8509-01-7, pp.1-8.
- De Cesare, G., Bieri, M., Terrier, S., Candolfi, S., Wickenhäuser, M., Micoulet, G., "Flow and waves in a common tailrace channel of two pump storage plants - physical and numerical ", **Proc. of SimHydro 2012, New Trends in Simulation**, 12-14 septembre 2012, Nice, France
- Duarte, R., Bollaert, E., Schleiss, A. J., Pinheiro, A., "Dynamic Pressures around a Confined Block Impacted by Plunging Aerated High-Velocity Jets", **Proceedings of the 2nd European IAHR Congress**, 27-29 juin 2012, Munich, Allemagne, réf. B14
- Dugué, V., Blanckaert, K., Schleiss, A. J., "Flow patterns induced by a bubble screen in a sharply curved flume based on Acoustic Doppler Velocity Profiler measurements", **Proc. of the 8th International Symposium on Ultrasonic Doppler Methods for Fluid Mechanics and Fluid Engineering, 8th ISUD**, 19-21 September 2012, Dresden, Germany, pp. 29-32
- Dugué, V., Blanckaert, K., Schleiss, A. J., "An air-bubble screen used as a countermeasure to reduce erosion in open-channel bends", **ICSE6 - 6th International Conference on Scour and Erosion**, Paris (France), 27-31 août 2012, pp. 519-526
- Dugué, V., Izadinia, E., Rigaud, S., Schleiss, A. J., "Preliminary Study on the Influence of an Air-Bubble Screen on Local Scour around a Bridge Pier", **Proceedings of the 2nd European IAHR Congress**, 27-29 juin 2012, Munich, Allemagne, réf. C9
- Dugué, V., Schleiss, A. J., Blanckaert, K., "Bend scour reduction induced by an air-bubble screen under live-bed conditions", **River Flow 2012, Proceedings of the International conference on fluvial Hydraulics**, 5-7 September 2012, San José, Costa Rica, Rafael Murillo Muñoz (Ed.), Taylor & Francis Group, CRC Press (publisher), ISBN 978-0-415-62129-8, 2012, pp. 609-615
- Ghilardi, T., Boillat, J.-L., Schleiss, A. J., De Montmollin, G., Bovier, S., "Flood Risk Management of the Avançon river - physical model based study", **Interpraevent 2012**, 23-26 avril 2012, Grenoble, France, Conference Proceedings, Extended Abstracts, ISBN : 978-3-9011164-18-7, pp. 130-131
- Ghilardi, T., Boillat, J.-L., Schleiss, A. J., De Montmollin, G., Bovier, S., "Gestion du risque nondation sur l'Avançon par rétention de sédiments - optimisation sur modèle physique / Flood risk management of the Avançon river by means of sediment retention - physical model based study", **Interpraevent 2012**, 23-26 avril 2012, Grenoble, France, Conference Proceedings Volume 2, ISBN : 978-3-9011164-19-4, pp. 687-698
- Ghilardi, T., Schleiss, A. J., " Stress partitioning for bedload transport in rivers with immobile boulders", **Interpraevent 2012**, 23-26 avril 2012, Grenoble, France, Conference Proceedings, Extended Abstracts, ISBN : 978-3-9011164-18-7, pp. 132-133
- Ghilardi, T., Schleiss, A. J., "Steep flume experiments with large immobile boulders and wide grain size distribution as encountered in alpine torrents", **River Flow 2012, Proceedings of the International conference on fluvial Hydraulics**, 5-7 September 2012, San José, Costa Rica, Rafael Murillo Muñoz (Ed.), Taylor & Francis Group, CRC Press (publisher), ISBN 978-0-415-62129-8, 2012, pp. 407-414
- Hachem, F., Herzog, B., Boillat, J.-L., Schleiss, A. J., "Gestion du charriage sur le torrent de Milibach pour la protection contre les inondations - optimisation sur modèle physique / Management of the bedload transport of the Milibach torrent for flood protection purpose - a physically-based model study", **Interpraevent 2012**, 23-26 avril 2012, Grenoble, France, Conference Proceedings. Volume 2, ISBN : 978-3-9011164-19-4, pp. 717-728.
- Hachem, F., Herzog, B., Boillat, J.-L., Schleiss, A. J., "Management of the bedload transport of the Milibach torrent for flood protection purpose - physical model based study", **Interpraevent 2012**, 23-26 avril 2012, Grenoble, France, Conference Proceedings, Extended Abstracts, ISBN : 978-3-9011164-18-7, pp. 134-135
- Hachem, F., Schleiss, A. J., "Monitoring of a Steel-Lined Pressure Shaft using Global Indicators and the Frequency Response Function", **Proceedings of the 2nd European IAHR Congress**, 27-29 juin 2012, Munich, Allemagne, réf. D25

- Jafarnejad, M., Pfister, M., Schleiss, A. J., "Failure risk analysis of riverbank ripraps with Monte Carlo simulation", **River Flow 2012, Proceedings of the International conference on fluvial Hydraulics**, 5-7 September 2012, San José, Costa Rica, Rafael Murillo Muñoz (Ed.), Taylor & Francis Group, CRC Press (publisher), ISBN 978-0-415-62129-8, 2012, pp. 1325-1330
- Jenzer Althaus, J., De Cesare, G., Schleiss, A. J., "Innovative and low cost continuous evacuation of sediment through the intake structure using multiple jets at the reservoir bottom", **Proceedings (on CD) of the 24th Congress of CIGB-ICOLD**, 2-8 June 2012, Kyoto, Japan, Q. 92 - R. 17, pp. 242-248
- Leite Ribeiro, M., Pfister, M., Boillat, J.-L., Schleiss, A. J., Laugier, F., "Piano Key Weirs as efficient spillway structure", **Proceedings (on CD) of the 24th Congress of CIGB-ICOLD**, 2-8 June 2012, Kyoto, Japan, Q. 94 - R. 13, pp. 176-186
- Müller, M., De Cesare, G. and Schleiss, A. J., "One- and two-dimensional UVP velocity sampling in a cuboidal basin subject to in- and outflow sequences", **Proc. of the 8th International Symposium on Ultrasonic Doppler Methods for Fluid Mechanics and Fluid Engineering, 8th ISUD**, 19-21 September 2012, Dresden, Germany, pp. 15-18
- Ottevanger, W., Uijttewaal, W. S. J., Blanckaert, K., "Quasi-3D modelling of bed shear stresses at high curvature", **River Flow 2012, Proceedings of the International conference on fluvial Hydraulics**, 5-7 September 2012, San José, Costa Rica, Rafael Murillo Muñoz (Ed.), Taylor & Francis Group, CRC Press (publisher), ISBN 978-0-415-62129-8, 2012, pp. 775-782
- Pfister, M., "Jet impact angle on chute downstream of aerator", **4th IAHR International Symposium on Hydraulic Structures**, 9-11 February 2012, Porto, Portugal, ISBN : 978-989-8509-01-7, pp.1-8.
- Pfister, M., Duarte, R., Müller, M., De Cesare, G., "Cavitation risk estimation at orifice spillway based on UVP and dynamic pressure measurements", **Proc. of the 8th International Symposium on Ultrasonic Doppler Methods for Fluid Mechanics and Fluid Engineering, 8th ISUD**, 19-21 September 2012, Dresden, Germany, pp. 137-140
- Ricardo, A. M., Franca, M. J., Schleiss, A. J., Ferreira, R. M. L., "Energy dissipation of flows in vegetated patches with spatially varying stem density", **River Flow 2012, Proceedings of the International conference on fluvial Hydraulics**, 5-7 September 2012, San José, Costa Rica, Rafael Murillo Muñoz (Ed.), Taylor & Francis Group, CRC Press (publisher), ISBN 978-0-415-62129-8, 2012, pp. 255-262
- Ricardo, A., Franca, M., Schleiss, A. J., Ferreira, R., "Interaction of Different Wavelengths in a Turbulent Flow within a Random Array of Rigid and Emergent Stems", **Proceedings of the 2nd European IAHR Congress**, 27-29 juin 2012, Munich, Allemagne, réf. B24
- Sarfaraz, M., Pfister, M., Attari, J., Sarfaraz, H. (2012). Systematic comparison of design proposals for stepped spillways with representative model data. First International and Third National **Conference on Dams and Hydropower**, Tehran, Iran, pp. 1-9
- Sarfaraz, M., Pfister, M., Attari, J. (2012). Numerical computation of inception point location for steeply sloping stepped spillways. 9th Intl. **Congress on Civil Engineering**, Isfahan University of Technology, Iran, pp. 1-8
- Schleiss, A., "Triebwassersysteme bei Wasserkraftanlagen - Herausforderungen und Tendenzen für die Linienführung und Auskleidung/ Waterway Systems for Hydropower Plants - Challenges and tendencies for alignment and lining", **Proceedings of the Swiss Tunnel Congress**, 13-14 juin 2012, pp. 204-221
- Vela Giró, A., Schleiss, A. J., "Bank protection at the outer side of curved channels by an undulated macrorough concrete wall", **4th IAHR International Symposium on Hydraulic Structures**, 9-11 February 2012, Porto, Portugal, ISBN : 978-989-8509-01-7, pp.1-9
- Mera I., Franca M.J., Anta J. & Peña E. Turbulence anisotropy in a compound meandering channel, **River Flow 2012, International Conference on Fluvial Hydraulics**, San José, September, ed.: Murillo Muñoz R.E., Taylor & Francis Group, London, ISBN: 978-0-415-62129-8, pp. 79-84



Nogueira H.I.S., Adduce A., Alves E. & Franca M.J. The influence of bed roughness on the dynamics of gravity currents, River Flow 2012, **International Conference on Fluvial Hydraulics**, San José, September, ed.: Murillo Muñoz R.E., Taylor & Francis Group, London, ISBN: 978-0-415-62129-8, pp. 357-362

### **10.2.2    *Autres / Others***

Cajot, S., Schleiss, A. J., Sumi, T., Kantoush, S., “Reservoir Sediment Management Using Replenishment : A Numerical Study of Nunome Dam”, **Proceedings (on CD) of the International Symposium on Dams for a changing world - 80th Annual Meeting and 24th Congress of CIGB-ICOLD**, 5 June 2012, Kyoto, Japan, pp. 2-131 - 2-136

Pfister, M., “Über den Wert eines Doktors: Objektives und Subjektives”, **Wasserbausymposium**, 12-14 Septembre 2012, Graz (Autriche), pp. 151-158

## 10.3 Revues de presse / *Press reviews*

### Articles dans les journaux

---

#### Schleiss Anton

- Article : Subventionen für Speichersee, Der Sonntag, 08 janvier 2012
- Article : Régime sec pour les plus belles fontaines de la ville, 24 Heures, 20 avril 2012
- Article : Une étudiante de l'EPFL invente le port flottant, 24 Heures, 7 juillet 2012
- Article : Un monstre au coeur de la montagne (Nant de Drance), Entreprise Romande, le Magazine, Numéro 5, juillet 2012
- Article : A la fin du siècle, 500 lacs en plus en Suisse, ATS, Agence Télégraphique Suisse, Revue de presse, Projet FNS-NELAK, 13 septembre 2012
- Article : Studio FNS : a fine seculo 500 nuovi laghi; cosa farne, ATS, Agence Télégraphique Suisse, Revue de presse, Projet FNS-NELAK 13 septembre 2012
- Article : CH/Potentiel hydro-électrique de 500 lacs en plus attendus à la fin du siècle, awp Informations Financières, Revue de presse, Projet FNS-NELAK 13 septembre 2012
- Article : Gletscherschmelze bringt der Schweiz rund 500 neue Seen, SDA / Schweizerische Depeschagentur, Revue de presse, Projet FNS-NELAK 13 septembre 2012
- Article : Klimawandel hat nicht nur negative Einflüsse, Radio BeO, Revue de presse, Projet FNS-NELAK 13 septembre 2012
- Article : Neue Seen in der Schweiz, Berner Zeitung /Ausgabe Stadt+Region Bern, Revue de presse, Projet FNS-NELAK 14 septembre 2012
- Article : Hunderte neuer Seen in der Schweiz, Freiburger Nachrichten, Revue de presse, Projet FNS-NELAK 14 septembre 2012
- Article : Le potentiel économique de la fonte des glaciers, L'Agefi, Revue de presse, Projet FNS-NELAK 14 septembre 2012
- Article : Weniger Gletscher, mehr Seen, St-Gallen Tagblatt, Ausgabe St. Gallen+Gossau, Revue de presse, Projet FNS-NELAK 14 septembre 2012
- Article : Weniger Gletscher, mehr Seen, Thurgauer Zeitung, Revue de presse, Projet FNS-NELAK 14 septembre 2012
- Article : See am Konkordiaplatz, Willisauer Bote, Revue de presse, Projet FNS-NELAK 14 septembre 2012
- Article : Gletscherschmelze bringt der Schweiz rund 500 neue Seen, Willisauer Bote, Revue de presse, Projet FNS-NELAK 14 septembre 2012
- Article : Ces sédiments qui obstruent nos barrages, energieia, Numéro 6, novembre 2012
- Article : Sedimente verstopfen unsere Stauseen, energieia, Nummer 6, November 2012,

#### De Cesare Giovanni

- Article : Les crues à grande vitesse qui freinent le TGV, Swiss Engineering, novembre 2012

### Emissions TV/Radio

---

#### Schleiss Anton

- Emission : Les projets de barrages soumis à examen sont nombreux en Suisse, RTS Un, (TJ - 19h30), 21 mai 2012 (interview au LCH)
- Emission: Sous les glaciers, des lacs, RTS La 1ère, Emission „CQFD“, Sciences et Santé, 27 septembre 2012 (interview au studio RTS à Lausanne)
- Emission: L'avenir énergétique se trouve-t-il dans les Alpes ?, RTS La 1ère, Emission "Intercités", 28 septembre 2012 (interview au studio RTS à Lausanne)

## 10.4 Communications du LCH / *LCH Communications*

- N° 51 W. Gostner, " The Hydro-Morphological Index of Diversity: a planning tool for river restoration projects", Communication 51, Laboratoire de constructions hydrauliques, Ed. A. Schleiss, Lausanne, 2012, ISSN 1661-1179
- N° 52 M. Bieri, "Operation of complex hydropower schemes and its impact on the flow regime in the downstream river system under changing scenarios ", Communication 52, Laboratoire de constructions hydrauliques, Ed. A. Schleiss, Lausanne, 2012, ISSN 1661-1179
- N° 53 M. Müller, "Influence of in- and outflow sequences on flow patterns and suspended sediment behavior in reservoirs ", Communication 53, Laboratoire de constructions hydrauliques, Ed. A. Schleiss, Lausanne, 2012, ISSN 1661-1179

## **10.5 Rapports non publiés (recherche appliquée) / *Unpublished reports (applied research)***

- No. 1 Etude de faisabilité de variantes pour la Plage des Eaux-Vives  
WWF Genève, janvier (2012)
- No. 2 Hydraulic modeling of the Kariba dam spillway sluices, Dynamic pressure analysis  
Zambesi River Authority, janvier (2012)
- No. 3 Étude sur modèle physique Veytaux 1 et 2, Rapport final  
FMHL, mars (2012)
- No. 4 Hydraulic modeling of the Kariba dam spillway sluices, Rapport final  
Zambesi River Authority, mars (2012)
- No. 5 Optimisation de la lame de déversement de la fontaine du Musée Olympique en vue  
d'économie d'énergie  
Commune de Lausanne, Service industriels SIL, mai (2012)
- No. 6 Etude sur modèle physique diaphragme Lavey+, rapport final  
Lavey+, SEL, mars (2012)
- No. 7 Optimisation de la lame de déversement de la fontaine du Musée Olympique en vue  
d'économie d'énergie  
Commune de Lausanne, Service industriels SIL, mai (2012)
- No. 8 Les effets de rétention sur le projet de la 3<sup>ème</sup> correction du Rhône  
Etat du Valais, canton de Vaud, juin (2012)
- No. 9 Pont CFF sur la Lizerne, Rapport final  
SRCE Sion, Vétroz et Ardon, juin (2012)
- No. 10 Modélisation 3D-CFD, Étude de la sédimentation par courants de turbidité et mesures  
de gestion sédimentaire  
EDF, juin (2012)
- No. 11 PKW, étude paramétrique (version adaptée 11/2010)  
EDF, juillet (2012)
- No. 12 Dämpfungsbekken Innertkirchen, Steuerung  
KWO AG, Août (2012)
- No. 13 Wasserschloss Krespa, Obervermuntwerk II  
Vorarlberger Illwerke AG, octobre (2012)
- No. 14 Augmentation de la puissance de l'aménagement Hongrin-Léman, Étude sur modèle  
physique: Diaphragme et galerie de liaison de la cheminée d'équilibre  
Groupement d'ingénieurs Hongrin-Léman (GIHLEM), FMHL, novembre (2012)

## 11 Prix et récompenses dans la recherche / *Research prizes and awards*

*Faculté Environnement Naturel, Architectural et Construit (ENAC - EPFL) - octobre 2011*

Anton Schleiss, "Polysphère 2011/12" pour l'excellence de son enseignement

*Journal of Hydraulic Engineering (ASCE)*

Michael Pfister, Outstanding Reviewer Recognition 2011

*Changements climatiques et nouvelles opportunités de production hydroélectrique, projet de master EPFL-LCH*

David Zumofen : Lauréat du Prix Alfred Stucky

*Design of steel lined pressure shafts considering fluid-structure interaction, projet de master EPFL-LCH*

Alexandre Pachoud, Lauréat du Prix IM (Maggia Engineering)

*Failure risk of flood protection measures due to modified sediment transport under climate change*

Journée de la recherche ENAC 2012 - "Energie dans la ville", EPFL, juin 2012

Mona Jafarnejad, premier prix pour son poster

*Influencing river morphodynamics by means of bubble screens - Application to open-channel bends*

Journée de la recherche ENAC 2012 - "Energie dans la ville", EPFL, juin 2012

Violaine Dugué, troisième prix pour son poster

