

Rapport d'activité ***Activity Report*** **2010**

Préface / Foreword

« Noyez ces vallées qu'on stoppe le nucléaire ! » (Le Matin Dimanche 1^{er} mai 2011) était le titre d'un des nombreux articles qui ont été publiés après Fukushima dans la presse suisse.

Notre pays produit actuellement plus de 55 % d'électricité dans les centrales hydrauliques et 40 % dans les centrales nucléaires. Les discussions sur des nouveaux grands projets hydroélectriques sont réactivées même si le potentiel encore techniquement réalisable et écologiquement défendable reste relativement faible. Néanmoins, depuis quelques années, l'hydraulique en Suisse bénéficie d'une renaissance remarquable qui concerne surtout l'extension et l'optimisation des aménagements existants ainsi que la réalisation des nouvelles centrales de pompage-turbinage. Cette tendance se reflète également clairement dans les projets de recherche et d'expertise menés au LCH dans l'objectif de trouver des solutions innovantes du point de vue technique et écologique.

En 2010, neuf thèses étaient en cours de réalisation sur des problématiques associées aux aménagements hydrauliques, comme l'alluvionnement des retenues, le dimensionnement des puits blindés, la sécurité des évacuateurs de crues, la gestion optimale des centrales hydrauliques pendant les crues, des mesures novatrices pour réduire les effets négatifs de l'exploitation et de l'optimisation multi-objectifs des aménagements complexes. De plus, 19 mandats directement liés aux projets hydroélectriques ont été terminés en 2010. Le LCH joue donc un rôle important dans le domaine de l'énergie hydraulique, grâce à ses activités de recherche et de services reconnus internationalement.

En outre, ce rapport d'activités confirme aussi l'impact remarquable du LCH dans d'autres domaines. Une nouvelle fois en 2010, un excellent résultat a été atteint dans nos trois missions, recherche, enseignement et services, grâce à l'excellent esprit d'équipe des collaborateurs du LCH.

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

« Flood the valleys in order to stop nuclear power plants! » (in "Le Matin dimanche" of 01.05.2011) such was the title of one of the several articles published after Fukushima in the newspapers in Switzerland.

Our country produces already more than 55 % of electricity by hydropower and 40 % by nuclear power. Discussions on the realization of large hydropower projects have started again even though the remaining potential technically possible and ecologically defendable remains relatively small. Nevertheless since some years there is a renewal of hydropower in Switzerland which concerns mainly the extension and optimization of existing power plants but also the construction of new pumped-storage plants. This tendency is clearly reflected in the research projects and expertise work carried out at LCH with the purpose of finding innovative solutions regarding technical and environmental aspects.

In 2010 nine thesis were under preparation which treat with topics related to hydropower such as reservoir sedimentation, design of steel-lined pressure shafts, safety of spillways, real-time optimum management of hydropower schemes during floods, innovative mitigation measures against negative impacts of hydropower operations and multi-purpose optimization of complex schemes. Furthermore, 19 expertise studies directly related to ongoing hydropower projects have been carried out in 2010. Thus the LCH plays an important part in the field of hydropower through its research and services which are recognized worldwide.

Furthermore, this activity report confirms also the significant impact of LCH in other fields. Again in 2010 an excellent result was achieved in our three missions which are teaching, research and services thanks to the strong team spirit of the LCH staff.

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



Prof. Dr Anton Schleiss



**OBJECTIF
SCIENCES**  ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE



CONSTRUCTO

"BÂTISSEURS D'ÉDIFICES"



**Journées portes ouvertes
au LCH, 29-30 mai 2010**



**L'équipe du LCH a accueilli environ 2000
personnes dans la halle hydraulique**

1	RECHERCHE / RESEARCH	1
1.1	Recherche fondamentale / <i>Fundamental research</i>	1
1.1.1	Méthodes d'observation et de prévision de l'alluvionnement des retenues des aménagements de pompage-turbinage / <i>Monitoring and prediction methods for sedimentation in pumped storage plants</i>	1
1.1.2	Dimensionnement et surveillance des puits blindés / <i>Design and control of pressurized shafts and tunnels</i>	4
1.1.3	Mesures innovantes pour réduire les effets néfastes de l'exploitation d'aménagements hydroélectriques complexes sur le régime des cours d'eau / <i>Innovative measures to mitigate the negative effects of complex hydropower schemes on river systems</i>	7
1.1.4	Interaction fluide-mécanique entre un écoulement à haute vitesse et le massif rocheux dans une fosse d'érosion: prédiction de l'évolution de la fosse d'érosion / <i>Fluid-mechanical interaction between high-velocity transient flow and rock blocks in plunge pools for scour assessment</i>	10
1.1.5	Influence d'écrans de bulles sur la morphodynamique des rivières. Recherche fondamentale et application aux canaux courbes à surface libre / <i>Influencing river morphodynamics by means of bubble screens. Fundamentals and application to open-channel bends</i>	14
1.1.6	Gestion des crues dans un bassin versant complexe avec un système d'aide à la décision en temps réel basé sur les prévisions hydrologiques - Projet MINERVE / <i>Flood management in a complex river basin with a real-time decision making support system based on hydrological forecasts - MINERVE Project</i>	18
1.1.7	Influence de l'élargissement de l'affluent dans la morphodynamique d'une confluence / <i>Influence of tributary widening on confluence morphodynamics</i>	21
1.1.8	Refuges à poissons aménagés dans les berges de rivières soumises aux éclusées - Influence de la géométrie du refuge sur son attractivité / <i>Fish behavior during hydropeaking in a channel equipped with a lateral shelter</i>	25
1.1.9	Mesures contre la sédimentation des réservoirs – Influence d'un écoulement rotationnel et montant sur le comportement des sédiments dans un réservoir proche d'une prise d'eau / <i>Measures against reservoir sedimentation - Influence of rotational and upward flow on sediment behaviour in reservoirs near intakes</i>	28
1.1.10	Optimisation à buts multiples de la gestion des ressources en eau sur un bassin versant semi-aride et complexe / <i>Multipurpose optimization of water resources management in a complex semi-arid catchment area</i>	32
1.1.11	Index de diversité hydro-morphologique: un indicateur de l'intégrité écologique d'un cours d'eau / <i>The Hydro-morphological Index of Diversity: an Indicator for the Ecological Integrity of a Water Course</i>	35
1.1.12	Conditions d'écoulement et de charriage dans les rivières de montagne considérant la présence de gros blocs immobiles / <i>Flow conditions and intense sediment transport in steep mountain rivers considering large immobile boulders</i>	38
1.1.13	Hydrodynamique des écoulements à l'intérieur et à proximité des zones de végétation / <i>Hydrodynamics of flows with vegetated boundaries</i>	43
1.1.14	Modèle hydraulique-hydrologique du fleuve Zambèze basé sur des techniques de télédétection et d'apprentissage automatique / <i>Hydraulic-Hydrologic model for the Zambezi River using satellite data and machine learning techniques</i>	46

1.1.15	L'influence de la concentration d'air sur le développement de l'affouillement d'une fosse d'érosion et sur la stabilité des blocs du rocher / <i>Influence of air concentration on rock scour development and block stability in plunge pools</i>	49
1.2	Recherche appliquée (exemples sélectionnés) / <i>Applied research (selected examples)</i>	53
1.2.1	Barrage de Lavey - Etude des écoulements et du transport solide dans le Rhône: Projet d'extension de Lavey+ / <i>Lavey Dam – Study of flow conditions and sediment transport in the Rhone River: Lavey+ extension project</i>	53
1.2.2	Renouvellement de la centrale hydroélectrique de Hagneck - étude sur modèle physique des phases de construction / <i>Renewal of the Hagneck hydroelectric plant - physical model study of the construction phases</i>	55
1.2.3	Petite centrale hydroélectrique de Boudry / <i>Mini hydro-electric power plant of Boudry</i>	57
1.2.4	Aménagement de la Broye à Villeneuve / <i>Training work on the Broye river in Villeneuve</i>	60
1.2.5	Dérivation partielle de l'Arbogne à Corcelles-près-Payerne – Etude expérimentale sur modèle physique / <i>Partial Derivation of the Arbogne River at Corcelles-près-Payerne – Experimental study on a physical model</i>	62
1.2.6	Dimensionnement d'un ouvrage de contrôle pour les laves torrentielles en utilisant les essais physiques / <i>Experimental design of a diversion structure for granular debris flows (Bruchji)</i>	64
1.2.7	Modélisation hydraulique de la fosse d'érosion du barrage de Kariba - détermination de la fosse optimale en fonction des débits déversés / <i>Hydraulic Modeling of the Kariba Dam Plunge Pool - determination of the optimum pool profile with respect to the spillway discharges</i>	67
1.2.8	Barrage de Koman, Albanie - Etude numérique des évacuateurs de crue et fosse d'érosion / <i>Koman dam, Albania - Numerical simulation for spillways and plunge pool</i>	69
1.2.9	Sécurisation de la zone constructible en aval du dépotoir des Tailles sur le ruisseau de Collonge / <i>Securing the building zone downstream of the Tailles retention zone over Collonge river</i>	71
1.2.10	Etude paramétrique de la capacité des Piano Key Weirs (PKW) / <i>Parametric study on the Piano Key Weirs' (PKW) capacity</i>	73
1.2.11	Modélisation numérique du bassin versant de l'Eo pour la Confédération hydrographique du Cantabrique (Espagne) / <i>Numerical modelling of the Eo basin for the Hydrographical Confederation of the Cantabria (Spain)</i>	75
1.2.12	Concept de sécurité de l'Avançon - zone d'épandage du Bévieux / <i>Safety concept for the Avançon river - Bevieux reservoir</i>	77
1.2.13	Barrage de Gage II – Etude sur modèle physique d'un évacuateur de crue complémentaire / <i>Gage II dam – Physical modelling of an additional spillway</i>	80
1.2.14	Gestion active des crues de l'Aar supérieure par turbinage préventif / <i>Flood management by preventive turbinning operations for the upper Aare River</i>	82
1.2.15	Influence des zones d'inondation en plaine sur les crues du Rhône. Situation actuelle du bassin versant en amont du Léman / <i>Influence of inundation zones on the flood discharge of the Rhone River. Actual situation upstream from the Lake of Geneva</i>	84

1.2.16	Modélisation numérique de la purge par la vidange de fond de Räterichsboden (KWO) et comparaison avec les résultats d'un modèle physique / <i>Numerical modelling of pressurized flushing through Räterichsboden reservoir (KWO) bottom outlet and comparison with physical model</i>	85
2	Enseignement / <i>Teaching</i>	88
2.1	Cours à l'EPFL donnés par les collaborateurs du LCH (année académique 2009/2010) / <i>Courses at EPFL given by LCH staff (academic year 2009/2010)</i>	88
2.1.1	Cours de cycle bachelor et de cycle master en génie civil / <i>Undergraduate and Graduate courses in Civil Engineering</i>	88
2.1.2	Cours de cycle Master en sciences et ingénierie de l'environnement / <i>Graduate courses in sciences and environmental engineering</i>	89
2.1.3	Ecole doctorale en Environnement / <i>Doctoral school in Environment</i>	89
2.2	Cours hors EPFL / <i>Courses outside EPFL</i>	89
2.3	Projets et laboratoires en section génie civil – semestres d'automne 2009/2010 et de printemps 2010 / <i>Graduate student projects and laboratory work in Civil Engineering section – autumn semester 2009/2010 and spring semester 2010</i>	90
2.4	Projets et laboratoires en Section SIE – semestres d'hiver 2009/2010 et d'été 2010 / <i>Graduate student projects and laboratory work in Environmental Science and Engineering Section – winter semester 2009/2010 and summer semester 2010</i>	91
2.5	Travaux pratiques de Master 2009 – 2010 (Automne) et 2010 (Printemps) / <i>Master thesis project 2009 – 2010 (Autumn) and 2010 (Spring)</i>	91
2.6	Travaux pratiques hors EPFL, Bachelor HES 2010 / <i>Thesis project outside EPFL, Bachelor HES 2010</i>	92
2.7	Excursions d'étudiants / <i>Student field trips</i>	93
2.8	Livres / <i>Textbooks</i>	93
2.9	Polycopiés / <i>Student course books</i>	94
3	Manifestations scientifiques / <i>Scientific events</i>	95
3.1	Participation à des manifestations scientifiques hors EPFL	95
3.1.1	Voyages d'étude en Iran de la Section Génie Civil, du 29 janvier au 12 février 2010	95
3.1.2	Fachveranstaltung Nr. 894411 Bau und Wissen in Burgdorf, sur le thème «Rückhaltebecken, Dämme und Geschiebe – Die technische Herausforderung im Wasserbau », le 25 février 2010	96
3.1.3	HydroEurope à Nice, du 3 au 7 mars 2010	96
3.1.4	Corso "Protezione contro le piene", Lugano-Canobbio, du 11 au 12 mars 2010	97
3.1.5	Colloque sur les risques d'inondation, Société Hydrotechnique de France (SHF), Paris, du 24 au 25 mars 2010	97
3.1.6	Seventh International Symposium on Ultrasonic Doppler Methods for Fluid Mechanics and Fluid Engineering - 7 th ISUD, du 7 au 9 avril 2010	97
3.1.7	OFITECO, Oviedo Espagne, du 20 au 23 avril 2010	99
3.1.8	Mission au barrage de Koman, Albanie, du 26 au 28 avril 2010	99
3.1.9	1 st IAHR European Congress 2010, Edinburgh, Scotland, du 4 au 6 mai 2010	101
3.1.10	78 ^{ème} réunion annuelle de la Commission Internationale des Grands Barrages (CIGB-ICOLD) à Hanoi, Vietnam, du 23 au 26 mai 2010	102
3.1.11	SimHydro 2010, du 2 au 4 juin 2010	102

3.1.12	Hidroenergia 2010 «Small streams make rivers», Lausanne, du 16 au 19 juin 2010	103
3.1.13	Conférence "Mixing and dispersion in flows dominated by rotation and buoyancy", Technische Universität Eindhoven, du 20 au 23 juin 2010	104
3.1.14	«Wasserbau in Bewegung ... von der Statik zur Dynamik», 15. Gemeinschafts-Symposium der Wasserbau-Institute TU München, TU Graz und ETH Zürich, Wallgau (Allemagne), du 1 ^{er} au 3 juillet 2010	104
3.1.15	12. Treffen junger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an Wasserbauinstituten (JUWI), Stuttgart, Allemagne, du 11 au 14 août 2010	105
3.1.16	99 ^{ème} assemblée générale et Centenaire de l'Association suisse pour l'aménagement des eaux (SWV) au « Rathaus » de Zürich, le 2 septembre 2010	105
3.1.17	Conférence River Flow 2010 – Braunschweig, Allemagne, du 8 au 10 septembre 2010	106
3.1.18	8 th European Conference on Applied Climatology, Zürich, du 13 au 17 septembre 2010	107
3.1.19	Latsis Symposium 2010, Research in Environment and Sustainability – Insights and Conclusions, ETH Zurich, du 15 au 17 novembre 2010	107
3.1.20	Colloque PK-Weir à Lyon Saint Exupéry, France, le 16 novembre 2010	107
3.1.21	« Revitalisation de cours d'eau » VSA-SSR – Séminaire de formation continue à Fribourg, le 24 novembre 2010	108
3.1.22	Conférence - Revitalisations fluviales: synergies entre protection contre les crues et écologie à Berne, le 25 novembre 2010 (communiqué de presse)	108
3.2	Organisation de manifestations scientifiques internes EPFL	112
3.2.1	HydroNet : Modern Methodologies for the Design, Manufacturing and Operation of Pumped Storage Power Plants - 4 th Technical Committee Meeting, le 28 janvier 2010	112
3.2.2	Concept de sécurité de l'Avançon - Conférence de presse du 5 février 2010	112
3.2.3	Workshop collaboration EPFL/EDF en transport solide à l'EPFL, le 24 février 2010	112
3.2.4	Dérivation partielle de l'Arbogne à Corcelles-près-Payerne – Reportage du 26 février 2010	113
3.2.5	Visite de la petite centrale hydroélectrique à Boudry, le 5 mars 2010	114
3.2.6	Meeting du projet «Gestion intégrale des réseaux fluviaux» à l'EPFL, le 11 mars 2010	114
3.2.7	4 ^{ème} colloque sino-suisse sur le contrôle des crues et le secours aux sinistrés / 4 th Sino-Swiss Workshop on Flood Control and Disaster Relief, le 3 novembre 2010	114
3.3	Conférences publiques au LCH / <i>Public conferences at the LCH</i>	115
3.4	Conférences internes données au LCH / <i>In-house conferences given at the LCH</i>	116
3.5	Participation aux comités d'organisation / <i>Member of organising committees</i>	117
4	Personnel / <i>Staff</i>	118
4.1	Organisation du LCH / <i>Organisation of the LCH</i>	118
4.2	Collaborateurs en 2010 / <i>Staff in 2010</i>	119
4.3	Professeurs invités et hôtes académiques / <i>Visiting professors and academic visitors</i>	120

4.4	Evénements spéciaux / <i>Special events</i>	121
4.4.1	Visite d'ingénieurs algériens, le 19 février 2010	121
4.4.2	Visite des gymnasiens à l'EPFL, du 4 au 5 et du 11 au 12 mars 2010	121
4.4.3	Visite du directeur de l'Agence Aquacole d'aménagement maritime & d'environnement (3AME), le 1 ^{er} avril 2010	121
4.4.4	Visite d'une délégation de la direction de l'Alstom Power, le 12 avril 2010	121
4.4.5	Visite d'une délégation chinoise, Sion, le 3 mai 2010	121
4.4.6	Portes ouvertes EPFL, du 29 au 30 mai 2010	122
4.4.7	Journée des classes, le 10 juin 2010	122
4.4.8	Visite d'une délégation algérienne, le 21 juin 2010	122
4.4.9	Torrée de Jean-Louis Boillat à l'Auberson (VD), le 28 août 2010	123
4.4.10	Le LCH au pays du Baccalau, du 16 au 19 septembre 2010	124
5	Participation aux commissions, associations professionnelles et académiques / <i>Participation in commissions, professional and academic associations</i>	128
6	Conférences données par les collaborateurs du LCH / <i>Conferences presented by LCH staff</i>	131
6.1	Invités / <i>Invited</i>	131
6.2	Autres conférences / <i>Other conferences</i>	132
7	Participation aux congrès et visite des instituts de recherche / <i>Participation in congresses and visits of research institutes</i>	136
8	Participation au jury de thèses de doctorat / <i>Participation in doctoral thesis jury</i>	138
9	Participation à des comités de lecteurs et jury de fonds de recherche / <i>Participation in review committees of journals and research funds</i>	139
10	Publications	140
10.1	Journaux scientifiques / <i>Scientific journals</i>	140
10.1.1	Référés / <i>Referred</i>	140
10.1.2	Autres / <i>Others</i>	141
10.2	Comptes rendus des congrès / <i>Proceedings of congresses</i>	141
10.2.1	Référés / <i>Referred</i>	141
10.2.2	Autres / <i>Others</i>	144
10.3	Communications du LCH / <i>LCH Communications</i>	144
10.4	Rapports non publiés (recherche appliquée) / <i>Unpublished reports (applied research)</i>	144

1 RECHERCHE / RESEARCH

1.1 Recherche fondamentale / Fundamental research

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

Le projet de recherche proposé dans le contexte du consortium CCEM-HydroNet consiste en la description et l'analyse de la sédimentation dans les réservoirs des aménagements de pompage-turbinage. Ces réservoirs sont soumis à des échanges d'eau fréquents pendant l'exploitation. L'influence des cycles répétés de pompage-turbinage et de la position de la prise d'eau sur les processus de sédimentation est étudiée, sur prototype et dans un modèle physique et par simulations numériques.

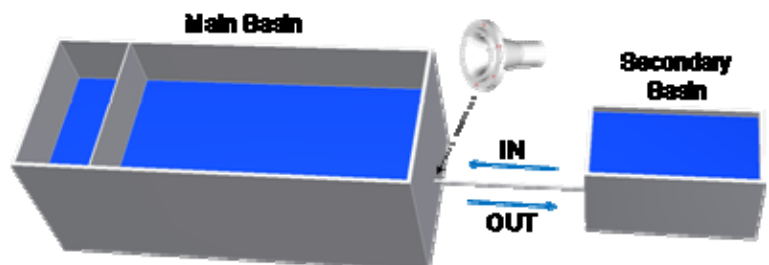
Après une campagne de mesure consistant en l'enregistrement des vitesses d'écoulement devant la prise d'eau dans le lac de Grimsel, une sonde de turbidité "Zuellig Cosmos®-25 E" a été installée dans la conduite forcée de l'aménagement de pompage-turbinage Grimsel II (Suisse, Figure 1a). La turbidité est mesurée chaque minute et les données peuvent être téléchargées via internet directement au LCH à Lausanne. Les données de débit sont acquises par le système dans la centrale Grimsel II (installé en collaboration avec le doctorant F. Hachem, LCH). Après une période de calage et de validation, la quantité de sédiments en suspension transportée entre les deux réservoirs pourra être déterminée dans le but d'observer les influences de l'exploitation, de la température de l'eau et des conditions météorologiques.

The research project embedded in the so called CCEM-HydroNet consortium consists in the description and the control of sedimentation issues in the reservoirs of pumped storage plants. Such reservoirs are submitted to frequent exchanges of water during pumping and generating modes. The Ph.D. work investigates the influence of alternating pumped storage activity and the position of intake/outlet structures on the sedimentation processes, applying prototype measurements, as well as physical and numerical modelling.

After last year's prototype measurements in Lake Grimsel, comprising flow velocity recording in front of the intake/outlet structure, a Zuellig Cosmos®-25 E turbidity sensor is now installed on the pressurized shaft of the pumped storage plant Grimsel II (Switzerland, Figure 1a). Turbidity is registered every minute and data can be downloaded on-line directly from the laboratory in Lausanne. At the same time, relevant discharge information is retrieved from the downstream acquisition system (set with the collaboration of F. Hachem, LCH Ph.D. candidate). After a period of calibration and validation, the suspended load transported between the two reservoirs can be determined with the objective of observing influences of the pumped storage activity, water temperature and seasonal weather conditions.



a)



b)

Figure 1: Sonde de turbidité installée à la vanne de garde "Kessiturm" à Grimsel II (a), schéma de l'installation expérimentale avec sens d'exploitation correspondants (b) / *Zuellig turbidity measurement device installed at shut-off valve "Kessiturm" of Grimsel II (a), drawing of the experimental setup with correspondent exploitation directions (b)*

Des essais systématiques sur modèle physique sont un élément clé de cette recherche dans l'objectif d'étudier comment des cycles répétés d'eau entrant et sortant d'un réservoir affectent la turbulence et les phénomènes de sédimentation des particules fines. L'influence du débit, de la durée des cycles, de la concentration sédimentaire initiale et de la position de la prise d'eau est analysée.

L'installation expérimentale (Figure 1b) est composée d'un bassin de $2.0 \times 4.0 \times 1.5 \text{ m}^3$ et d'un réservoir secondaire de $1.0 \times 2.0 \times 1.2 \text{ m}^3$ qui sert de volume d'alimentation et de mélange pendant les essais. La prise d'eau est placée sur la paroi frontale et une face latérale est fabriquée en verre pour permettre la visualisation des écoulements dans le bassin. Les deux réservoirs sont connectés par un système de conduites semi-rigides équipé d'une pompe et d'une série de robinets permettant d'exploiter le modèle dans les deux directions défini comme suit :

- IN (pompage): jet entrant dans le bassin principal („ouvrage de restitution“)
- OUT (turbine): eau sortant du réservoir („prise d'eau“)

Les vitesses d'écoulement sont mesurées par des sondes UVP (Ultrasonic Velocity Profiler) et permettent de décrire le jet entrant et les champs de vitesse dans le réservoir. La concentration en sédiments est enregistrée par des sondes de turbidité dans les deux bassins afin de déterminer quelles séquences IN-OUT permettent d'évacuer le plus de sédiments. De plus, l'évolution de la température est mesurée dans les deux réservoirs.

La durée spécifique des séquences IN-OUT a préalablement été déterminée dans un modèle numérique (ANSYS CFX) reproduisant le bassin principal et 0.5 m de l'écoulement d'approche en charge. Le développement de l'énergie cinétique due au jet entrant dans le bassin, ou des masses d'eau soutirées, indique le temps nécessaire pour atteindre des conditions stables dans le réservoir. Cette durée T_P („time to peak“) a été déterminée pour plusieurs séquences et des valeurs de $T_P = 13$ à 60 minutes ont été trouvées en fonction du débit et du sens d'exploitation. Etant donné que le jet turbulent du cycle IN présente la séquence critique pour arriver à des champs de vitesse stables dans le bassin, des simulations numériques d'une durée $T_{P,IN}$ ont été lancées pour des cycles d'eau entrant, de dissipation et d'eau sortant.

Comme la durée T_P des séquences IN et OUT est un paramètre clé de modélisation, les valeurs trouvées par la numérique doivent être

Systematic hydraulic modelling is a key component of the research project and shall reveal how repeated changes of IN-OUT-sequences (corresponding to pumped storage activity in reality) affect turbulence and settling processes in a reservoir. It is investigated how discharge, cycle duration, initial sediment concentration and intake/outlet position influence flow velocities and settling down of fine sediments.

The experimental setup (Figure 1b) consists of a cuboidal main basin with a volume of $2.0 \times 4.0 \times 1.5 \text{ m}^3$ and a secondary $1.0 \times 2.0 \times 1.2 \text{ m}^3$ basin which provides water during the experiments and serves as mixing tank. The intake/outlet is placed on the front wall and a lateral face is made out of glass allowing the visualization of the flow conditions in the test volume. The two basins are connected through a semi-rigid conduit system on which a pump and a flow diverter are installed. This allows simulating the two exploitation directions defined as follows:

- *IN (Pumping): jet entering the main basin („outlet structure“)*
- *OUT (Generating): water flowing out of the main reservoir („intake structure“)*

In the main basin, flow velocity measurements by Ultrasonic Velocity Profilers (UVP) allow describing the jet entering the reservoir, as well as the flow fields in the basin. Sediment concentration is measured by turbidity sensors in both the test reservoir and the mixing tank in order to determine which IN- and OUT-sequences lead to maximum sediment output. In addition, temperature evolution is measured in the two basins.

In order to define the specific duration of the IN-OUT-sequences a preliminary study has been carried out using a numerical model (ANSYS CFX), reproducing the entire experimental main basin and 0.5 m of the rigid pipe leading water into or out of the latter. The development of kinetic energy due to a jet entering the basin or water sucked out of the reservoir indicates the time necessary to reach stationary conditions in the test volume. This duration T_P („time to peak“) was determined for different sequences and values of $T_P = 13$ to 60 minutes have been found depending of discharge and operation mode. Then, as the IN-mode with its jet development is the critical sequence to reach stable velocity fields in the reservoir, simulations of a duration $T_{P,IN}$ were carried out for each cycle, starting with a jet entering the main basin followed by a dissipation cycle and ending with an OUT-sequence.

confirmées dans le modèle physique. Des mesures UVP vont donc être effectuées et le développement de l'énergie cinétique totale du bassin va montrer quand des conditions stationnaires sont atteintes. Les essais purement hydrauliques (sans sédiments) ont démontré la cohérence des résultats entre les modèles numérique et physique qui présentent un jet stable pendant les cycles IN (Figure 2). Les séquences OUT sont caractérisées par une évolution plus lente de l'énergie cinétique. Le champ de vitesse potentiel en direction de la prise d'eau se développe plus rapidement avec des débits importants et des cellules de recirculation s'installent dans l'arrière du réservoir.

As the duration T_P of IN-and OUT-sequences is a key parameter in the modelling process, the values found by numerical simulations have to be confirmed in the hydraulic model. Thus, UVP velocity measurements will be carried out and the development of the basin overall kinetic energy will show when stationary conditions are reached. Purely hydraulic test runs on both numerical and hydraulic model reveal accuracy between results. Both models show a stable development of the jet during the IN-sequence (Figure 2). During OUT-sequences, kinetic energy develops slower than in the reverse direction. The potential flow field generated towards the intake structure grows faster when high flow rates are drawn out of the test volume. Similar to the IN-cycle, two recirculation cells develop in the back of the basin but very low velocities are observed in this zone.

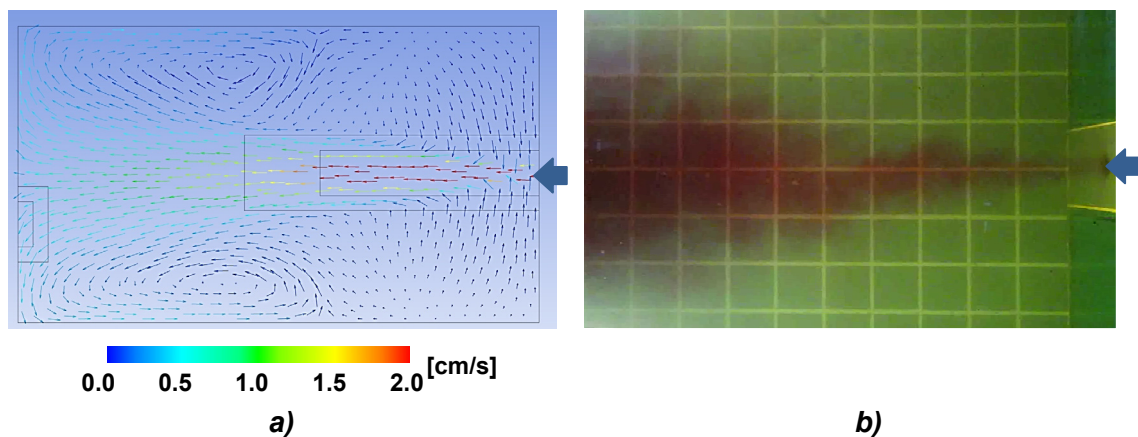


Figure 2 : Vitesses dans une section horizontale à l'axe du jet (a), photo zénithale du jet (b) / Velocities in a horizontal plane at jet axis level (a), zenith jet pictures (b), $Q = 0.5 \text{ l/s}$, $t = T_{P,IN}$

Une fois que T_P est fixé dans le modèle physique, les séquences répétées IN-OUT vont être effectuées de manière similaire à une onde carrée décrivant le débit comme une série de Fourier en fonction du temps. Partant de l'hypothèse que $T_{P,IN} = T_{P,OUT}$ dans une première série d'essais, d'autres expériences seront faites avec $T_{P,IN} / T_{P,OUT} = 0.5$ et 2.0 (double durée de pompage ou turbinage respectivement). De manière similaire, l'influence du temps disponible pour atteindre des conditions stables dans le bassin sera étudiée en variant T_P à 60%, 80% et 120% de sa valeur initiale. Finalement, quelques séquences arbitraires de pompage-turbinage seront générées.

Once T_P is fixed, repeated IN-OUT-sequences will be simulated in hydraulic test runs similar to a square wave, which allows describing the flow rate Q as a function of time t using Fourier series notation. Starting with the assumption that T_P is equal for the IN- and for the OUT-cycle, this parameter will then be varied to $T_{P,IN} / T_{P,OUT} = 0.5$ and 2.0 , respectively, in order to take into account different duration of pumping and generating modes. Similarly, in order to investigate the influence of the time available for developing stable flow conditions in the basin additional tests with IN-OUT-sequences of 60%, 80% and 120% of T_P will be carried out. Finally, some randomly generated IN-OUT-sequences will be simulated.

Recherche financée par le Centre de Compétence Energie et Mobilité (CCEM), swiss electric research, SuisseEnergie (OFEN), avec le soutien de Kraftwerke Oberhasli AG (KWO)

Research financed by the Competence Center Energy and Mobility (CCEM), the swiss electric research, and the Swiss Federal Office of Energy (SFOE) – Hydropower research with the support of Kraftwerke Oberhasli AG (KWO)

Doctorant : Michael Müller

Ph.D. student : Michael Müller

1.1.2 Dimensionnement et surveillance des puits blindés / Design and control of pressurized shafts and tunnels

Ce projet de recherche fait partie de la branche de Génie Civil du consortium CCEM-HydroNet. Ce consortium a été créé en 2007 dans le but de chercher des nouvelles méthodes de dimensionnement, construction, opération et contrôle des centrales hydroélectriques de pompage-turbinage. Le plan de recherche a été accepté par l'Ecole Doctorale de Structure à l'EPFL en Août 2008.

Une recherche bibliographique sur le sujet a été préparée durant les années 2008 et 2009 et publiée dans le *International Journal on Hydropower & Dams* en 2009. Cet article couvre l'état actuel de connaissance concernant les critères de dimensionnement des puits et tunnels blindés sous l'action de pression intérieure. Il montre également que le comportement réel de ces structures composées en acier-béton-rocher n'est pas encore totalement connu surtout l'influence, à court et long terme, des sévères phénomènes hydrauliques transitoires, comme les coups de bélier, sur la fatigue et la sécurité du blindage.

Concernant les procédures actuelles de contrôle et de surveillance, des capteurs de pressions sont généralement utilisés pour mesurer les pressions dynamiques dans les puits et comparer ces mesures à des valeurs seuils définies pour le dimensionnement. Aucun autre traitement de signal n'est généralement fait. Si la vitesse de l'eau dans le puits dépasse une certaine valeur limite, qui pourra être l'indicateur d'une éventuelle rupture, une vanne de sécurité s'enclenche automatiquement pour limiter le volume d'eau déversé à travers la fissure. Malgré ce dispositif de sécurité, des conséquences désastreuses pourront surgir dues à l'importante quantité d'eau emmagasinée entre la vanne de sécurité et le lieu de rupture. Un contrôle plus poussé concernant notamment les déformations excessives et la plastification du blindage, nécessite la vidange du puits et une inspection visuelle. Une telle intervention est généralement lente, délicate et coûteuse. En plus, aucune information sur l'état de rigidité du béton de remplissage et du rocher entourant le blindage ne peut être récoltée.

Un modèle théorique d'interaction Fluide-Structure avec un comportement axisymétrique et mouvement longitudinal a été préparé. Le modèle existant, basé sur la répartition statique de la pression hydraulique

This research work concerns the civil engineering field involved in the consortium CCEM-HydroNet (Modern Methodologies for Design, Manufacturing and Operation of Pumped-Storage Power Plant). This consortium was built in 2007 in purpose to converge towards a consistent standardized methodology for design, manufacturing, operation, monitoring and control of pumped-storage power plants. The research plan has been accepted by the Doctoral School at the EPFL (Structural Program) in August 2008.

The State-of-the-art of the thesis has been prepared in years 2008 and 2009 and has been published in the International Journal on Hydropower & Dams in 2009. It covers the actual knowledge of the essential design requirements related to the steel lining structure under internal loads. It was shown that the true behavior of the combined steel-concrete-rock linings is not yet fully understood, especially the influence of severe transient flow phenomena, such as water-hammer effects, on the short and long term structural behavior, fatigue, and safety of the lining.

For monitoring purpose, pressure sensing devices are usually used in the shafts of hydropower plants to check the magnitude of the dynamic pressures relative to a predefined serviceability value with no further signal processing. If the water flow velocity exceeds a certain threshold, indicating a possible failure, a security shut-off valve closes automatically limiting the volume of water leaking out from the failure. Nevertheless, and even in this case, catastrophic failure consequences can occur since the volume of leaking water between the valve and the failure location may still be very high. Any additional investigation of the steel-liner regarding excessive local deformations and steel yielding requires a dewatering of the conveying system for visual checking. Such inspection is often awkward due to the hostile conditions. Furthermore, no information can be easily obtained about the stiffness of the rock mass surrounding the steel-liner.

A Fluid-Structure Interaction (FSI) theoretical model with axisymmetrical behaviour and longitudinal motion has been prepared. The actual model based on static pressure sharing between the different parts of the tunnel wall has been enhanced according to Figure 1.

entre les différentes composantes structurales du puits, a été adapté et amélioré selon la Figure 1. Ce nouveau modèle peut détecter le mode de propagation des ondes de compression dans l'eau ainsi que les modes de propagation radiaux et axiaux dans le blindage et dans le massif rocheux avoisinant. Les diagrammes temporaires des contraintes, résultant d'un tel modèle, pourront être utilisés comme paramètres d'entrée des modèles de Mécaniques de Rupture déterministes et probabilistes du blindage de puits. Le nouveau modèle a fait l'objet d'un article scientifique intitulé: "A review of wave celerity in frictionless and axisymmetrical steel-lined pressure tunnels" qui a été soumis et accepté pour publication dans le Journal of Fluids and Structures.

This new model can detect the compressional water mode and the radial and axial propagation modes in the steel liner and in the far field rock zone. The time-dependent stress diagrams, resulting from the FSI problem can be used as input for the deterministic and probabilistic Fracture Mechanics models of steel liners. The new theoretical model has been presented and discussed in detail in the scientific paper entitled: "A review of wave celerity in frictionless and axisymmetrical steel-lined pressure tunnels" which has been submitted and accepted for publication in the Journal of Fluids and Structures.

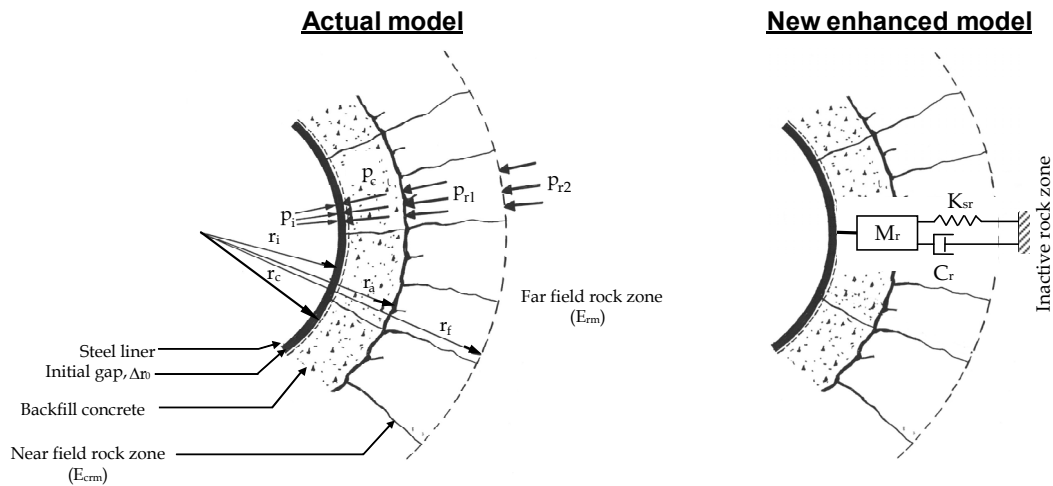


Figure 1: Deux coupes transversales du modèle théorique actuel et amélioré de l'acier de blindage des puits et tunnels / *The two cross-sectional views of the actual and enhanced theoretical model of pressurized steel lined tunnels and shafts*

Un modèle physique à échelle réduite a été assemblé au *Laboratoire des Machines Hydrauliques* de l'EPFL. Ce modèle a été conçu pour détecter le changement de rigidité de la paroi d'une conduite d'essai en analysant les signaux de pressions générées soit par une source d'excitation extérieure à l'eau soit par un changement rapide du débit à l'intérieur de la conduite d'essai. Le modèle physique est présenté à la Figure 2. Le traitement des signaux de pression a fait l'objet d'une publication soumise au *Journal of Hydraulic Engineering* et qui est actuellement en révision. Deux articles de conférences ont été préparés pour *IAHR 34th Congress 2011* à Brisbane, en Australie et pour *EWRI, ASCE 2011 Congress* à Palm Springs, en Californie. Le premier article présente une procédure d'estimation de la vitesse de propagation des coups de bélier dans les conduites et tunnels

An experimental facility was assembled at the Laboratory of Hydraulic Machines at the EPFL. This facility was specially designed for detecting the change of wall stiffness of a test pipe using recorded pressure data generated either by an external water pressure excitation source or by a rapid change of the flow rate's producing water-hammer phenomena inside the pipe. The physical test set-up is shown in Figure 2. The processing of the pressure signals has been done in a scientific paper submitted to the Journal of Hydraulic Engineering which is actually under revision. Two conference papers have been also prepared for the IAHR 34th Congress 2011 in Brisbane, Australia and for the EWRI, ASCE 2011 Congress in Palm Springs, California. The first paper presents a procedure to estimate the water-hammer wave speed in pipes and tunnels with local weak wall

qui possèdent une zone de faible rigidité dans leur paroi. Quant au second article, il propose une nouvelle méthode de surveillance des puits blindés en traitant (filtrage et décomposition) les pressions mesurées en utilisant les Ondelettes. La thèse a été également présentée à la conférence First European IAHR 2010 Congress à Edinburgh, en Ecosse.

stiffness. The second proposes a new monitoring method for steel-lined pressure shafts using Wavelet filtering and decomposition. The thesis objectives and main outlines have been also presented in the First European IAHR 2010 Congress in Edinburgh, Scotland.



Figure 2: Photos de l'installation physique avec les bouts de conduites en acier, PVC et aluminium
/ *Photos of the physical scaled model with the steel, PVC, and aluminum reaches*

Le puits blindé de la zone à haute pression de l'aménagement de pompage-turbinage de Grimsel II en Suisse a été équipé avec des capteurs de pression, des géophones ainsi qu'avec des hydrophones. La première partie du schéma d'acquisition a été préparée et est actuellement à l'essai. Cette partie du système de surveillance (section de mesure à l'entrée de la centrale hydroélectrique, voir Figure 3) est actuellement gérée et contrôlée depuis notre Laboratoire à Lausanne. Un travail complémentaire est actuellement en cours sur la partie haute du puits blindé. Il sera accompli à la fin de l'année 2010. La procédure de localisation des zones de puits possédant une paroi de faible rigidité sera utilisée dans le but de localiser une éventuelle faiblesse géotechnique ou géologique du rocher entourant le blindage du puits. Les positions estimées de ces faiblesses seront comparées aux positions exactes extraites des plans de construction du puits.

The pressurized shaft of the high-pressure side of the pumped-storage hydropower plant of Grimsel II in Switzerland has been equipped with pressure, geophones and hydrophones sensors. The first part of the acquiring scheme has been prepared and is actually under testing process. This first monitoring part (measurement section in the power house, see Figure 3) can be now controlled and pressure and vibration signals can be retrieved on-line from the Grimsel II power house to our Laboratory in Lausanne. The ongoing work will try to end the equipment works of the upper part of the shaft by the end of 2010. The localization procedure of weak reaches will be implemented in purpose to detect the position of some eventual geological and geotechnical weaknesses of the rock mass surrounding the steel liner. The estimated positions will be compared to the real ones which can be obtained from the existing as-built drawings of the shaft.

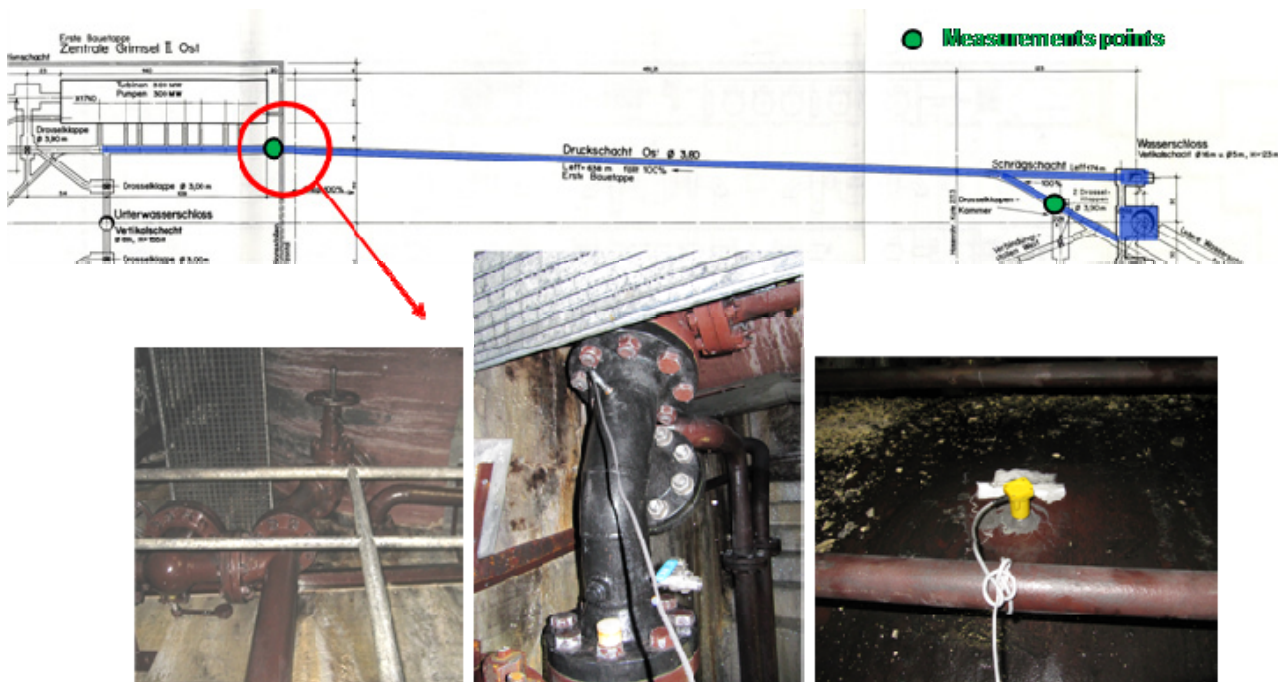


Figure 3: La section basse de mesure du puits blindé de Grimsel II à l'entrée de la centrale / The lower measurement section of the pressurized shaft in Grimsel II power house

L'état d'avancement du projet de recherche a été présenté dans des conférences internes au LCH (les trois conférences datées le 7 novembre 2008, 18 septembre 2009 et 27 août 2010). Deux rapports intermédiaires ont également été soumis à l'OFEN en août 2008 et 2009. Dans le cadre du projet multidisciplinaire CCEM-project, quatre sessions périodiques ont été organisées dans le but de partager les informations entre les différents partenaires du projet

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

Doctorant : Fadi Hachem

The progress state of the project was presented as an internal conference at LCH (Three internal conferences have been given till now on the 7th November 2008, on 18th September 2009 and on 27th August 2010). Furthermore, two intermediate reports have been submitted to the OFEN in August 2008 and 2009. In the framework of the multidisciplinary CCEM-project, four periodical sessions have been organized to share information and to discuss the progress of the project.

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

Ph.D. student : Fadi Hachem

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

Les aménagements hydroélectriques à haute chute dans les Alpes peuvent compenser la production d'électricité aléatoire provenant des énergies renouvelables, comme les éoliennes, dans le réseau européen. Le démarrage et l'arrêt rapide des turbines provoquent des conditions d'écoulement non-permanentes dans les rivières à l'aval des

High-head storage hydropower plants in Alpine areas are able to valorise the unsteady electricity production of renewable energy sources such as wind power in the European power supply system. The sudden opening and closing of the turbines produces highly unsteady flow conditions called hydropeaking in the river downstream of the powerhouse

canaux de fuite. Ce phénomène, qui s'appelle marnage, peut être la source d'une dégradation de l'écosystème fluvial.

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

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

outlet. Degradation of the river eco-system can be the result.

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

The research project aims to develop mitigation measures reducing the ecologically problematical hydropedding as well as of the minimal flow downstream of complex storage hydropower plants in the Alps. Environmental aspects, hydraulic concerns and energy and economic issues have to be considered. In a case study the methodology is tested for the Aare River basin upstream Lake Brienz in Switzerland. This catchment is influenced by the hydropower storage scheme of Oberhasli (Figure 1).

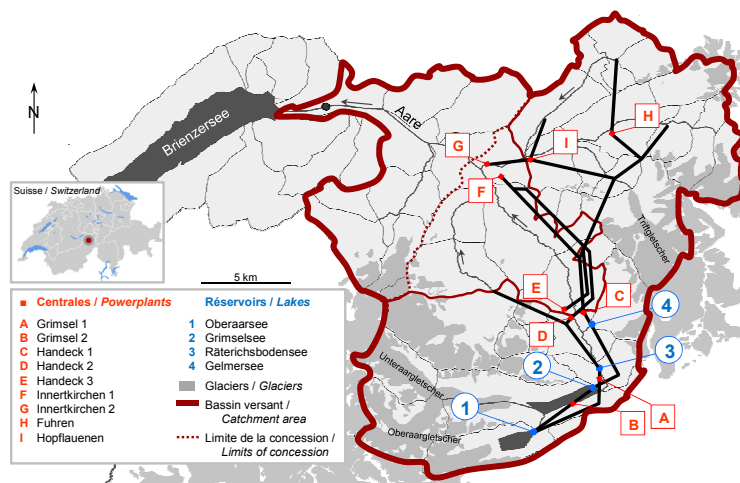


Figure 1: Bassin versant de l'Aar à l'amont du Lac de Brienz avec l'aménagement hydroélectrique d'Oberhasli / Catchment area of the Aare River upstream Lake Brienz with the Oberhasli hydropower scheme

Le modèle hydrologique de base a été développé avec *Routing System*, calé et validé. Dans cet outil de prévision hydrologique, une répartition tridimensionnelle des précipitations et de la température est

The basic hydrological model was developed with *Routing System*, calibrated and tested. In the hydrological forecasting tool tri-dimensional rainfall, temperature and evapo-transpiration distributions are taken into

prise en compte pour reproduire les processus hydrologiques principaux. Le modèle permet de simuler la fonte des glaciers, la constitution et la fonte de neige, l'infiltration et le ruissellement. Le logiciel a été utilisé pour la modélisation du bassin versant de l'Aar à l'amont du Lac de Brienz (554 km², 21% couvert par des glaciers en 2003). Le modèle calé a été utilisé pour la simulation de l'année 2005. En simulant la gestion réelle, les variations journalières reproduites Q_{\max}/Q_{\min} sont légèrement moins importantes (Figure 2). La théorie de l'onde cinématique ne permet pas d'obtenir de meilleurs résultats pour des débits aussi variés. Malgré cette limitation, le modèle arrive à simuler les éclusées pour différents scénarios.

account for reproducing the dominant hydrological processes. The model is able to simulate glacier melt, snow pack constitution and melt, soil infiltration and runoff. The catchment area of the Aare River upstream Lake Brienz (554 km², in 2003 21% glaciated) was modelled. For testing the model's ability in reproducing highly fluctuating flow, the calibrated model was used for the simulation of the year 2005. By applying in the model the power plant operations as done in 2005, slightly lower daily drawdown ranges Q_{\max}/Q_{\min} are generated (Figure 2). The implemented kinematic wave theory does not give a better accuracy for heavily fluctuating flow. Despite of this limitation, the model allows simulating hydropowering for different scenarios.

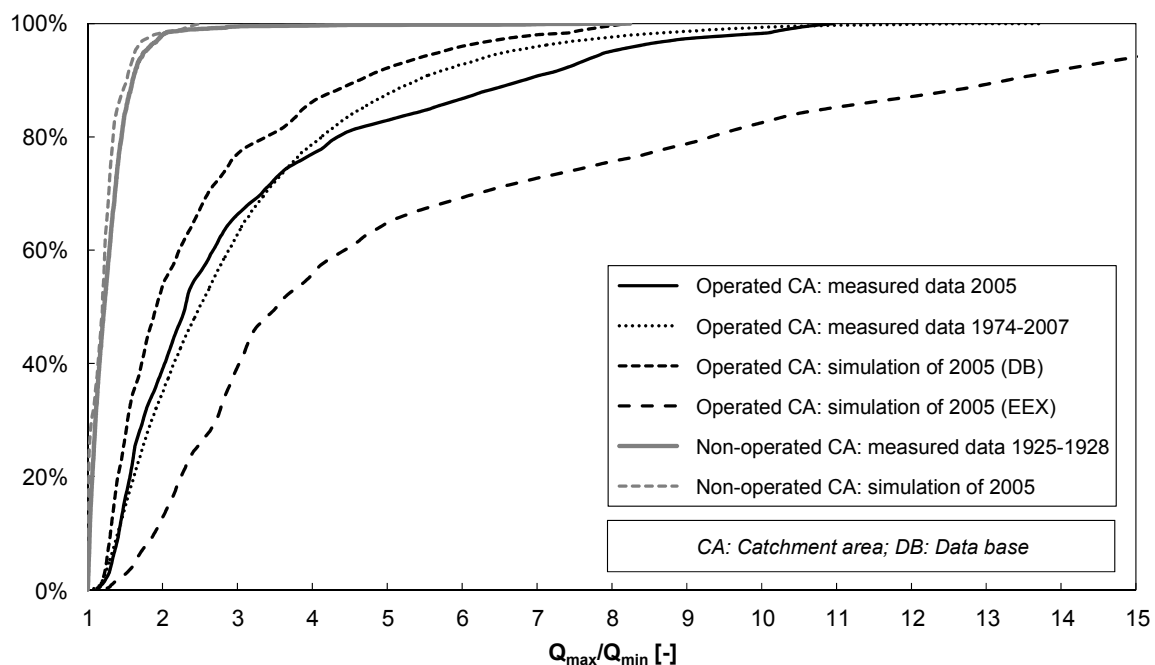


Figure 2: Probabilité de dépassement d'une relation Q_{\max}/Q_{\min} pour des hydrogrammes simulés et mesurés à Brienzwiler (exutoire du bassin versant de l'Aare à l'amont du Lac de Brienz) pour un pas de temps de 1 h / Probability of drawdown ranges for simulated and measured hydrographs at BAFU gauging station at Brienzwiler (outlet of upper Aare River catchment) for a 1 h time step

Le turbinage suivant uniquement le marché spot (EEX) augmenterait les variations du débit (Figure 2). Il provoquerait des interruptions courtes et brusques et par conséquent une augmentation des fluctuations journalières. La simulation de l'année 2005 sans aménagements hydro-électriques produit un régime d'éclusées moins grave que mesuré entre 1925 et 1928. Ce résultat peut être expliqué par de plus grands glaciers en 1925, générant des débits plus importants pendant la journée. Une autre raison pourrait être la structure des

Assuming a production only driven by the spot market (EEX), drawdown ranges would increase (Figure 2). Spot market would induce short interruptions of operation and as a result increase daily flow fluctuations. The simulation of 2005 without hydropower scheme shows slightly lower drawdown ranges than measured between 1925 and 1928. Bigger glaciers as in 1925 generate higher flow variations because of higher melt during daytime. Another reason could be the structure of precipitation or temperature. Similar phenomenon occurred for the

précipitations et de la température. Ces phénomènes similaires ont pu être détectés dans la simulation de l'année 2004.

Une étude paramétrique a révélé l'influence des paramètres météorologiques, hydrologiques et morphologiques sur le régime hydraulique pour des bassins versants alpins. L'influence anthropogène devient plus prononcée quand la capacité de turbinage est grande ou la surface du bassin versant contrôlé est importante. Le réchauffement climatique (augmentation des températures et de la fonte glacière) a seulement des effets mineurs sur le marnage. Une volatilité plus importante des prix d'électricité augmente les éclusees. Par conséquent des mesures d'atténuation doivent être prévues. Le modèle sera capable de comparer et optimiser des mesures constructives et opérationnelles ainsi que de produire des séries temporelles pour la qualification écologique.

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

Doctorant : Martin P. Bieri

simulation of the year 2004.

A parametric study revealed the influence of meteorologic, hydrologic and morphologic parameters on flow in an Alpine catchment area. It becomes more important when the turbinning capacity is low or the operated catchment is small. Climate change (higher temperature and glacier melt) has only minor impact on hydropeaking and electricity market issues (higher volatility) will probably increase it. Therefore mitigation measures have to be foreseen. The model will be able to compare and optimize constructive and operative mitigation measures and to deliver flow time series for ecological rating.

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

Ph.D. student : Martin P. Bieri

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

L'objectif de ce projet de recherche est d'étudier le comportement d'une fosse d'érosion à l'aide d'une fissure 3-dimensionnelle sollicitée par un jet d'eau vertical à haute vitesse afin de développer un modèle d'érosion.

On étudie le comportement d'un bloc hautement instrumenté contourné d'une fissure artificielle (1 mm) simulant un bloc de roche distinct dans une masse rocheuse fissurée et sollicitée par un jet d'eau vertical à haute vitesse.

Méthodologie

Deux types d'impact sont étudiés: impact d'un jet noyau et impact d'un jet développé. Un jet noyau a une pression moyenne élevée avec de faibles fluctuations tandis qu'un jet développé a une pression moyenne plus faible mais de grandes fluctuations. La pression instantanée pour un jet développé peut être plus élevée que la pression maximale d'un jet noyau.

The purpose of this research project is to study the behaviour of a plunge pool with a 3-dimensional fissure under an impinging water jet to develop a model to estimate the assessment scour zone.

The behaviour of a highly instrumented block embedded in an artificially created rock mass and solicited by a high-velocity water jet is studied. The highly instrumented block is separated from its surroundings by 1 mm thick joints and simulates a distinct rock block in a fissured rock mass.

Methodology

Two types of jet impacts are investigated: core jet impact and developed jet impact. A core jet has an average pressure that is high but with low fluctuations and a developed jet has an average pressure that is low but with high fluctuations. The instantaneous pressure peak for a developed jet could be higher than the maximum pressure observe for a core jet, due to the pressure fluctuations generated by the

Les tests sont effectués en faisant varier le niveau d'eau dans la fosse d'érosion (de 0.0 m à 0.7 m avec des paliers de 0.1 m) et la vitesse du jet d'eau (de 2.5 m/s à 27 m/s ou de 10 l/s à 110 l/s avec des paliers de 10 l/s).

L'analyse des mesures se concentrera sur la recherche d'une relation entre les pressions agissant autour du bloc hautement instrumenté et le comportement dynamique de ce dernier.

Les résultats mettront en relief les caractéristiques de mouvement du bloc (déplacements, accélérations et vitesses) comme fonction des pressions et des forces de soulèvement dynamique.

Installation de recherche

L'installation de recherche permet de simuler des jets à l'échelle prototype au niveau des vitesses et de l'aération du jet. La nouvelle installation de recherche est intégrée à l'installation existante au LCH. Cette nouvelle installation est composée de deux parties: la boîte de mesure et le bloc hautement instrumenté (Figure 1). Elle est positionnée à l'intérieur de la fosse d'érosion et immergée dans l'eau. La boîte de mesure a une forme parallélépipède rectangulaire avec un trou de forme cubique au milieu, où se positionne le bloc hautement instrumenté. A l'intérieur de la boîte de mesure il existe des cavités qui seront utilisées pour positionner les systèmes de mesure (capteurs de pression et de déplacement). Pour garantir le bon fonctionnement des capteurs, la boîte de mesure est étanche à l'eau.

Le bloc hautement instrumenté a une forme cubique avec une taille de 200 mm. Entre la boîte de mesure et le bloc il y a une fissure 3-dimensionnelle de 1 mm qui fait le tour complet du bloc. Pour garantir que le bloc soit représentatif du massif rocheux, il a une masse volumique apparente de 2'400-2'500 kg/m³ (similaire à celle d'une roche). Des capteurs seront installés à l'intérieur du bloc lui aussi étanche à l'eau (capteurs de pression et d'accélération).

large eddies in the plunge pool.

The tests are performed for various plunge pool water levels (from 0.0 m to 0.7 m with 0.1 m steps) and a large range of jet velocities (from 2.5 m/s to 27 m/s or from 10 l/s to 110 l/s with 10 l/s steps).

Data analysis focuses on the relationship between the water pressures acting on and inside the fissure surrounding the block and the dynamic behaviour of the block.

The results will emphasize characteristic movements (displacement, acceleration and velocity) of the block as a function of dynamic pressure and dynamic uplift.

Experimental facility

The LCH experimental facility allows to simulate prototype water jets in view of velocities and aeration. The new experimental facility will be integrated in the existing LCH facility. It is composed of two components: a measurement box and a highly instrumented block (Figure 1). The measurement box will be inserted in the plunge pool. Inside this box (with a parallelepiped rectangular form), cavities will allow to insert pressure and displacement transducers which in turn will allow measuring the pressure inside the fissures between the block and its surroundings as well as the displacements of the highly instrumented block. The box is waterproof to protect the electrical equipment.

In the centre of the measurement box, a large cavity will allow inserting the highly instrumented block. The block has a cubical shape of 200 mm side. Between the measurement box and the block, we thus create a 3-dimensional fissure of 1 mm wide. This fissure stretches all around the block. Inside the block, pressure transducers (to measure the pressure at the pool bottom) and a vibration transducer (to measure the vibration of the block) will be inserted. To simulate a rock block the highly instrumented block has apparent density of 2'400-2'500 kg/m³.

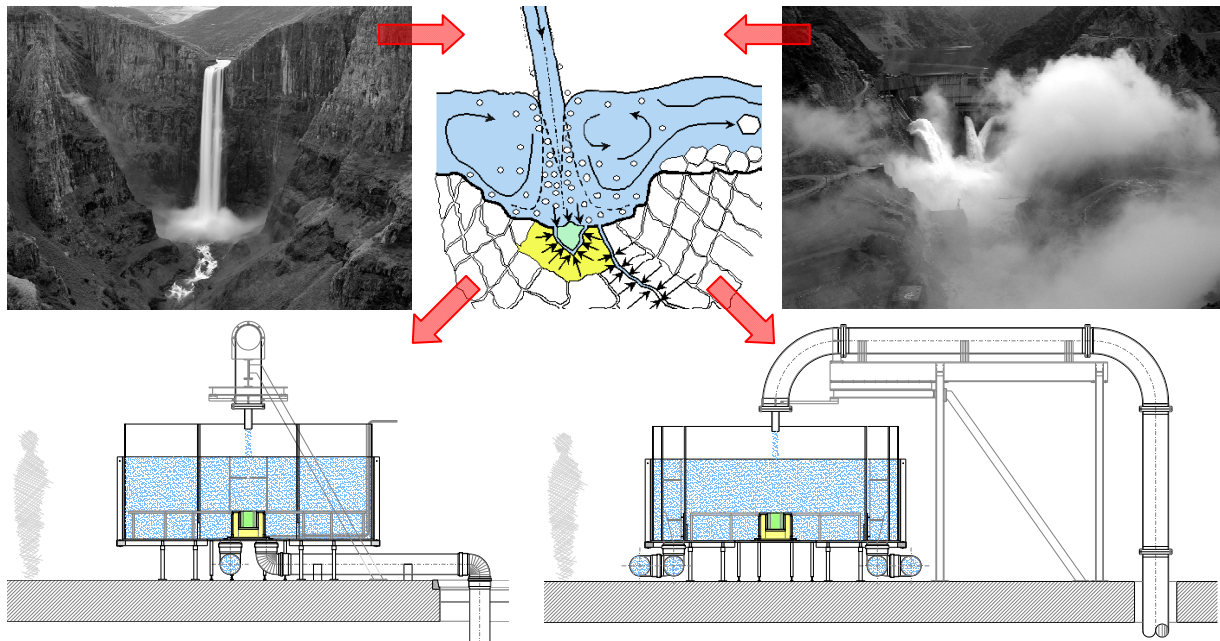


Figure 1: Comment simuler un jet d'eau à haute vitesse qui tombe dans une fosse érosion: de la réalité au modèle expérimental. Haut gauche: cascade (Maletsunyane Falls 192 m, Lesotho). Haut centre: phénomène d'érosion (schéma); Haut droite: chute d'eau artificielle (Karun Dam III, Iran); Bas gauche: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

Essais expérimentaux

Les essais sont une combinaison de paramètres suivants: position du jet sur la surface supérieur du bloc hautement instrumenté, niveau du plan d'eau dans la fosse d'érosion (Y) et vitesse de chute du jet (v). Le rapport Y/D (ou Y est la hauteur d'eau dans la fosse d'érosion et D est le diamètre de la buse - 72 mm) est déterminant pour générer un jet noyau ($Y/D < 4$) et un jet développé ($Y/D > 6$). La vitesse du jet est un autre paramètre très important pour modifier les sollicitations du bloc et de la fissure (champ de pression au tour du bloc).

Les essais suivants ont été effectués:

- Position du jet (Figure 2 à droite): centré au milieu du bloc (CE), sur l'axe verticale de la fissure côté droit (SI et SR), sur l'axe vertical d'un coin de la fissure (CN), radialement au centre du bloc (RR) et sur l'axe vertical de la fissure côté gauche (SL).
- Les essais ont été effectués avec le bloc libre de bouger verticalement (le seul degré de liberté du bloc) et avec le bloc fixé.

Experimental tests

All tests allow a combination of the following main parameters: jet impact position on the top surface of the highly instrumented block, water level in the plunge pool (Y) and jet velocity (v). The Y/D ratio (where Y is the water level in the plunge pool and D is the nozzle diameter - 72 mm) is important parameter to generate a core jet ($Y/D < 4$) or developed jet ($Y/D > 6$). The velocity of the impinging jet is another important parameter to modify the block and joint solicitation (pressure field in the plunge pool).

The following tests were performed:

- Jet position: centred on the block (CE), on the axis of the vertical fissure right side (SI and SR), on the corner of the vertical fissure (CN), radial position from the block center (RR) and on the axis of the vertical fissure left side (SL).
- The test have been performed with the block free to move along is vertical axis (the only degree of freedom) and with the block fixe.

- Hauteur d'eau dans la fosse d'érosion (Y): de 0.0 m à 0.7 m avec des paliers de 0.1 m. Un jet noyau est généré pour les hauteurs d'eau (Y) 0.0, 0.1, 0.2 et 0.3 m (Y/D: 0.00, 1.39, 2.78 et 4.17). Un jet de transition est généré pour une hauteur d'eau (Y) égale à 0.4 m (Y/D: 5.56). Un jet développé est généré pour les hauteurs d'eau (Y) 0.5, 0.6 et 0.7 m (Y/D: 6.94, 8.33 et 9.72)
- Vitesse de chute du jet (v): 2.5, 4.9, 7.4, 9.8, 12.3, 14.7, 17.2, 19.7, 22.1, 24.6 et 27.0 m/s (de 10 l/s à 110 l/s avec des paliers de 10 l/s)
- Trois configurations (CN, SR et CR) ont été testées avec un système passif d'aération du jet pour augmenter la quantité d'air dissous dans le jet d'eau. Les débits d'air suivants 3.6, 6.0, 6.8, 8.4, 9.2, 11.2, 18.3, 19.5 et 24.3 l/s sont associées aux vitesses du jet de 2.5 à 22.1 m/s.

Pour chaque combinaison de niveau d'eau dans la fosse d'érosion et de vitesse du jet trois enregistrements ont été effectués. La fréquence d'acquisition était de 1 kHz et la durée d'acquisition était d'environ 65.5 s ($2^{16} = 65'536$ valeurs pour chaque capteur).

- *Water level in the plunge pool (Y): from 0.0 m to 0.7 m with 0.1 m steps. A core jet is generated for plunge pool water depths (Y) 0.0, 0.1, 0.2 and 0.3 m, (Y/D ratios: 0.00, 1.39, 2.78 and 4.17). A transition jet is generated for a 0.4 m water depth (Y/D ratio: 5.56). A developed jet is generated for water depths (Y) 0.5, 0.6 and 0.7 m (Y/D ratios: 6.94, 8.33 and 9.72).*
- *Jet velocity (v): 2.5, 4.9, 7.4, 9.8, 12.3, 14.7, 17.2, 19.7, 22.1, 24.6 et 27.0 m/s (or from 10 l/s to 110 l/s with 10 l/s steps)*
- *Three configurations (CN, SR and CR) have been tested with a passive jet aeration system to improve the air quantity dissolved in the water jet. The following air discharge 3.6, 6.0, 6.8, 8.4, 9.2, 11.2, 18.3, 19.5 and 24.3 l/s are associated a the jet velocity between 2.5 and 22.1 m/s.*

For each water level and jet outlet velocity, three test runs have been performed. The data acquisition frequency was 1 kHz and the recording time was about 65.5 seconds, providing $2^{16} = 65'536$ samples for each transducer.



Figure 2: Gauche: Point d'impact au milieu du bloc, hauteur d'eau (Y) 0.1 m et vitesse du jet 7.4 m/s; Droite: Point d'impact au coin du bloc, hauteur d'eau (Y) 0.0 m et vitesse du jet 4.9 m/s /
Left: Jet impact point in the middle of the block, water level (Y) 0.1 m and jet velocity 7.4 m/s;
Right: Jet impact point on the corner of the block, water level (Y) 0.0 m and jet velocity 4.9 m/s

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

Doctorant: Matteo Federspiel

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

Ph.D Student: Matteo Federspiel

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

Une rivière située dans une région à faible pente peut suivre un régime de méandres. Chacune des courbes du méandre est alors caractérisée par un profil morphologique particulier. Les berges extérieures sont soumises à une forte érosion tandis qu'un dépôt se forme près des berges intérieures (Figure 1).

Cette variation topographique du lit est liée à la présence d'une cellule de recirculation qui redistribue les vitesses et la tension de frottement au fond du lit.

A river located in a region with a low slope can develop a meander morphology. Each curves of the meander is thereby defined by a particular morphological profile. Outer banks are vulnerable to a strong scour whereas deposition occurs near the inner bank (Figure 1).

This variation in the bed topography is related to the existence of a recirculating cell which redistributes the velocities and the boundary shear stress.



Figure 1: Morphologie type d'un méandre (Méandre du Chassezac, France) / *Typical morphology of a meander (Meander of Chassezac, France)*

Dans le cas d'un canal destiné à la navigation, cette évolution sédimentaire peut s'avérer problématique car la largeur navigable se trouve alors réduite dans la courbe. Pour contrer ces problèmes, plusieurs techniques existent mais impliquent en général des travaux importants.

L'objet de cette recherche est d'étudier comment un écran de bulles peut être utilisé pour contrer la sédimentation dans les canaux courbes. Par rapport à des dispositifs "lourds", les écrans de bulles ont l'avantage d'être maîtrisables, écologiques (oxygénation), réversibles et non-permanents.

Des expériences en laboratoire menées dans un canal fortement incurvé ont montré qu'un écran de bulles d'air placé près de la rive extérieure pouvait créer une cellule de recirculation dont le sens de rotation est opposé à celui de celle créée par la courbe (Figure 2). Les bulles d'air, générées par un

In the particular case of a navigable channel, this morphological evolution can create troubles because of the reduction of the navigable width in the curved part of the channel. To counteract these phenomena, several techniques exist but imply, generally, important works.

The purpose of this research project is to investigate how a bubble screen can be apply to counteract sedimentation in open-channel bends. Contrary to "hard" engineering techniques, bubble screens have the advantage of being controllable, ecological (oxygenation), reversible and non-permanent.

Laboratory experiments in a sharply curved channel show that a secondary flow cell opposed to the curvature-induced secondary flow cell can be created near the outer bank by means of an air-bubble screen. The air bubbles coming from a porous tube installed on the bed rise to the water surface and

tube poreux placé sur le lit du canal remonte à la surface et génère ainsi un courant ascendant responsable de la cellule de recirculation.

thereby generate upwards flow, which drives the secondary flow cell.

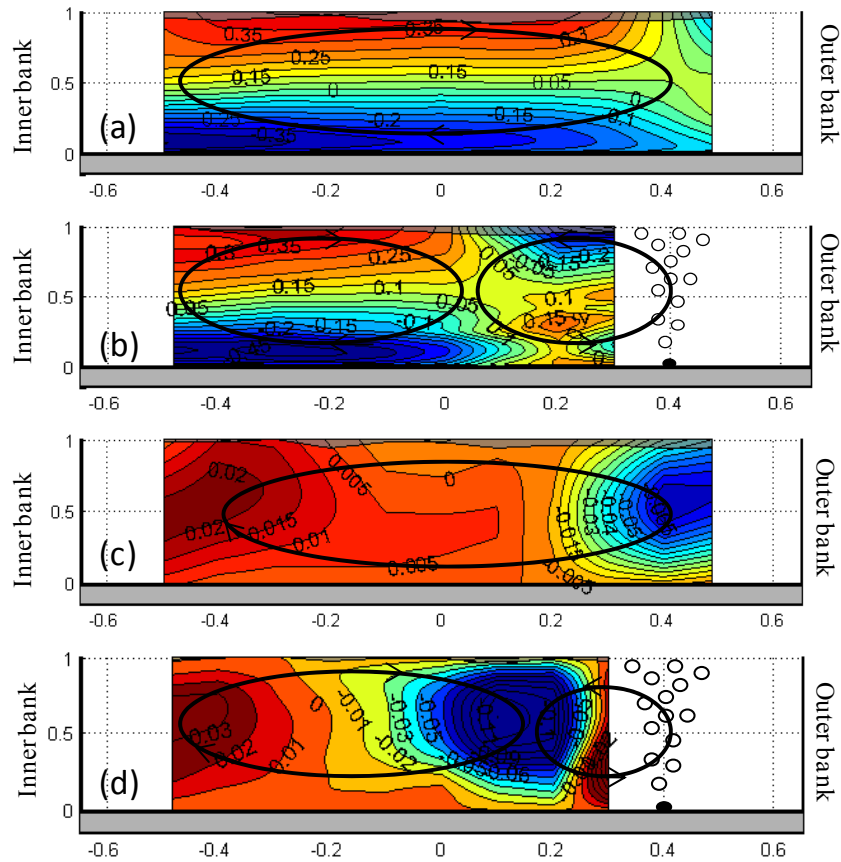


Figure 2 : Profils en travers localisés à 60° dans la courbe. Isolignes de la vitesse transversale normalisée v_r/U (a) sans bulles et (b) avec bulles et isolignes de la vitesse verticale normalisée v_z/U (c) sans bulles et (d) avec bulles / *Isolines of normalized transverse velocity v_r/U (a) without bubbles and (b) with bubbles and isolines of normalized vertical velocity v_z/U (c) without bubbles and (d) with bubbles*

Les panaches et les écrans de bulles ont déjà été largement étudiés, mais jamais en eaux peu profondes comme celles que l'on peut rencontrer en rivière. A notre connaissance, aucune étude ou application n'a encore été réalisée dans le cadre de la morphodynamique des rivières.

La comparaison d'expériences de référence sans écran de bulles avec des expériences avec écran de bulles sous les mêmes conditions hydrauliques et sédimentaires pourront permettre d'évaluer l'influence de l'écran de bulles sur la morphologie de la courbe. Une approche pas-à-pas en augmentant le niveau de difficulté a été définie (Table 1). Pour confirmer la faisabilité du projet, les expériences dans le canal courbe avec un fond mobile seront réalisées dans un premier temps.

Bubble plumes and screens have been abundantly investigated, but never in shallow flows as found in a river environment. According to literature, the application of bubble screens in river morphodynamics has not yet been investigated or applied in a systematic way.

Comparison of reference experiments without bubble screen to experiments with bubble screen under similar conditions of water and sediment transport may allow estimating the influence of bubble screen on the bend morphology. A stepwise approach with increasing degree of complexity was defined (Table 1). To confirm the feasibility of the project, the experiments in the curved open-channel flow with mobile bed have been performed first.

	Still water	Straight uniform open channel flow	Curved open-channel flow
Hydrodynamics (fixed horizontal bed)	- With bubble screen	- Without bubble screen - With bubble screen	- Without bubble screen - With bubble screen
Morphodynamics (mobile bed)	X	- Without bubble screen - With bubble screen	- Without bubble screen - With bubble screen

Table 1 : Récapitulatif des conditions d'expériences / *Planned test conditions*

Les expériences sont menées dans un canal de laboratoire à surface libre long de 22.7 m, large de 1.3 m, composé d'un tronçon d'entrée rectiligne de 9 m de long, d'une courbe de 193° avec un rayon de courbure central de 1.7 m et d'un tronçon de sortie rectiligne long de 5 m (Figure 3). Le sédiment utilisé pour les expériences est du sable de quartz avec un diamètre uniforme compris entre 1.6 mm et 2.2 mm. L'alimentation en sédiment est réalisée à l'entrée du canal à un débit constant $q_s=0.023$ kg/(m.s). Dans l'expérience de référence, les mesures de vitesses ont été réalisées avec un Acoustic Doppler Velocity Profiler (ADVP), avec une forte résolution spatiale et temporelle, sur une grille raffinée en plusieurs sections de la courbe. La topographie du lit a été mesurée à l'aide d'un distomètre laser en 27 points de 107 sections couvrant le canal entier. La surface libre a été mesurée avec un limnimètre à pointe en 10 points de 83 sections en travers.

Les bulles sont générées au moyen d'un tube poreux connecté à ses deux extrémités au circuit d'air pressurisé du laboratoire.

Experiments are carried out in a 22.7 m long laboratory open-channel flume of 1.3 m wide, consisting of a 9 m long straight inflow reach, a 193° bend with centerline radius of curvature of 1.7 m and a 5 m long straight outflow (Figure 3). The sediment used for the experiments is quartz sand of nearly uniform grain size in the range of $1.6 \text{ mm} < d < 2.2 \text{ mm}$. Sediment is fed into the flume near the entrance with a constant discharge $q_s=0.023$ kg/(m.s). In the reference experiment, velocity measurements are carried out with high spatial and temporal resolution by means of an Acoustic Doppler Velocity Profiler (ADVP) on a refined grid in several cross-sections in the bend. Bed topography is measured by means of a laser distometer in 27 points of 107 cross-sections in the entire flume. The water surface has been measured with a point gauge in 10 points of 83 cross-sections.

Bubbles are generated by means of a porous tube, connected at both ends to a pressurized air circuit.

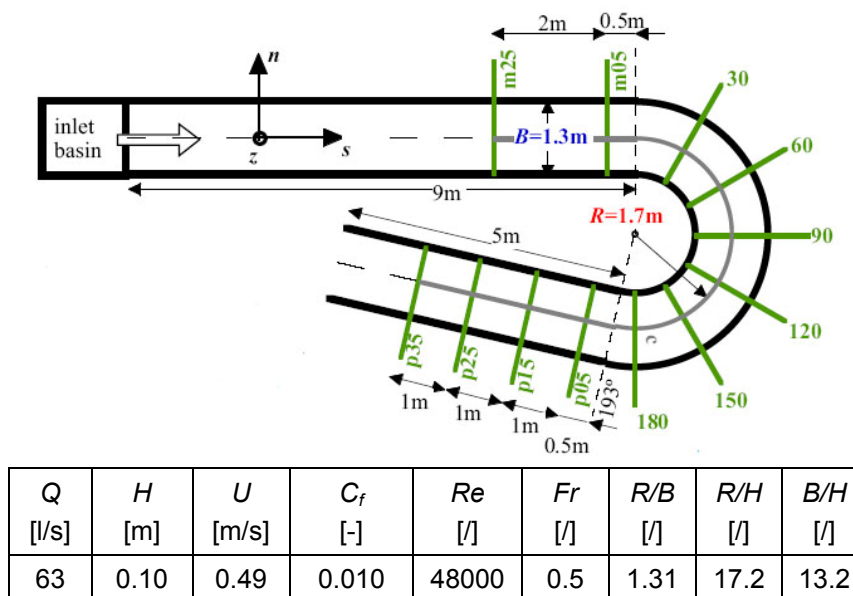


Figure 3 : Vue en plan du canal courbe de laboratoire et conditions expérimentales / *Planview of laboratory open-channel flume and experimental conditions*

Pour améliorer la concordance des conditions expérimentales en vue d'une application dans une rivière naturelle, une expérience de référence a été réalisée dans une eau peu profonde avec transport sédimentaire.

La figure 4 représente la topographie du lit, la surface libre et deux composantes (transverse et verticale) du vecteur vitesse dans la section située à 60° dans la courbe. Cette section est située dans le tronçon où une érosion maximale peut être observée. Cette érosion est due à la présence d'un noyau de vitesses verticales descendantes situé près de la rive.

In order to enhance the relevance of the experimental conditions to application in the natural river environment, a reference experiment in a shallow water configuration with a mobile bed has been performed.

Figure 4 illustrates the bed topography, the water surface elevation and two components (transverse and vertical) of the velocity vector in the cross-section at 60° in the bend. This cross-section is situated in the reach where the maximum bend scour occurs. This maximum bed scour is related to the presence of the core of vertical velocities impinging on the bed, which is near the bank.

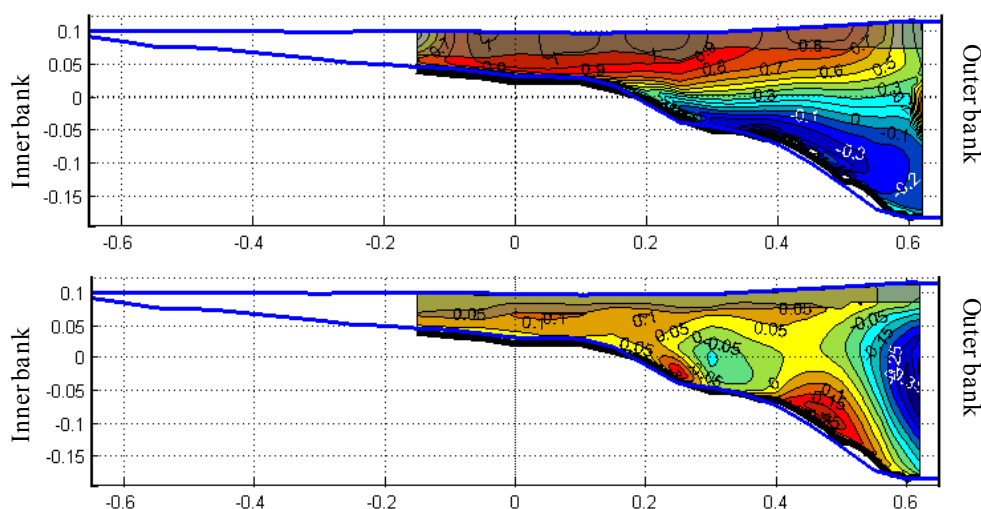


Figure 4 : Champ de vitesses (haut) transversales et (bas) verticales normalisées dans la section à 60° de la courbe / *Patterns of the normalized (top) transverse and (bottom) vertical velocities in the cross-section at 60° in the bend.*

Les caractéristiques de l'écoulement mesurées dans l'expérience de référence fournissent des informations utiles sur la position optimale de l'écran de bulles.

Ce projet de recherche fait partie d'un programme de recherche commun sur les canaux courbes à surface libre impliquant des expériences en laboratoire menées à l'EPFL, des mesures in situ au Leibniz-Institut of Freshwater Ecology and Inland Fisheries (IGB, Allemagne), des modélisations numériques à l'Université Technologique de Delft (TUD, Pays-Bas).

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

Doctorante : Violaine Dugué

The measured flow characteristics in the reference experiment provide valuable information on the optimal position of the bubble screen.

This research project is embedded in an ongoing joint research programme on open-channel bends that exploits synergies between laboratory experiments at EPFL, field experiments at the Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries (IGB, Germany) and numerical modeling at Delft University of Technology (TUD, The Netherlands).

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

Ph.D. student : Violaine Dugué

1.1.6 Gestion des crues dans un bassin versant complexe avec un système d'aide à la décision en temps réel basé sur les prévisions hydrologiques - Projet MINERVE / *Flood management in a complex river basin with a real-time decision making support system based on hydrological forecasts - MINERVE Project*

Introduction

Le bassin versant supérieur du Rhône est situé dans les Alpes suisses. Plusieurs aménagements hydroélectriques avec de grands réservoirs ont été construits dans cette région, influençant fortement le régime hydrologique des cours d'eau. Au cours des dernières décennies, plusieurs inondations catastrophiques se sont produites dans la plaine du Rhône, mettant en évidence un déficit de protection contre les crues. Le projet MINERVE vise à améliorer le niveau de protection actuel, en exploitant de manière efficace les prévisions météorologiques. Dans ce contexte, le système de réservoirs des aménagements hydroélectriques est géré de façon optimale pour réduire les pointes de crues. Un système d'aide à la décision appelé MINDS, basé sur les prévisions hydrologiques, a été développé pour aider à la prise de décision en temps réel. Il propose aux opérateurs des aménagements hydroélectriques les mesures préventives susceptibles de libérer un volume de stockage optimal dans les réservoirs de barrages. L'objectif est de retenir l'eau captée et de suspendre les opérations de turbinage pendant la pointe de la crue. Une telle gestion des réservoirs réduit le débit de pointe du Rhône, de manière à éviter, ou pour le moins limiter, le risque d'inondation.

Le système MINERVE

Les prévisions hydrologiques utilisent les prévisions météorologiques fournies par MétéoSuisse et un modèle hydrologique conceptuel, spatialement distribué, incluant également les aménagements hydrauliques. Les prévisions hydrologiques sont exploitées pour évaluer les décisions concernant la gestion des aménagements hydroélectriques dans un but de protection contre les inondations. Un outil appelé MINDS (MINERVE Interactive Decision Support) a été développé dans ce but. MINDS propose des opérations préventives de turbinage et vidange pour les aménagements hydroélectriques, basées sur les observations de débit, les prévisions hydrologiques et les niveaux des réservoirs. L'objectif est de stocker les débits entrant dans les réservoirs

Introduction

The Upper Rhone River is located in the Swiss Alps. Several hydropower schemes with large reservoirs were built in the catchment area, strongly influencing its hydrological regime. In past decades, several floods caused disasters in the catchment area. The MINERVE project aims to improve the flood protection safety, focusing on their prediction. Furthermore, the multi-reservoir system is optimally managed to limit or avoid damages during floods. A "Decision Support Tool" called MINDS has been developed for real-time decision making based on the hydrological forecasts. It proposes preventive measures to the hydropower plants operators to provide an optimal storage capacity. The goal is to retain inflowing floods in reservoirs and to stop release during the peak flow. Such a reservoir management thus reduces the peak discharges in the Rhone River, thereby limiting the damages.

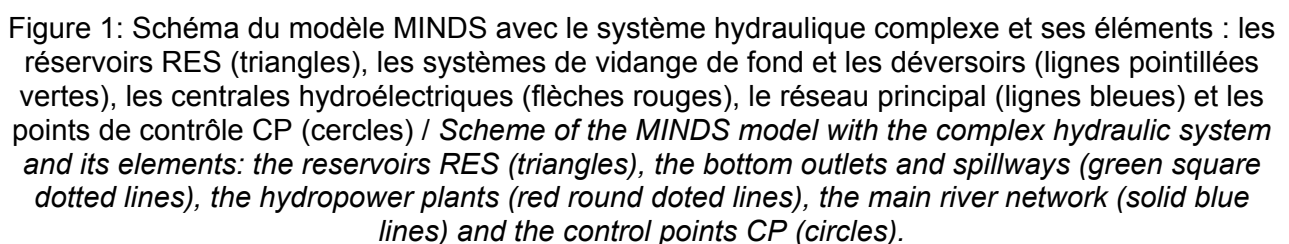
The MINERVE system

The hydrological forecast uses the meteorological forecasts provided by MeteoSwiss and is based on a semi-distributed conceptual model, including all the hydraulic schemes. The hydrological forecasts are operated to evaluate decisions concerning hydropower plants management for flood protection. A tool called MINDS (MINERVE Interactive Decision Support) has been developed for this purpose. MINDS proposes preventive turbine and bottom outlet operations to the hydropower plants operators depending on discharge observations, hydrological forecasts and reservoir levels. The aim is to retain floods in reservoirs and to reduce their outflow during the flood peak. Appropriate operation regimes may reduce the peak discharges in the Rhone River and its tributaries, reducing or avoiding damages.

The model implemented in MINDS (Figure 1) includes 21 reservoirs and 24 hydropower plants which related to 10 isolated groups (i.e. without any connections between them). The optimization of the preventive measures is done group by group following a ranking based on their efficiency. Thereby, economical losses are minimized, taking into account the

L'outil de simulation hydrologique fournit des informations utiles concernant la prise de décisions et la coordination des mesures préventives d'intervention lorsqu'une crue est annoncée. Les données hydrologiques ainsi que les mesures préventives servent de base aux décisions pour la cellule scientifique réunie en cas de crise.

The simulation hydrological tool provides useful information regarding decision-making and the coordination of intervention measures if a catastrophic flood is expected. The hydrological outputs as well as the preventive measures serve as decision basis for the crisis task force.



Objectif de l'optimisation

L'objectif du système est la minimisation de tous les dommages et des pertes de production d'énergie dans le bassin du Rhône, en amont du point de contrôle sélectionné. Ce dernier est généralement choisi à l'exutoire du bassin versant (Porte-du-Scex). Les dommages prévus ainsi que les pertes d'énergie sont exprimés en valeurs monétaires pour des raisons de comparaison.

Avant de commencer avec le calcul d'optimisation, les dommages dus aux inondations et les pertes de production énergétique aux aménagements hydro-électriques résultant des opérations préventives sont évalués.

Une fois que le point de contrôle CP à l'aval de la zone considérée est sélectionné, la fonction objective du système est définie pour minimiser les dommages et les pertes d'énergie en amont de CP. L'optimisation de la fonction recherche les séquences optimales de turbinage, vidange et pompage (début et fin de chaque séquence) dans les aménagements hydroélectriques concernés. Si aucun dommage n'est prévu, le système ne propose logiquement aucune mesure préventive.

Les pertes de production énergétique liées aux mesures préventives entraînent simultanément une maximisation des volumes de stockage dans les réservoirs pour la période d'optimisation. Les mesures préventives ne sont ainsi définies que si elles ont un effet sur les dommages prévus, et elles sont limitées à la durée strictement nécessaire.

Les entrées du système sont les hydrogrammes aux points de contrôle du réseau ainsi que les apports d'eau et les niveaux initiaux des réservoirs. Les contraintes concernent la capacité des turbines et des pompes dans les centrales hydroélectriques, l'équilibre des volumes d'eau et de stockage, la capacité des vidanges de fond, les procédures d'urgence et les caractéristiques des déversoirs de trop-plein ainsi que le débit limite au point de contrôle.

Pour résoudre la fonction objective, la méthode utilise une analyse de risque (RCA) et un processus itératif « pre-emptive goal programming » (IPGP). Le RCA minimise le risque basé sur les dommages et les pertes en tenant compte du poids de chaque membre de la prévision probabiliste. L'IPGP permet la résolution mathématique de

Optimisation objectives

The objective of the system is the minimisation of all expected damages and energy production losses in the Rhone River catchment area, upstream of a selected control point, which is usually identical with the control point located at the outlet of the entire basin, here Porte du Scex. Both, the expected damages and the energy losses are expressed as monetary values for comparison reasons.

Before starting with the optimisation computation, the expected damages in the catchment area due to the flood as well as the potential energy production losses of the hydropower plants resulting from preventive measures are investigated.

Once a control point CP at the downstream end of a considered area is selected, the objective function of the system is defined to minimise both, the expected damages and the energy losses upstream. The optimisation of the function finds the optimal sequences of turbine, bottom outlet and pumping operations (start and end of each sequence) in the related hydropower plants. If no damage is expected, the system logically does not propose any preventive measures.

The energy production losses related to the preventive measures simultaneously result in a maximisation of the reservoir volumes for the optimisation period. The reason is that preventive measures are done if they have an effect on the expected damages, and they are limited to the strictly necessary extend.

The inputs of the system are the hydrographs at the control points as well as the water inflows and initial levels of the reservoirs. The constraints are the usual ones for such cases, as the capacity of the turbines and pumps in the hydropower plants, the volume balance, the bottom outlet capacity, the emergency procedures and the reservoir spillway characteristics as well as the volume balance at the control points.

To solve this objective function, the methodology uses a risk criteria analysis (RCA) and an iterative pre-emptive goal programming (IPGP). The RCA minimises the risk based on damages and losses taking into account the weight of each member (i.e. particular forecast) of the probabilistic forecast. The IPGP allows the mathematical solving in series for all the investigated groups. The future work will deal with the implementation of other multi-criteria analyses

l'optimisation pour tous les groupes d'aménagements étudiés. Le travail futur traitera la mise en œuvre d'autres algorithmes d'analyse multicritères comme la logique floue ou le Minmax regret. MétéoSuisse, partenaire du projet MINERVE, produit les prévisions météorologiques d'ensemble COSMO-LEPS. Ce modèle a été développé par le consortium COSMO (Consortium for Small-scale Modeling) depuis 2002. Le système permet de combiner les avantages de l'approche ensembliste avec la haute résolution des intégrations du modèle. Le but de COSMO-LEPS est l'amélioration des prévisions d'événements extrêmes localisés à court et moyen terme, en particulier quand les processus liés à l'orographie et au contexte atmosphérique régional jouent un rôle crucial. Pour les prévisions à plus court terme, les prévisions déterministes COSMO-7 et COSMO-2 sont un complément intéressant et permettent l'utilisation des dernières conditions existantes pour la prévision à court terme. Les caractéristiques de ces différents modèles de prévisions météorologiques sont résumées dans le Tableau 1.

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

Doctorant : Javier García Hernández

algorithms such as Fuzzy logic or Minmax regret. MeteoSwiss, partner of the MINERVE project, produces the ensemble meteorological forecasts COSMO-LEPS. This model has been developed by the COSMO consortium (Consortium for Small-scale Modeling) since 2002. The system allows combination of the benefits of a probabilistic approach with the high-resolution detail of limited-area model integrations. The purpose of COSMO-LEPS is the improvement of the early and medium-range predictability of extreme and localized weather events, particularly when orographic and mesoscale-related processes play a crucial role. Deterministic forecasts COSMO-7 and COSMO-2 are complementary to COSMO-LEPS and are also used in the system (Table 2.1). The aim is to combine both deterministic and probabilistic forecasts, thus gaining the benefits of both.

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

Ph.D. student : Javier García Hernández

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

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

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

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

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

L'installation expérimentale et les configurations testées sont basées sur le Rhône en Suisse et sont représentatives des confluences aménagées trouvées en zone alpine. Les essais systématiques ont été effectués dans une confluence où le canal principal a une longueur de 8.5 m et une largeur de 0.50 m. L'affluent, d'une longueur de 4.9 m et d'une largeur de 0.15 m, se connecte au canal principal avec un angle de 90°. Trois scénarios de débit ont été testés dans quatre configurations différentes de la confluence : une configuration de référence (sans élargissement) et trois élargissements différents. Chaque essai a été réalisé avec des conditions stationnaires de débit dans l'affluent et dans le canal principal et un débit solide constant constitué par des sédiments avec une granulométrie étendue ($d_{50} = 0.82$ mm et $d_{90} = 5.7$ mm) dans l'affluent. Il n'y a pas de transport de sédiments dans le canal principal en amont de la confluence. Tous les essais ont été menés jusqu'à ce que les conditions d'équilibre soient atteintes, ce qui durait entre 22 et 24 heures.

successfully accomplish river rehabilitation projects.

The morphodynamics of regulated alpine confluences have been experimentally investigated with special attention to the potential of local tributary widening in the framework of confluence rehabilitation projects. As illustrated in Figure 1, the local tributary widening in the confluence zone aims to increase the heterogeneity in sediment substrate, flow depth and flow velocity, which is favourable for in-stream habitat (e.g. aquatic invertebrates, fish, and vegetation) and for the connectivity between the main river and the tributary. Zones of quiescent water (flow stagnation or flow recirculation zones) may play an important role as refuges during flood events. Moreover, a local tributary widening can create a riparian zone which favours the diversity of plants and animals (e.g. birds, mammals, insects, amphibians). Obviously, river rehabilitation by means of local tributary widening is only feasible if it has negligible adverse effects on the flood safety of the confluence zones.

The experimental set-up and the test configurations are based on the analysis of the Upper Rhone River, in Switzerland, which can be considered as representative for regulated alpine river confluences. Systematic laboratory experiments were performed in a confluence flume where the main channel is 8.5 m long and 0.50 m wide. A 4.9 m long and 0.15 m wide tributary channel is connected at an angle of 90°. Three discharge scenarios were tested for four different geometrical configurations: a reference case (without widening) and three different tributary widenings. Each experiment was conducted under steady flow conditions in the main and tributary channels and with a steady supply of poorly sorted sediments ($d_{50}=0.82$ mm and $d_{90} = 5.7$ mm) at the tributary. There is no sediment transport in the main channel upstream of the confluence. All experiments were conducted until the equilibrium conditions were reached. The duration of the tests varied between 22 and 24 hours.

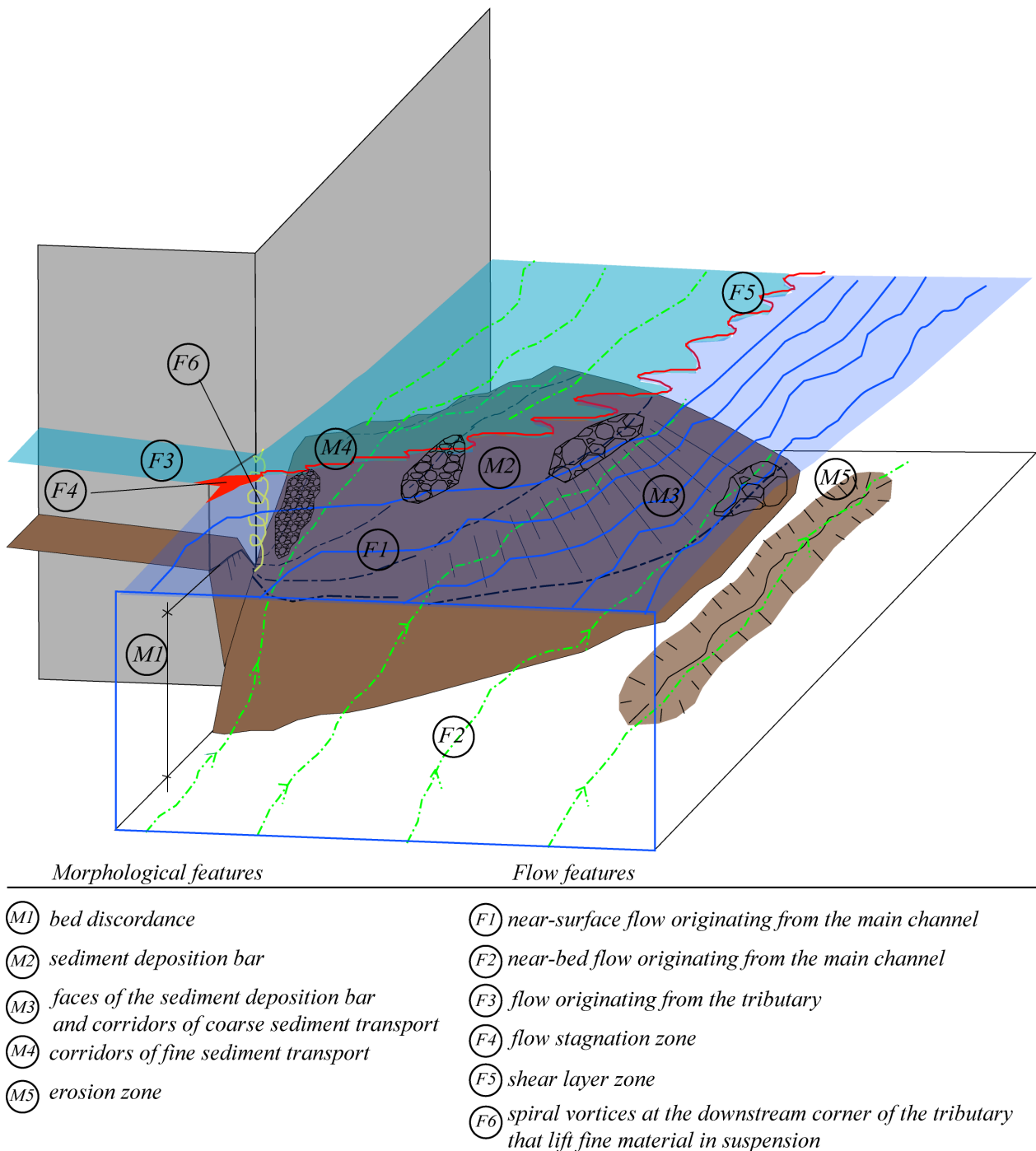


Figure 1: Modèle conceptuel des processus hydro-morpho-sédimentaires dans des confluences alpines / *Conceptual model for hydro-morpho-sedimentary processes in alpine river confluences*

Les mesures du champ de vitesse en trois dimensions, de la turbulence, de la granulométrie des matériaux déposés et de la morphologie ainsi que les observations du transport de sédiments dans la configuration de référence ont révélé que les processus hydro-morpho-sédimentaires agissant sur les confluences alpines sont fondamentalement différents de ceux décrits par des modèles existants sur la morphodynamique des confluences (Figure 1).

Par conséquent, un modèle conceptuel

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

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

Les essais en laboratoire indiquent que l'élargissement local des affluents conduit à une variabilité importante des substrats du lit, des vitesses d'écoulement et aussi des profondeurs d'écoulement. Cette augmentation de variabilité n'est par contre pas associée à des effets adverses concernant la sécurité contre les crues dans la zone de la confluence. Bien que l'élargissement local de l'affluent permette une réduction de l'angle de confluence, il amplifie localement les processus hydro-morpho-sédimentaire dans la zone de confluence. Cela est dû à la réduction de la surface de l'écoulement dans la zone élargie, ce qui entraîne une augmentation de vitesse de l'écoulement. La réduction de la surface de

proposed (Figure 1). The model is validated by three experimental tests with different discharge ratios as well as field observations at Rhone confluences. Bed morphology in alpine confluences is characterized by the presence of a significant deposition bar downstream of the confluence. Differences between the water depths in the tributary and in the main channel induce the formation of large bed discordance between the confluent channels. Moreover, no considerable scour hole is observed. Regarding the flow, the tributary momentum input, associated with the presence of the deposition bar resulted in a considerable mass redistribution in the confluence zone as the main flow is deviated towards the outer bank. The main channel flow is hardly hindered by the tributary in the lower part of the water column, giving rise to a two-layer flow structure at the tributary mouth. The two-layer flow plays an important role in dampening the formation of a flow recirculation zone downstream of the confluence. The deposition bar downstream from the confluence reduces the flow area and causes flow acceleration. The sediment supplied by the tributary is mainly sorted and transported on the face of the deposition bar. The sediment transport capacity is further increased by the three-dimensionality of the flow. It is characterized by maximum velocities occurring near the bed and by a considerable increase in turbulent kinetic energy generated in the shear layer at the interface of the flows originating from the main channel and the tributary.

Laboratory experiments revealed that the local widening of tributaries creates a pronounced heterogeneity in the sediment substrate, flow velocities and flow depths, without having any adverse effects on flood safety in the confluence zone. Although the local tributary widening allows a reduction in the confluence angle, it locally amplifies the hydro-morpho-sedimentary processes in the confluence zone. This is due to the reduction of the effective flow area in the local tributary widening, resulting in locally increased tributary velocities and momentum flux. This reduction of the effective flow area occurs due to a general rise of the bed elevation and by a lateral constriction of the flow induced by a zone of flow stagnation at the upstream confluence corner. Flow issuing from the tributary remains in the upper part of the water column in the main river and it is considerably more directed outwards than flow in the lower

l'écoulement est due à l'élévation générale du niveau du fond et par une constriction latérale de l'écoulement induite par une zone de stagnation d'écoulement dans le coin à l'amont de la confluence. L'augmentation de vitesse dans la zone élargie conduit à l'augmentation de la discordance du fond et à une plus grande pénétration de l'affluent dans la zone de confluence.

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

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

Doctorant : Marcelo Leite Ribeiro

part of the water column coming from the main channel. The increased tributary velocities lead to increased bed discordance and a higher tributary penetration in the confluence zone.

Despite the different morphodynamic responses at the widened zones depending on the widening geometry and the discharge ratio (Figure 3), the local tributary widening always enhance the variability of flow depths, bed constitution and flow velocities without causing adverse effects on the morphodynamics of the tributary and main channels in equilibrium conditions. Furthermore, the lateral freedom obtained by the local widening associated to the different combinations of the main and tributary discharge events further allows the formation of different bed forms, which contributes to the improvement the lateral connectivity of regulated networks.

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

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

Ph.D. student : Marcelo Leite Ribeiro

1.1.8 Refuges à poissons aménagés dans les berges de rivières soumises aux éclusées - Influence de la géométrie du refuge sur son attractivité / *Fish behavior during hydropeaking in a channel equipped with a lateral shelter*

Dans le cadre d'une recherche sur le développement de mesures d'atténuation des effets des éclusées hydroélectriques, un refuge à poissons aménagé dans la berge d'un cours d'eau est étudié. Des expérimentations systématiques ont été menées pour différentes géométries, dans un canal principal d'une longueur utile de 12 m, pour une largeur de 1.2 m, et qui est alimenté en eau de rivière (Figure 1). La configuration de base est constituée d'un rectangle de 2.0 m de longueur et 1.2 m de largeur, aménagé en surlargeur du canal. Afin d'influencer les échanges d'eau entre le refuge et le canal, un

In the framework of a research project focusing on mitigation measures for hydropeaking, a lateral embayment at the channel bank is studied as a fish refuge. Systematic experiments with different refuge configurations were carried out. The basic configuration is rectangular with a length of 2 m and a width of 1.2 m installed at the right bank of a 12 m long and 1.2 m wide flume supplied with freshwater from a natural river (Figure 1). In order to trigger water exchange between the flume and the rectangular refuge a wall acting like a groyne was installed inside the refuge protruding slightly in the main

épi pénétrant dans le canal, a été installé dans le refuge. La position et l'angle d'orientation de cet épi ont été systématiquement variés dans le but d'optimiser les échanges d'eau et l'attractivité du refuge pour les poissons, durant les éclusées.

channel. Position, inclination and protrusion rate of this groyne were varied systematically in order to obtain an optimal water exchange and the best attractiveness of the shelter for fishes during hydropeaking.

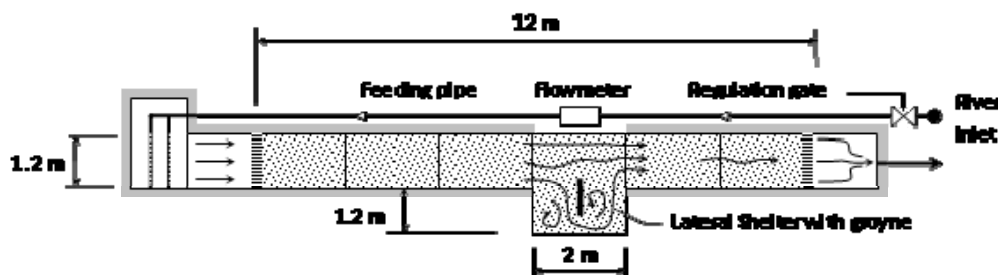


Figure 1 : Canal écohydraulique installé dans l'usine hydroélectrique de la Maigrauge, Fribourg, Suisse / *Ecohydraulic test flume in the former powerhouse of Maigrauge dam*

Durant chaque essai, les poissons sont exposés au débit d'écluse de 220 l/s, pendant 3 heures au cours desquelles leurs mouvements sont filmés et leurs positions consignées chaque 20 minutes. Ainsi, 12 configurations (Figure 2) ont été testées à 3 reprises chacune, soit deux fois avec 10, et une fois avec 20 truites fario sauvages (*salmo trutta fario*), au stade juvénile (0+,1+). Pour chaque configuration, l'analyse de la position des poissons donne un indice global de fréquentation du refuge et définit des endroits préférés pour leur stationnement interne. Le traitement des images vidéo permet de retracer les trajectoires entrantes et sortantes. Cela permet aussi de compter les passages à travers la section située à l'interface entre le refuge et le canal, dans le but de connaître la distribution spatiale et la fréquence des mouvements des poissons, aussi bien en amont qu'en aval de l'épi.

Dans le but de rattacher les trajectoires de nage des poissons aux conditions d'écoulement, des champs de vitesses ont tout d'abord été simulés globalement, avec le logiciel Basement 2D (Figure 4). De manière plus détaillée, des profils de vitesses par ultrasons (UVP) ont été systématiquement mesurés pour les 12 configurations. Ainsi, les champs de vitesses ont été reconstitués sur les plans horizontaux et dans différentes sections verticales dans le secteur du refuge. En particulier dans la section interface, l'analyse vise à expliciter la corrélation entre les trajectoires empruntées par les poissons et les champs de vitesses traversés.

Les essais ont montré que le refuge à l'état brut (configuration C0) n'est pas attractif pour le poisson, à cause du faible échange d'eau

*Each configuration was tested three times with juvenile wild brown trout (*Salmo trutta fario*) (0+ and 1+), with 2 different groups of 10 and the combined group of 20 brown trout. They were exposed during 3 hours each time to a hydropeaking flow of 220 l/s in the main channel. During every test, the movements of the fish were recorded continuously by video camera and their positions were observed every 20 minutes. 6 series of 20 fishes were used for 36 sequences corresponding to the 12 configurations tested (Figure 2). For each configuration the analysis of the fish positions gave a global frequentation rate (Figure 3) as well as the favorite staying places in the shelter. Some in- and outgoing fish trajectories were obtained by the treatment of video pictures. A particular focus was given to the interface section between the refuge and the main channel in order to relate the spatial distribution and the frequency of fish passage from up- and downstream into the shelter.*

In order to link the swimming trajectories of the trout with the flow conditions, the velocity field was preliminary and globally simulated with Basement 2D (Figure 4). In a more accurate way, systematic measurement of the velocity field was performed using UVP technology. The flow velocities were analysed in several horizontal and vertical transects across the refuge and flume. Comparing the velocity patterns with the fish trajectories, the attractiveness of different configurations of fish refuges could be analyzed.

The tests reveal that a very basic refuge configuration, with low water exchange between shelter and channel, is not interesting for fish. When forcing a water exchange by introducing a deviation groyne into the shelter,

entre le canal et le refuge. En forçant une circulation d'eau dans le refuge à l'aide d'un épi de dérivation, la fréquentation du refuge augmente nettement (Figure 3). Le poisson le trouve distinctement en suivant le courant d'attrait qui en ressort. Une fois cette performance obtenue, un processus d'optimisation de l'attractivité a été accompli en variant l'orientation et la position de l'épi, dans le but d'agir sur la distribution des vitesses aussi bien dans la section d'entrée de l'eau dans le refuge que celle de sortie (Figure 2).

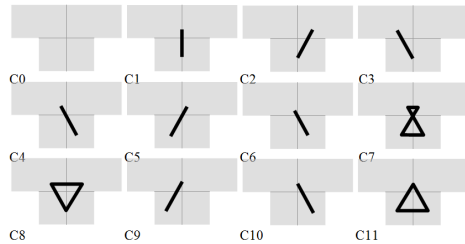


Figure 2 : Position et orientation de la paroi verticale pour les configurations C0 à C11 / *Position and inclination of the vertical wall for configuration C0 to C11*

Cette démarche a montré l'intérêt d'une distribution caractérisée par un courant à fortes vitesses le long de la paroi de sortie du refuge, associé à un tourbillon faiblement actif entre ledit courant et la paroi centrale. Le courant attire le poisson et le tourbillon lui permet de pénétrer dans le refuge (Figure 5). La zone à hautes vitesses attire le poisson et la zone proche à faibles vitesses permet au poisson de pénétrer dans le refuge. Pour les configurations les plus favorables, le taux moyen de fréquentation du refuge dépasse les 80% (Figure 3), et la plupart des poissons y pénètrent durant les 20 premières minutes de l'écluse.

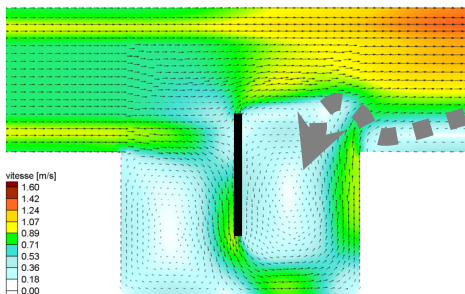


Figure 4 : Configuration C1, champ de vitesses simulé à l'aide de Basement 2D, chemin préférentiel des poissons entrant dans le refuge / *Configuration C1, velocity field simulated with Basement 2D, main fish trajectories at the entry of the shelter (dashed arrow)*

its frequentation can be increased significantly. The fish can easily detect the refuge by the exchange flux when searching its way upstream. The refuge attractiveness can be optimized by testing different groyne orientations (Figure 2), creating an expanded velocity field close to the exit and the entrance.

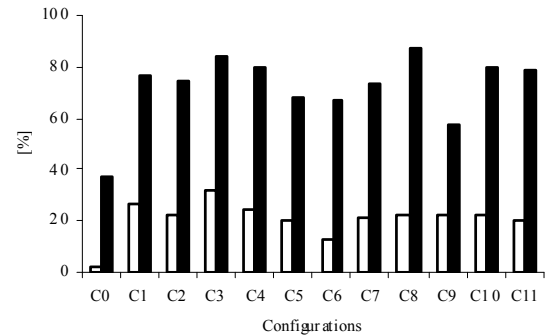


Figure 3 : ■ Taux de fréquentation du refuge par les poissons, □ débit dérivé dans le refuge par rapport au débit total d'écluse, pour chaque configuration / ■ Average frequentation rate of shelter by fishes, □ diverted discharge related to hydropeaking flow, for each configuration

Important for the refuge attractiveness is a high velocity field leaving the shelter at its lower end but also a backwater zone near the groyne (Figure 5). The high velocity field attracts the fish and the close backwater zone allows the fish to enter the shelter. For the best configuration, more than 80% of the fish found the refuge by swimming mainly from downstream, 20 minutes after the beginning of hydropeaking (Figure 3).

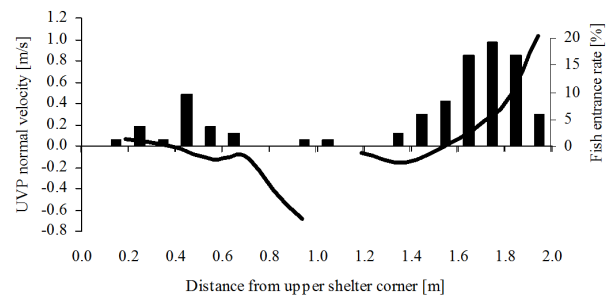


Figure 5 : Configuration C1, ■ distribution des entrées de poissons entrant dans le refuge superposée au profil de vitesses UVP, le long de la ligne interface entre le refuge et le canal / *Configuration C1, ■ fish entrance rate stacked with UVP water velocity and referred to distance from upper shelter corner*

Actuellement un prototype de refuge est à l'étude en vue de réalisations le long de rivières. Les questions de construction, de viabilité et d'intégration sont examinées au même titre que les problèmes de transport de sédiments. L'accent est aussi mis sur les habitats à poissons.

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

Doctorant : Jean-Marc Ribl

The prototype will be further improved in order to develop a refuge applicable to real river conditions. For prototype configurations it is important also to consider the sedimentation problem by fine sediments. Of course the refuge geometry would have to be smooth with a groyne reproducing the effect of the wall in the laboratory. Microhabitat potential would have to be studied also in detail.

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

PhD student : Jean-Marc Ribl

1.1.9 Mesures contre la sédimentation des réservoirs – Influence d'un écoulement rotationnel et montant sur le comportement des sédiments dans un réservoir proche d'une prise d'eau / Measures against reservoir sedimentation - Influence of rotational and upward flow on sediment behaviour in reservoirs near intakes

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

Cette nouvelle idée a été testée expérimentalement dans un réservoir rectangulaire du laboratoire aux dimensions suivantes : 2 m de large, 1.5 m de haut et 4 m de long. Deux configurations à jets ont été testées systématiquement: une configuration à quatre jets disposés en cercle sur un plan horizontal et une configuration à quatre jets alignés, située parallèlement à la paroi frontale. L'influence des caractéristiques du jet (diamètre du jet d_j , vitesse du jet v_j , débit du jet Q_j et angle du jet θ), et celle des paramètres géométriques de la configuration sur

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

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

As initial condition an almost homogeneous sediment concentration distribution was

l'évacuation des sédiments ont été testées.

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

L'évacuation de sédiments (*ESR* pour Evacuated Sediment Ratio) est définie par le rapport entre le poids de sédiments évacués P_{out} et le poids de sédiments initialement ajoutés P_{in} . Ce rapport représente l'intégrale temporelle normalisée de la quantité de sédiments évacués : $ESR = P_{out}/P_{in}$. Par analogie, la proportion de sédiments déposés est la quantité de sédiments déposés divisée par le poids de sédiments initialement ajoutés P_{in} .

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

The sediment release (evacuated sediment ratio, ESR) is defined as the evacuated sediment weight P_{out} divided by the sediment weight initially supplied P_{in} and represents the normalized temporal integral of the released sediment amount: $ESR = P_{out}/P_{in}$. Analogously, the settled sediment ratio is the settled sediment divided by the sediment weight initially supplied P_{in} .

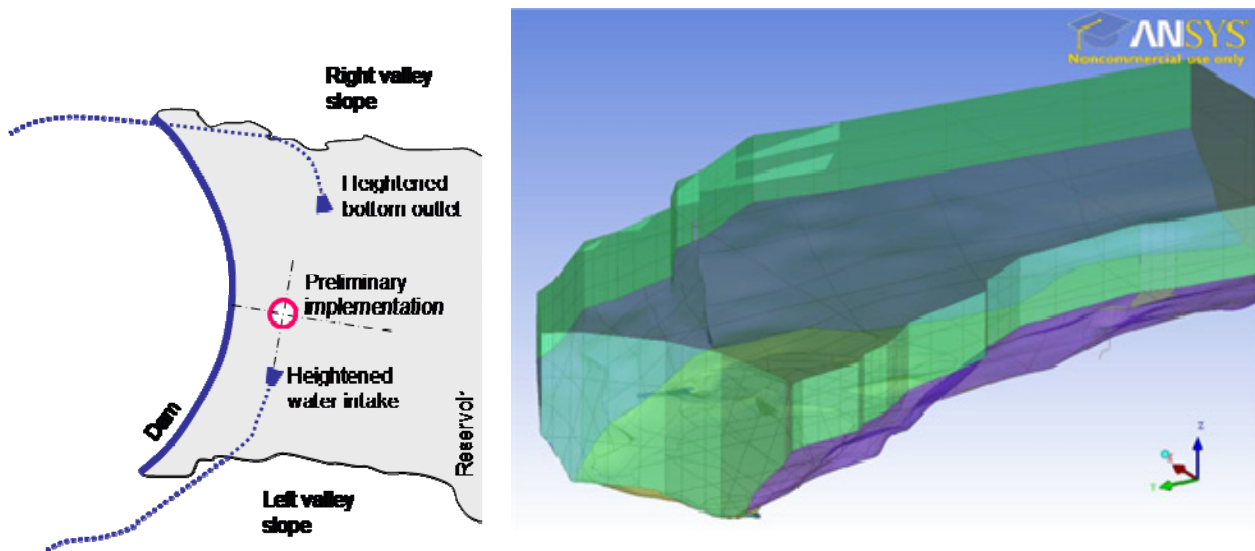


Figure 1: Proposition d'aménagement du système d'injection de jets dans la retenue de Mauvoisin et modèle numérique 3D de la retenue / *Proposed jet injection system in the Mauvoisin reservoir and 3d numerical model of the lower part of the reservoir*

Les expériences sans jets ont servi de configurations de référence et ont montré, sur l'ensemble des tests, une relation pratiquement linéaire entre la proportion de sédiments évacués et le débit : plus le débit était élevé, plus la proportion de sédiments

Experiments without jets as reference configuration showed an almost linear relation between the sediment release and the discharge within the tested range: the higher the discharge, the higher the evacuated sediment ratio. For a constant discharge the

évacués était grande. Pour un débit constant, la proportion finale de sédiments évacués et de sédiments déposés ont été estimées par une approche mathématique simple qui tient compte de la vitesse de décantation et du champ de vitesse engendré par le débit à travers la prise d'eau d'une part, et par la vitesse à travers la paroi arrière d'autre part. Pour l'ensemble des débits testés, la proportion de sédiments évacués était comprise entre 0.09 et 0.37 dans la configuration de référence.

Les jets sont des mélangeurs efficaces : après une demi-heure environ, l'écart-type de la concentration de sédiments en suspension était d'environ 5 %, ce qui, en chimie, est considéré comme homogène. Par conséquent, moins de sédiments étaient décantés et la proportion de sédiments évacués était plus élevée que sans les jets, jusqu'à atteindre une valeur $ESR = 0.73$ pour le débit le plus haut testé ($\Sigma Q_j = 4050$ l/h).

D'autre part, contrairement aux expériences sans jets, les sédiments ont été remis en suspension avec les jets. La remise en suspension commençait quand la circulation avait atteint des conditions d'équilibre. Elle a été détectée pour des débits plus grands qu'une valeur seuil déterminée expérimentalement. L'évolution temporelle de la vitesse de remise en suspension, suggère que tous les sédiments initialement ajoutés pourraient être finalement évacués.

La configuration circulaire des jets a été identifiée comme étant la plus efficace pour l'évacuation des sédiments. D'autre part, la combinaison des paramètres géométriques normalisés, les meilleurs, a été déterminée comme suit : hauteur de la position des jets $C/B = 0.175$, hauteur de la prise d'eau $h/B = 0.25$, distance du centre de l'agencement des jets à la paroi frontale $d_{axis}/B = 0.525$, distance entre deux jets voisins $l/B = 0.15$, angle du jet $\theta = 0^\circ$, hauteur d'eau dans le réservoir $h/B = 0.6$. Sous des conditions optimales et avec le débit de jet testé, le plus haut ($\Sigma Q_j = 4050$ l/h), une proportion de sédiments évacués de $ESR = 0.73$ a été atteinte après quatre heures. Sans jets et avec le même débit à travers la prise d'eau, la proportion de sédiments évacués est arrivée à $ESR = 0.37$.

Transversalement, le champ de vitesse correspondant était semblable à celui d'un mixeur axial, ce qui dans la littérature, est connu pour être favorable à une mise en suspension. Longitudinalement, en cas de

ultimate sediment release as well as the settled sediment ratio was easily estimated by a simple physical approach taking into account the settling velocity and the flow field generated by the discharge through the water intake and the back wall. For the tested discharge range the sediment release was between 0.09 and 0.37 for reference configuration.

Jets are effectively mixing: after roughly half an hour the standard deviation of the suspended sediment concentration was approximately 5 %, what in chemistry is considered as homogeneous. Consequently, less sediment was settled and, hence, the sediment release was higher than without jets and reached for the highest tested discharge ($\Sigma Q_j = 4050$ l/h) $ESR = 0.73$.

Moreover, contrary to the experiments without jets, with jets resuspension of settled sediment was observed. Resuspension started once steady state conditions for the circulation were reached. It has been detected for discharges higher than an experimentally determined threshold. The observed evolution of the resuspension rate suggests that for a final stage all of the initially supplied sediment can be evacuated.

The circular jet arrangement was identified as the most efficient configuration regarding sediment release. Additionally, the normalized optimal geometrical parameter combination was determined as follows: off-bottom clearance of the jet arrangement $C/B = 0.175$, water intake height $h/B = 0.25$, distance of the jet arrangement to the front wall $d_{axis}/B = 0.525$, distance between two neighbouring jets $l/B = 0.15$, jet angle $\theta = 0^\circ$ and water height in the tank $h/B = 0.6$. Under optimum conditions and with the highest tested jet discharge ($\Sigma Q_j = 4050$ l/h) after four hours a sediment release of $ESR = 0.73$ was achieved. Without jets and with the same discharge through the water intake the sediment release reached $ESR = 0.37$.

The corresponding flow pattern in the transversal plane was similar to an axial mixer, which in the literature is reported as favourable for suspension. In the longitudinal flow patterns resulting from higher discharges, a single rotor was found between jets and water intake, whereas for smaller discharges the flow pattern was similar to a radial mixer.

A variation of a single geometrical parameter within the tested range (i.e. 60 to 200 % of the optimum value) caused a sediment release

débits plus élevés, un seul « rotor » a été trouvé entre les jets et la prise d'eau, tandis que pour des débits plus petits, le champ de vitesse était similaire à ce d'un mixeur radial.

Une variation d'un seul paramètre géométrique dans la gamme testée (soit de 60 à 200 % de la valeur maximale) a provoqué une réduction de la proportion de sédiments évacués jusqu'à 40 %, dépendant du paramètre et de la durée.

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

L'efficacité des jets a été établie en comparant la proportion des sédiments évacués obtenue dans différentes conditions : une fois avec jets, une fois sans jets. L'efficacité prédite, en se basant sur des relations empiriques et indépendantes du temps et du débit, est d'environ 1.7 pour la configuration optimale. En utilisant les valeurs mesurées, l'efficacité dépend du débit et augmente en fonction du temps. En fin de phase non stationnaire et quand la remise en suspension commence, l'efficacité était d'environ 1.5. Avec le débit le plus haut testé ($\Sigma Q_j = 4050 \text{ l/h}$) l'efficacité a presque atteint 2 après quatre heures.

Vu la granulométrie fine des sédiments expérimentalement testés (diamètre moyen de $60 \mu\text{m}$), l'application s'est focalisée sur les grands réservoirs où les sédiments sont bien triés le long du thalweg et où seules des particules fines sont attendues devant le barrage, comme c'est le cas pour les sédiments transportés par des courants de turbidité.

Un premier essai de changement d'échelle des résultats de laboratoire, a été effectué à Mauvoisin, un barrage dont la couronne mesure 520 m de longueur, créant ainsi un grand réservoir en Suisse. En se basant sur le débit et la chute de l'afflux existant, une disposition préliminaire circulaire de jets a été proposée. Cependant, la largeur du réservoir a été estimée être environ trois fois plus grande que celle des conditions optimales des essais. Malgré tout, une configuration circulaire des jets devrait certainement permettre d'évacuer davantage de sédiments

reduction of up to 40 %, depending on the parameter and the duration.

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

The efficiency of the jets was established by comparing the sediment release obtained under different conditions: once when jets were employed, once without jets. The predicted efficiency based on time and discharge independent empirical relationships is around 1.7 for the optimum jet configuration. Using the measured data the efficiency depends on discharge and increases with time. At the end of the transient phase and when resuspension started the efficiency was approximately 1.5. With the highest tested discharge the efficiency reached after four hours almost 2 ($\Sigma Q_j = 4050 \text{ l/h}$).

Due to the fine grain size used in the experiments (mean diameter of $60 \mu\text{m}$) the application focuses on large reservoirs where the sediment is well sized along the thalweg and only fine particles are expected in front of the dam as it is the case for sediments transported by turbidity currents.

In the case study of Mauvoisin with a 520 m long dam crest creating a large reservoir in Switzerland, a first attempt was made to up-scale the research results. Based on the available discharge and head of the existing water transfer tunnel a preliminary optimal circular jet arrangement was suggested. However, the width of the reservoir was estimated at approximately three times as large as optimal experimental conditions. Nevertheless, with a circular jet arrangement could definitely more sediment be evacuated than without jets. Moreover, the region near the outlet devices could be maintained free of sediment and their clogging could be avoided.

An economic study revealed that a jet arrangement is a low cost installation which, based on the performed experiments, is essential when aiming for high sediment release and fighting against reservoir sedimentation.

Research financed by swisselectric research.

Ph.D. student : Jolanda Jenzer Althaus

que sans les jets. En plus, la zone proche de la prise d'eau pourrait être maintenue libre de sédiments et les obstructions devraient ainsi être évitées.

Une étude économique montre qu'un arrangement de jets est une installation peu chère, qui, selon les essais, est essentielle lorsqu'une bonne évacuation de sédiments est recherchée et dans la lutte contre la sédimentation des réservoirs.

Recherche financée par swisselectric research.

Doctorante : Jolanda Jenzer Althaus

1.1.10 Optimisation à buts multiples de la gestion des ressources en eau sur un bassin versant semi-aride et complexe / *Multipurpose optimization of water resources management in a complex semi-arid catchment area*

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

L'étude est centrée sur le bassin du Zambèze, situé dans la partie est du continent africain. Le Zambèze parcourt 2600 km et relie huit pays africains (Angola, Namibie, Botswana, Zambie, Zimbabwe, Malawi, Tanzanie and Mozambique) qui se partagent les différentes parties de son bassin de drainage couvrant au total 1.4 Mio de km² (Figure 1). La pluie moyenne annuelle sur le bassin est d'environ 1000 mm an⁻¹ mais seulement ~7% (70 mm an⁻¹) arrive à l'océan indien. L'utilisation de l'eau actuelle se limite principalement à la production hydroélectrique à travers une série de barrages : Kariba entre la Zambie et le Zimbabwe, Kafue qui est constitué de deux réservoirs (Kafue et Itezhi-Tezhi) et Cabora Bassa au Mozambique. Environ 40 nouveaux aménagements hydroélectriques ont été proposés pour une capacité totale de plus de 13'000 MW.

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

The study will focus on the Zambezi River Basin (ZRB), located in the East part of the African continent. The Zambezi River runs over 2600 km and connects eight African nations (Angola, Namibia, Botswana, Zambia, Zimbabwe, Malawi, Tanzania and Mozambique) that share different portions of its 1.4 Mio km² large drainage basin (Figure 1). The average annual rainfall in the basin is about 1000 mm yr⁻¹ but only ~7% (70 mm yr⁻¹) discharges to the Indian Ocean. Current water use is mainly limited to hydropower production through a series of impoundments: Kariba Dam between Zambia and Zimbabwe, Kafue Hydropower scheme consisting of the Kafue and the Itezhi-Tezhi Reservoirs and Cabora Bassa Reservoir in Mozambique. About 40 new hydropower plants with a total installation capacity of more than 13,000 MW have been proposed in the basin.

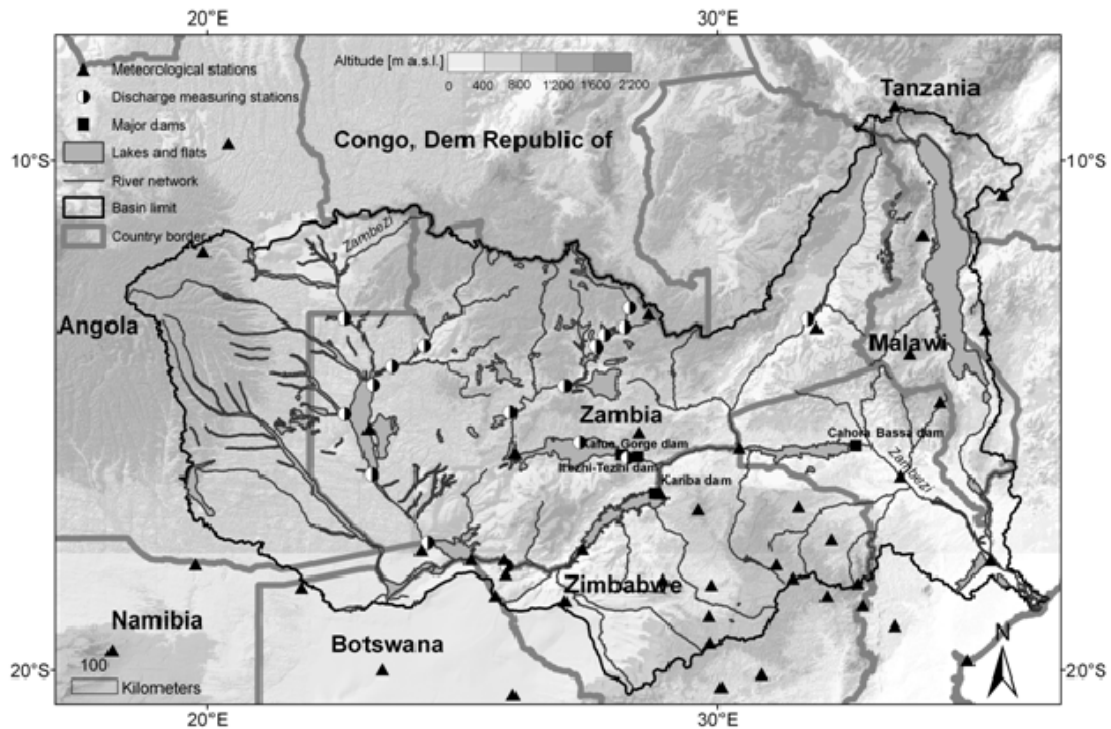


Figure 1: Carte du bassin versant du Zambèze avec les frontières des pays, le réseau des rivières, les lacs, les principaux barrages et les stations météorologiques ainsi que les stations de mesure du débit / *Map of the Zambezi River Basin showing the countries border, the main river network with the lakes and flats, the major dams and the ground stations with available rainfall observations and discharge measurements for the period 1998 to 2009*

Le projet de thèse a pour but de développer une méthodologie générale qui permette d'optimiser la gestion des ressources en eau sur un bassin versant semi-aride.

Deux tâches importantes ont été effectuées pendant la première année : une comparaison et une validation des différentes pluies estimées sur la base d'observations satellites (FEWS RFE2.0, TRMM 3B42 and CMORPH) et la calibration du modèle hydrologique de la partie amont du Zambèze avec le logiciel Routing System II.

The research project aims to develop a generally applicable methodology, which allows the multipurpose optimization of water resources management in a complex semi-arid catchment area.

Two main tasks were accomplished during the first year: an extensive comparison and validation of different satellite derived rainfall estimates (FEWS RFE2.0, TRMM 3B42 and CMORPH) and the calibration of the hydrologic model of the upper Zambezi with Routing System II.

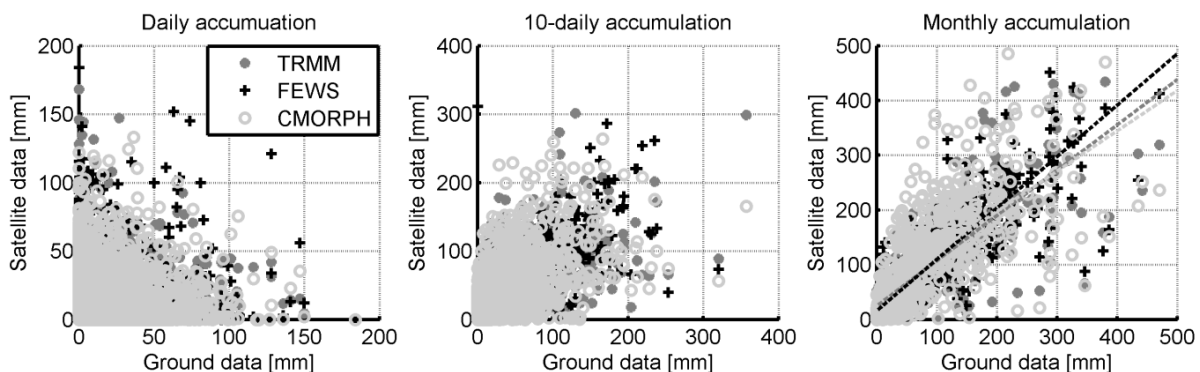


Figure 2 : Graphique de dispersion pour les estimations de pluie basées sur des observations satellites versus les pluies mesurées au sol à un pas de temps journalier, de 10 jours et mensuel pour les années 2003 à 2009 / *Scatter plot of satellite based estimates versus ground data for daily, 10-daily and monthly time step for the period 2003 to 2009*

La validation des pluies estimées sur la base d'observations satellites vise à fournir une comparaison et une évaluation des différentes sources de données d'entrée qui peuvent être utilisées pour la modélisation hydrologique du Zambèze. La taille appropriée des sous-bassins basée sur la structure spatiale des pluies ainsi que le pas de temps fiable sont déterminés. Les différentes estimations satellites ont été comparées et leur erreur évaluée en référence aux mesures de pluies au sol. A un pas de temps journalier, les estimations satellites sont équivalentes à une simulation aléatoire alors qu'à pas de temps mensuels, toutes les estimations ont une bonne correspondance (Figure 2). En ce qui concerne la variabilité spatiale des pluies, la taille maximale des sous-bassins varie entre un cercle de rayon 1° et un cercle de rayon 2.5° selon les estimations.

En parallèle, un premier modèle hydrologique du bassin versant amont du Zambèze (depuis la source jusqu'au chutes Victoria) a été calé utilisant TRMM 3B42 comme input. Les résultats sont satisfaisants en termes de rapport de volume et structure temporelle globale mais le modèle doit être affiné pour tenir compte de la variabilité spatiale des pluies (Figure 3).

The validation of satellite derived rainfall estimates aims to provide a comparison and an evaluation of the different sources of input data that can be used for hydrological modeling of the Zambezi Basin by determining the appropriate size of sub-basins in terms of rainfall pattern and the reliable time step for modeling. The different satellite estimates were compared and the error properties of the satellite derived data were determined with reference to ground station measurements. At a daily time scale, satellite derived rainfalls appear equivalent to random simulation of precipitation whereas at monthly time scale, all estimates have a good correspondence (Figure 2). Regarding the spatial heterogeneity of rainfall, the maximum sub-basin size varies between a circle of 1° radius and a circle of 2.5° radius depending on the estimate.

In parallel, a first hydrologic model of the upper Zambezi (from the headwaters to Victoria Falls) was calibrated using TRMM 3B42, a priori the most reliable estimates, as input. The results were satisfactory in terms of volume ratio and global temporal structure but the model needs to be refined in terms of sub-basin surface to be able to account for the spatial heterogeneity of rainfall (Figure 3).

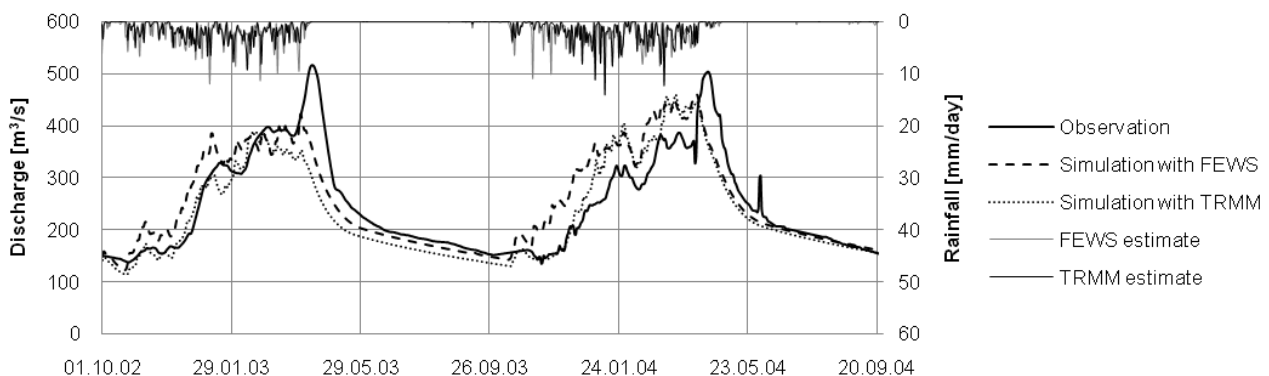


Figure 3 : Débit observé et simulé à Kabompo Buma avec les pluies données par TRMM et FEWS pour la période d'octobre 2002 à octobre 2004 / *Discharge simulated and observed with the associated rainfall estimates at Kabompo Boma for the 2002-2004 period*

Une version plus précise du modèle, basée sur les résultats des premières simulations et incluant la partie aval du bassin versant est en construction (hiver-printemps 2010-2011). Un sous-modèle pour les marécages sera intégré. L'influence de l'exploitation des barrages sur le régime du fleuve et des plaines inondables sera évaluée en faisant tourner le modèle avec différents scénarios dont l'état naturel du bassin et les nouveaux projets de barrages (été-automne 2011).

A more precise version of the model, based on the result of the first model and including the lower Zambezi is under construction (winter-spring 2010-2011). A sub-model for the wetlands accounting for the evaporation losses will be integrated. The influence of dam operation on river and floodplain regimes will be assessed by running the model with different scenarios including a natural state of the basin and the new dams projects (summer-fall 2011).

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

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

Doctorante : Théodora Cohen Liechti

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

Funding : Competence Center Environment and Sustainability (CCES).

PhD student : Théodora Cohen Liechti

1.1.11 Index de diversité hydro-morphologique: un indicateur de l'intégrité écologique d'un cours d'eau / The Hydro-morphological Index of Diversity: an Indicator for the Ecological Integrity of a Water Course

Ce projet de recherche vise à définir le lien direct entre les caractéristiques hydro-morphologiques d'un cours d'eau et son intégrité écologique. En intégrant les caractéristiques hydro-morphologiques dans un seul Index des diversités, il devrait être possible de fournir un outil permettant aux ingénieurs hydrauliciens de mener à bien des projets hautement bénéfiques à l'intégrité écologique des cours d'eau, pour autant que ces projets traitent de renaturation de rivières ou de protection contre les crues. Simultanément, ces outils devraient être une aide à la finalisation de projets de dérivation des eaux, que ce soit pour le turbinage, l'irrigation ou d'autres activités, de façon à ce que les impacts sur l'écologie fluviale soient minimisés.

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

Les activités de 2010 se sont concentrées sur :

- Travaux de terrain sur la rivière Sense;
- Analyse des données réunies pour les rivières Bünz, Venoge et Sense. Définition d'une première proposition pour le HMID;
- Modélisation numérique des 5 sites d'étude de la rivière Sense pour obtenir une corrélation entre l'indice HMID et différents débits et d'en établir une série temporelle;
- Analyse de la fréquence d'inondations des bancs de gravier au site n°1 de la rivière Sense.

Autant que possible dans un pays fortement développé comme la Suisse, la rivière Sense, au moins pour la majorité de son tracé, a

The Ph.D. research project aims at investigating the direct link between the hydro-morphological characteristics of a water course with its ecological integrity. By gathering the hydro-morphological characteristics in a unique Index of Diversity, it should be possible to provide a tool that allows hydraulic engineers to carry out projects that are highly beneficial to the ecological integrity of river courses, no matter whether these projects deal with river restoration or flood protection. At the same time these tool should help to improve the design of water diversion projects, be it for hydropower generation, irrigation or other scopes, so that negative impacts on river ecology are minimized.

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

The activity in 2010 concentrated on

- *Field work at river Sense;*
- *Analysis of collected data at rivers Bünz, Venoge and Sense and definition of a first proposal of the HMID;*
- *Numerical modelling of the 5 study sites at river Sense in order to obtain a correlation of the HMID with different discharges and to establish a time series for the HMID;*
- *Analysis of the frequency of gravel bar inundation at site n°1 of river Sense.*

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

conservé son statut de référence. Par conséquence, la rivière Sense a été choisie pour une étude détaillée qui doit permettre d'avancer de manière significative dans le développement du HMID.

Le travail de terrain sur la rivière Sense a visé différents buts:

- Sur le site n°3, la vitesse du courant et la profondeur de l'eau ont été mesurés le long des sections définies en 2009 (Figure 1, gauche). De cette manière, il est possible de comparer les paramètres statistiques des variables hydrauliques sur le même site pour deux différents débits.
- Sur le site n°1, une analyse par tamisage détaillée de 4 échantillons a été réalisée (Figure 1, milieu et droite). Les analyses par tamisage servent à la modélisation. En effet, en connaissant les caractéristiques du substrat, il est possible de modéliser les changements morphologiques en utilisant la formule du charriage implémentée dans un modèle numérique comme Basement, développé à l'EPF de Zürich. En ce moment, les changements morphologiques entre 2009 et 2010 sont modélisés dans le cadre d'un travail de master.
- Pour chaque site, une campagne de mesure de la température a été mise en œuvre. La température est reconnue comme une des variables physique clé pour déterminer les conditions environnementales des organismes d'eaux douces.

developing the HMID.

The field work at river Sense pursued different targets:

- *At site n°3 flow velocity and water depth was measured along the cross sections defined in 2009 (Figure 1, left). This way it is possible to compare statistical parameters of hydraulic variables at the same site for two different discharges.*
- *At site n°1 a detailed sieve analysis of 4 samples has been carried out (Figure 1, middle and right). The sieve analysis serves for modelling purposes. In fact, knowing the substrate characteristics morphology changes can be modelled by means of bed load formulae implemented in numerical models such as Basement, developed by ETH Zürich. At the moment in a master study bed morphology changes between 2009 and 2010 are modelled.*
- *At all sites a temperature measurement campaign has been carried out. Temperature is recognized as one of the key physical variables determining environmental conditions for freshwater organisms.*



Figure 1 : Mesure de vitesse au site n° 3 (gauche) et analyse par tamisage au site n° 1 (milieu et droite) / *Velocity measurements at site n°3 (left) and sieve analysis at site n°1 (middle and right)*

Concernant les analyses des données obtenues sur les rivières Bünz et Venoge en 2008 et sur la rivière Sense en 2009, la moyenne et l'écart-type ont été calculés pour les variables hydrauliques suivantes : profondeur de l'eau, vitesse du courant et

Concerning the analysis of data collected at rivers Bünz and Venoge in 2008 and at river Sense in 2009, means and standard deviations have been calculated for the hydraulic variables water depth, flow velocity and wetted width and a first proposal of the

largeur mouillée. Une première proposition a été formulée pour le HMID. Une comparaison entre le HMID calculé et l'approche HABSCORE (Barbour et al, 1999¹) basée sur une évaluation multimétrique visuelle de l'habitat a révélée une très bonne corrélation (Figure 2, gauche). Nous sommes donc confortés dans l'idée qu'il est possible de décrire les caractéristiques hydro-morphologiques d'une rivière par un unique index défini mathématiquement et donc objectivement. Malgré tout, la comparaison entre le HMID et des indicateurs biotiques comme l'index Simpson pour la rivière Buenz, a clairement montré que la qualité abiotique n'était pas corrélée à la santé biotique (Figure 2, droite). Ce point a confirmé que d'autres facteurs comme la pollution chimique, la fragmentation de la rivière ou l'absence d'un réservoir d'espèces pour la recolonisation pouvait être responsable d'une biodiversité réduite.

HMID has been formulated. A comparison of the calculated HMID with the visually based multimetric habitat assessment approach HABSCORE (Barbour et al, 1999) revealed a very good correlation (Figure 2, left). Therefore confidence that it is possible to describe the hydro-morphological characteristics of a river by a single, mathematically and thus objectively defined index is strengthened. However, comparing the HMID with biotic indicators, for example with the Simpson's Index at river Buenz, clearly showed that abiotic quality didn't correlate with biotic health (Figure 2, right), confirming that also other factors such as chemical pollution, river fragmentation or absence of a species pool for recolonization might be responsible for an impaired biodiversity.

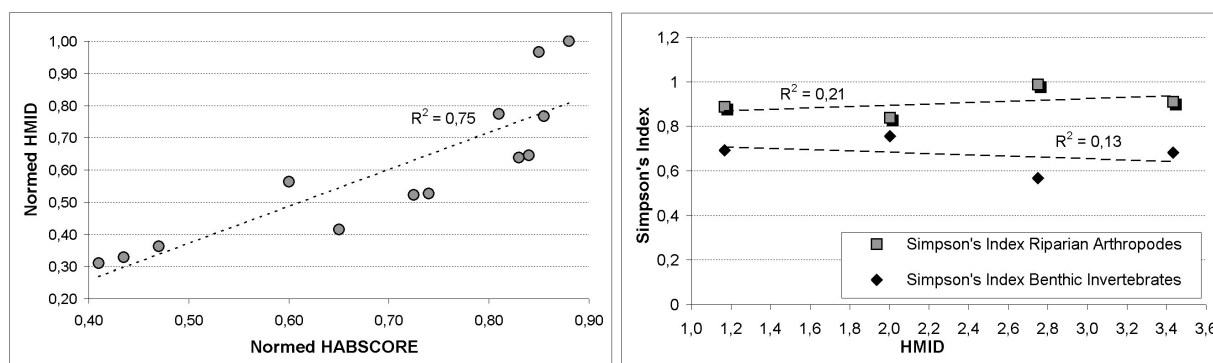


Figure 2 : Comparaison Habscore vs HMID (gauche) et HMID vs qualité biotique pour la rivière Buenz (droite) / *Comparison Habscore vs. HMID (left) and HMID vs. biotic quality for river Buenz (right)*

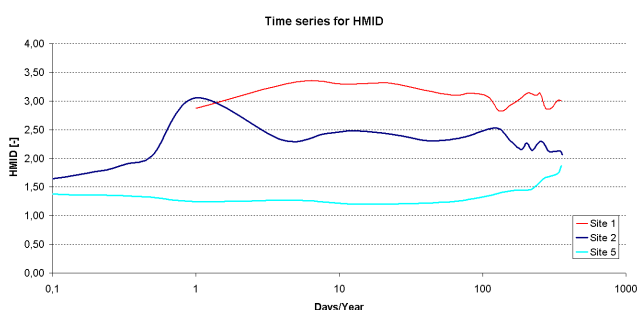
La première formulation du HMID était basée sur les données de terrain qui sont en relation avec le débit en présence lors des mesures. Afin d'obtenir des valeurs du HMID pour différents débits, le logiciel BASEMENT a été utilisé. Une modélisation 2D des 5 sites a été réalisée pour des débits représentatifs d'une année, permettant ainsi d'établir une série temporelle du HMID pour chaque site. La modélisation a révélé que pour les sites naturels (site n°1 et n°2), le HMID demeurait approximativement constant avec quelques faibles variations pour la majorité des débits. Par contre, pour les sites moins naturels (site n°5) le HMID décroît pour les débits croissants

The first formulation of the HMID was based on the data collected in the field that are related to the discharge occurring during the measurements. In order to obtain values of the HMID for different discharges the software BASEMENT was used for a numerical 2d-modelling at all 5 sites for typical discharges occurring throughout the year allowing to establish a time series for the HMID at the different sites. The modelling revealed that for natural sites (site n°1 and n°2) the HMID remains approximately constant with slight variations for most of the discharges, whereas at less natural sites (site n°5) the HMID decreases with increasing

¹ Barbour MT, Gerritsen J, Snyder BD, Stribling JB. 1999. Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C.

(Figure 3, gauche). Le HMID décroît fortement seulement en cas de débit de crue, ceci également pour les sites naturels.

Une autre activité a été l'analyse de la fréquence de crue sur les bancs de graviers du site n°1. Les bancs de gravier ou pousse le *Tamaris allemand*, une plante très sensible qui est reconnue comme indicateur de haute intégrité biotique, sont inondés pour des fréquences de retour de l'ordre de 4 à 5 ans (Figure 3, droite). Ceci est la période nécessaire pour que le *Tamaris allemand* puisse s'établir sans être mis en danger par d'autres espèces, ce qui est le cas pour les bancs de gravier qui sont inondés plus fréquemment.



discharge (Figure 3, left). Only for flood discharges the HMID decreases strongly also at natural sites.

Another activity concerned the investigation of flood frequency on gravel bars of site n°1. Gravel bars where the German Tamarisk, a very sensitive plant that is recognized as an indicator for high biotic integrity, persists were found to become inundated at discharge return frequencies ranging between 4 years and 5 years (Figure 3, right). This is the time gap necessary for the German Tamarisk to become established in a way that it is not extinct by other species which is the case for gravel bars that are inundated with less frequency.

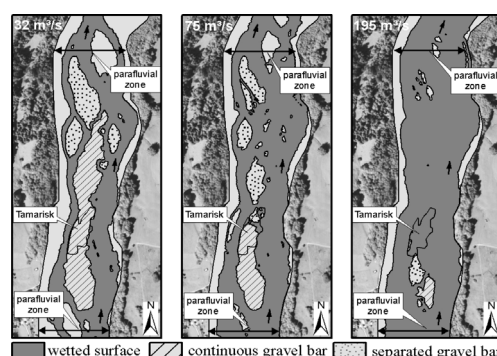


Figure 3 : Séries temporelles du HMID (sites n°1, n°2 et n°5) (gauche) et surfaces humides et sèches en fonction du débit pour le site n°1 (droite) / Time series for HMID (sites n°1, n°2 and n°5) (left) and wetted and dry areas with changing discharges at site n°1 (right)

Pour l'année 2011, l'amélioration de la formulation du HMID est planifiée. Des analyses statistiques détaillées devraient permettre d'intégrer l'ensemble des variables hydro-morphologiques considérées lors de la collecte de données, d'établir les interdépendances et d'identifier les facteurs déterminants de la qualité abiotique.

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

Doctorant : Walter Gostner

For the year 2011 the improvement of the formulation for the HMID is planned. Detailed statistical analysis should allow to integrate all the hydro-morphological variables considered in data collection, to establish interdependencies and to determine the driving factors for abiotic quality.

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

Ph.D. student : Walter Gostner

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

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

d'inondation. Le but de APUNCH (*Advanced Process UNderstanding and prediction of hydrological extremes and Complex Hazards*) est d'acquérir une connaissance globale de la réponse des bassins versants alpins touchés par des pluies intenses (Figure 1). Cet objectif sera atteint par un projet multidisciplinaire, où des tests en laboratoire ainsi que des surveillances et mesures de terrain fourniront de nouvelles connaissances sur les mécanismes d'interaction entre les différents éléments de la chaîne de processus. Ceci permettra la mise au point de modèles nouveaux ou améliorés.

(*Advanced Process UNderstanding and prediction of hydrological extremes and Complex Hazards*) is to gain a comprehensive and process chain based insight into the response of Alpine watersheds hit by storm rainfall events (Figure 1). This will be achieved by a multidisciplinary project context, where a combination of targeted laboratory with comprehensive and concurrent multiprocess field monitoring is expected to provide the new insights into the interaction mechanisms of the process chain, thus allowing the formulation of improved or new process models.

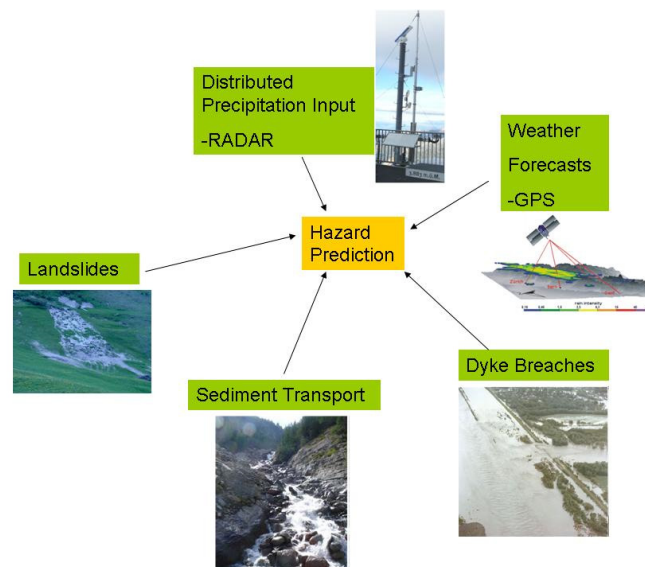


Figure 1 : Organisation du projet APUNCH/ *APUNCH project organisation*

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

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

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

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

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

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

The goal of the present research is to develop

tension de frottement entre les macro-rugosités et le reste du lit.

Le but de cette recherche est de développer une formule empirique permettant de calculer le charriage lorsque des gros blocs sont présents. Afin d'atteindre l'objectif, des tests systématiques sont menés sur un canal à pente modifiable (Figure 2).

Pendant l'année 2010, quelques tests préliminaires ont été menés avec une pente du canal $S=6.7\%$ et un diamètre des blocs $D=7.5\text{cm}$. Lors de ces essais, l'alimentation en sédiments était manuelle. Vu la grande quantité de sédiments à introduire, l'aide de deux étudiants était requise (Figure 3).

Afin de distribuer de manière optimale les sédiments en tête du canal, un système redirigeant de manière uniforme les sédiments a été mis en place (Figure 4). Pour cette première série d'essais, les profils en long et en travers du canal ont été mesurés avec un limnimètre. Dans le futur une caméra 3D développée à l'EPFL sera utilisée.

La quantité de sédiments sortant du canal est pesée à plusieurs reprises afin de s'assurer que l'équilibre est atteint (entrée = sortie). Lorsque l'équilibre est atteint, les vitesses de l'écoulement sont mesurées à l'aide d'un colorant et d'une caméra fixée au-dessus du canal.

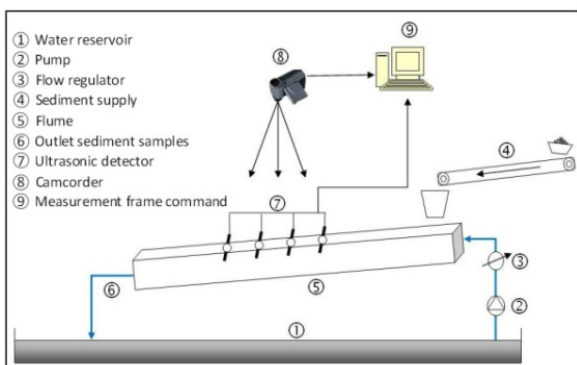


Figure 2 : Schéma de l'installation de laboratoire / *Scheme of the laboratory setup*

an empirical formula to calculate bedload when boulders are present. To reach this goal, systematic experiments are carried out on a tilting flume (Figure 2).

In 2010, some preliminary tests have been carried with a flume slope $S=6.7\%$ and a boulder diameter of $D=7.5\text{cm}$. During these runs, sediments were supplied manually. Since the volume of sediments to be introduced was high, the help of two students was needed (Figure 3).

In order to have a good sediment distribution at the flume inlet, a system redirecting sediments in an optimal way was built (Figure 4).

For this first test phase, longitudinal and transversal profiles of the flume were measured with a point gauge. For future experiments, a new 3D camera that is actually being developed at EPFL will be used.

Sediment outlet is measured on a weight basis multiple times during the experiments. When the sediment outlet corresponds to the inlet, equilibrium conditions are established.

When equilibrium conditions are reached, flow velocity is measured multiple times with a dye injection. A camcorder fixed above the flume is used to measure the coloring agent position in time.

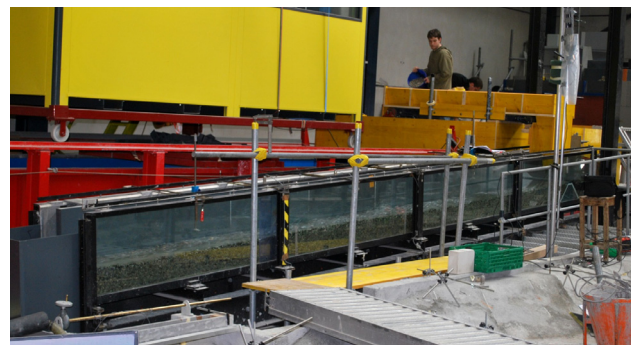


Figure 3 : Installation avec alimentation en sédiments manuelle / *Experimental setup with manual sediment supply*



Figure 4 : Distribution optimale de sédiments sur la totalité de la largeur du canal / *Optimal distribution of sediments at the inlet of the flume*

Des expériences avec différentes distances adimensionnelles entre blocs λ/D (Figure 5), où λ est la distance entre les blocs, ont été menées. Quelques tests de référence sans blocs ont permis de déterminer l'impact que ces derniers ont sur le charriage (Figure 6). Les paramètres utilisés lors des essais préliminaires sont reportés dans la Table 1. La courbe granulométrique (d_{30} à d_{90}) a été recalculée pour chaque distance entre les blocs pour une couche d'épaisseur D . La courbe fournie pour les essais sans blocs correspond à celle de l'alimentation en sédiments, qui est considérée comme couche mobile.



Figure 5 : Exemple du canal après un essai ($\lambda/D=2.4$) / Example of the flume after an experiment ($\lambda/D=2.4$)

Lors des essais préliminaires le débit sédimentaire variait entre 87 g/s ($Q=5$ l/s, $\lambda/D=2.4$) et 359 g/s ($Q=10$ l/s, $\lambda/D=3.0$). Avec une densité spatiale des blocs qui augmente (λ/D diminue), une diminution du charriage $Q_{b,meas}$ a été observée (Figure 6). Pour un débit de 5 l/s, le débit sédimentaire mesuré a diminué de 61 %, passant de 221 g/s dans l'essai sans blocs à 87 g/s dans l'essai avec $\lambda/D=2.4$. La diminution du charriage causée par la présence des blocs diminue avec l'augmentation du débit. En effet, la rugosité des blocs devient de moins en moins importante comparée à la hauteur d'eau.

Les débits solides mesurés $Q_{b,meas}$ ont été comparés aux valeurs calculées $Q_{b,calc}$ d'après plusieurs formules, telles que celle de Luque et van Beek, celle de Smart et Jäggi, celle de Rickenmann et celle de Recking. L'image de gauche de la Figure 7 montre clairement la surestimation du débit solide par les différentes formules. La variabilité dans les résultats est très élevée. En fait, la plupart de ces formules a été développée pour un lit plat, sans aucune rugosité liée à la forme. Fait

Experiments with different boulder dimensionless distance λ/D (Figure 5), where λ is the distance between boulders, were carried out. Some reference tests without boulders allowed us to determine the impact that they have on sediment transport (Figure 6). Tested parameters are given in Table 1. Grain size distribution (d_{30} to d_{90}) has been recalculated for each boulder distance for a layer of thickness D . The grain size given for tests without boulders corresponds to the grain size distribution of supplied sediments, which are considered as mobile sediments.

Test	Q [l/s]	S [%]	D [cm]	λ/D [-]	d_{30} [mm]	d_{50} [mm]	d_m [mm]	d_{90} [mm]
1	5.0	6.7	wb	wb	5.1	6.9	9.1	14.2
2	5.0	6.7	wb	wb	5.1	6.9	9.1	14.2
3	7.5	6.7	wb	wb	5.1	6.9	9.1	14.2
4	5.0	6.7	7.5	4.2	5.3	7.2	9.5	19.0
5	7.5	6.7	7.5	4.2	5.3	7.2	9.5	19.0
6	7.5	6.7	7.5	4.2	5.3	7.2	9.5	19.0
7	5.0	6.7	7.5	3.0	5.4	7.5	10.1	28.0
8	7.5	6.7	7.5	3.0	5.4	7.5	10.1	28.0
9	7.5	6.7	7.5	3.0	5.4	7.5	10.1	28.0
10	10.0	6.7	7.5	3.0	5.4	7.5	10.1	28.0
11	5.0	6.7	7.5	2.4	5.5	7.9	11.0	42.0
12	7.5	6.7	7.5	2.4	5.5	7.9	11.0	42.0
13	10.0	6.7	7.5	2.4	5.5	7.9	11.0	42.0

Table 1: Paramètres des essais préliminaires (wb: tests de référence, sans blocs) / Parameters of the preliminary tests (wb: reference tests, without boulders)

The sediment discharge varied between 87 g/s ($Q=5$ l/s, $\lambda/D=2.4$) and 359 g/s ($Q=10$ l/s, $\lambda/D=3.0$). With increasing boulder spatial density (decreasing λ/D), a decreasing bedload $Q_{b,meas}$ was observed, as shown in Figure 6. For a discharge of 5.0 l/s, the measured sediment discharge decreased of 69 %, from an average of 221 g/s for the reference tests without boulders, to 87 g/s for $\lambda/D=2.4$. The influence of boulders has a smaller impact on bedload for higher discharges. This is due to the decrease of roughness created by boulders with respect to the increasing water depth.

The measured sediment discharge $Q_{b,meas}$ has been compared bedload transport formulae ($Q_{b,calc}$) of Luque and van Beek, Smart and Jäggi, Rickenmann, Recking. The left side of Figure 7 clearly shows the general overestimation of sediment discharge obtained with different formulae. Result variability is high. In fact, most of these formulae have been developed for plane beds, without taking into account form roughness. Only Recking's formula has been developed

exception la formule de Recking, qui a été obtenue avec des essais sur des lits en forme de « step-pool », typique des rivières de montagne. On constate que cette formule est celle qui produit les résultats les plus satisfaisants.

Plusieurs auteurs ont proposés des méthodes pour prendre en compte l'effet de la rugosité de forme sur le charriage. La partie droite de la Figure 7 montre les débits solides calculés avec les formules modifiées d'après Yager afin de considérer la présence des gros blocs immobiles. Il est évident que le charriage ainsi estimé s'approche mieux des valeurs mesurées.

La méthode de Yager sépare la tension de frottement totale en une traînée liée aux gros blocs immobiles et une traînée liée aux sédiments mobiles. Seulement cette dernière agit sur des sédiments sujets au charriage. Ainsi, seule la traînée sur les sédiments mobiles doit être considérée dans le calcul du charriage.

D'autres auteurs proposent des techniques légèrement différentes, donnant des résultats similaires.

Il est donc nécessaire d'investiguer plus dans le détail l'impact que les blocs erratiques ont sur l'écoulement et par là sur le charriage. Pour ce faire, des essais systématiques avec des débits Q allant de 5 à 20 l/s, des pentes S allant de 6.7 à 20 %, des diamètres de blocs D entre 5 et 12.5 cm et enfin des distances adimensionnelles λ/D entre 2 et 7 seront fait au courant de l'année prochaine.

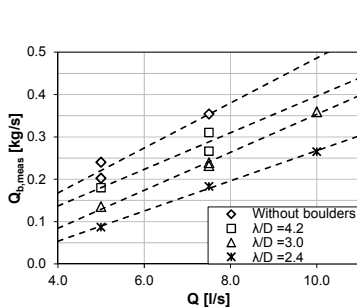


Figure 6 : Flux sédimentaire mesuré ($Q_{b,meas}$) en fonction du débit (Q) pour différents espacement des blocs (λ/D) / Measured sediment discharge ($Q_{b,meas}$) as a function of water discharge (Q) for varying boulder spacing (λ/D)

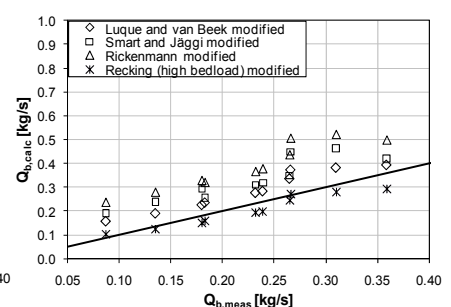
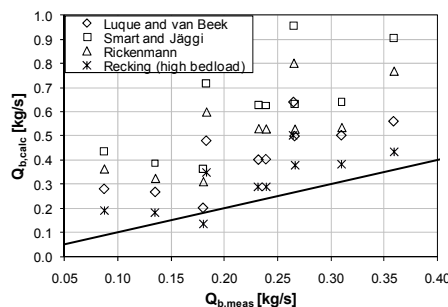


Figure 7 : Comparaison du débit sédimentaire mesuré $Q_{b,meas}$ et calculé $Q_{b,calc}$ par les formules de Luque et van Beek, Smart et Jäggi, Rickenmann, Recking originelles (à gauche) et modifiées d'après Yager (à droite) / Comparison of measured $Q_{b,meas}$ and calculated $Q_{b,calc}$ sediment discharge for the original (left side) and modified according Yager (right side) equations of Luque and van Beek, Smart and Jäggi, Rickenmann, Recking

from experiments reproducing a step-pool morphology, typical for mountain rivers. This formula gives better estimations of sediment transport under our experimental conditions.

Many authors proposed different methods to take into account the form roughness on sediment transport. The right side of Figure 7 shows calculated sediment discharges obtained with the above-mentioned formulae modified according Yager, in order to take into account the presence of large immobile boulders. It is clear that the bedload calculated with this approach gives better results.

Yager's shear stress partitioning method splits the total boundary shear stress in a drag shear stress related to the large immobile grains and the drag shear stress related to the finer, more mobile bed. The skin friction is not taken into account. Only the drag shear stress acting on mobile sediments should be used for sediment transport calculations, instead of total shear stress. The rest of the bed area, which is occupied by immobile boulders, doesn't contribute to the sediment supply. Instead, it bears part of total shear stress.

Other authors proposed slightly different techniques, which predicted similar sediment transport.

It is necessary to investigate more in detail the impact of immobile boulders on flow conditions and thus on sediment transport. In order to obtain these results, systematic experiments will be carried out with discharges Q varying between 5 and 20 l/s, flume slopes S varying between 6.7 and 20 %, boulder diameter D of 5 to 12.5 cm and dimensionless boulder distance λ/D varying between 2 and 7.

Avant de pouvoir procéder à ces essais, des modifications à l'installation expérimentale actuelle sont nécessaires. En l'état actuel, elle ne permet en effet pas de travailler avec des grands débits et des fortes pentes à cause des énormes débits solides à apporter. En effet, une telle alimentation ne peut pas être faite à la main. De plus, une recirculation des sédiments semi-automatique est indispensable. Les essais systématiques seront menés depuis février 2011.

Recherche financée par le Centre de compétences Environnement et durabilité (CCES) et l'Office fédéral de l'énergie (OFEN).

Doctorante : Tamara Ghilardi

To carry out these runs, a modification of the experimental setup is needed. In the present state, it is not possible to execute tests for high discharges and slopes, because of the huge amount of sediment to supply. This cannot be done manually. Moreover, a semi-automatic sediment-recirculating system is needed. Systematic experiments will be carried out starting February 2011.

Research financed by the Competence Center Environment and Sustainability (CCES) and the Swiss Federal Office of Energy (SFOE).

Ph.D. student: Tamara Ghilardi

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

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 l'enveloppe, sur les éléments de végétation et sur la pente de frottement globale. La plupart des critères de conception existants emploient des formules de résistance, comme l'équation de Manning, calibrées ad hoc. Concernant les critères de conception basés sur la physique, des progrès ont été accomplis dans la caractérisation des écoulements 3D sur les frontières irrégulières, principalement en application des méthodes de Double-Average (méthodes de moyenne double, dans le domaine temporel et spatial). Ces méthodes sont particulièrement pertinentes pour la caractérisation des écoulements à l'intérieur et à proximité des zones de végétation. Les méthodes DA sont une forme particulière d'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 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.

L'objectif principal de cette thèse est 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. Les objectifs spécifiques à atteindre au cours de cette thèse sont: i) le dévelop-

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.

The general objective of the proposed PhD program 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 specific objectives are i) the development of Multiple-Averaged Conservation (MAC) equations, i.e. conservation equations upscaled to conveniently large scales, filtering out the effect of boundary irregularities incorporating, as form-induced stresses, advection at smaller scales and ii) the development of closure models for

pement des équations qu'on appellera les Multiple-averaged conservation equations (MAC) - les équations de conservation qui décrivent l'écoulement au voisinage des frontières irrégulières, correctement adaptées aux grandes échelles, en filtrant l'effet des irrégularités de frontières, telles les contraintes de forme et l'advection à des échelles plus petites et ii) le développement d'un modèle de fermeture pour les contraintes de forme. L'approche méthodologique comporte des travaux théoriques et de laboratoire.

Pendant la première année, la candidate s'est concentrée sur les cours qui prévoient d'importantes connaissances sur le sujet de recherche et sur la préparation des tests expérimentaux.

En ce qui concerne les travaux expérimentaux, les essais ont débuté à l'IST, où deux essais ont déjà été effectués (S1 et S2). L'essai S1 avait l'objectif d'étudier l'écoulement à l'intérieur d'une population des tiges rigides, émergentes et cylindriques placées de façon aléatoire avec une distribution uniforme de 400 tiges/m² sur un lit de gravier horizontal (Figure 1 et Figure 2a). Les champs de vitesse instantanée ont été mesurés, sur les plans horizontal et vertical, à deux places séparées de 1,0 m. Les mesures horizontales ont été effectuées sur six niveaux différents dans chaque position et les champs verticaux ont été obtenus sur les sections identifiées sur la Figure 1 par les lignes pointillées.

the form-induced stresses. The proposal methodology comprises theoretical and experimental work.

During the first year, the candidate was focused on the curricular part, which provided important knowledge on the research subject, and on the preparation of the experimental tests.

Concerning the experimental work, the tests were started at IST, where two experiments were already carried out (test S1 and test S2). In the test S1, was studied a flow within a reach populated with rigid, emergent and cylindrical rods placed randomly with a uniform distribution of 400 stems/m² over a horizontal gravel bed (Figure 1 and Figure 2a). Instantaneous velocity fields were measured, both in horizontal and vertical plan, in two longitudinal location separated by 1.0 m. The horizontal measurements were done in six different levels in each position and the vertical maps were obtained for the sections identified on Figure 1 by the dashed lines.

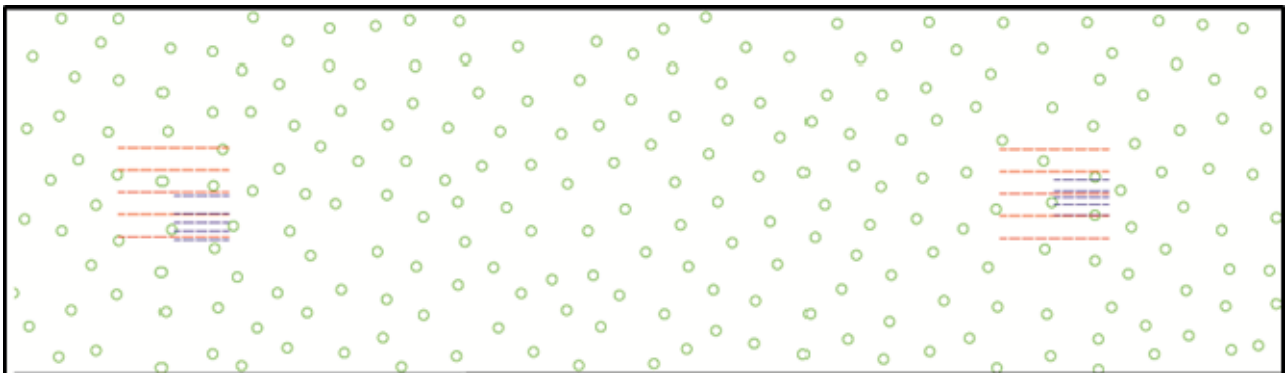


Figure 1 : Part de la vue en plan de la distribution de tiges à l'essai S1. Les lignes en pointillés représentent les positions latérales où les mesures ont été effectuées / *Part of the plan view of the design of the test S1. The dashed lines represent the lateral positions where the measurements were performed on*

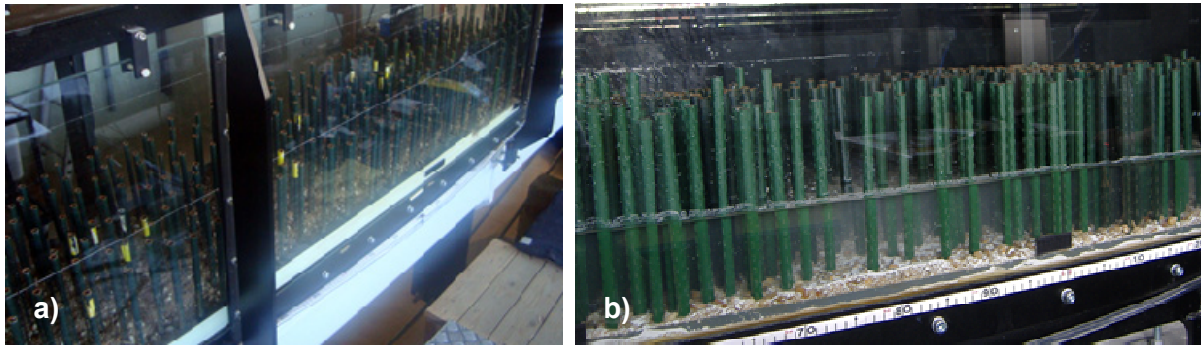


Figure 2 : Photo du canal au cours des expériences: a) essai S1; b) essai S2 / *Picture of the flume during the experiments: a) test S1; b) test S2*

L'essai S2 a eu des zones de 15 cm de longueur avec 1600 tiges/m² alternées avec des zones à 400 tiges/m², aussi avec 15 cm de longueur séparées par une zone de transition de 10 cm. La Figure 3 montre une vue en plan de la distribution des tiges et la Figure 2b) est une image du canal au cours des expériences. Ce test a été la première étape pour étudier l'interaction de plusieurs échelles de longueur, trois échelles dans ce cas: l'espace moyen dans des régions de forte densité, l'espace moyen au niveau des régions avec la plus petite densité de tiges et la distance entre les deux régions. Comme pour l'essai S1, la mesure a consisté en l'acquisition avec PIV du champ de vitesse instantanée, sur les plans horizontal et vertical. Pour bien comprendre la modulation de l'écoulement dans ces zones alternées, les mesures ont été faites en vue d'obtenir des données détaillées pour caractériser deux longueurs d'onde (de la plus grande échelle). Alors les mesures ont été effectuées en 8 sections différentes (immédiatement à l'aval de chaque région: la plus dense, de transition, la moins dense et de transition), comme représenté sur la Figure 3.

The test S2 consisted in patches 15 cm length with 1600 stems/m² alternated with patches of 400 stems/m², also with 15 cm of length separated by a transition zone of 10 cm. Figure 3 shows a plan view of the stem's distribution in this test and Figure 2b) shows a picture of the flume during the experiments. This test was the first step to study the interaction of several length scales, three scales in this case: inter-stem space at higher density regions, inter-stem space at lower density regions and the distance between both regions. As for test S1, the measurements consisted on PIV acquisition of instantaneous velocity field, both in horizontal and vertical plan. To fully understand the flow modulation due to this alternating patches, the measurements were planned in order to get detailed data to characterize two wavelengths (of the biggest scale), so the measurements were performed at 8 different sections (immediately downstream of each region: higher density, transition, lower density and transition), as represented on Figure 3.

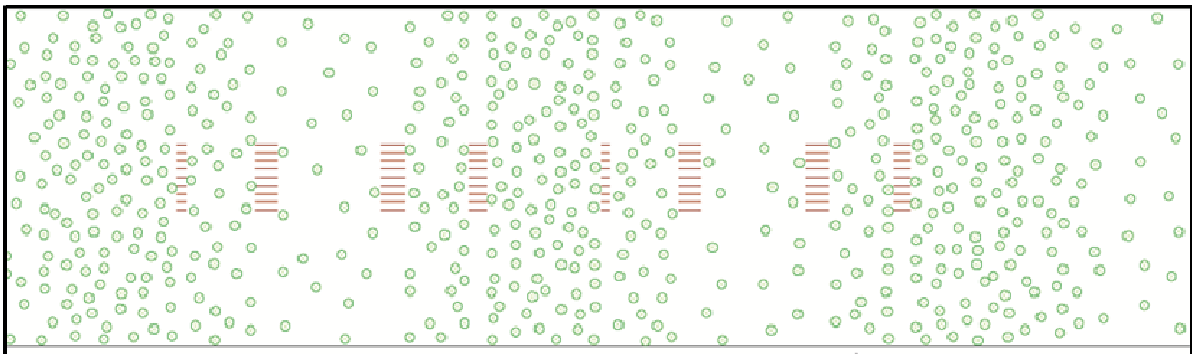


Figure 3 : Part de la vue en plan de la distribution des tiges à l'essai S2. Les lignes horizontales représentent les positions latérales où les mesures ont été effectuées / *Part of the plan view of the design of the test S2. The horizontal lines represent the lateral positions where the measurements were performed on*

Le traitement des données a consisté en l'application de la méthodologie Double-Average pour calculer les variables qui caractérisent l'écoulement, comme les vitesses, les contraintes de Reynolds et les contraintes de forme. La figure 4 montre un exemple d'un champ de vitesses moyennes horizontal et un vertical, utilisé pour l'application de la méthodologie Double-Average.

The data treatment consisted on the application of double-average methodology to compute flow variables as velocities, Reynolds and form-induced stresses. Figure 4 shows an example of a horizontal and a vertical time averaged velocity field used for double-averaging.

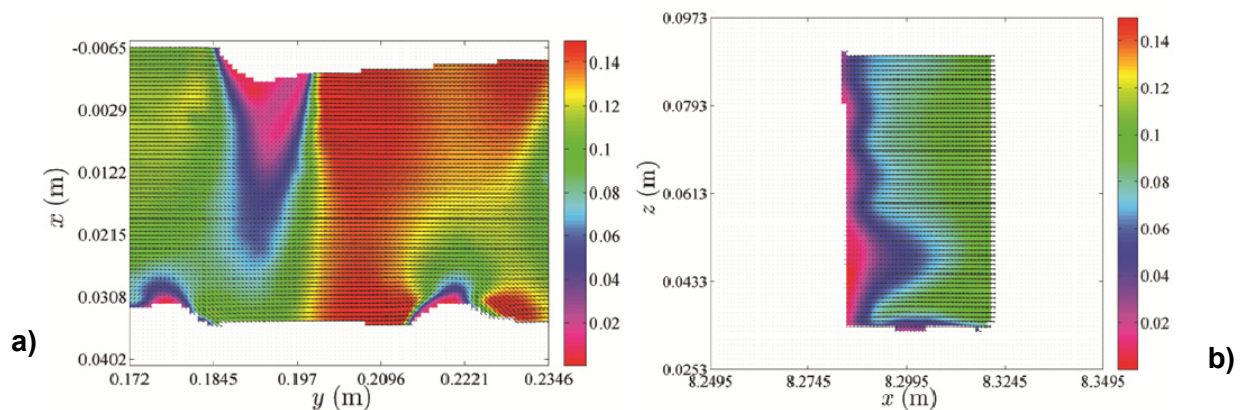


Figure 4 : a) Exemple d'un champ de vitesse horizontal; b) Exemple d'un champ de vitesse vertical
/ a) Example of an horizontal velocity map; b) Example of a vertical velocity map

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

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

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

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

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

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

Dans le cadre d'ADAPT, le bassin du Zambèze est étudié à de multiples échelles, allant des aspects hydrauliques/hydrologiques et socio-économiques à un large éventail de questions environnementales telles que la chimie des réservoirs et l'écologie de la plaine d'inondation, permettant ainsi le développement d'un modèle hydraulique-hydrologique de ce bassin d'une importance cruciale. Avec

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 km², an average precipitation of approximately 1 000 mm/year and a runoff coefficient nearing 7%, the basin is mostly

une surface de presque 1'400'000 km² 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.

characterized by its semi-arid climate, the major role played by evapotranspiration and the existence of several major impoundments and wetlands.

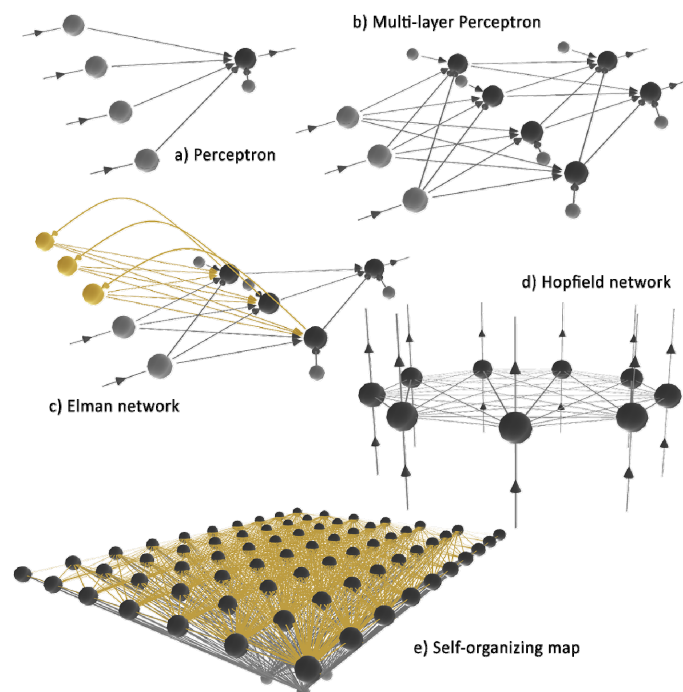


Figure 1 : Exemple de réseaux multiples de neurones artificiels, incluant les architectures “feed forward”, récurrente et d’auto-organisation / *Example of multiple artificial neural networks, including feed-forward, recurrent and self-organizing architectures*

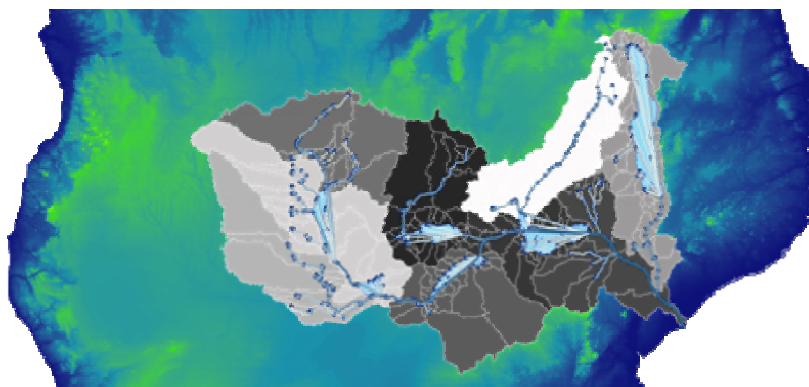


Figure 2 : Représentation d’un modèle hydrologique automatiquement généré pour le bassin du Zambèze / *Representation of an automatically generated hydrological model structure for the Zambezi River basin*

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 général du Zambèze, fournissant des directives et des méthodologies applicables aux bassins similaires.

En plus de sa dimension et de sa complexité, le modèle mis en place doit tenir compte du

In line with the broader ADAPT targets, the PhD project is to contribute to the creation and enhancement of a general purpose hydraulic-hydrologic model for the Zambezi, providing guidelines and methodologies applicable to similar basins.

Besides size and complexity, the model set-up must particularly take into account the constraining lack of data resulting from a

manque de données résultant d'un réseau espacé de stations de jaugeage et de la faible coopération entre les organismes intervenants. Ces raisons justifient l'utilisation d'un modèle semi-distribué à bases physiques, qui sera construit à l'aide du logiciel Routing System.

Afin de faire face aux difficultés liées au manque de données pour l'étalonnage, une analyse approfondie des sources de données est en cours, principalement sur la précipitation et les modèles numériques de terrain. En outre, la possibilité de réduire les degrés de liberté du modèle à travers de mise en œuvre de techniques d'apprentissage automatique (Réseaux de Neurones Artificiels, dans la Figure 1, Algorithmes évolutionnaires, Machines à Vecteurs de Support et autres) combinée avec les plus récentes données de télédétection (SMOS – humidité des sols et Ocean Explorer et MODIS – Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer, à titre d'exemples) sera étudiée.

Jusqu'à présent, le travail s'est concentré sur la programmation de la génération automatique du modèle hydrologique à partir des informations disponibles les plus élémentaires – modèle numérique de terrain, lacs et sections de sortie – permettant l'évaluation de son applicabilité et à sa facilité d'utilisation dans d'autres régions (Figure 2). Egalement en lien avec le modèle hydrologique, une méthodologie d'étalonnage polyvalente semi-automatisée, basée sur le concept de l'Inférence Bayésienne sera élaborée. Ces deux réalisations, étant considérés comme des étapes nécessaires pour l'amélioration des modèles hydrologiques existants et le couplage avec les techniques d'apprentissage automatique ci-dessus faciliteront grandement le fonctionnement du modèle.

En bref, cette recherche repose sur l'automatisation et l'accélération des processus, permettant l'utilisation de nouvelles données de télédétection et de techniques d'apprentissage automatiques, en vue de répondre aux défis posés par la modélisation du bassin du Zambèze.

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

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

sparse network of gauging stations and the limited cooperation between stakeholders. As these reasons justify the use of a semi-distributed physically based approach, a preliminary model was built on the Routing System software.

In order to cope with difficulties related to shortage of calibration data, a thorough analysis of data sources is being undertaken, with emphasis on rainfall and digital elevation models. Also, the possibility to reduce the model's degrees of freedom through the implementation of machine learning techniques (Artificial Neural Networks, in Figure 1, Evolutionary Algorithms, Support Vector Machines and others) combined with state-of-the-art remote sensing data (SMOS – Soil Moisture and Ocean Explorer and MODIS – Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer, as examples) will be investigated.

Up to date, an effort was made to program the automated generation of the hydrological model from the most basic information available – digital elevation model, lakes and catchment outlets – making way for the extensive assessment of its applicability and the easy use in other regions (Figure 2). Also relating to the hydrological model, a versatile semi-automated calibration methodology, based on the concept of Bayesian Inference will be developed. As both accomplishments will greatly facilitate model operation, they are regarded as the necessary stepping stones towards the improvement of existing frameworks and coupling with the aforementioned machine learning techniques.

In short, the research relies in the automation and speeding up of processes, making way for the utilization of novel remote sensed data and machine learning techniques in order to meet the modeling challenges posed by the Zambezi basin.

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

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

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

Introduction et problématique

Des jets plongeants à haute vitesse, créés par déversoirs et survenant en aval des structures hydrauliques, barrages et déversoirs, peuvent produire l'affouillement du rocher (Figure 1). La prédiction de cet affouillement est nécessaire pour assurer la sécurité du pied du barrage et des ouvrages hydrauliques ainsi que la stabilité de ses appuis. Un modèle à base physique pour l'évaluation de l'affouillement a été développé au Laboratoire de constructions hydrauliques de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. Il a été prouvé que le caractère bi-phasique du mélange air-eau dans les fosses est essentiel à la propagation des ondes de pression à l'intérieur des joints.

Introduction and problematics

High-velocity plunging water jets, created by releasing structures and occurring downstream of hydraulic structures, dams and spillways, may generate in scouring of the rock (Figure 1). The prediction of this scour is necessary to ensure the safety of the dam toe and the hydraulic structures as well as the stability of its abutments. A physically based model for scour assessment was developed at the Laboratory of Hydraulic Constructions of the Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. It has been proven both experimentally and numerically that the two-phase character of the air-water flow mixture in plunge pools is essential to the propagation of pressure waves inside rock joints.

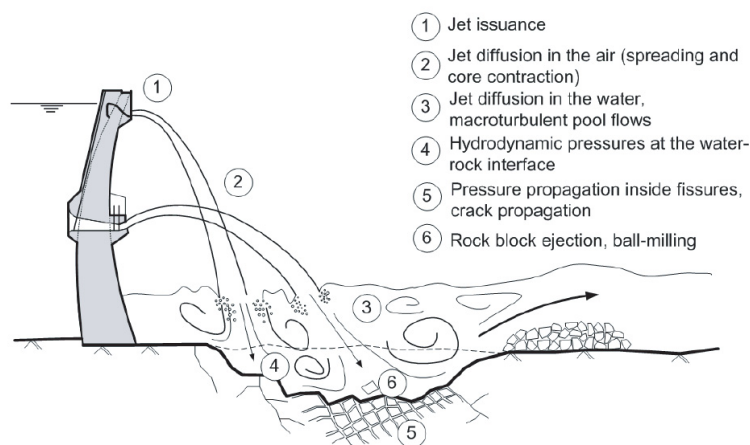


Figure 1 : Processus physiques principaux concernant l'affouillement de la fosse d'érosion / *Main physical processes involved in rock scour*

Par conséquent, la communauté scientifique a montré un intérêt considérable sur l'influence de la concentration de l'air dans les fosses sur ces pressions dynamiques au fond de la fosse. En fait, un débat intéressant existe actuellement entre deux manières différentes de penser:

1. Des bulles d'air entrant dans la fosse au point d'impact du jet réduisent sensiblement la densité air-eau au fond et donc réduisent les pressions moyennes et le risque de soulèvement des blocs.

2. Des bulles d'air entrant dans la fosse au point d'impact du jet ne réduisent pas sensiblement la densité air-eau au fond de la

Hence, the scientific community has shown considerable interest in the influence of air concentration in the pool on these dynamic pressures at the bottom of the pool. As a matter of fact, an interesting debate currently exists between two different approaches:

1. Air bubbles entering the pool at the point of impact of the water jet substantially reduce the density of the air-water mixture at the pool bottom and thus reduce mean pressures and risk of block uplift.

2. Air bubbles entering the pool at the point of impact of the water jet do not substantially reduce the density of the air-water mixture at the pool bottom because of the high pressure

fosse en raison de la haute pression près du fond. En tant que tel, les pressions moyennes et le risque de soulèvement des blocs ne sont pas affectés.

Objectifs de l'étude

Le but de la recherche dans le cadre du thème "la stabilité du rocher et profondeur d'affouillement dans les fosses d'érosion" est d'investiguer la concentration de l'air à différentes profondeurs dans la fosse afin d'évaluer son influence sur la formation de l'érosion et l'éjection des blocs. Les thèmes suivants seront abordés:

- Analyse des mesures prévues de concentration d'air ainsi que des mesures de concentration d'air précédemment effectuées dans la piscine en fonction des propriétés du jet à l'impact dans la piscine.
- Analyse théorique du comportement des bulles d'air dans les flux turbulents à grande vitesse avec des zones de haute pression.
- Détermination des principaux phénomènes physiques qui influent sur la variation de la concentration d'air avec la profondeur de la fosse.
- De nouveaux essais de concentration d'air à travers différentes profondeurs et positions dans la couche limite du jet, permettant ainsi de confirmer la théorie sur les variations de concentration d'air avec la profondeur due à la pression.
- Formulation d'une relation à l'échelle prototype entre la fosse et les caractéristiques de l'impact du jet et la concentration d'air près du fond de la fosse. L'évaluation et la clarification de l'influence potentielle de la concentration d'air sur la formation de l'affouillement des fondations rocheuses des fosses des grands barrages.
- L'analyse sera complétée par des simulations numériques et comparée avec l'étude de cas du barrage de Kariba sur le fleuve Zambèze.

Mesure de la concentration d'air dans la fosse

L'objectif principal est de montrer au moyen d'une étude théorique les équations ainsi que par le biais d'une série d'essais supplémentaires à l'échelle prototype si l'influence de l'air est d'une importance ou non pour la formation de l'affouillement. Pour cela, des

built-up near the bottom. As such, mean pressures and risk of block uplift is not affected.

Aims of investigation

The purpose of the research is to conduct investigations within the framework of the theme "Rock block stability and scour depth in plunge pools" on air concentrations at different depths throughout the plunge pool to assess its influence on scour formation and block ejection. The following topics will be dealt with:

- *Analysis of already conducted air concentration measurements as well as previously performed air concentration measurements in the plunge pool as a function of the properties of the jet at impact in the plunge pool.*
- *Theoretical analysis of the behavior of air bubbles in high-velocity turbulent shear flows with areas of high pressure.*
- *Determination of the main physical phenomena of importance that influence the air concentration change with depth in the pool.*
- *New measurements of air concentration throughout different depths and locations in the shear layer of the impacting jet, allowing so to confirm/infirm theory on the change of air concentration with depth due to pressure built-up.*
- *Formulation of a prototype scaled relationship between the plunge pool and jet impact characteristics and the air concentration near the bottom of the pool. Assessment and clarification of the potential influence of air concentration on the scour formation of rocky foundations in plunge pools behind large dams.*
- *Data analysis will be completed by numerical simulations and compared with the case study of Kariba Dam on the Zambezi River.*

Air concentration measurements in plunge pools

The main purpose is to investigate, by means of a theoretical study of the governing equations as well as by means of a series of additional prototype-scaled experiments, whether the air influence is of importance or not to scour formation. For this, additional prototype scaled measurements will be made at different depths throughout the plunge pool and at different radial locations and distances

mesures supplémentaires à échelle prototype seront effectuées à différentes profondeurs dans la fosse et à différents endroits radialement par rapport à l'axe du jet. En outre, les valeurs de pression dynamique seront mesurées au point d'impact de la couche limite du jet sur le fond, afin de faire un lien direct entre pression et la concentration dans l'air mesurée. Cela se fera en fonction du temps, et non par la moyenne temporelle comme cela a été réalisé jusqu'à présent. En d'autres termes, à chaque instant au cours de la période d'enregistrement, la valeur instantanée de concentration d'air et de pression au fond sera comparée et une relation sera recherchée.

Il est proposé d'effectuer des mesures de la concentration d'air dans la zone de diffusion du jet et près de l'entrée du joint. Ces mesures seront comparées avec le contenu d'air obtenu analytiquement et seront directement liées à la teneur en air à l'intérieur des joints inférieurs. Le Laboratoire de constructions hydrauliques possède une sonde à fibre optique qui mesure les concentrations d'air et les distributions de taille des bulles. La sonde peut être utilisée pour des vitesses jusqu'à 15 m/s et est facilement intégrée dans l'installation (Figure 2). Une série de mesures en profondeur et radiales est prévue. Cela permettra de quantifier la distribution spatiale de la teneur en l'air dans la couche limite. A l'intérieur des joints du rocher, la teneur en air sera mesurée au moyen d'une instrumentation de résistance / conductivité.

from the axis of the jet. Also, the dynamic pressure values will be measured at the point of impact of the jet shear layer on the plunge pool bottom, in order to find a direct relationship between this pressure and the measured air concentration. This will be done as a function of time, and not time-averaged as was performed until now. In other words, at each moment during the period of recording, the instantaneous air concentration and mean pressure value at the pool bottom will be compared and a relationship will be developed.

It is proposed to perform measurements of the air concentration in the jet diffusion zone and close to the joint entrance. These measurements will be compared with the analytically derived air contents and will be directly related to the air content inside the underlying rock joints. The Laboratory of Hydraulic Constructions is equipped with a Fiber-optical probe that measures local air concentrations and bubble size distributions. This probe can be used for flow velocities up to 15 m/s and is easily integrated in the existing facility (Figure 2). A series of local measurements is planned, both depth and radial wise. This will allow to quantify the spatial distribution of the air content in the plunge pool shear layer. Inside the rock joints, the air content will be measured by means of a resistance / conductivity instrumentation.

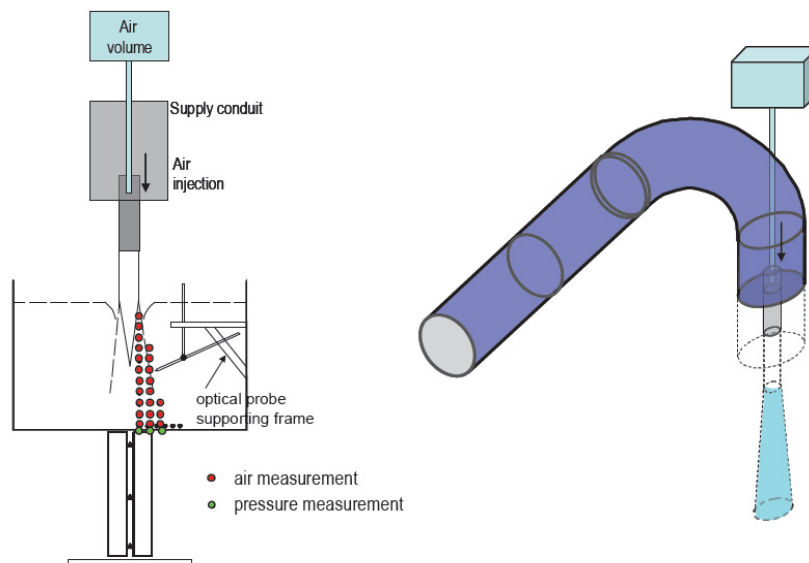


Figure 2 : Vue latérale et en perspective de l'installation expérimentale avec localisation des mesures d'air et de pression / *Side and perspective view of the experimental facility with the location of local void fraction measurements and pressure measurements*

Méthodologie du projet de recherche

Les mesures seront effectuées pour deux types initiaux d'aération du jet:

1. Faible aération initiale: le jet n'est pas aérée au moment de quitter le conduit d'alimentation, l'air pénètre principalement dans la fosse au point d'impact du jet et se diffuse à travers la couche limite. La plupart de ces mesures sont effectuées dans le cadre du projet de recherche en cours.

2. Haute aération initiale: le jet est artificiellement aéré avant de quitter le conduit d'alimentation, l'air est injecté à l'aide d'un petit tube vertical au centre du jet, permettant de mesurer et / ou contrôler la quantité d'air injecté au cours des essais.

Le premier type de jets correspond aux jets compacts, qui ont un degré de développement relativement faible lors de l'impact dans la fosse. Le deuxième type de jets correspond à des jets brisés à l'impact dans la fosse.

Ensuite, la calage d'un modèle théorique de la variation de teneur en air avec la profondeur et la distance radiale à partir de l'impact du jet dans la fosse sera réalisé, basé sur une analyse approfondie des essais.

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

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

Methodology of the research project

The measurements will be performed for two types of initial jet aeration:

1. Low initial aeration: the jet is not aerated if leaving the supply conduit, air mainly enters the plunge pool at the point of impact of the jet and diffuses through the turbulent shear layer. Most of these measurements are performed within the framework of the ongoing research project.

2. High initial aeration: the jet is already artificially aerated before leaving the supply conduit, air is being injected by means of a small vertical tube in the center of the jet, allowing to measure and/or control the amount of air injected during the tests.

The first type of jets corresponds to compact jets, which have a relatively small degree of jet development upon impact in the plunge pool. The second type of jets corresponds to broken up jets upon impact in the plunge pool.

Next, calibration of a theoretical model of air concentration change with depth and radial distance from jet impact throughout the plunge pool will be performed based on a profound analysis of the experiments.

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

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

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

1.2.1 Barrage de Lavey - Etude des écoulements et du transport solide dans le Rhône: Projet d'extension de Lavey+ / *Lavey Dam – Study of flow conditions and sediment transport in the Rhone River: Lavey+ extension project*

Comme beaucoup d'aménagements hydro-électriques au fil de l'eau, celui de Lavey, implanté sur le Rhône en Suisse, est affecté de manière récurrente par l'alluvionnement de sa retenue. Dans le cadre du projet de réhabilitation Lavey+ (Figure 1), les débits du Rhône seront exploités de manière optimale. Par une nouvelle prise d'eau d'une capacité de $140 \text{ m}^3/\text{s}$ et une galerie d'adduction parallèle à l'existante, le débit de concession de $220 \text{ m}^3/\text{s}$ pourra être valorisé avec un rendement énergétique plus favorable. Le projet Lavey+ prévoit également un mur guideau prolongé, destiné à éviter l'alluvionnement des prises d'eau en confinant le transport solide en rive gauche.

As a lot of run-of-river hydropower plants, the Lavey scheme on the Rhone River in Switzerland is affected by continuous reservoir sedimentation. The Lavey+ enhancement project (Figure 1) foresees an additional water intake on the right river bank, 37 m upstream the existing one, with $140 \text{ m}^3/\text{s}$ design flow to reduce head losses in the power tunnel and to improve plant operation for the actual concession discharge of $220 \text{ m}^3/\text{s}$. Furthermore, Lavey+ includes a lengthened training wall protecting the intakes against sedimentation and creating a continuously constricting channel on the left river bank which admits efficient flushing.

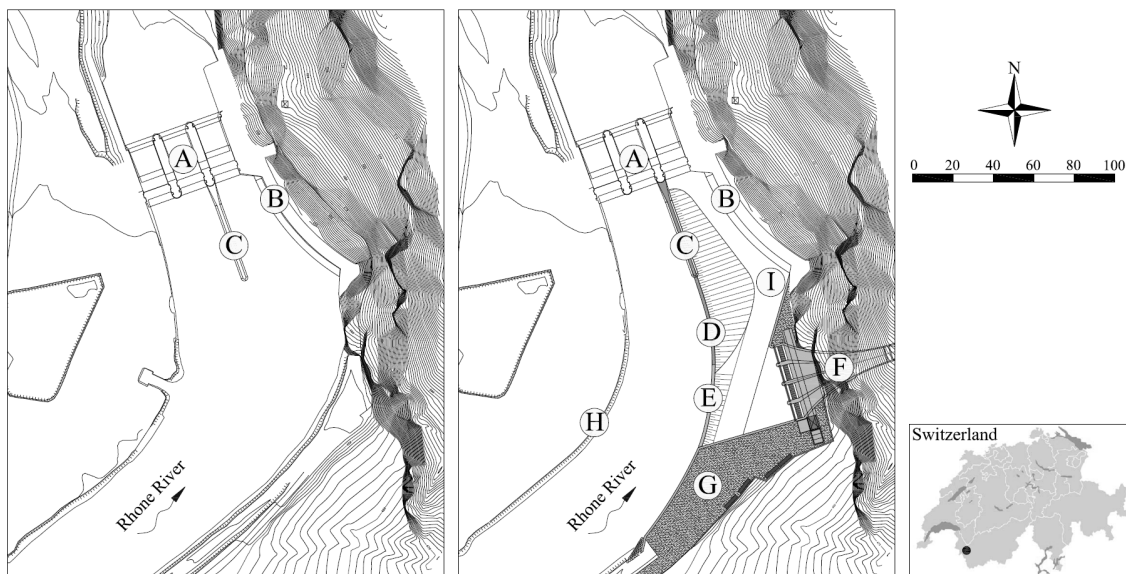


Figure 1: Aménagement de Lavey dans son état actuel (à gauche) et projet Lavey+ (à droite) / *Today's scheme (on the left) and Lavey+ (on the right): A Barrage / Barrage; B Prise d'eau existante / Existing water intake; C Mur guideau existant / Existing training wall; D Mur guideau prolongé / Lengthened training wall; E Echanture / Breach; F Nouvelle prise d'eau / New water intake; G Plateforme d'entretien / Maintenance platform; H Rive gauche arrondie / Rounded inner bank; I Chenal de purge / Flushing channel*

Le modèle physique est construit à l'échelle géométrique 1:40 et exploité en similitude de Froude. Il reproduit 500 m du Rhône, répartis sur 350 m à l'amont et 150 m à l'aval du barrage. Les essais révèlent que, par la prolongation du mur guideau, un chenal de

The approach flow conditions in the reservoir during exploitation and flood periods, as well as sediment transport, deposition and flushing were analyzed in a hydraulic model involving Froude similitude with a length scale of 1:40. It reproduces 500 m of the Rhone River, 350 m

purge efficace a pu être créé en rive gauche, favorisant la gestion sédimentaire. Grâce à l'augmentation des vitesses d'écoulement, les sédiments sont transportés progressivement en direction du barrage et s'accumulent de manière uniforme sur toute la largeur du cours d'eau. Lors d'une purge, les alluvions sont rapidement remobilisées et évacuées. L'efficacité des purges augmente avec le débit et 60 à 70% du volume de sédiments purgé est évacué pendant les six premières heures (Figure 2).

upstream and 150 m downstream of Lavey dam. The tests reveal that the lengthened training wall creates a continuously constricting channel favouring sediment management in the reservoir. Bed load transport towards the barrage gates increases and sediments are uniformly deposited on the transversal cross sections of the Rhone River. During flushing operation, sediments are quickly remobilized and evacuated. Flushing performance increases with discharge and 60 to 70% of flushed sediment volume is purged during the first six hours (Figure 2).

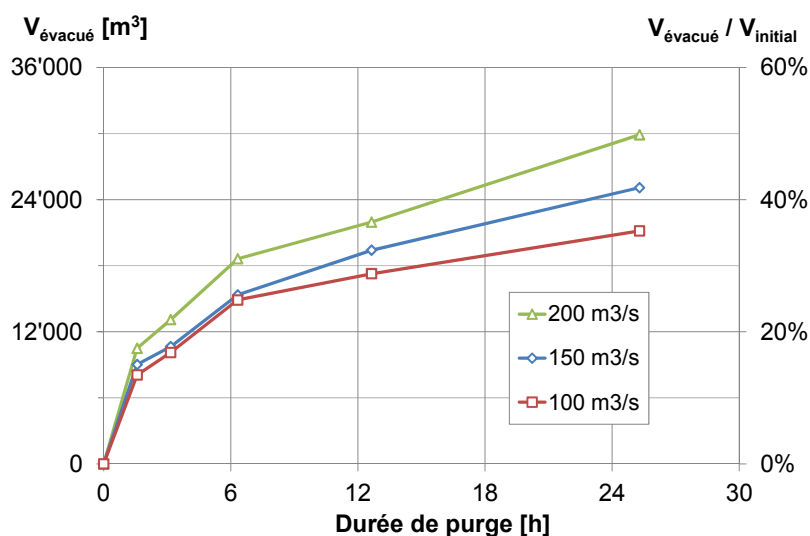


Figure 2: Performance de la purge en rive gauche (volume sédimentaire évacué cumulé comparé au volume avant purge) / Performance of flushing operation on the left river bank (cumulated evacuated sediment volumes compared to deposits before flushing)

La zone devant les prises d'eau est protégée des apports sédimentaires par le mur guideau. Des sédiments franchissent néanmoins l'échancrure, soit en suspension, soit en raison d'un remplissage trop important en rive gauche. Ils peuvent cependant être évacués efficacement par le chenal de purge de rive droite à partir d'un débit de 150 m³/s. Pour décider le déclenchement d'une purge, des mesures continues du niveau du lit, à l'aval et des deux côtés de l'échancrure, sont proposées (Figure 3).

The area in front of the intakes is protected from bed load sedimentation by the training wall. However, suspended sediments could settle in this zone and when bed elevation in the constricting channel reaches the level of the breach, sediments start to cross the latter and settle down behind the training wall in front of the new water intake. A flushing channel on the right river bank allows evacuating sediments with discharges higher than 150 m³/s. For defining next flushing operation, the monitoring of bed evolution is recommended at three locations of in the retention zone, namely at the cross section at the downstream end of the breach, with two sensors on each side of the training wall and one on the inner river bank (Figure 3).

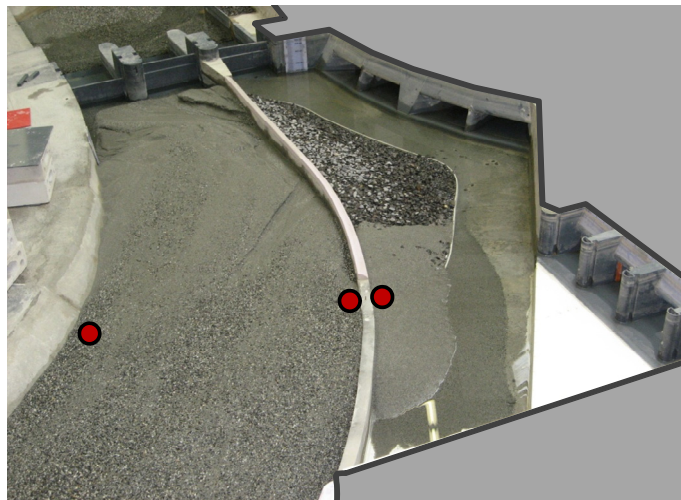


Figure 3: Alluvionnement dans le modèle physique et points de contrôle proposés / *Sediment deposits in the model and recommended locations for in situ monitoring*

Les essais sur modèle physique, complétés par des simulations numériques, ont permis de développer un concept d'exploitation et de gestion sédimentaire durable. La configuration optimisée évite le transport solide en direction des prises d'eau et permet une évacuation efficace des sédiments lors des purges. Les conditions d'alimentation des deux prises d'eau et le transit des crues ont également été analysés et optimisés. L'approche hybride "physique-numérique" a contribué à un traitement rapide et exhaustif des diverses problématiques. Des simulations numériques pertinentes, avant et pendant les phases expérimentales, ainsi que le recours à des techniques de mesure performantes ont permis d'accélérer le déroulement de l'étude et d'éviter des essais redondants.

Etude confiée par : Commune de Lausanne, Direction des Services Industriels, Service de l'électricité

Groupement d'ingénieurs : Stucky SA, Hydrocosmos SA, Bonnard & Gardel SA

Ingénieurs de projet : Martin Bieri, Michael Müller

Hydraulic modelling and additional numerical simulations allowed developing a sustainable concept for plant operation and sediment management of Lavey+. The final configuration prevents sediment transport towards the water intakes and allows efficient flushing operations. Furthermore, the approach flow conditions of the two intakes as well as flood passage were analyzed and optimized. The hybrid modelling approach contributed to a quick and exhaustive analysis of several problems. Numerical simulations with increasing complexity level applied before and during physical scaled experiments, as well as the use of performing and non-intrusive measurement techniques allowed accelerating the case study and optimizing the number of test runs on the hydraulic model.

Study entrusted by : Commune de Lausanne, Direction des Services Industriels, Service de l'électricité

Engineers : Stucky SA, Hydrocosmos SA, Bonnard & Gardel SA

Project engineers : Martin Bieri, Michael Müller

1.2.2 Renouvellement de la centrale hydroélectrique de Hagneck - étude sur modèle physique des phases de construction / *Renewal of the Hagneck hydroelectric plant - physical model study of the construction phases*

Le barrage de Hagneck est situé en Suisse dans la région du Seeland. L'actuel aménagement a été construit à l'occasion de la première correction des eaux du Jura. Il a été mis en service en 1898 et a subi depuis de nombreuses adaptations dans sa conception.

The Hagneck barrage is located in Switzerland in the Seeland region. The existing barrage has been built during the first Jura water correction and put in operation in 1898. It has been modified several times since then. The hydropower scheme has been

L'aménagement a été conçu avec un canal supérieur acheminant l'eau à la centrale.

L'aménagement est exploité par la société des centrales électriques du lac de Bienne SA (CELBI, BIK en allemand), propriété de la ville de Bienne et de l'entreprise BKW FMB Energie AG en parité.

Afin de mieux exploiter le potentiel énergétique du canal de Hagneck et de satisfaire aux nouvelles exigences de sécurité liées aux crues, la construction d'un nouveau barrage et d'une nouvelle centrale est prévue, engendrant un élargissement de la rivière et une augmentation de la capacité de turbinage et d'évacuation des crues.

designed with an upper channel which conveys water to the power plant.

The hydropower scheme is operated by the electric power company of Lake Biel (BIK in German), owned by the city of Bienne and the company BKW FMB Energy Ltd as equal partners.

In order to better exploit the energy potential of the Hagneck canal and to meet the new flood safety requirements, the construction of a new barrage and powerhouse is planned; this needs to widen the river that allows increasing the flood evacuation and power plant capacity.

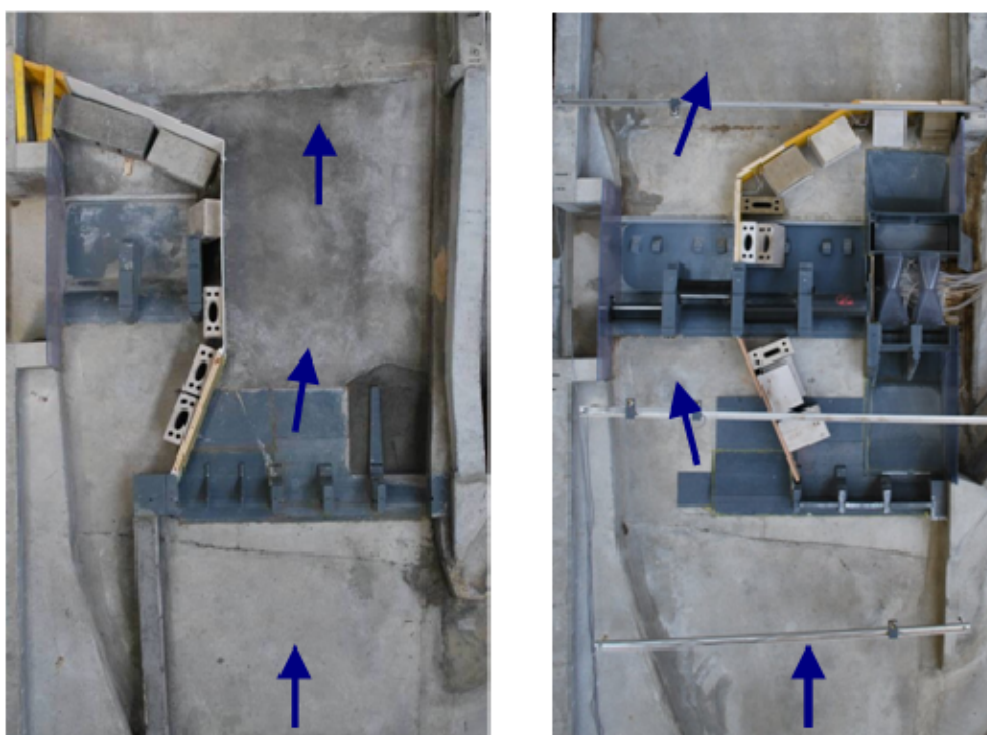


Figure 1 : Vue aérienne des deux phases de construction / Aerial view of the two construction phases

Le concept de base du projet de rénovation consiste en une nouvelle centrale hydraulique comportant deux turbines à bulbe. Après les essais sur modèle physique et optimisation du nouvel aménagement, des essais sur les deux phases de construction ont été effectués.

Il s'agit donc d'évaluer si le passage de la crue de dimensionnement peut être garanti durant la construction du nouvel aménagement. Le débit de dimensionnement est celui d'un temps de retour de 20 ans, soit $Q_{20} = 1'200 \text{ m}^3/\text{s}$ avec un contrôle jusqu'à la crue centennale.

The basic concept of the rehabilitation project consists of a new hydroelectric power plant with two bulb turbines. After the tests on the physical model and optimisation of the new hydropower scheme, tests have been performed regarding the two construction phases.

The objective is to evaluate the safe passage of the design flood during construction. The design discharge has a return period of 20 years, $Q_{20} = 1'200 \text{ m}^3/\text{s}$, the tests have been carried out up to the centennial flood.



Figure 2 : Ecoulement et ressaut hydraulique de la phase I de construction dans sa géométrie finale avec toutes les passes ouvertes et Q_{20} à la limite d'ennoiement par l'aval / *Flow and hydraulic jump for the construction phase I in its final geometry for all gates open and Q_{20} at the limit of downstream submergence*

Les essais ont permis :

- de déterminer la capacité de transit de crues
- d'assurer le transit de bois flottant
- de mesurer la ligne d'eau le long du batardeau de chantier
- d'identifier un éventuel ressaut hydraulique
- et d'optimiser la géométrie des batardeaux.

Dans l'ensemble les phases de construction garantissent le passage de Q_{20} et sous certaines conditions même Q_{100} .

Étude confiée par : BKW FMB Energie SA, Berne, Suisse

Ingénieurs de projet : Mathias Malquarti, Giovanni De Cesare

The tests allowed to:

- determination of the flood capacity
- ensure the safe passage of floating debris
- measure the water line along the cofferdam during construction.
- identify the location of the hydraulic jump
- optimize the geometry of the cofferdam enclosure

As a whole the construction phases guarantee the passage of Q_{20} and under certain conditions even Q_{100} .

Study entrusted by: BKW FMB Energy Ltd, Berne, Switzerland

Project engineers: Mathias Malquarti, Giovanni De Cesare

1.2.3 Petite centrale hydroélectrique de Boudry / *Mini hydro-electric power plant of Boudry*

L'implantation d'une petite centrale hydroélectrique sur l'Areuse est projetée à Boudry, dans le canton de Neuchâtel. La nouvelle centrale vise à exploiter une chute de 4 m au droit d'un seuil existant, avec un débit de dimensionnement d'environ $15 \text{ m}^3/\text{s}$. Les essais sur modèle physique à l'échelle 1:25 ont pour but d'analyser la capacité de transit des crues au droit du seuil existant et de valider ainsi que d'optimiser le comportement

The implantation of a mini hydroelectric power plant is planned on the Areuse River in the state of Neuchatel. The new power plant aims to operate on the 4 m fall of an existing weir with a design discharge of $15 \text{ m}^3/\text{s}$. The goal of the tests on physic model (scale 1:25) is to analyze the flood transit capacity at the existing weir and to validate and optimize the new water intake in terms of sediment dynamic.

de la prise d'eau en regard de la dynamique sédimentaire.

La première phase de l'étude a consisté en une analyse des données hydrologiques et hydrauliques de base. Les débits formateurs, de temps de retour 2 et 5 ans, atteignent respectivement 98 et 123 m³/s. Le débit critique de charriage pour le diamètre moyen des sédiments $d_m=27$ mm varie entre 70 et 98 m³/s. La capacité d'évacuation par les vannes de purge est d'environ 40 m³/s.

La deuxième phase de l'étude s'est concentrée sur la caractérisation de l'état actuel. Les lignes d'eau ont été mesurées sur toute la gamme des débits, avec les vannes de purge ouvertes et fermées, afin de disposer d'une situation de référence pour la comparaison après aménagement. En outre, les zones de dépôts sédimentaires ont été évaluées de manière qualitative pour un débit de temps de retour 5 ans et l'efficacité du dispositif de purge existant a été documentée.

The first step of the study consisted in an analysis of the hydrologic and hydraulic data. The formative discharge, time return period of 2 to 5 years, reach respectively 98 and 123 m³/s. The critical bedload discharge for the sediment mean diameter $d_m=27$ mm varies between 70 and 98 m³/s. The draining capacity of the existing wash-out gates reaches about 40 m³/s.

The second step of the study characterized the actual state. The water levels have been measured for all the discharges with the wash-out gates open and closed in order to obtain a reference situation for the comparison with the modified state. Moreover, the deposition zones were qualitatively evaluated for a discharge of time return period 5 years and the efficiency of the wash-out gates was documented.



Figure 1 : Configuration 3 sans turbinage; comportement sédimentaire pendant la pointe de crue /
Configuration 3 without turbining ; sedimentary comportment during peak flood

En troisième phase de l'étude, la configuration de base de la nouvelle prise d'eau a été testée, puis 5 variantes visant à optimiser le fonctionnement de l'aménagement ont été évaluées par simulation d'une crue type, avec les vannes de purge ouvertes, avec et sans turbinage (Figure 1):

During the third step of the study, the basis configuration of the new water intake was implemented and 5 variants aiming to improve the functioning of the scheme were evaluated by simulating a standard flood with the wash-out gates open with and without turbining (Figure 1):

1. Seuil de 80 cm devant l'entrée de la prise d'eau et protubérance à l'aval de l'entrée de la prise d'eau. Abandonnée car le seuil était trop haut pour l'exploitation projetée.
2. Seuil de 45 cm devant l'entrée de la prise d'eau, protubérance à l'aval, bancs alternés et chenal de purge prolongé. Abandonnée à cause de la problématique de mise en place de bancs alternés dans le lit de l'Areuse.
3. Seuil de 45 cm devant l'entrée de la prise d'eau, protubérance à l'aval et chenal de purge prolongé.
4. Rigole depuis l'entrée de la prise d'eau jusqu'aux vannes de purge et chenal de purge prolongé.
5. Seuil de 45 cm devant l'entrée de la prise d'eau, protubérance à l'amont et chenal de purge prolongé.

Les niveaux d'eau mesurés montrent qu'aucune des configurations testées ne provoque de débordement supplémentaire en comparaison de la situation actuelle. Concernant les vitesses d'écoulement, seule la configuration avec des bancs alternés engendre des sollicitations supplémentaires sur les berges du cours d'eau.

Les résultats des essais avec transport solide montrent que le turbinage devrait être interrompu durant les épisodes de crue, lorsque le débit dépasse la condition critique de charriage entre 70 et 98 m³/s (Tableau 1).

1. Weir of 80 cm in front of the water intake entrance and bulge downstream the water intake entrance. Left aside because the weir was too high for the projected operation.
2. Weir of 45 cm in front of the water intake entrance, bulge downstream, alternate banks and wash-out channel extended. Left aside due to the problematic of installing alternate banks in the river bed.
3. Weir of 45 cm in front of the water intake entrance, bulge downstream and wash-out channel extended
4. Channel from the water intake entrance to the wash-out gates and wash-out channel extended
5. Weir of 45 cm in front of the water intake entrance, bulge upstream and wash-out channel extended

The measured water levels show that none of the configuration tested causes additional overflowing in comparison with the actual state. In terms of current velocities, only the configuration with alternate banks creates additional stress on the riverside.

The results of the tests with solid transport show that the turbine should be interrupted during flood events, when the discharge exceeds the critical bedload condition between 70 and 98 m³/s (Table 1).

	Pourcentage de sédiments dans la prise d'eau avec turbinage / <i>Percentage of sediments inside the water intake with turbinning</i>	Pourcentage de sédiments dans le canal de fuite sans turbinage / <i>Percentage of sediments inside the outlet channel without turbinning</i>
Configuration de base	27%	<1%
Configuration 1	<1%	-
Configuration 2	<1%	<1%
Configuration 3	22%	<1%
Configuration 4	37%	<1%

Table 1 : Synthèse des résultats expérimentaux avec transport solide / *Synthesis of the experimental results with solid transport*

Dans la dernière phase de l'étude, un lit mobile a été mis en place sur une partie du modèle physique. La crue de référence a été simulée avec les vannes de purge ouvertes, avec et sans turbinage, en vue de définir les zones d'érosion et de dépôt.

During the last step of the study, a mobile bed was implemented on the critical places of the model. The reference flood was simulated with the wash-out gates open with and without turbinning in order to define the zones of erosion and deposition.

Deux des configurations testées permettent de minimiser l'entrée de sédiments dans la prise d'eau en favorisant la capacité de purge des vannes existantes : la configuration 3 et la configuration 5.

Etude confiée par : AF – Colenco AG
Ingénieure de projet : Théodora Cohen

Two of the tested configurations allow minimizing the entrance of sediments inside the water intake while promoting the wash-out capacity of the existing gates: the 3rd and the 5th configurations

*Study entrusted by : AF – Colenco AG
Project engineer : Théodora Cohen*

1.2.4 Aménagement de la Broye à Villeneuve / Training work on the Broye river in Villeneuve

Dans le cadre du projet de réaménagement de la Broye à Villeneuve (FR), il est projeté d'exploiter la dynamique propre de la rivière pour favoriser un élargissement en rive gauche, le but recherché étant de diminuer la charge d'entretien en rive droite. L'idée est de réduire les forces agissant sur la berge droite en élargissant le cours d'eau en rive gauche.

Afin d'élargir la Broye à cet endroit, seule sa force érosive est exploitée. L'intervention humaine ne servira que pour enclencher l'érosion de la rive gauche. Pour ce faire, les arbres se trouvant actuellement sur la berge fribourgeoise seront partiellement abattus et des saignées seront faites tous les 50 m à la pelle mécanique. De plus, les protections de pied de berge (Figure 1) seront enlevées et posées en rive droite dans le lit de la rivière afin de diriger l'écoulement vers la berge gauche. Cela a un double objectif : protéger la rive droite et accélérer l'érosion de la rive gauche. L'élargissement se fait sur un kilomètre de longueur en rive gauche uniquement, où une forêt alluviale existe. Il est actuellement exclu d'élargir la rive droite.



Figure 1 : Protection du pied de berge à enlever en rive gauche / *Toeslope protection to remove on the left side of the river*

Afin d'évaluer le potentiel morphologique et la dynamique de la Broye à cet endroit, une expertise a été demandée au LCH. Une série de questions concernant l'hydraulique, la morphogénèse et la sécurité de la Broye à Villeneuve ont été posées. Les réponses ont été formulées sur la base de connaissances

For the river training project on the Broye river in Villeneuve (FR), authorities want to exploit the dynamic of the river in order to widen it.

The goal is to reduce annual expenses for the maintenance of the right bank of the Broye river. The idea is to decrease the forces acting on the right bank by widening the river on the left side.

In order to widen the Broye river in Villeneuve (FR), only the erosive force of the flow is used. Human intervention will take place only to begin the erosion. Trees will partially be cut on left bank and an excavation of materials will be done every 50 m approximately. Moreover, the boulders used for toeslope protection (Figure 1) on the left side will be removed and placed in the riverbed in order to direct the flow toward the left bank. This has a double objective: to protect the right embankment against the flow and to fasten the erosion of the left bank.

The widening will take place on a river reach of one kilometer on the left side of the river only, where an alluvial forest is present.



Figure 2 : Situation du 07.12.2010 pendant les travaux / *Situation on the 07.12.2010, during river training works*

In order to acquire a more vast knowledge on the morphology and dynamics of the Broye river in Villeneuve (FR), LCH was asked to carry out an expertise. A series of questions concerning hydraulics, morphology and safety of the widening of this river reach in Villeneuve (FR) have been asked. Answers were given

théoriques de la dynamique des cours d'eau, appliquées au cas particulier de la Broye. Plusieurs simulations numériques 2D, réalisées avec le logiciel CCHE2D dans le cadre de projets de semestre au LCH-EPFL, ont également été utilisées en accord avec le mandant.

Des réponses ont été apportées, en particulier sur la largeur de régime que la Broye pourrait atteindre en cas d'élargissement naturel (29-39m, pas plus de 50m), le temps nécessaire à atteindre cet équilibre (une dizaine d'années probablement), le déplacement latéral maximal de la Broye en rive gauche (26m, 52m avec un facteur de sécurité 2), les tensions de frottement sur les berges dans l'état actuel et dans l'état futur (1.3-2.5 fois inférieures que dans l'état actuel selon les crues) et le risque d'érosion du lit de la rivière à l'aval du tronçon élargi.

Une analyse de sécurité en cas d'élargissement a également eu lieu. Une carte des dangers et une carte d'inondation ont été établies pour la situation actuelle (Figure 3), pour la situation hypothétique sans digue latérale en rive gauche et pour la situation élargie en rive gauche (Figure 4).

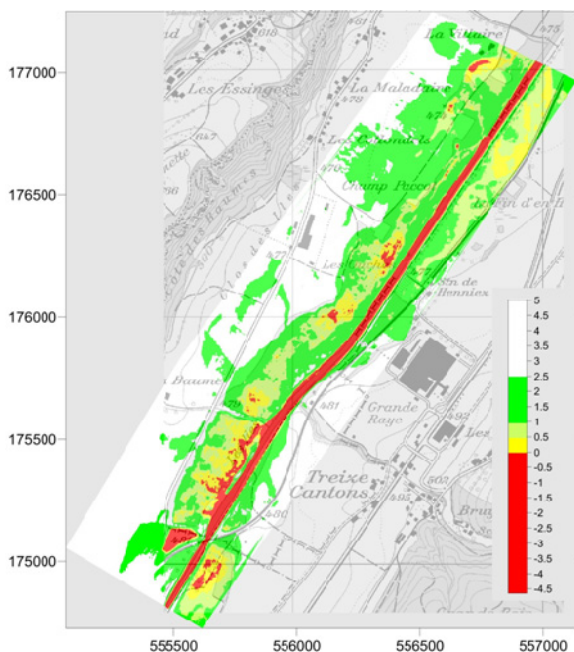


Figure 3 : Carte d'inondation de la situation actuelle. Les couleurs indiquent les surélévations des sols par rapport aux zones inondées (rouges) les plus proches / Inundation map for the current situation. Colors show the height differences with the nearest flooded areas (red)

based on theoretical knowledge of river dynamics, applied to the Broye case study. Multiple 2D numerical simulations carried out with the software CCHE2D during some semester projects at LCH-EPFL. As agreed from the beginning with the client, those data were also exploited in order to answer to some questions we were asked.

In particular, some answers were given concerning the regime width the Broye river could reach in the case of a natural widening (29-39m, not more than 50m), the time needed to reach equilibrium width (about ten years probably), the maximal lateral shifting of the river reach on the left side of the river (26m, 52m if a safety factor of 2 is used), the shear stress on the river banks in the current state and in the widened state (1.3-2.5 times smaller than for the current state, depending on the considered return period of the flood) and the risk of erosion in the riverbed downstream of the widened river reach.

A risk analysis in the case of a widening has been carried out. A hazard map and an inundation map for the current situation (Figure 3), for a hypothetical situation without dykes on the left side of the river and a situation where the river has been widened on the left side (Figure 4) were prepared.

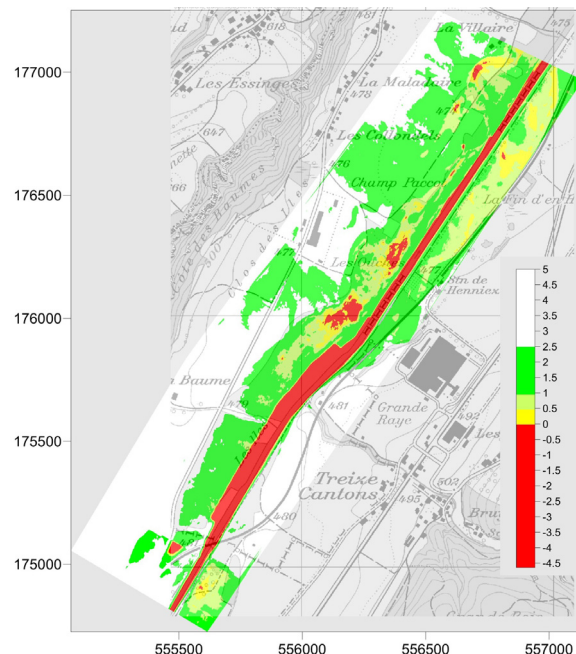


Figure 4 : Carte d'inondation après l'élargissement en rive gauche. Les couleurs indiquent les surélévations des sols par rapport aux zones inondées (rouges) les plus proches / Inundation map for the widening on left side of the river. Colors show the height differences with the nearest flooded areas (red)

Des réponses ont également été données concernant la sécurité du pont CFF en amont de la zone d'élargissement et l'ancienne décharge en rive gauche en aval de la zone élargie.

Les travaux de mise en place de l'élargissement (coupe des arbres et enlèvement des protections) ont été effectués en novembre-décembre 2010 (Figure 2).

Étude confiée par : Service conseil Zones alluviales, Yverdon-les-Bains

Ingénieure de projet : Tamara Ghilardi

Some comments were given regarding the safety of the railway bridge just upstream of the river widening and the old dump site in the left side downstream of the widened reach.

River training works (tree cutting and toeslope protection removal) were carried out in November-December 2010 (Figure 2).

Study entrusted by : Service conseil Zones alluviales, Yverdon-les-Bains

Project engineer : Tamara Ghilardi

1.2.5 Dérivation partielle de l'Arbogne à Corcelles-près-Payerne – Etude expérimentale sur modèle physique / Partial Derivation of the Arbogne River at Corcelles-près-Payerne – Experimental study on a physical model

Le concept de correction, destiné à la sécurisation du village de Corcelles-près-Payerne, consiste à décharger le cours ordinaire de l'Arbogne (Canton de Vaud, Suisse) par une dérivation partielle de débit à l'amont de la localité.

La modélisation physique concerne les éléments suivants :

- Ouvrage de prise : déversoir latéral pour assurer le partage correct du débit.
- Galerie de dérivation enterrée : conduite de l'eau dérivée.
- Ouvrage de dissipation d'énergie : fixation du ressaut à l'entrée du canal d'évacuation.

Les débits à tester ont été $Q_{10} = 30 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{100} = 41 \text{ m}^3/\text{s}$ et $Q_{300} = 47 \text{ m}^3/\text{s}$.

Le modèle a été réalisé à l'échelle 1:20 et exploité en similitude de Froude, c'est-à-dire en admettant la conservation du rapport entre les forces d'inertie et de gravité. Le modèle est réalisé en deux parties. La première reproduit 70 m de l'Arbogne, soit 40 m à l'amont et 30 m à l'aval de l'ouvrage de prise (Figure 1). Elle inclut la galerie de dérivation enterrée sur ses 40 premiers mètres. Le niveau d'eau de l'Arbogne est réglé par une vanne à l'aval du modèle, où le débit est mesuré par un déversoir triangulaire.

La deuxième partie du modèle reproduit la partie aval de la galerie de dérivation et son débouché dans le canal d'évacuation avec l'ouvrage de dissipation d'énergie (Figure 2). Les dimensions du modèle ont été définies après l'étude préliminaire des écoulements dans la galerie.

The concept for reducing the risk of flooding at Corcelles-près-Payerne consists of diverting a part of discharge of the Arbogne River (Vaud canton, Switzerland) by a derivation tunnel upstream of the village.

Several elements have been tested during the physical modelling tests:

- *Intake structure : lateral weir for conform flow dividing*
- *Diversion tunnel : evacuation of diverted flow*
- *Stilling basin : stabilisation of the hydraulic jump*

The tested flood scenarios were $Q_{10} = 30 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{100} = 41 \text{ m}^3/\text{s}$ and $Q_{300} = 47 \text{ m}^3/\text{s}$.

The hydraulic model has a geometrical scale of 1:20. It is exploited with respect to Froude similitude, maintaining conservation of the ratio between inertial and gravity forces. The model has been divided in two sub-models. 70 m of the Arbogne River, 40 m upstream and 30 m downstream of the diversion structure (Figure 1), have been represented in a first model. The first 40 m of the diversion tunnel is modelled as well. The water level in the river was regulated by a flap gate downstream of the reach, where the discharge is measured by a triangular weir.

The second model contained the downstream part of the derivation tunnel and its outlet in a channel. The dimensions of the stilling basin (Figure 2) have been defined after a preliminary study of flow in the tunnel reach. The two sub-models are linked by a box, simulating the head losses in the tunnel.

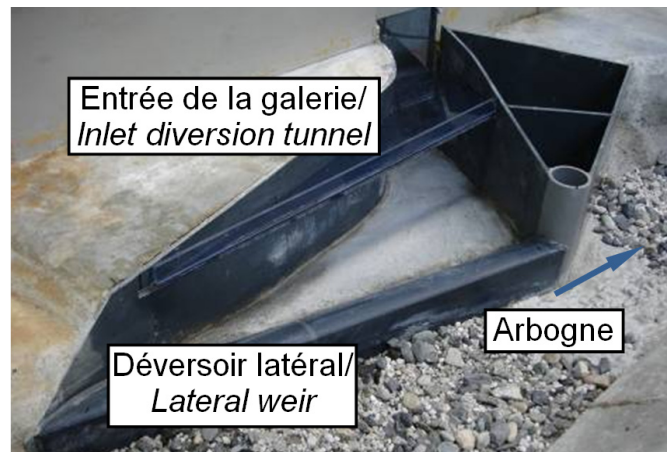


Figure 1: L'ouvrage de dérivation proposé / *Final design of the lateral weir*



Figure 2 : Modèle hydraulique de l'ouvrage de dissipation / *Hydraulic model of stilling basin downstream the tunnel*

La modélisation physique est destinée à reproduire les effets tri-dimensionnels de l'écoulement et à fournir les résultats utiles à la compréhension des phénomènes de charriage et d'érosion en interaction avec l'écoulement. Elle permet en outre de procéder à une analyse de sensibilité des principaux paramètres à considérer et d'optimiser la solution proposée.

L'étude sur modèle physique a permis de tirer les enseignements suivants :

- L'ouvrage de prise optimisé satisfait aux exigences définies par le bureau d'ingénieurs. La répartition du débit et la relation niveau-débit sur le déversoir latéral ont été établies.
- L'ouvrage de dérivation permet une évacuation contrôlée et sûre de la moitié du débit d'une crue centennale par la galerie.
- Le comportement de l'ouvrage vis-à-vis des bois flottants a été examiné. Leur

The physical model can reproduce the three-dimensional behaviour of flow and help to understand sediment transport as well as erosion. It allowed a sensitivity analysis of the main parameters and the optimisation of the pre-designed elements of the derivation system.

The theoretical calculations and the test on the hydraulic model lead to the following conclusions:

- *The optimised intake structure corresponds to the requirements of the authorities. The dividing of flow and the relation level-discharge of the lateral weir have been measured.*
- *The effect of logs on the system has been analysed by the simulation of critical flood sequences. The simulated 100 year flood event didn't show any problems.*
- *A mobile river bed and the addition of sediments in the upstream part of the model allowed testing the influence of the*

passage lors d'une crue centennale n'a pas soulevé de problème majeur.

- Un lit mobile à l'approche du déversoir latéral et l'alimentation en sédiments dans la partie amont du modèle ont permis de tester l'influence de l'ouvrage sur la formation de dépôts solides et le risque d'érosion pour Q100. La décrue révèle des dépôts mineurs dans le lit de l'Arbogne. La majorité des sédiments passe à l'aval de la section de contrôle de la dérivation.
- Le bassin amortisseur à la sortie de la galerie de dérivation a été créé hydrauliquement dans un bac à sable pour le débit Q100. La forme du bassin amortisseur et les enrochements de stabilisation ont été optimisés.

Etude confiée par : Entreprise de correction fluviale générale de la dérivation de l'Arbogne (Canton de Vaud)

Ingénieur de projet : Martin Bieri

structure on sediment deposit or erosion for a 100 year flood. The fall in water level induced minor deposits in the Arbogne River. Most of the sediments are transported downstream. Some fine sediment has been evacuated by the tunnel.

- *The stilling basin was created naturally for the 100year event in a container filled with sand. The shape of the basin and the position of the energy dissipating elements have been optimised.*
- *The final design of the derivation system allows a controlled evacuation of about half of the 100 year flood.*

Study entrusted by : Entreprise de correction fluviale générale de la dérivation de l'Arbogne (Canton de Vaud)

Project engineer : Martin Bieri

1.2.6 Dimensionnement d'un ouvrage de contrôle pour les laves torrentielles en utilisant les essais physiques / *Experimental design of a diversion structure for granular debris flows (Bruchji)*

Le bassin versant du torrent de Bruchji, un tributaire de la rivière Kelchbach dans les Alpes suisses, possède des versants raides couverts de matériaux meubles non-consolidés. Pendant les épisodes de forte pluie, une quantité importante de sédiments est régulièrement mobilisée et transportée vers le village de Blatten situé à l'aval du torrent (Figure 1). Le risque élevé de débordement dû au déficit de capacité du cours d'eau en traversant le village a incité les autorités locales à chercher une solution adaptée pour protéger la population. Une solution intéressante consiste à dériver partiellement les laves torrentielles de moyenne à forte ampleur vers une zone de stockage située à l'intérieur du cône alluvial historique du Bruchji. Dans cette zone, une grande perméabilité au sol permet la séparation de la partie solide des laves de sa partie liquide (l'eau) ce qui a comme conséquence de ralentir le mélange et favoriser la déposition. L'eau sera réacheminée vers le lit du cours d'eau moyennant une digue en terre limitant la zone de stockage.

The catchment area of Bruchji's torrent, a tributary of Kelchbach River in the Swiss Alps, has steep rock slopes covered with unconsolidated materials. During heavy precipitation events, large amount of liquefied landslides of saturated debris are regularly initiated and transported toward Blatten village located on the downstream end of the catchment area (Figure 1). The high flooding risk induced by the limited flow capacity of the Bruchji's reach that travels the Blatten village, has urge the local authority to search for suitable solutions to protect lives and goods. The partial diversion of moderate and high debris flow events from the torrent's bed toward a managed area inside the historical alluvial cone was found to be an interesting solution. In this cone, the solid part of the flow will settle down and water will be redirected back to the torrent's bed by means of dikes that bound the deposition area.

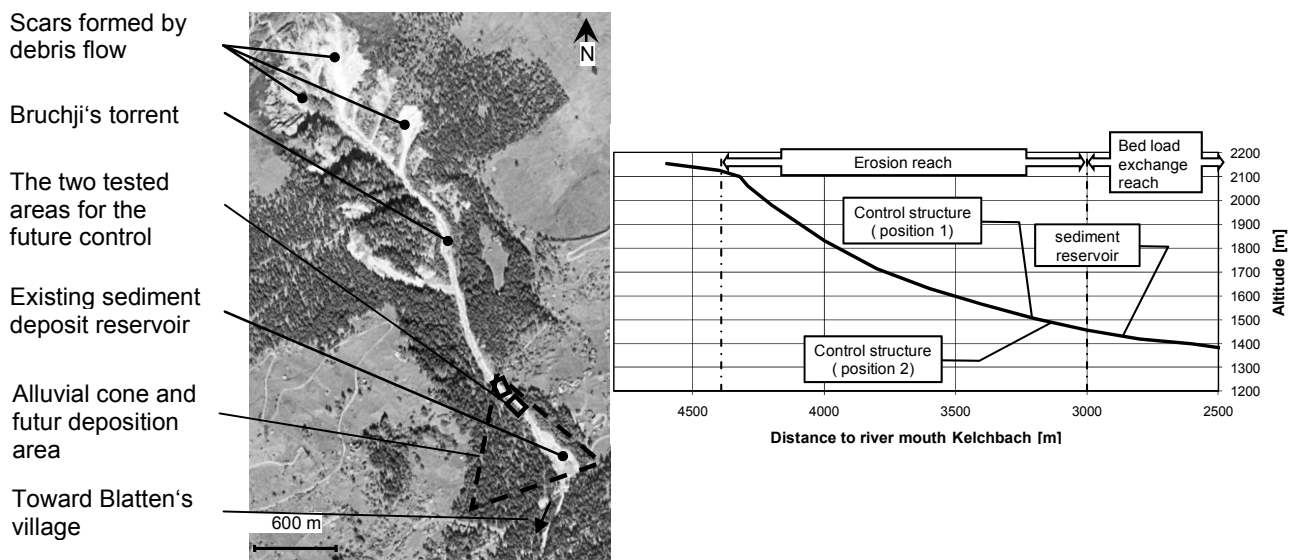


Figure 1 : Vue aérienne (à gauche) et profil longitudinal schématique (à droite) du torrent du Bruchji à l'amont du village de Blatten / *Arial view (left) and schematic longitudinal profile (right) of the Bruchji's torrent upstream from the Blatten village*

Le concept de base de l'ouvrage de contrôle consiste à créer une contraction latérale locale de la section du torrent et d'ouvrir une brèche dans sa rive droite. Cette contraction artificielle de la section d'écoulement génère une importante perte de charge qui favorise la déposition des sédiments à l'intérieur du lit et la formation d'un obstacle à la masse de lave en mouvement. Quand la hauteur des dépôts atteint la crête de la brèche latérale, une partie des laves est déviée vers la zone de stockage. La contrainte finale imposée à l'ouvrage de contrôle est sa capacité à s'auto-nettoyer. L'écoulement de l'eau claire avec transport solide par charriage, qui suit les épisodes de laves torrentielles, doit pouvoir retourner rapidement dans le lit du torrent.

Un modèle physique à échelle réduite 1:20 a été construit en respectant la similarité de Froude. La rugosité du canal, le mélange de lave expérimentale et la hauteur de l'ouverture de la porte de fermeture du bac d'alimentation du modèle ont été calés en comparant les valeurs moyennes mesurées des paramètres: h (hauteur du front), v (vitesse du front), et Q_s (débit) aux valeurs moyennes caractéristiques de plusieurs projets de référence. Deux configurations de l'ouvrage de contrôle ainsi que deux positions de celui-ci, en tronçon droit et dans la courbe du torrent, ont été testées (Figures 2a et 2b).

The basic concept of the diversion structure is to create a local lateral contraction of the torrent section and to open a breach in the right bank side of it. The local artificial narrowing and widening of the flow section leads to a partial energy dissipation of the flow. This induces local sediment deposition inside the bed which creates an obstacle to the following debris flow masses. When the depth of deposits reaches the crest level of the lateral breach, part of the debris flow is diverted toward the deposition area. The final constraint imposed to the control structure is that clear water flowing with classical bed load transport should not generate flow diversion through the breach.

A physical model was built according to Froude similarity at the scale of 1:20. The channel roughness, the debris flow mixture and the gate opening height have been chosen and validated by comparing the mean values of the tests output debris flow parameters: h (front height), v (mean front velocity) and Q_s (flow rate) to other characteristic mean values of some reference works. Two positions in the linear and bend river reaches and two control structure configurations have been tested (Figures 2a and 2b).

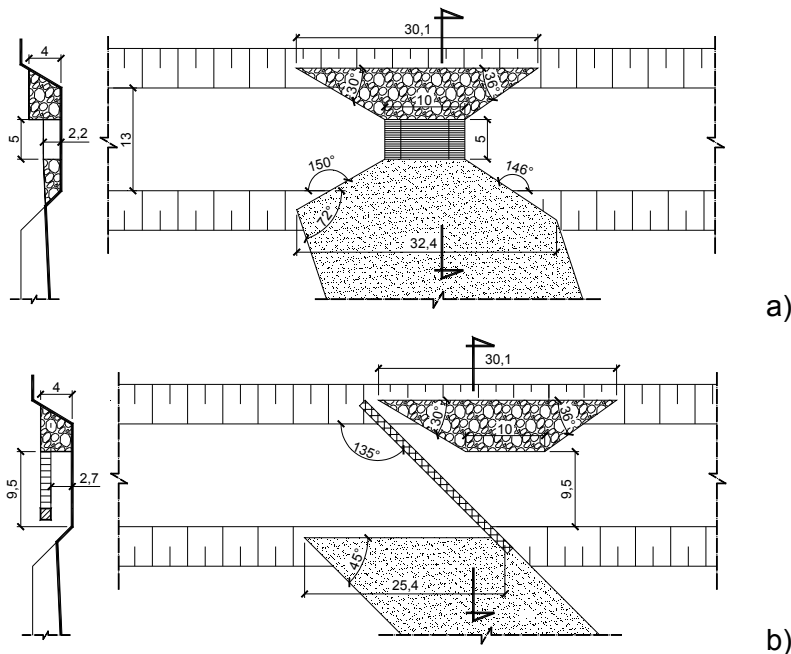


Figure 2 : Vue en plan des configurations optimisées de l'ouvrage de contrôle / *Plan views of the optimized versions of the control structure. a) Configuration A, b) Configuration B* / *a) Configuration A, b) Configuration B. (Toutes les dimensions sont à l'échelle de prototype et sont en mètres / All dimensions are in prototype scale and are in meters)*

L'étude par modélisation physique a abouti aux conclusions suivantes: (i) l'ouvrage de contrôle doit être construit sur la partie courbe du torrent (Figure 3), (ii) la configuration de l'ouvrage avec une contraction unilatérale et un déflecteur (Configuration B) est 10 à 15% plus efficace que la solution avec contraction bilatérale et grilles horizontales, et (iii) l'ouvrage de contrôle optimisé du type B réduit la largeur de la section du torrent de 13 à 9.5 m avec un déflecteur situé 2.7 m au-dessus du lit du cours d'eau.

Pour la solution optimisée de l'ouvrage et pour des épisodes typiques de laves torrentielles avec quatre coulées successives de 4000 m³ chacune (période de retour de 20 ans), le volume total dévié est de l'ordre de 12% par rapport au volume total de l'évènement. Environ 35% de matériaux sont stockés dans le cours d'eau à l'amont de l'ouvrage alors que 53% transitent vers l'aval. L'auto-nettoyage de l'ouvrage a pu être testé. Après le passage des laves torrentielles, l'eau a pu progressivement éroder les dépôts solides à l'endroit de l'ouvrage et est retourné dans le lit du torrent du Bruchji.

The physical test study concludes to the following points: (i) the control structure should be constructed in the curved part of the Bruchji's torrent (Figure 3), (ii) the configuration of the control structure with a unilateral contraction and beam deflector (configuration B) was 10 to 15% more efficient than the bilateral contractions solution with horizontal rack, and (iii) the optimized control structure of type B reduces the channel width from 13 to 9.5 m and limits the flow height to 2.7 m below the deflector beam.

For the optimized solution and during a typical debris flow event composed of four discrete pulses of 4000 m³ each (event with a return period of 20 years), the total diverted volume will be near 12% of the total event volume. About 35% will be stocked inside the torrent in the upstream side of the structure and near 53% will be transited downstream. The flushing tests done at the end of the debris flow events have efficiently eroded the alluvial bed formed by the material deposits. After each event, the water flow has returned back rapidly to the bed of the Bruchji's torrent.



Figure 3 : Photo du modèle prise depuis l'amont montrant les dépôts après le passage de la troisième coulée de lave / *Photo of the model taken from the upstream showing the deposits at the end of the third pulse of debris flow*

Etude confiée par : Gemeinde Naters – Canton Valais

Ingénieurs de projet : Fadi Hachem et Markus Studer

Study entrusted by : Gemeinde Naters – Canton Valais

Project engineers: Fadi Hachem et Markus Studer

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

Le barrage de Kariba se situe dans le bassin versant du fleuve Zambèze, entre la Zambie et le Zimbabwe, en Afrique. Il s'agit d'un des plus grands barrages au monde, avec 128 m de hauteur maximale et 617 m de long.

Ce barrage voûte à double courbure a été construit entre 1955 et 1959. Le lac créé par le barrage a une longueur de 280 km avec une capacité de stockage de 180 km³ environ (Figure 1a).

L'affouillement de la fondation de Kariba 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 80m sous le niveau d'eau en aval du barrage (Figure 1b).

The Kariba Dam is located in the Zambezi river basin between Zambia and Zimbabwe, Africa. It is one of the largest dams in the world, standing 128 m high and 617 m long.

The double curvature concrete arch dam was constructed between 1955 and 1959. Lake Kariba, the reservoir created by the dam, extends for 280 km with a storage capacity of approximately 180 km³ (Figure 1a).

The Kariba plunge pool is extraordinary because of its depth. As a result of long spilling periods during several years, the jets generated by the sluice spillway progressively scoured a deep and steep-sided plunge pool hole with a current bottom at about 70 m below the original riverbed and about 80 m below the normal tailwater level (Figure 1b).

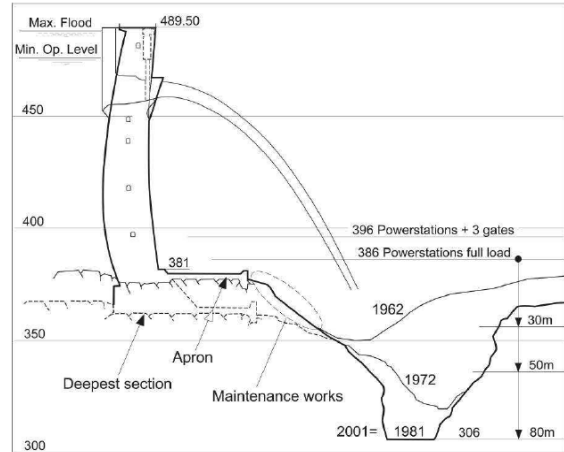


Figure 1: a) Vue du barrage et déversoir vanné de Kariba. b) Développement de la fosse d'érosion et trajectoire du jet à l'aval du barrage / a) View of the Kariba dam with gated spillway. b) Plunge pool development and jet trajectories downstream of the Kariba

- Déterminer la géométrie de la fosse ultime en fonction des débits déversés à l'aide d'une approche basée sur les phénomènes physiques.
- Proposer des solutions pour la sécurité des structures et pour l'opération de l'aménagement.

Une approche hybride au problème a été proposée, en combinant modélisations numérique et physique de la fosse d'érosion de Kariba.

Le modèle physique fournit les caractéristiques générales de l'écoulement et les pressions appliquées sur le fond, tandis que le modèle numérique tient compte des caractéristiques prototypes du jet et du rocher. Avec cette approche, les aptitudes des 2 modèles sont combinées de façon optimale.

Le modèle physique, (Figure 2a) tenant compte des composants pertinents du jet et de l'affouillement de Kariba a été construit à l'échelle 1 :65.

- *Determining the ultimate plunge pool geometries regarding spillway discharges by means of a physically based approach.*
- *Propose solutions regarding the safety of the structures and the operation of the facilities.*

A hybrid approach to the problem was chosen, combining numerical and physical modelling of the Kariba plunge pool.

The physical model provides the general flow characteristic in the plunge pool and surface pressures, whereas the numerical model further includes the prototype rock characteristics and the jet features. With this approach, the strengths of these two model types are optimally combined.

The physical model (Figure 2a) including relevant components for the jet and scour of Kariba Dam is constructed with a scale factor of 1:65.



	Prototype [m ³ /s]	Model [l/s]
1 spillway gate	1'500	44
6 spillway gates	9'000	264
Power Plants	2 * 700	41
Total discharge capacity	10'400	305

Figure 2 : a) Photos du modèle physique b) Valeurs de débit / a) Photos of the physical model b) Discharge features

Un modèle basé sur les phénomènes physiques, le CSM a été conçu au Laboratoire de Constructions Hydrauliques. Le modèle a été développé et adapté à des problèmes

A physics based engineering model, the CSM, has been set-up at the Laboratory of Hydraulic Constructions. The model has been continuously developed and adapted to real-

réels.

CSM est le premier modèle complètement physiquement basé à décrire l'évolution temporelle de l'affouillement de la fosse d'érosion.

Le mandat se divise en 4 phases, où différentes géométries de la fosse d'érosion et configurations seront testées.

Etude confiée par : Zambezi River Authority

Ingénieurs de projet : Rafael Duarte et Michael Pfister

life dam scour problems.

The CSM is the first completely physics based model describing time evolution of rock scour in plunge pools.

The project is composed of 4 work phases where different plunge pool geometries and configurations are tested.

Study entrusted by : Zambezi River Authority

Project engineers : Rafael Duarte and Michael Pfister

1.2.8 Barrage de Koman, Albanie - Etude numérique des évacuateurs de crue et fosse d'érosion / Koman dam, Albania - Numerical simulation for spillways and plunge pool

Le barrage de Koman (Figure 1) est situé dans la partie nord de l'Albanie. Il est un des barrages existants des paliers de la rivière Drin. C'est une digue à masque en béton qui a été construite pendant une période s'étalant de 1980 à 1988. La centrale électrique a une capacité installée de 600 MW. Le pied du barrage est partiellement érodé.

Koman dam (Figure 1) is located in the Northern part of Albania and is one of the existing dams of the Drin River cascade. It is a concrete face rockfill dam which was constructed between 1980 and 1988. The powerhouse has an installed capacity of 600 MW. The dam toe is partially eroded.



Figure 1 : Vue de la face aval du barrage de Koman avec la partie érodée de pied du barrage et deux évacuateurs de crue / View of the downstream face of the Koman dam with eroded dam toe and the outlet works

Une étude numérique 3D a été effectuée afin de déterminer le comportement hydraulique du barrage et la fosse d'érosion dans le cadre du projet de réhabilitation du barrage de Koman. Le modèle physique a été construit au LCH, EPFL en 2008. Des simulations numériques ont été réalisées pour évaluer l'effet et la sollicitation hydraulique sur le pied aval du barrage, ainsi que sur la rive droite de la fosse d'érosion.

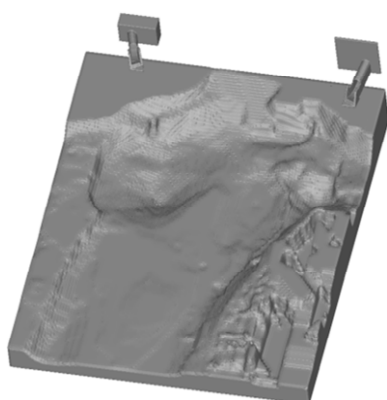
A 3D numerical study was carried out in order to determine the hydraulic behaviour of the dam and the plunge pool in the framework of the Koman dam rehabilitation project. Physical model tests have been performed at LCH, EPFL in 2008. Numerical simulations were carried out to evaluate the effect and hydraulic solicitation on the downstream toe of the dam as well as on the right bank of the plunge pool. The first scenario simulates the actual state of

Le premier scénario modélise l'état actuel de la fosse avec sa topographie avant les crues de décembre 2010. Le deuxième scénario simule la fosse avec une estimation ultime de l'affouillement en dessous de l'évacuateur N°4. Le dernier scénario modélise deux fosses ultimes en dessous des évacuateurs N°3 et N°4. La situation la plus critique est le fonctionnement des deux évacuateurs ensemble à 100% de leur capacité. Par conséquent, les deux évacuateurs fonctionnent simultanément pour tous les scénarios. Les objectifs de la simulation numérique ont été les suivants :

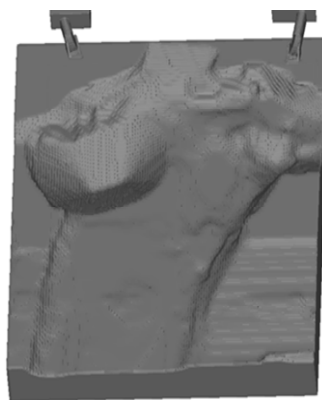
- l'évaluation de la trajectoire du jet et la zone d'impact,
- l'évaluation des niveaux d'eau dans la fosse d'affouillement,
- l'étude de la circulation à l'intérieur de la fosse d'érosion, en particulier face au pied du barrage et le long de la rive droite.
-

plunge pool with its topography before the flood events in December 2010. The second scenario models the plunge pool with an estimated ultimate scour hole below spillway N°4. The last one simulates the plunge pool with two estimated ultimate scour holes below spillways N°3 and N°4. The assumed most harmful situation is the operation of both spillways together at 100% of their capacity. Therefore, both spillways are simulated functioning simultaneous for all the scenarios. the objectives of the numerical simulations were as below:

- *Evaluation of the jet trajectory and impact zone,*
- *Assessment of water levels in the plunge pool,*
- *Study of the flow circulation inside the plunge pool, especially in front of the dam toe and along the right bank.*



Scenario n°1



Scenario n°2



Scenario n°3

Figure 2 : Etat de la fosse d'érosion pour les scénarios simulés / Plunge pool state for the simulated scenarios

Les simulations ont été effectuées à l'échelle du prototype. Au début, la géométrie initiale est simulée afin de valider l'approche numérique. Cette simulation a été réalisée à l'échelle modèle, où des mesures précises étaient disponibles et rapportées à l'échelle prototype. Les simulations numériques ont été réalisées en utilisant le logiciel FLOW-3D, la version 9.4.2 de Flow Science Inc au Nouveau-Mexique, Etats-Unis. FLOW-3D résout numériquement les équations de continuité ainsi que de quantité de mouvement en utilisant l'approximation de volumes finis. Les géométries modifiées de la fosse pour les scénarios deux et trois ont été générés sur la base des estimations longitudinales 2D par AquaVision Engineering

The simulations were performed at prototype scale. At an initial stage, the current geometry is simulated in order to validate the numerical approach. This simulation was first performed at the physical model scale, where precise measurements were available and upgraded to prototype scale. The numerical simulations were performed using the software FLOW-3D, version 9.4.2 from Flow Science Inc. in New Mexico, USA. FLOW-3D numerically solves the continuity and momentum equations using finite-volume approximation. Tailored plunge pool geometries for scenarios two and three were created based on AquaVision Engineering Inc 2D longitudinal estimation and extended laterally based on rock quality assessment.

Inc. Ensuite, la fosse a été prolongée latéralement basée sur l'évaluation de qualité de la roche.

Les résultats sont pertinents pour la conception du pied du barrage et la stabilisation des berges. Par ailleurs, les mesures d'impact des vagues sur le modèle physique doivent être prises en compte. En outre, les champs de vitesses simulés peuvent être utilisés comme un des éléments influent pour la conception des mesures de protection.

Etude confiée par : Pöry Ltd, Zürich, Suisse
Ingénieurs de projet : Milad Daneshvari,
Giovanni De Cesare

The results are relevant for design of dam toe and river bank stabilization. Furthermore, the wave impact measurements on physical model should be taken into account. The simulated flow velocities can be used as one of the influential elements for the design of the protection measures.

Study entrusted by : Pöry Ltd, Zürich, Suisse
Project engineers : Milad Daneshvari,
Giovanni De Cesare

1.2.9 Sécurisation de la zone constructible en aval du dépotoir des Tailles sur le ruisseau de Collonge / Securing the building zone downstream of the Tailles retention zone over Collonge river

Le ruisseau de Collonge est situé sur la commune d'Ollon dans le Canton de Vaud. Ce ruisseau présente un danger potentiel de laves torrentielles, provoquées par la mobilisation de matériaux meubles sur les flancs amont du bassin versant. Avant le passage sous le Chemin des Margueronnes, au lieu-dit Les Tailles, un dépotoir est actuellement aménagé pour stocker un certain volume de matériaux alluvionnaires, avec une capacité de 360 m³, suffisante pour des petites coulées de laves torrentielles. Afin de se protéger contre des coulées plus importantes, un volume estimé à 4'000 m³ environ est nécessaire. Un agrandissement raisonnable du dépotoir permet d'atteindre un volume de 3'200 m³. Le déficit de stockage, de l'ordre de 800 à 1'000 m³, pourra être comblé par l'installation d'un filet souple sur le cours d'eau à l'amont du dépotoir. Ce filet a pour but de piéger le volume supplémentaire qui ne peut être stocké dans dépotoir existant à l'aval. Dans le but de tester l'efficacité de ce filet, des essais sur modèle physique avec une coulée granulaire (Figure 1) sont réalisés à l'échelle 1:25 au LCH.

The Collonge river is located at the commune of Ollon in Canton of Vaud. This stream presents a potential danger of debris flows, caused by mobilization on the flanks, upstream of the catchment area. Before the passage under the Chemin des Margueronnes, at the place called Les Tailles, a retention zone is currently arranged to store a certain volume of alluvial materials with the aim of reducing the danger level of downstream.

A retention basin already exists on the Collonge stream with a storage capacity of 360 m³, sufficient for small debris flows. In order to protect the area from more significant debris flow events, an estimated volume of about 4'000 m³ is necessary. A reasonable enlarging of the basin makes it possible to reach a volume of 3'200 m³. The storage deficit of about 800 to 1'000 m³, could be made up by the installation of a ring net barrier in the river upstream of the basin. The purpose of this barrier is to trap the additional volume which cannot be stored in the existing downstream basin. In order to test the efficiency of this ring net barrier, a physical model of the stream with a coarse debris flows (Figure 1) is realized at the scale of 1:25 at LCH.

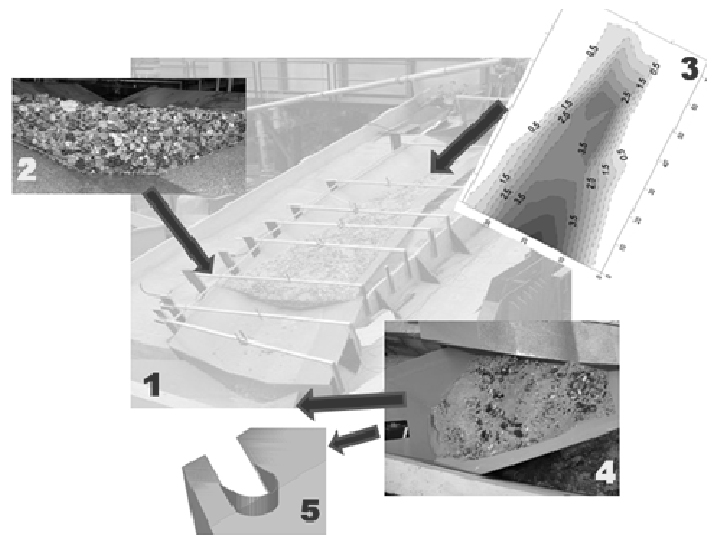


Figure 1 : 1. Tronçon modélisé du Ruisseau de Collonge, 2. Dépôts accumulés derrière le filet souple, 3. Courbe de niveaux du dépôt de matériaux derrière le filet, 4. Vue de dépotoir et des matériaux piégés, 5. Vue schématique de la grille à barreaux verticaux à la sortie du dépotoir, proposée pour se prémunir d'un éventuel transit de laves torrentielles à l'aval / 1. Modeled section of the Collonge stream, 2. Accumulated deposits behind the ring net barrier, 3. Topographic lines of the deposited material behind the net, 4. View of basin and trapped materials, 5. schematic sight of the vertical bars at the exit of the retention basin proposed to secure the downstream zone against possible transit of debris flows

Les coulées simulées ont un volume constant de 4'000 m³. Les différentes configurations d'aménagement ont été conçues avec et sans filet sur le ruisseau et deux formes de dépotoir (situation prévue et fond rehaussé) à la sortie du cône de déjection. Les résultats obtenus sont synthétisés dans la Figure 2 où le volume stocké derrière le filet et dans le système de rétention combiné est représenté. Dans l'établissement de ce bilan, les volumes piégés à l'amont du filet ont été comparés à ceux obtenus en application de la formule proposée par l'entreprise GEOBRUGG (fournisseur de filets souples en Suisse). Les essais sont réalisés pour trois hauteurs différentes de filet : 4, 5 et 6 m. Comme hypothèse de dimensionnement, le volume utile du dépotoir aval a été admis à 70% de sa capacité. Les volumes utiles du dépotoir initial et du dépotoir à fond rehaussé s'établissent ainsi à 4'000 m³ et 2'300 m³ respectivement. Il en résulte que le dépotoir initial ne nécessite pas l'installation d'un filet supplémentaire, contrairement au dépotoir à fond rehaussé.

Dans l'hypothèse de laves visqueuses, celles-ci pourraient éventuellement progresser jusqu'à la section de sortie du dépotoir. Afin d'éviter leur transit partiel vers l'aval, une grille avec des barreaux verticaux pourrait être installée à la sortie du dépotoir (Figure 1, n°5).

Simulated debris flows have a constant volume of 4'000 m³. Different configurations for the structures were carried out, with and without ring net barrier on the stream and two arrangements of the retention basin (foreseen situation and the raised bottom) at the exit of the alluvial fan. The obtained results are synthesized in Figure 2 where the stored volume behind the net and in the combined retention system, are presented. In the establishment of this mass balance, the trapped volume upstream of the net was compared with those obtained through the formula suggested by GEOBRUGG company (provider of the nets in Switzerland). The tests are carried out for three different heights of the net: 4, 5 and 6 m. As the design assumption, the efficient volume of the basin was supposed at 70% of its capacity. Efficient volumes of the foreseen and the raised bottom basin are thus established with 4'000 m³ and 2'300 m³ respectively. This results that the initial basin does not require the installation of an additional net, contrary to the basin with raised bottom.

On the assumption of viscous debris flows, those could possibly progress until the exit section of the basin. In order to avoid their partial transit towards the downstream, a grid with vertical bars could be installed at the exit of the retention zone (Figure 1, n°5).

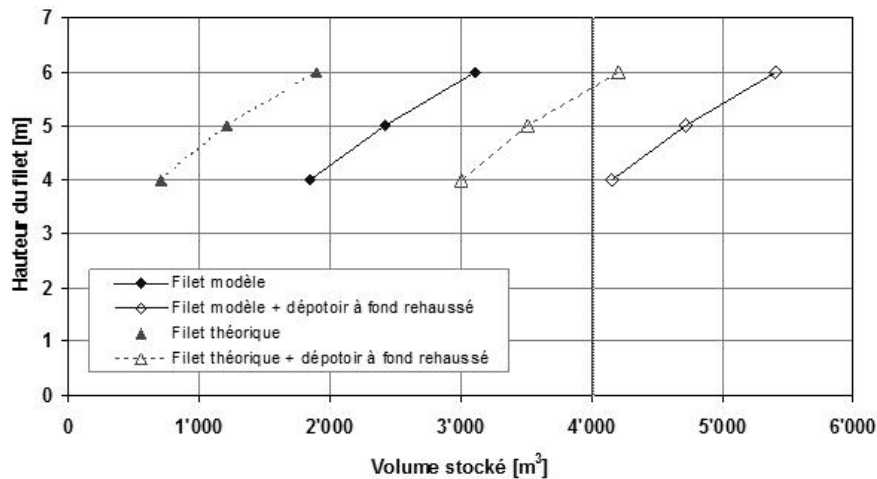


Figure 2 : Volume stocké derrière le filet et volume utile incluant le volume de dépotoir à fond rehaussé / *Remained volume behind the ring net barrier and efficient volume including the basin volume with raised bottom*

L'espace entre les barreaux de cette grille devrait correspondre au diamètre moyen de la distribution granulométrique des laves et leur hauteur devrait être supérieure à 2m. Cette grille a également comme fonction de limiter l'évacuation sédimentaire résultant d'une remobilisation des dépôts après les coulées.

The space between the grid bars should correspond to the average diameter of the debris gradation curve and its height should be greater than 2m. This grid can also limit the sedimentary evacuation resulting from a remobilisation of the deposits after flows.

Etude confiée par : Entreprise de correction fluviale du ruisseau de Collonge, Suisse

Study entrusted by : Entreprise de correction fluviale du ruisseau de Collonge, Switzerland

Ingénieurs de projet : Milad Daneshvari, Fadi Hachem, Markus Studer

Project engineers : Milad Daneshvari, Fadi Hachem, Markus Studer

1.2.10 Etude paramétrique de la capacité des Piano Key Weirs (PKW) / *Parametric study on the Piano Key Weirs' (PKW) capacity*

Avec l'enrichissement des bases de données hydrologiques et le développement de nouvelles méthodes d'estimation des débits de dimensionnement, certains barrages existants nécessitent une réhabilitation des évacuateurs de crue, en adéquation avec la capacité requise. Pour ces projets, un nouveau type de déversoir labyrinthe, appelé Déversoir en touche de Piano (PKW), offre une alternative intéressante (Figure 1a). L'avantage du PKW sur les déversoirs labyrinthe standards est qu'ils peuvent être placés sur le couronnement de la majorité des barrages, en raison d'une surface de base réduite.

With the increase of hydrological data records and the development of new methodologies for design flood estimation, a large number of existing dams require spillway rehabilitation in order to improve their hydraulic capacity. For such projects, the new type of labyrinth spillways, called Piano Key Weir (PKW) is an efficient solution (Figure 1a). The advantage in comparison with standard labyrinth weirs is that it may be placed at the crest of most existing dams due to its small foundation surface.

Dans la présente recherche, une étude paramétrique expérimentale de la capacité des PKWs est réalisée. Les objectifs sont (i) analyser l'influence des principaux paramètres géométriques sur la capacité d'évacuation et (ii) proposer une formulation empirique pour le dimensionnement préliminaire de PKWs.

In the present research, an experimental parametric study on PKWs is conducted. The objectives are (i) to analyze the influence of the main geometric parameters on the PKW discharge capacity and (ii) to propose an empirical formulation for the preliminary design of new PKWs.

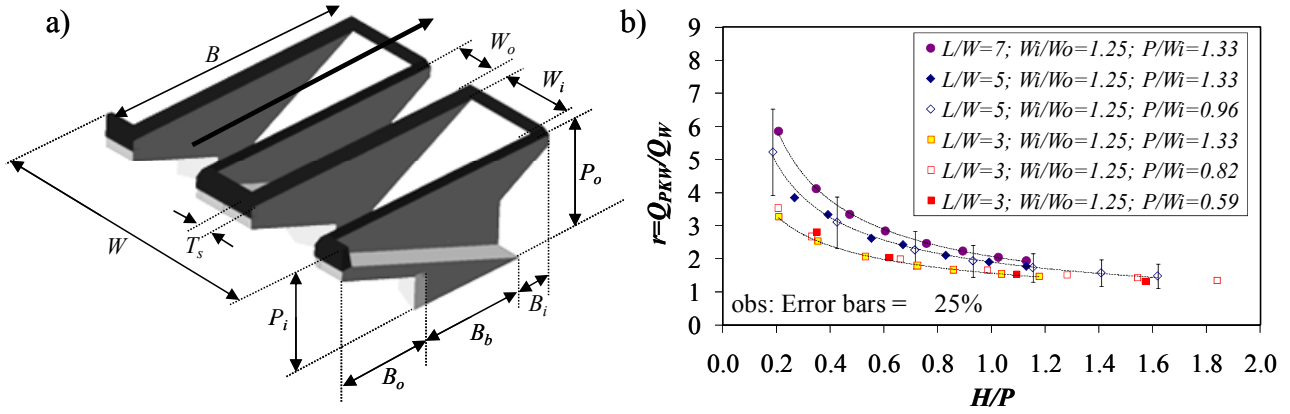


Figure 1 : a) Principaux paramètres géométriques d'un PKW et b) facteur de rendement de débit (r) versus H/P pour différentes valeurs de L/W / a) Main PKW geometric parameters and b) discharge enhancement ratio r as function of H/P for different values of L/W

L'installation expérimentale est placée dans un canal de 2 m de largeur, sur une plateforme positionnant la base du PKW 0.5 m au-dessus du fond du canal ($P_d=0.5$ m). Des maquettes constituées d'une alvéole et demi d'entrée et d'une alvéole et demi de sortie sont installées à l'axe du canal sur une largeur $W=0.5$ m. Deux parois guideau longitudinales sont destinées à produire un écoulement d'approche uniforme.

L'analyse est divisée en quatre parties :

- L'influence de la hauteur du barrage (P_d) sur la capacité des PKWs. Pour ces essais, un fond mobile a été installé entre les parois guideau et différentes valeurs de P_d/P ont été testées.
- L'influence de P/W_i : Différentes valeurs de P ont été testées pour les configurations avec $L/W=3$ et 5.
- L'influence de W_i/W_o : Différentes valeurs de ce ratio ont été testées pour des valeurs $L/W=5$, $P=0.217$ m et $P_d=0.50$ m. Pour tous les tests, la somme W_i+W_o a été maintenue constante et égale à 0.293 m.
- L'influence de L/W : Trois ratios $L/W=3$, 5 et 7 ont été testés pour des valeurs constantes de $W_i/W_o=1.25$, $P=0.217$ m et $P_d=0.50$ m.

Pour chaque PKW, une courbe de capacité ($Q_{PKW}=f(H)$) a été établie. Les mesures de la charge totale (H) ont été effectuées à l'extérieur des parois guideau alors que les débits (Q_{PKW}) ont été mesurés par un débitmètre électromagnétique. L'analyse est basée sur un facteur de rendement (r) défini comme le ratio entre le débit du PKW (Q_{PKW}) et celui d'un évacuateur en paroi mince de longueur de crête égale à la largeur W (Q_W)

The experimental set-up is installed in a 2 m wide straight flume, on a platform placing the bottom of the PKW 0.5 m over the ground of the channel ($P_d=0.5$ m). One and half unit configurations (1.5 inlet key+1.5 outlet key) are constructed over a constant width ($W=0.5$ m). Two longitudinal guide walls allow for uniform flow approach conditions.

The analysis is divided into four parts.

- Influence of the dam height (P_d) on the discharge capacity of the PKW: For these experiments, a movable bottom was installed inside the longitudinal walls and different ratios P_d/P were tested.
- Influence of P/W_i : Different values of P were tested for the configurations with $L/W=3$ and 5.
- Influence of W_i/W_o : Different W_i/W_o ratios were tested with constant values of $L/W=5$, $P=0.217$ m and $P_d=0.50$ m. For all tests, the sum W_i+W_o was maintained constant and equal to 0.293 m.
- Influence of L/W : Three values of $L/W=3$, 5 and 7 were tested for constant values of $W_i/W_o=1.25$, $P=0.217$ m and $P_d=0.50$ m.

For each PKW configuration, discharge curves ($Q_{PKW}=f(H)$) are derived. Measurement of the total hydraulic head is done outside of the guide walls whereas discharge is measured by an electromagnetic flowmeter. The analysis is based on a so-called discharge enhancement ratio (r) that is the ratio between the PKW discharge (Q_{PKW}) and the corresponding rectangular sharp-crested weir discharge (Q_W) calculated with a constant discharge coefficient $C_d=0.42$.

The main conclusions to be highlighted are:

- The developed length ratio L/W is the most relevant parameter on PKW capacity

calculé avec un coefficient de débit constant et égal à $C_d=0.42$.

Les conclusions principales sont les suivantes :

- Le ratio L/W est le paramètre le plus important d'un PKW (Figure 1b).
- La hauteur du barrage où le PKW est installé influence la capacité d'évacuation du PKW. Les résultats ont révélé que pour le ratio $L/W=5$, des valeurs de P_d/P proches de zéro réduisent l'efficacité du PKW d'environ 15%.
- Le ratio entre les dimensions verticales et horizontales (P/W_i) n'influence pas l'efficacité du PKW pour une même valeur H/P .
- Les PKWs avec des ratios $W_i/W_o > 1$ sont les plus efficaces. Cependant, aucune différence significative n'a été observée entre les valeurs de 1.25, 1.6 et 2.0.

Étude confiée par : Electricité de France (EDF)

Ingénieur de projet : Marcelo Leite Ribeiro

(Figure 1b).

- *The height of the dam (P_d) may also have a significant influence on the PKW discharge capacity. Results revealed that for a PKW with $L/W=5$, values of P_d/P near to zero can reduce the efficiency of the PKW in about 15%.*
- *The vertical-to-horizontal ratio (P/W_i) does not influence the efficiency of the PKW for a same value of H/P .*
- *PKW with ratios $W_i/W_o > 1$ are more efficient. However, no remarkable differences could be pointed out between values of 1.25, 1.60 and 2.0.*

Study entrusted by : Electricité de France (EDF)

Project engineer : Marcelo Leite Ribeiro

1.2.11 Modélisation numérique du bassin versant de l'Eo pour la Confédération hydrographique du Cantabrique (Espagne) / Numerical modelling of the Eo basin for the Hydrographical Confederation of the Cantabria (Spain)

Dans la perspective d'une gestion des alertes de crue dans les bassins de la Confédération Hydrographique du Cantabrique (CHC), un système de prévision et d'alarme est en développement. L'objectif de ce système est d'alerter les autorités et la population lors des situations critiques.

La CHC envisageait la mise en place d'un modèle hydrologique opérationnel adapté à ses besoins. Le but de la présente étude était de tester le modèle hydrologique GSM-SOCONT et le logiciel Routing System II, utilisé dans le projet MINERVE, et d'évaluer leur performance sur le bassin test de l'Eo (Figure 1). Une comparaison avec le modèle PRESCO, déjà utilisé, a aussi été effectuée. Sur la base des résultats obtenus, une stratégie a été élaborée pour passer à la phase opérationnelle.

Within in the perspective of an alert management during a flood warning in the basins of the Hydrographical Confederation of the Cantabria (CHC), a warning forecast system is under development. This system aims to alert the authorities and the population of critical situations.

The CHC was considering setting up an operational hydrologic model adapted to its needs. The purpose of this study was to test GSM-SOCONT hydrological model and the Routing System II, software used in the MINERVE project and to assess their performance on the Eo basin (Figure 1). A comparison with the PRESCO model, already used, was also conducted. On the basis of the results obtained, a strategy was developed to move to the operational phase.



Figure 1 : Gauche : Enceinte de la CHC avec le bassin de l'Eo identifié à l'ouest. Droite : Bassin de l'Eo avec division en sous-bassins / Left : Enclosure of the CHC with the Eo basin identified on the west. Right : basin of the Eo with the division into sub-basins

Le modèle numérique a été construit après le recensement des données disponibles et leur validation. Les caractéristiques du bassin versant de l'Eo et des sous-bassins choisis (surface, largeur moyenne, altitude moyenne, localisation du centre de gravité et type de sol) ainsi que les données météorologiques et de débit observés ont été utilisées. Le bassin a été finalement divisé en 4 sous-bassins, en ayant 3 points de calage (points de contrôle) à l'aval des trois premiers sous-bassins.

L'évaluation des modèles (GSM-SOCONT et PRESCO) a été effectuée par comparaison des valeurs simulées et observées selon l'indicateur NASH et par la relation des volumes (entre le volume observé et le volume simulé) pour la période d'étude.

The numerical model was built after the census data and its validation. The characteristics of Eo basin and selected sub-basins (surface, average width, average height, location of the centre of gravity and soil type) as well as discharge and meteorological data observed were used. The basin has been finally divided into 4 sub-basins with 3 points of calibration (control points) downstream of the first three sub-basins.

The evaluation of the models (GSM-SOCONT and PRESCO) was carried out by comparing values (simulated and observed) according to the indicator NASH and the ratio of the volumes (between observed volume and simulated volume) for the period of study.

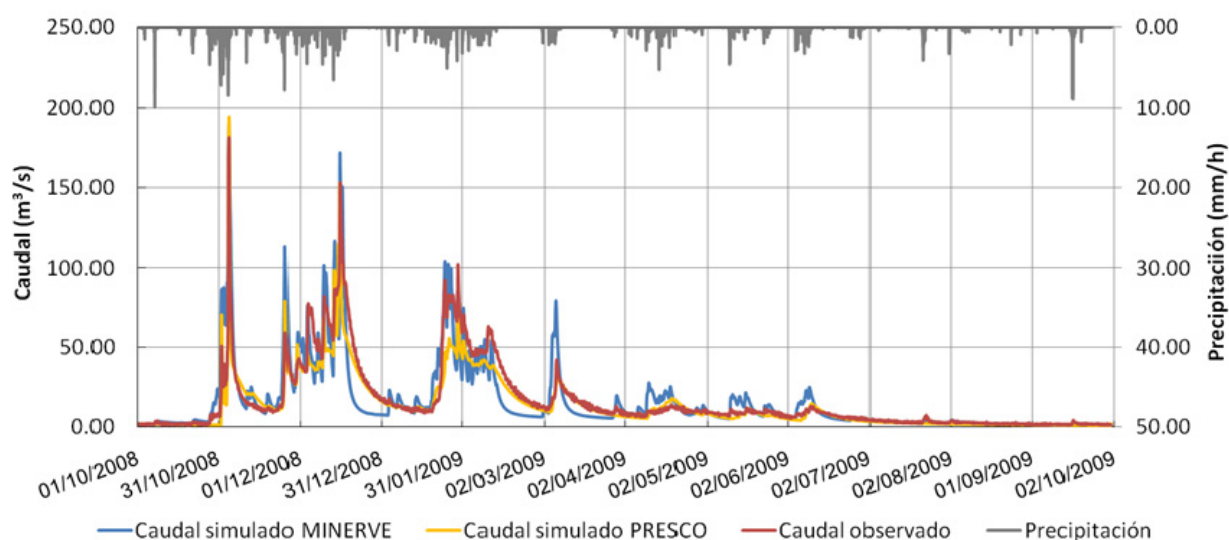


Figure 2 : Hydrogramme au point de contrôle N020 pour la période de calage (01.10.2008 – 01.10.2009) / Hydrograph in the control point N020 for the period of calibration (01.10.2008 – 01.10.2009)

Les résultats montrent en général un bon rapport de volumes (compris entre 0.90 et 1.10 selon les points de contrôle et les périodes d'étude) ainsi qu'un NASH qui varie normalement entre 0.75 et 0.90). La Figure 2 présente l'exemple du deuxième point de contrôle pour la période d'étude comprise entre le 01.10.2008 et le 01.10.2009.

The results show in general a good ratio of volumes (range 0.90 - 1.10 depending on the control points and periods of study) as well as a NASH normally varying between 0.75 and 0.90). Figure 2 shows the example of the second control point for the period between the 01.10.2008 and the 01.10.2009.



Figure 3 : Exemple du bulletin automatique des prévisions hydrologiques aux trois points de contrôle du bassin de l'Eo / *Example of the automatic report of the hydrological forecasts in the three control points of the Eo basin*

Cette étape visait à définir les étapes permettant de passer à un fonctionnement opérationnel du modèle en temps réel. Pour ce faire, les deux modèles hydrologiques ont été pris en compte et une procédure de calcul automatique a été implémentée. Les prévisions météorologiques HIRLAM de l'Agence Météorologique de l'Etat espagnol, AEMet, avec un horizon de 3 jours et une mise à jour toutes les 6 heures, ont été utilisées pour la prévision hydrométéorologique.

Étude confiée par : Ofiteco, Madrid

Ingénieur de projet : Javier García Hernández

This phase was to define the steps to proceed to an operational model in real time. Hydrological models have been taken into account and an automatic calculation procedure has been implemented. The weather forecasts HIRLAM (from the Spanish Meteorological Agency, AEMet) with a horizon of 3 days and updated every 6 hours, were used for the hydro-meteorological prediction.

Study entrusted by : Ofiteco, Madrid

Project engineer : Javier García Hernández

1.2.12 Concept de sécurité de l'Avançon - zone d'épandage du Bévieux / *Safety concept for the Avançon river - Bevieux reservoir*

La capacité de transport sédimentaire de l'Avançon en traversée de Bex est limitée. Pendant la crue d'octobre 2000, le niveau d'eau est monté à la limite de débordement. Après la crue, le niveau d'eau n'a pas diminué, permettant de constater que le lit de la rivière était complètement rempli de sédiments, sur une épaisseur allant jusqu'à

The sediment transport capacity of the Avançon river through the city of Bex is limited. During the October 2000 flood event, water levels rose to danger limits. After the flood, the river channel was completely filled with sediments, with a uniform layer thickness comprised between 1.7 and 1.8m through the village. The return period of the flood event

1.7-1.8m en traversée de Bex. Le temps de retour de la crue a été estimé à 20 ans, mais la quantité de sédiments transportée était extrêmement élevée pour un tel événement.

Les études menées par STUCKY SA entre 2001 et 2005 ont mis en évidence le grand potentiel de dégâts en ville de Bex. Il a alors été proposé d'augmenter le gabarit hydraulique dans la traversée de Bex et de créer un bassin de rétention de sédiments à l'amont du village. L'objectif de cet ouvrage est de réduire jusqu'à 50% le transit sédimentaire lors d'événements majeurs. Le système proposé repose sur une répartition automatique des sédiments entre le dépotoir et le cours d'eau. Au vu du caractère novateur de ce concept de dérivation, une validation et optimisation du projet basée sur un modèle physique était nécessaire. Le modèle a été construit à l'échelle 1/30, dans les limites montrées sur la Figure 1, et exploité en similitude de Froude.

was estimated around 20 years, but the amount of transported sediments was extremely high for such an event.

Studies carried out by STUCKY Ltd between 2001 and 2005 showed a huge damage potential for the city of Bex. Consequently, it was proposed to increase the hydraulic capacity through Bex and to create a sediment retention basin upstream from the village. The purpose of the last measure is to laminate up to 50% the bedload transport downstream. The proposed system is based on an automatic sediment distribution between the retention basin and the river. Because of the innovative concept of the derivation and retention hydraulic works on the Avançon river, the validation and optimization of the project was done by physical modeling. The model was built at geometrical scale 1/30 in the limits shown on Figure 1 and operated with respect to Froude similarity.

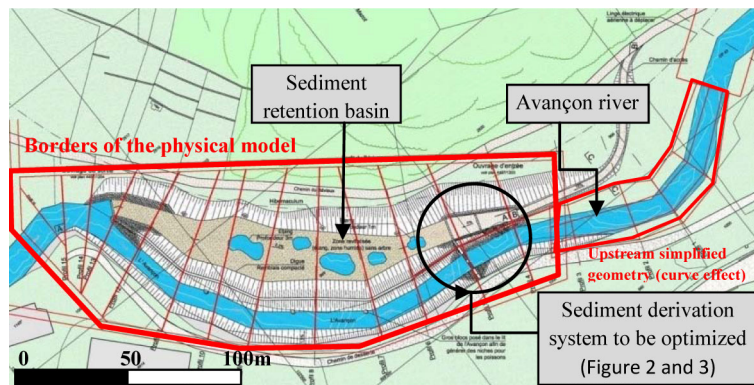


Figure 1 : Vue en plan des limites du modèle construit à l'échelle 1/30 / *Topographic plan view with borders of the 1/30 physical scaled model*

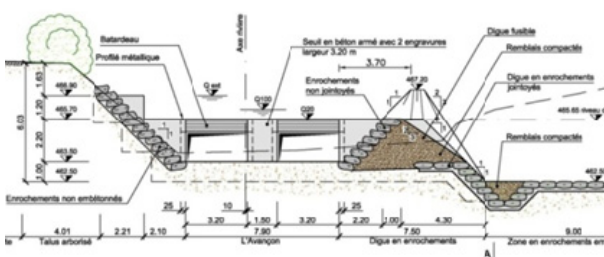


Figure 2 : Seuil avec orifices / *Sill with orifices*

Le système de dérivation des sédiments est constitué d'un seuil à deux orifices, destiné à ralentir l'écoulement et à déclencher la déposition de sédiments juste en amont de l'ouvrage (Figure 2). Lorsque l'épaisseur de l'alluvionnement atteint le niveau du déversoir latéral (Figure 3), la dérivation des sédiments vers la zone d'épandage est initiée.

La configuration de base (Figure 4) permettait de dériver la quantité désirée de sédiments

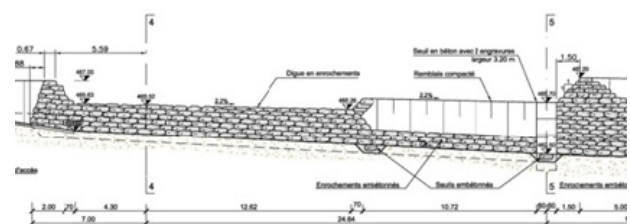


Figure 3 : Déversoir latéral / *Lateral weir*

The derivation system is composed of a sill with two orifices slowing the flow and creating a deposition of sediment upstream of the construction (Figure 2). When the sediment layer thickness reaches the height of the lateral weir (Figure 3), the derivation of sediment through the sediment reservoir begins.

Test for the initial configuration (Figure 4), for a 100 years return period event, showed an

pour la crue centennale, mais ne permettait pas de conserver les matériaux dans la zone d'épandage après la crue. En effet, lors de la décrue, après interruption des apports solides de l'amont, l'écoulement persistait dans la zone d'épandage et ne réactivait pas le lit de l'Avançon. Les sédiments accumulés dans cette zone étaient alors remobilisés et charriés vers l'aval.

Plusieurs modifications de la configuration de base ont été nécessaires afin d'obtenir un fonctionnement permettant à la fois de dériver la quantité de sédiments souhaitée pour la crue centennale et de les retenir dans le dépotoir une fois la crue passée.

La sixième configuration testée (Figure 5) permettait de satisfaire les critères pour les crues supérieures ou égales à la crue vingtennale, mais pas la non-remobilisation souhaitée pour la crue annuelle.

D'ultimes modifications ont permis de s'approcher des objectifs fixés pour la crue annuelle mais en péjorant le fonctionnement requis pour la crue centennale.

D'entente avec le mandant, c'est finalement la configuration 6, permettant de satisfaire les objectifs de dimensionnement de la crue centennale, qui a été retenue. Des modifications de cette configuration ont finalement été examinées, dans l'objectif de maîtriser les éventuels problèmes liés au transit de corps flottants et à la fréquence d'activation de la zone d'épandage pour la crue annuelle (configurations 8 et 9). L'ouvrage proposé permet ainsi une adaptation facile de sa forme selon les observations qui seront faites in situ dans les années suivant la construction.

Les travaux de réalisation de la zone d'épandage ont commencé en été 2010.



Figure 4 : Alluvionnement à la fin de la crue centennale dans la configuration 1 / *Result at the end of the auto-cleaning for configuration 1*

Étude confiée par : Entreprise de correction fluviale de l'Avançon

Ingénieure de projet : Tamara Ghilardi

appropriate accumulation of sediments in the retention basin. However, at the end of the flood, all the water continued to flow through the retention basin, because of the obstacle created by the sediments deposited in the riverbed. Consequently, part of the retained sediments were remobilized and transported downstream, reducing the functionality of the retention basin.

Several modifications of the derivation system configuration were necessary to obtain a behavior allowing diverting the right amount of sediments and keep them in the basin during the auto-cleaning phase.

The sixth configuration (Figure 5) satisfied objectives for floods of 20 year return period or more. However the non-activation of the retention basin for the annual flood was not reached. After some modification allowing to come close to this goal, it was possible to affirm that the objectives for annual and extreme flood couldn't be satisfied with the same configuration.

During a discussion with the client, it has been decided to construct the solution (configuration 6) satisfying the dimensioning objectives of the 100 year flood. Possible problems linked to wood transit and to excessive annual expenses due to the activation of the reservoir for small floods were taken into account. Thus some modifications of the configuration were proposed (configuration 8 and 9 respectively). The constructed configuration can be modified according field observation done during the first years after the construction.

The construction of the sediment retention basin began during summer 2010.



Figure 5 : Résultat à la fin de la crue centennale dans la configuration 6 / *Result at the end of the auto-cleaning for configuration 6*

Study entrusted by : Entreprise de correction fluviale de l'Avançon

Project engineer : Tamara Ghilardi

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

Le barrage de Gage II se situe dans le département de l'Ardèche (France) et fait partie de l'aménagement hydroélectrique de Montpezat (Figure 1a).

Ce barrage, voûte mince de 40 m de hauteur sur fondation, présente un problème de stabilité sous quelques conditions de chargement hydrostatique et thermique. Sa sensibilité en période froide a conduit EDF à déterminer deux cotes des Plus Hautes Eaux (PHE), une en hiver et une autre en été (supérieure à celle de l'hiver).

Cette sensibilité de la voûte explique la décision de construire un nouvel évacuateur de crue en rive droite et non sur le barrage lui-même (Figure 1b).

The Gage II dam is located in the Ardèche department (France) as a part of the Montpezat hydropower plant (Figure 1a).

This concrete arch dam of 40 m high shows some limiting constraints if subjected to particular hydrostatic and thermal load conditions. Its sensitivity during cold period motivated EDF to determine two different Maximum Water Level (MWL), a lower one in winter and a higher during summer time.

The dam sensibility explains the decision of implementing a new spillway on the right bank and not on the dam itself (Figure 1b).

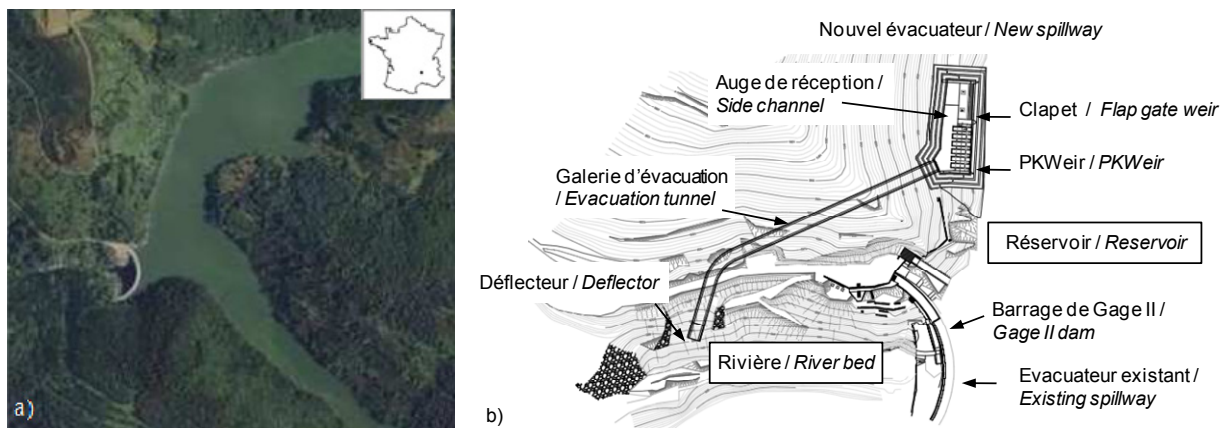


Figure 1 : a) Vue aérienne du barrage et du réservoir de Gage II. b) Vue en plan du barrage et du nouvel évacuateur / a) Aerial view of the Gage II dam and reservoir. b) Plan view of the dam and the new spillway

Le nouvel évacuateur est dimensionné pour que l'aménagement global puisse :

- évacuer la crue de période de retour de 1'000 ans sans dépasser le niveau PHE.
- évacuer la crue de période de retour de 5'000 ans sans mise en charge de la galerie d'évacuation.

Le modèle physique de l'évacuateur et de la galerie d'évacuation est construit à l'échelle 1:40 et est exploité en similitude de Froude. L'étude est composée de deux phases:

- une 1^{ère} phase qui consiste à optimiser la partie amont du nouvel évacuateur (déversoirs PKWeir et clapet suivis d'une auge latérale avec une section de contrôle au début de la galerie d'évacuation),
- une 2^{ème} phase qui porte sur l'optimisation de la partie aval de l'évacuateur (la

The new spillway is designed in order :

- *discharge the 1'000 years flood respecting the maximum water level.*
- *discharge the 5'000 years flood with free surface flow in the tunnel.*

A physical model of the spillway and the spillway tunnel is constructed at a scale 1:40 and operated respecting the Froude similitude. The study includes two main phases:

- *the first step includes in the optimization of the upstream part of the new spillway (PKWeir and flap gate weir followed by a side channel with a controlling section in the upstream part of the spillway tunnel)*
- *the second step is based on the optimization of the downstream part of the spillway (tunnel and deflector) and on the entire spillway.*

galerie d'évacuation et le déflecteur) et sur le fonctionnement d'ensemble amont+aval.

Les études de capacité du PKWeir et du clapet ont montré que l'association d'un PKWeir avec 7 alvéoles et d'un clapet de 27.4 m de long satisfait les conditions de passage des crues millénales été et hiver. De plus, l'influence de la position respective PKWeir/clapet a été testée sur le modèle (Figure 2). La position la plus favorable pour les écoulements dans l'auge de réception est représentée sur les Figures 2.a et 2.c. Enfin, le niveau d'eau dans l'auge a peu d'influence sur la capacité du PKWeir même si ce dernier commence à être noyé.

La section d'entrée de la galerie a été agrandie afin d'éviter sa mise en charge.

The PKWeir and flap gate capacity study shows that the combination of a PKWeir with 7 alveoli and a flap gate of width of 27.4 m satisfy the evacuation conditions for 1'000 year flood. Moreover, the influence of the respective position PKWeir/flap gate weir has been tested on the model (Figure 2). The most favorable position for the flow in the side channel is shown in Figures 2a and 2c. Finally, the water level in the side channel has not a significant impact on the PKWeir capacity even if it is submerged.

The upstream section area of the tunnel inlet has been increased in order to avoid pressurized flow.

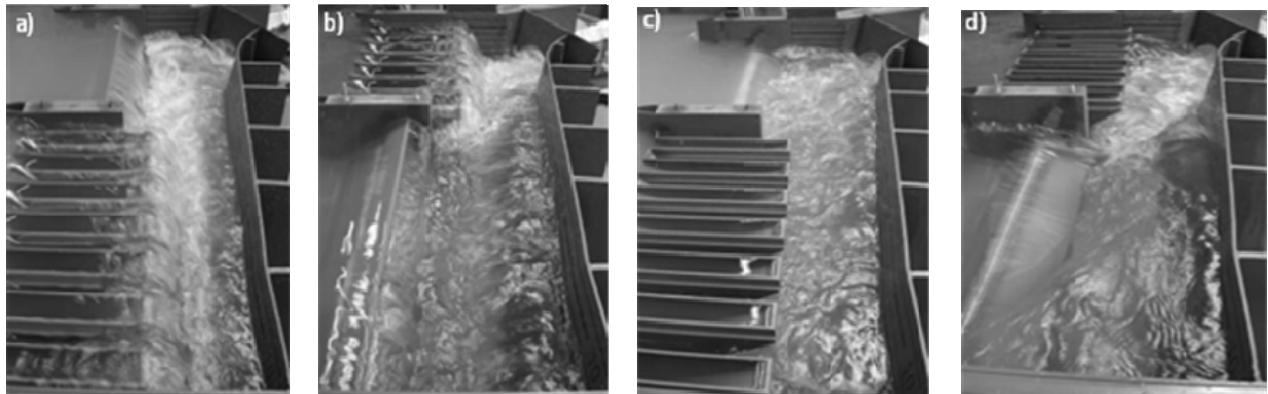


Figure 2 : Etude de l'influence des positions respectives PKWeir - Clapet. Ecoulements dans l'auge de réception pour les crues cinquiennales: a) et b) en été; c) et d) en hiver / *Study on the influence of the positions PKWeir - Flap gate weir. Flow in the side channel for the 5'000 year flood: a) and b) during summer; c) and d) during winter time*

Les mesures de hauteurs d'eau montrent que, pour la gamme des débits étudiés, la galerie ne se met pas en charge. De plus, les mesures de vitesses (< 15 m/s) et de pressions sur la partie courante de la galerie ont démontrées l'absence de cavitation.

Finalement, trois géométries différentes en sortie de la galerie ont été testées. Un déflecteur triangulaire placé sur le radier de la galerie (2.5 m de longueur pour 0.5 m de hauteur) permet d'augmenter la distance du point d'impact ainsi que la dissipation du jet.

Etude confiée par: EDF (Electricité de France)
Ingénieurs de projet : Violaine Dugué et Fadi Hachem

Water depth measurements in the tunnel show that, for all studied discharges, the tunnel includes free surface flow. Moreover, velocity (< 15 m/s) and pressure measurements in the straight part of the tunnel shows that no cavitation will occur.

Finally, three different geometries of the downstream part of the tunnel have been tested. A triangular deflector placed on the bottom of the tunnel (2.5 m long and 0.5 m high) can increase the distance to the impact point of the jet.

Study entrusted by : EDF

Project engineers : Violaine Dugué et Fadi Hachem

1.2.14 Gestion active des crues de l'Aar supérieure par turbinage préventif / Flood management by preventive turbinning operations for the upper Aare River

L'influence des aménagements hydro-électriques lors des crues dépend directement des conditions d'exploitation avant et pendant la crue. Ainsi, le niveau de la retenue joue un rôle prépondérant, tout comme le fonctionnement anticipé des centrales et des ouvrages d'évacuation. Dans cette étude, l'influence des aménagements des Kraftwerke Oberhasli AG (KWO) sur les débits de l'Aar à l'amont du Lac de Brienz en Suisse a été analysée pour différents scénarios. Les objectifs principaux de cette étude sont les suivants :

- Analyse de l'intérêt d'effectuer des opérations de vidange préventive des retenues sur la base de prévisions hydro-météorologiques, par l'utilisation des centrales de turbinage ou des ouvrages de décharge.
- Analyse de performance des aménagements d'extension de KWOplus dans le contexte de la gestion des crues à l'aval d'Innertkirchen.

Ces analyses ont nécessité une étude hydrologique préliminaire afin d'identifier les scénarios hydro-météorologiques probables.

Routing System 3.0 a été utilisé pour la modélisation. Dans cet outil de prévision hydrologique, une répartition spatiale des précipitations et de la température est prise en compte pour reproduire les processus hydrologiques principaux. Le modèle permet de simuler la fonte des glaciers, la constitution et la fonte du stock de neige, l'infiltration et le ruissellement. L'avantage de l'approche orientée-objets permet l'intégration de la rétention des rivières et des structures hydrauliques. Le bassin versant de l'Aar à l'amont du Lac de Brienz (554 km², 21% de couverture glaciaire en 2003) a été modélisé. Le modèle hydrologique de base a été calé et validé.

The influence of the hydropower schemes on floods is directly depended from their operation rules before and during the flood event. The water level in the reservoirs as well as the management of the turbines and the spillways are important parameters. In this study, the influence of Kraftwerke Oberhasli AG (KWO) scheme on the flow of the Aare River upstream Lake Brienz in Switzerland was analysed for different scenarios. The objectives of the given study are the following:

- *Efficiency analysis of preventive reservoir emptying operations for different hydro-meteorologic scenarios by the power plants and the spillways.*
- *Performance of flood reduction in the Aare River downstream Innertkirchen by the upgraded scheme of KWOplus.*

These evaluations needed a preliminary hydrological analysis for identifying the most probable hydro-meteorologic scenarios.

Routing System 3.0 was used for modelling. Tri-dimensional rainfall, temperature and evapotranspiration distributions are used for simulating the hydrological processes. The model is able to simulate glacier melt, snow pack constitution and melt, soil infiltration and run-off. The advantage of this object-oriented modelling tool is the integration of flood routing in rivers as well as hydraulic structures. The upper Aare River basin upstream Lake Brienz (554 km², 21% covered by glacier in 2003) has been modelled. The hydrologic model was then calibrated and tested.

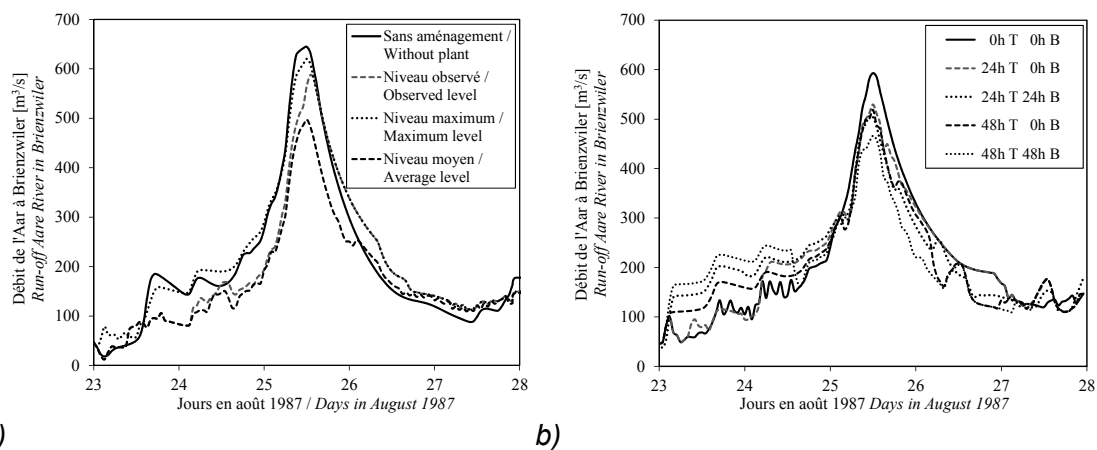


Figure 1: Hydrographes de crue 1987 pour différents niveaux initiaux dans l'aménagement actuel (a) et pour différentes mesures préventives dans KWOpplus (b) /
Hydrographs of 1987 flood for different initial reservoir levels for today's scheme (a) and for different the preventive operation for maximum initial reservoir levels for KWOpplus (b)

Afin d'obtenir des réductions de débit de pointe optimales à l'aval du bassin versant (Figure 1), une stratégie de gestion des ouvrages est développée. Pour optimiser le potentiel de protection contre les crues, quelques règles ont été établies, permettant de garantir l'économicité du système et son efficacité lors des crues:

- L'utilisation d'un système de prévision des débits permet de garantir un horizon d'anticipation minimal d'au moins 24 h. Cela permet de conserver une grande liberté dans le choix du niveau des retenues tout en garantissant une limitation des débits à l'aval de l'ordre de 100 m³/s.
- L'utilisation des vidanges de fond pour l'abaissement préventif du niveau des retenues n'est pas forcément une solution idéale et n'apporte une sécurité supplémentaire que lorsque les autres possibilités de gestion des ouvrages sont dépassées.
- En raison du temps de réponse de la retenue du Grimsensee et de la limitation de la capacité de turbinage du Räterichsbodensee, il est préférable de vider d'abord le second et de laisser le niveau du premier monter. Cette stratégie permet d'optimiser au mieux la réduction des débits de pointe.

Etude confiée par : Kraftwerke Oberhasli AG (KWO)

Ingénieurs de projet : Martin Bieri en collaboration avec e-dric.ch ingénieurs conseils

For optimal reducing peak flow downstream the KWO operated basin (Figure 1), a management strategy for the scheme was developed. For maximizing flood reduction potential, several rules have been developed, taking into account also economic criteria:

- *A flow prediction tool should allow a forecast time of 24 h minimum, providing enough flexibility to decide the reservoir water levels by limiting downstream discharge. The peak flow reduction is of about 100 m³/s.*
- *The use of bottom outlets for preventive reservoir emptying is not always efficient. Other turbinage and spillway operations have to be done first to decrease the flooding risk of the Aare River.*
- *Because the important volume of Lake Grimsel provides a long reaction time and the hydropower plants of Handeck 2 and 3 downstream Lake Räterichsboden have limited turbinage capacities, it is more efficient to empty Lake Räterichsboden and to let increase reservoir level of Lake Grimsel at the beginning. This optimizes flow reduction by the most efficient manner.*

Study entrusted by : Kraftwerke Oberhasli AG (KWO)

Project engineer : Martin Bieri in collaboration with e-dric.ch ingénieurs conseils

1.2.15 Influence des zones d'inondation en plaine sur les crues du Rhône. Situation actuelle du bassin versant en amont du Léman / *Influence of inundation zones on the flood discharge of the Rhone River. Actual situation upstream from the Lake of Geneva*

Dans le cadre de la Troisième Correction du Rhône, le LCH-EPFL et le bureau e-dric.ch ont été mandatés pour déterminer l'effet de laminage induit par des zones d'épanchement le long du Rhône. Dans une étape précédente de ce mandat, l'effet de casiers prédéfinis avait été étudié.

Le but de la présente étude est de quantifier l'effet de laminage induit par des ruptures accidentelles de digue le long du Rhône. En effet, certaines zones inondables présentent un volume de rétention important, susceptible de provoquer une réduction non négligeable du débit du cours d'eau à l'aval de la zone concernée. Différents scénarios de rupture sont examinés.

L'analyse se base sur les surfaces inondables définies dans les cartes de danger obtenues par simulation hydrodynamique 2D. Entre le lac Léman et Sierre, 25 zones potentiellement inondables ont ainsi été définies.

Le processus d'ouverture d'une brèche est associé à plusieurs facteurs. Il est admis tout d'abord qu'un niveau critique est atteint dans la section fragile, lorsque la revanche n'est plus que de 0.5 m par rapport au plein bord. Le débit correspondant à cette situation est appelé débit critique et il est admis que si $Q_{critique}$ est atteint au temps (t_0), il faut 3h pour que la brèche commence à s'ouvrir. La brèche est entièrement ouverte à ($t_0 + 4h$). Le déversement se poursuit tant que le niveau du Rhône est inférieur à l'altitude de la brèche.

La relation utilisée pour calculer le débit déversé dans la zone inondable est esquissée à la Figure 1. Le comportement n'est pas identique selon que l'ouverture de la brèche est partielle ou complète. Durant la première heure de déversement, le calcul s'effectue selon la courbe traitillée. Le déversement est moindre afin de simuler l'ouverture progressive de la brèche. Par la suite, le déversement s'effectue à brèche totalement ouverte (courbe à trait plein). Le niveau du fond de la brèche définit la limite inférieure du débordement.

In the frame of the Third Rhone Correction Project, LCH-EPFL and e-dric.ch engineering company were appointed to define the lamination effect produced by inundations along the Rhône River. In a previous stage, the detention effect of predefined zones was already studied.

The goal of the present study is to quantify the lamination effect resulting from accidental breach openings along the river. In fact, certain flooding zones have an important volume, liable to provoke a non negligible peak discharge reduction downstream. In this context, different scenarios of breach opening are examined.

The analysis is based on the inundation zones of danger maps obtained by 2D hydrodynamic numerical simulations. Between Lake of Geneva and the city of Sierre, 25 zones could so be defined.

The opening process of a breach is related to many factors. First, it is considered that a critical water level is reached when the freeboard of the levees is less than 0.5 m. If the corresponding critical discharge $Q_{critique}$ occurs at time (t_0), it is then admitted that 3 hours are necessary until the breach opening starts. The breach is completely opened at ($t_0 + 4h$). The water diversion continues until the water level becomes lower than the breach level.

The relation used to compute de diverted discharge is sketched in Figure 1. The behavior is different depending on whether the breach opening is partial or full. During the first overflowing hour, the calculation follows the dashed line which simulates the progressive opening of the breach. Afterwards, the deviated flow passes through the full opened breach (continuous line). The bottom level of the breach defines the inferior limit of overflowing.

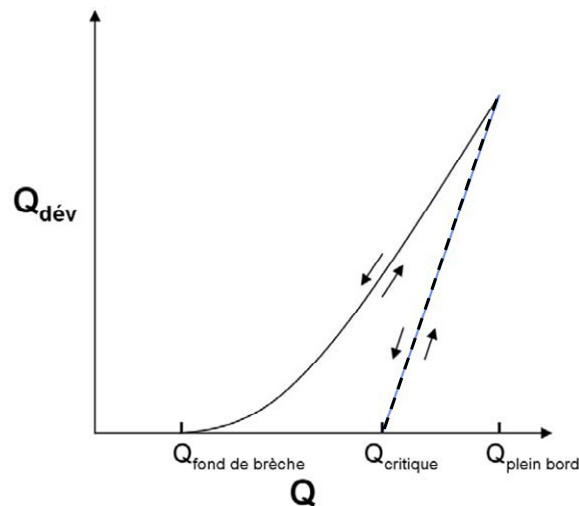


Figure 1: Relation entre le débit du Rhône (Q) et le débit déversé dans la zone inondable ($Q_{dév}$). Le débit à plein bord ($Q_{plein\ bord}$) est indiqué ainsi que le débit critique ($Q_{critique}$). La courbe à trait plein correspond au déversement par une brèche complètement ouverte, la courbe traitillée au déversement lorsque la brèche n'est que partiellement ouverte / *Relation between the Rhone River discharge (Q) and the deviated discharge ($Q_{dév}$). The discharge corresponding to the levees crest level ($Q_{plein\ bord}$) is indicated as well as the critical discharge ($Q_{critique}$). The continuous line corresponds to an overflow through a full opened breach, the dashed line through a partially opened one*

Les premières simulations effectuées sur deux événements de crue ont permis de vérifier la cohérence du modèle hydrologique. Les calculs systématiques se poursuivent pour un ensemble de dix événements représentatifs et pour différents scénarios d'ouverture de brèches.

The first simulations of two selected flood events allowed validating the coherence of the hydrological model. Systematic computations are undergoing for an ensemble of ten representative events and different breach opening scenarios.

Etude confiée par : Troisième correction du Rhône, Projet R3. Cantons du Valais et de Vaud et Office Fédéral de l'Environnement (OFEV).

Study entrusted by : Third Rhone Correction Projet (R3). Cantons of Wallis and Vaud and Federal Office of Environment (OFEV).

Ingénieur de projet : Javier Garcia Hernandez

Project engineer : Javier Garcia Hernandez

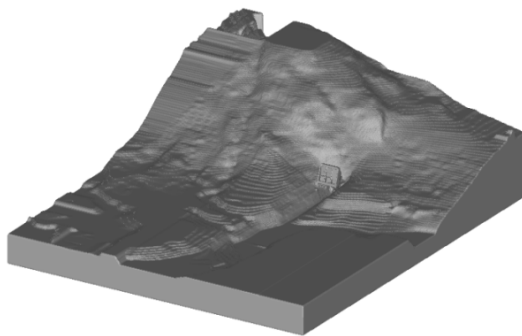
1.2.16 Modélisation numérique de la purge par la vidange de fond de Räterichsboden (KWO) et comparaison avec les résultats d'un modèle physique / *Numerical modelling of pressurized flushing through Räterichsboden reservoir (KWO) bottom outlet and comparison with physical model*

L'augmentation de la capacité du réservoir est un facteur clé d'une meilleure production d'énergie correspondant à la demande. À cette fin, le réservoir du Grimsel est vidé afin de pouvoir rehausser les barrages existants. La vidange se fait par une galerie de dérivation pendant l'hiver, lorsque les apports sont fortement réduits.

Enlarging the reservoir's capacity is a key factor in better matching energy supply to demand. To this end, the Grimsel reservoir will be emptied in order to heighten the existing dams. Emptying process occurs through a deviation gallery during wintertime, when minimum incoming upstream afflux is expected.

Ceci résulte en une chasse de sédiments vers le réservoir de Räterichsboden situé environ 1 km en aval du Grimsel, au cours de la vidange et pendant la durée des travaux. Cela peut créer des courants de turbidité et augmenter la concentration de sédiments en suspension à l'aval du réservoir de Räterichsboden.

Pour réaliser une meilleure évaluation des matériaux purgés pendant toute la durée de la vidange de Räterichsboden, un modèle physique a été établi au VAW-ETH puis les essais sur le modèle physique ont été simulés numériquement avec FLOW-3D au LCH (Figure 1).



This results in flushed sediments towards the Räterichsboden reservoir about 1 km downstream of Grimsel, during emptying and construction time. This can create turbidity currents and increase the amount of suspended sediment concentration in the downstream Räterichsboden reservoir.

To achieve a better estimation of the removed materials throughout pressure flushing from Räterichsboden bottom outlet, a physical model was built at the VAW-ETH and subsequently the physical model tests were simulated numerically in FLOW-3D at LCH (Figure 1).

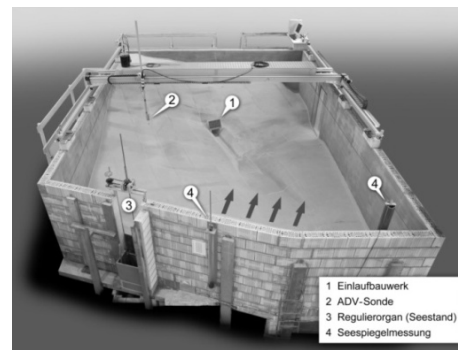


Figure 1 : Vue schématique du réservoir de Räterichsboden modélisé avec FLOW 3D à gauche et le modèle construit au VAW-ETH à droite / Schematic view of Räterichsboden reservoir modeled by FLOW 3D at left and constructed model at the VAW-ETH at right

Ce projet a été réalisé dans le cadre des études du LCH concernant la gestion des sédiments pendant les travaux de rehaussement prévus des barrages existants du réservoir de Grimsel. Tous les principaux scénarios examinés sur modèle physique sont simulés numériquement au LCH, les résultats analysés et confrontés aux résultats du modèle physique. En conclusion, le volume purgé par le processus de la purge et l'angle de repos ont aussi été comparés. En fonction du type d'ouverture de la vidange de fond, deux groupes principaux ont été définis en tant qu'ouverture instantanée (débit constant depuis le début) et ouverture lente progressive (allant de zéro à un débit constant). Comme exemple, un des scénarios simulés, Feinsand A (d_m : 0.17 mm, ρ : 2707 kg/m³) avec l'ouverture rapide de la vidange de fond est présenté (Figure 2).

This work lies within the framework of LCH studies regarding sediment management during the foreseen heightening works of the Grimsel reservoir. All the major physical experiments are simulated numerically at the LCH, the results analyzed and confronted to the physical model results. Finally, purged volume through the flushing process and angle of repose compared as well. Based on opening type of the bottom outlet gate, two major groups were defined as instantaneous opening (constant discharge from the beginning on) and gradual slow opening (rising from zero to a constant discharge). As an example, one of the modeled scenarios, Feinsand A (d_m : 0.17 mm, ρ : 2707 kg/m³) with rapid opening of the bottom outlet gate is shown (Figure 2).

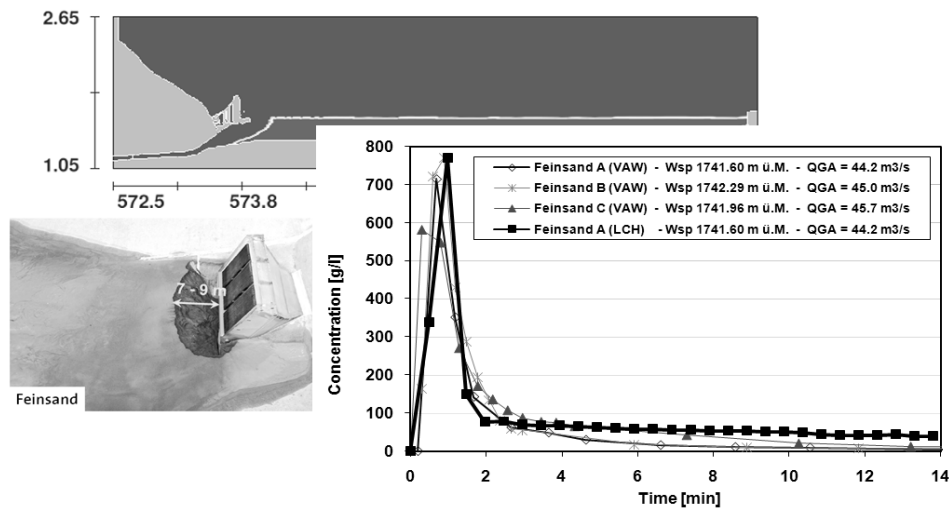


Figure 2 : Coupe longitudinale de la vidange de fond dans le modèle numérique et vue sur le modèle physique, sédiments purgés et comparaison de la concentration des sédiments en suspension des deux modèles en [g/l] / Section view of the bottom outlet in numerical model and view over physical model, flushed out sediments and suspended concentration comparison in both models in [g/l]

En déterminant l'intégrale de temps de concentration-débit sous les courbes de concentration, le volume des sédiments purgés est estimé et indiqué à l'échelle prototype. Les volumes de sédiments libérés dans les deux modèles, physique (1810 m^3) et numérique (1968 m^3), obtenu avec la même approche, sont dans le même ordre de grandeur et correspondent au volume estimé du cône évacué par la purge. L'évolution observée de la concentration dans le modèle physique est bien reproduite par la simulation numérique, le temps pour atteindre la pointe, la valeur maximale ainsi que la décroissance rapide, sont correctement modélisés dans FLOW-3D.

Etude confiée par: KWO Kraftwerke Oberhasli AG, Suisse

Ingénieurs de projet : Milad Daneshvari et Giovanni De Cesare

By determining the concentration-discharge time integral below the concentration curves, the volume of flushed sediments can be estimated and given at prototype scale. The volumes of released sediments in both models physical (1810 m^3) and numerical (1968 m^3), predicted with the same approach, are within the same order of magnitude and corresponds well with the estimated volume of the cone cut through the pressure flushing. The observed concentration evolution in the physical model is well reproduced by the numerical simulation, time to peak, peak value as well as the rapid descend are correctly modeled in FLOW-3D.

Study entrusted by : KWO Kraftwerke Oberhasli AG, Suisse

Project engineers : Milad Daneshvari and Giovanni De Cesare

2 Enseignement / Teaching

2.1 Cours à l'EPFL donnés par les collaborateurs du LCH (année académique 2009/2010) / Courses at EPFL given by LCH staff (academic year 2009/2010)

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

Aménagements hydrauliques I <i>Hydraulic structures and schemes I</i> 58 étudiants / students	42 heures, Bachelor 6 ^{ème} semestre
Aménagements hydrauliques II <i>Hydraulic structures and schemes II</i> 26 étudiants/ students	42 heures, Master 2 ^{ème} semestre
Barrages et ouvrages hydrauliques annexes <i>Dams and appurtenant hydraulic structures</i> 29 étudiants / students	42 heures, Master 1 ^{er} et 3 ^{ème} semestres
Hydraulique fluviale et aménagements des cours d'eau <i>Fluvial hydraulics and river training works</i> 30 étudiants / students	42 heures, Master 1 ^{er} et 3 ^{ème} semestres avec Dr K. Blanckaert
Organisation, économie et droit de la construction I <i>Organisation, economics, construction law I</i> 68 étudiants / students	28 heures, Master 1 ^{er} semestre avec Prof. Dr J.B. Zufferey et L. Mouvet, chargé de cours
Organisation, économie et droit de la construction II <i>Organisation, economics construction law II</i> 22 étudiants / students	28 heures, Master 2 ^{ème} semestre avec le Prof. Dr J.B. Zufferey et L. Mouvet, chargé de cours

Boillat Jean-Louis, Dr ès sciences techniques, ingénieur civil, chargé de cours / Ph.D., Civil Engineer, Senior Lecturer

Réseaux hydrauliques et énergétiques <i>Hydraulic and energy networks</i> 29 étudiants / students	42 heures, Master 2 ^{ème} semestre avec P.-A. Haldi, chargé de cours
Systèmes hydrauliques urbains <i>Urban hydraulic systems</i> 18 étudiants / students	42 heures, Master 2 ^{ème} semestre

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

Hydraulique des ouvrages <i>Hydraulics of structures</i> 68 étudiants students	28 heures, Bachelor 5 ^{ème} semestre avec Dr. E. Bollaert
--	--

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

Hydraulique des ouvrages <i>Hydraulics of structures</i> 68 étudiants students	28 heures, Bachelor 5 ^{ème} semestre avec Dr. G. De Cesare
--	---

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

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

42 heures, Master 1^{er} et 3^{ème} 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*

Boillat Jean-Louis, Dr ès sciences techniques, ingénieur civil, chargé de cours / Ph.D., Civil Engineer, Senior Lecturer

Eco-morphologie fluviale
Fluvial eco-morphology
27 étudiants / *students*

28 heures, Master 1^{er} et 3^{ème} semestres

Hydrologie urbaine / *Urban hydrology*
32 étudiants / *students*

42 heures, Master 2^{ème} semestre

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
6 étudiants / *students*

14 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

35. Zertifikatslehrgang ETH Zürich « Objektschutz bei Naturgefahren », 16. Februar 2010.
Bedeutung des Geschiebes für den Hochwasserschutz – Gewässerdynamik und konstruktiver
HWS.
2 Stunden

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

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

Hydraulique / *Hydraulics* 108 heures
Géomatique - Constructions et infrastructures, Bachelor HES 2/3^{ème} année
11 étudiants / *students*

Aménagements hydrauliques / *Hydraulic schemes* 85 heures
Géomatique - Constructions et infrastructures, Bachelor HES 3/4^{ème} année
12 étudiants / *students*

2.3 Projets et laboratoires en section génie civil – semestres d'automne 2009/2010 et de printemps 2010 / Graduate student projects and laboratory work in Civil Engineering section – autumn semester 2009/2010 and spring semester 2010

Projet de construction / Construction project

Projet de mini-centrale hydroélectrique en Suisse

Etudiants : Emilie DECRAUSAZ et Paola M. CAVADIA ALVAREZ – 7^{ème} semestre

The Pully wastewater management system

Etudiant : Peter SWARTZ – 9^{ème} semestre

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

Etudiant : Gelare MORADI – 8^{ème} semestre

Laboratoires GC / GC Laboratories

Participation à des essais en cours au laboratoire : Port de la Nautique à Genève

Etudiants : José Pedro SOUSA AFONSO et Julia SPRECHER – 7^{ème} semestre

Etude sur modèle physique du fonctionnement d'un PK-Weir

Etudiants : Patrick WILLA et Gelare MORADI – 7^{ème} semestre

Mesures in situ (pluies, débit)

Etudiants : Tamàs FANKHAUSER et Andreas SIMONSEN – 8^{ème} semestre

Participation à des essais en cours au laboratoire : Piano Key Weirs

Etudiants : Vincent NIDEGGER et Alexandre ALLAIN – 8^{ème} semestre

Bassin de sédimentation sur l'Avançon – Bassin amortisseur de l'Arbogne

Etudiants : Daniel Augusto DE MIRANDA et Julien GENTON – 8^{ème} semestre

Projet ENAC / ENAC project

Projet de mini-centrale hydroélectrique en Suisse

Etudiants : Gregory SOLLET – 9^{ème} semestre / Babacar DIA et Daniel Augusto DE MIRANDA – 7^{ème} semestre

Safe water – sanitation – hygiene education

Etudiant : Sten RETTBY – 9^{ème} semestre

Projet de renaturation d'un cours d'eau en Suisse romande – La Broye

Etudiant : Raphaël SPRENGER – 8^{ème} semestre

Projet de systèmes civils / Civil system project

Développement de stratégies de gestion des crues par rétention dans les retenues. Application au bassin versant du Rhône en Valais

Etudiant : Etienne DUFEY – 9^{ème} semestre

Analyse et optimisation d'un aménagement hydraulique complexe

Etudiants : José P. SOUSA AFONSO et Gelare MORADI – 8^{ème} semestre

Projet GC / Civil Engineering project

Projet de mini-centrale hydroélectrique à Val d'Illiez en Suisse

Etudiants : Marvin ANCIAN, Pierre JULIEN-LAFERRIERE, Fabian LEIMER, Fränz ZEIMETZ, Alexandre PACHOUD, Giotto GOBBI et Danièle GENDOTTI – 6^{ème} semestre

Projet interdisciplinaire / Interdisciplinary project

La privatisation, une solution pour le partage du s(eau)lvant universel au XXI^{ème} siècle

Etudiant : Aurélien ODOBERT – 9^{ème} semestre

Stabilisation végétale des rives de cours d'eau

Etudiant : Raphaël SPRENGER – 8^{ème} semestre

Barrages et développement : un nouveau challenge pour la protection contre les crues

Etudiant : Sylvain GORGERAT – 8^{ème} semestre

2.4 Projets et laboratoires en Section SIE – semestres d'hiver 2009/2010 et d'été 2010 / Graduate student projects and laboratory work in Environmental Science and Engineering Section – winter semester 2009/2010 and summer semester 2010

Projet ENAC / ENAC project

Optimisation d'un réseau de transfert d'eaux usées pour l'agglomération lausannoise

Etudiants : Léonard EVEQUOZ et Malik MATTHEY – 9^{ème} semestre

Analyse morphologique d'un élargissement sur la Broye à Villeneuve (FR)

Etudiant : Julien RICHON – 9^{ème} semestre

Effets du changement climatique sur le bassin versant du Rhône à l'amont du lac Léman – Etude du cycle hydrologique et évolution glaciaire du Rhône

Etudiant : Dimitri DOUSSE – 9^{ème} semestre

Projet SIE / Environmental science and engineering project

Modélisation des crues dans un bassin versant complexe aménagé par des retenues hydroélectriques – Application au bassin versant de la Romanche

Etudiant : Léonard EVEQUOZ – 9^{ème} semestre

Etablissement d'une carte de dangers en relation avec le développement dynamique d'un élargissement de la Broye

Etudiant : Sylvain GORGERAT – 9^{ème} semestre

Simulation de l'élargissement d'un tronçon de la Broye à Villeneuve (FR)

Etudiant : Vincent FEISLI – 9^{ème} semestre

Modélisation de la variation morphologique du delta de la rivière Tessin dans le lac Majeur

Etudiants : Lucien BIDAUD et Dimitri DOUSSE – 9^{ème} semestre

Etude de refuges à poissons aménagés dans les berges de rivières soumises aux éclusées

Etudiant : Pietro BEFFA – 9^{ème} semestre

Transport solide dans les rivières de montagne

Etudiant : Gottfried EYER – 9^{ème} semestre

2.5 Travaux pratiques de Master 2009 – 2010 (Automne) et 2010 (Printemps) / Master thesis project 2009 – 2010 (Autumn) and 2010 (Spring)

Concept de réhabilitation pour le barrage de Lac-Fulgence à Madagascar

Diplômant GC-ETHZ: BALLANSAT Xavier

Etude morphologique de confluences alpines. Application à la jonction de la Borgne et du Rhône

Diplômant SIE: BIDAUD Lucien

Etude de refuges à poissons aménagés dans les berges de rivières soumises aux éclusées

Diplômant SIE: BEFFA Pietro

Gestion des aménagements hydroélectriques à réservoirs multiples

Diplômant SIE: EVEQUOZ Léonard

Transport solide dans les rivières de montagne

Diplômant SIE: EYER Gottfried

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)

Diplômant GC: BREMEN Luca

Aménagement hydroélectrique de Urbach

Diplômant GC: SCHMOCKER Manuel

Aménagement hydraulique à buts multiples sur l'Engelberger Aa à Dallenwil

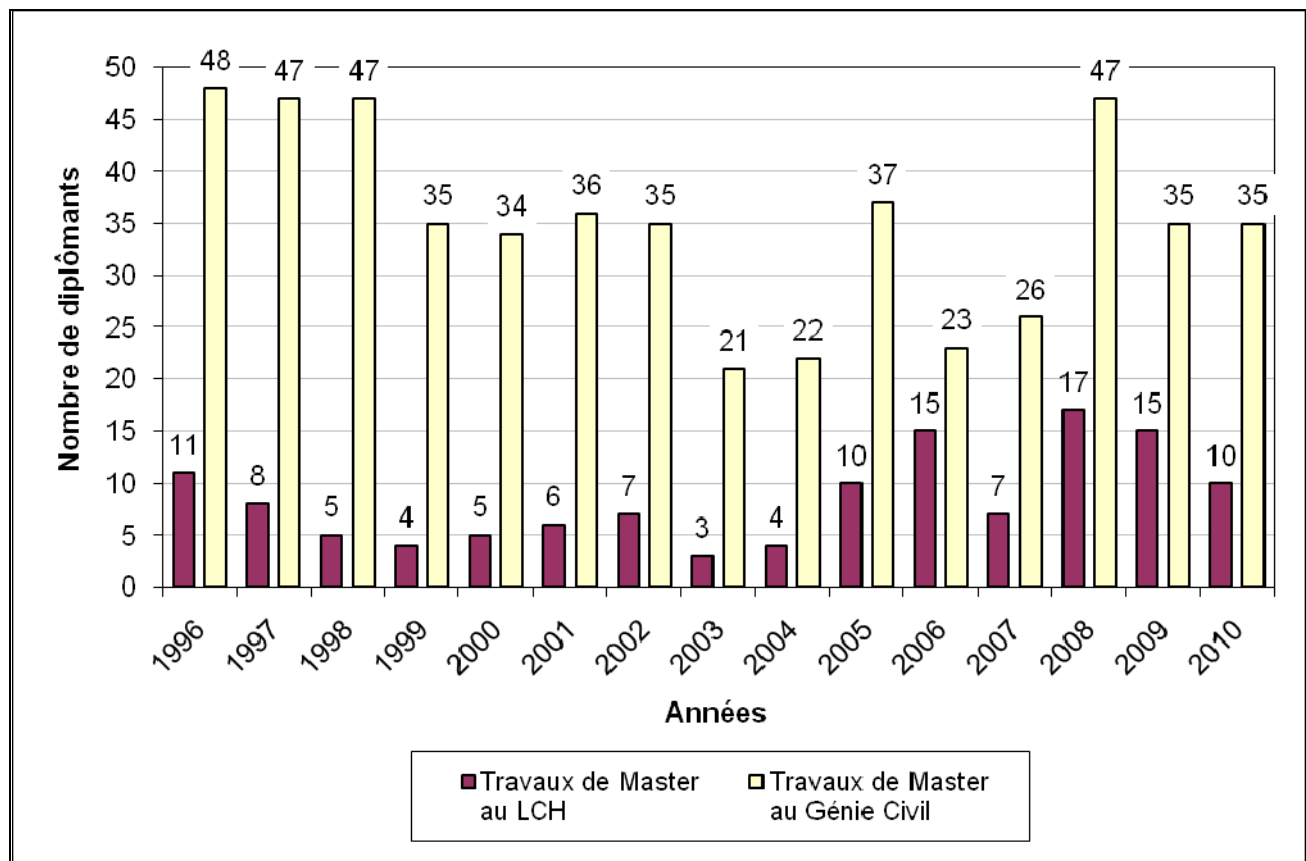
Diplômant GC: DUFEY Etienne (Lauréat Prix Stucky et Prix Maggia)

Aménagement hydroélectrique de Nam Bak au Laos

Diplômant GC: HOUNKPE Prudence

Aménagement hydroélectrique de Laja en Chile

Diplômant GC: RETTBY Sten



Nombre total des travaux de Master à la section de génie civil et nombre total des travaux réalisés au LCH (étudiant(e)s science de l'environnement inclus)

2.6 Travaux pratiques hors EPFL, Bachelor HES 2010 / Thesis project outside EPFL, Bachelor HES 2010

Etude du barrage écreteur de Bouhdid, Algérie

Etudiant : Andrea Kaufmann

En collaboration avec M. Khalid Essyad, BG Ingénieurs conseils, Lausanne

2.7 Excursions d'étudiants / *Student field trips*

Visite du chantier du barrage des Toules (renforcement et système d'auscultation), 48 étudiants (09.11.2010)



2.8 Livres / *Textbooks*

De Cesare G.

Third International Symposium on Ultrasonic Doppler Methods for Fluid Mechanics and Fluid Engineering (3rd ISUD), PSI Proceedings 02-01, 2002, 156 pages, ISSN 1019-6447, Villigen PSI, Switzerland, available on-line at: <http://lchwww.epfl.ch/3rd-isud/>

Lafitte R. et Hauenstein W.

IHA – CME, First International Summit on Sustainable Use of Water for Energy, Chapter on Switzerland, Country Reports, 2003, 146 pages, IHA Central Office, 123 Westmead Road, Sutton, Surrey, SM1 4JH, UK

Lafitte R., Schleiss A. et autres

Quelles énergies pour demain. Fédération Romande pour l'Energie - FRE, 2005, 73 pages, Editions Frenergie, www.frenergie.ch

Jenzer Althaus, J. et De Cesare, G.

"Reservoir Sedimentation", Interreg III Alpreserv Project "Sustainable Sediment Management in Alpine Reservoirs considering ecological and economical aspects", Volume 3/2006, Publisher Institut für Wasserwesen, Universität der Bundeswehr München, Germany, ed. Hartmann, S., Knoblauch, H., De Cesare, G. and Steinich, C., 117 pages, ISSN 1862-9636, available on-line at: <http://www.alpreserv.eu/>

Schleiss A. et Bollaert E.

Rock Scour due to falling high velocity jets, AA-Balkema Publishers, 2002, 263 pages, ISBN 90 5809 5185, disponible au LCH: <http://lchwww.epfl.ch/> secretariat.lch@epfl.ch

Schleiss A. (member of DWA-working group)

Entlandung von Stauräumen, DWA-Themen, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, Hennef 2006, 270 pages, ISBN-13:978-3-937758-33-6

Hager W.H. et Schleiss A.J.

Constructions hydrauliques. Ecoulements stationnaires (Hydraulic Constructions. Steady Flows), Vol. 15 du Traité de génie civil, Presses Polytechniques Romandes, 2009, 616 pages, ISBN 978-2-88074-746-6, nouvelle édition entièrement revue et augmentée disponible aux Presses Polytechniques et Universitaires Romandes (www.ppur.com)

2.9 Polycopiés / *Student course books*

Schleiss Anton

Aménagements hydrauliques, 484 pages, septembre 2008

disponible à la Librairie polytechnique, vente des cours: <http://www.livres.ch/> bookshop@epfl.ch.

Barrages, 274 pages, octobre 2007

disponible à la Librairie polytechnique, vente des cours: <http://www.livres.ch/> bookshop@epfl.ch

Aménagements de cours d'eau, 130 pages, septembre 2007

disponible à la Librairie polytechnique, vente des cours: <http://www.livres.ch/> bookshop@epfl.ch

Boillat Jean-Louis

Systèmes hydrauliques urbains, 126 pages, mars 2009

disponible à la Librairie polytechnique, vente des cours: <http://www.livres.ch/> bookshop@epfl.ch

Réseaux hydrauliques, 140 pages, octobre 2009

disponible au LCH: <http://lch.epfl.ch/> secretariat.lch@epfl.ch

Bio-ingénierie des cours d'eau et des systèmes naturels, 232 pages, décembre 2009

Partie I: Comportements morphologiques et dynamiques des cours d'eau naturels et entreprises de corrections, disponible au LCH: <http://lch.epfl.ch/> secretariat.lch@epfl.ch

Hydrologie urbaine, 150 pages, mars 2009

disponible au LCH: <http://lch.epfl.ch/> secretariat.lch@epfl.ch

Mouvet Laurent, Schleiss Anton et Zufferey Jean-Baptiste

Organisation, économie et droit de la construction, 103 pages, septembre 2009 (Partie I) et Droit public (Partie II), disponible à la Librairie polytechnique, vente des cours: <http://www.livres.ch/> bookshop@epfl.ch

3 Manifestations scientifiques / *Scientific events*

3.1 Participation à des manifestations scientifiques hors EPFL

3.1.1 Voyages d'étude en Iran de la Section Génie Civil, du 29 janvier au 12 février 2010

Fadi Hachem, Martin Bieri, Milad Daneshvari, Matthias Malquarti et Théodora Cohen ont accompagné le Prof. Schleiss et les étudiants de master en Génie Civil en Iran dans le cadre du voyage d'étude. La République Islamique est souvent dans les médias – mais rarement positivement. Cependant l'image de ce pays s'est fortement améliorée au cours du séjour et avec les instructions et explications de guides compétents, Milad Daneshvari et Iradj. La première semaine fut dédiée autant à l'initiation à la culture perse – visite de la capitale, 1001 nuits à Isphahan, thé dans des petits bistros, repas typique chez la famille Daneshvari avec animation de danse – qu'à l'ingénierie – visites de l'aménagement pompage-turbinage Siah Bisheh et des sites de construction de Karun III et Karun IV. Finalement, un match de foot entre une équipe suisse et un team iranien a montré l'équivalence des deux pays. La deuxième semaine a été plus orientée sur l'histoire avec la visite de la ville des poètes Chiraz, des ruines impressionnantes de Persépolis et de la ville des mille mosquées Yazd. Donc un pays fascinant qui garde une part de mystère.



Le groupe dans un restaurant Iranien typique à Esphahan.



Photo du groupe suisse avec les ingénieurs iraniens sur la plateforme de visite de l'aménagement hydroélectrique de Karun III.



Les trois doctorants du LCH, Martin Bieri, Théodora Cohen et Fadi Hachem, devant le barrage Karun IV en construction.

3.1.2 Fachveranstaltung Nr. 894411 Bau und Wissen in Burgdorf, sur le thème «Rückhaltebecken, Dämme und Geschiebe – Die technische Herausforderung im Wasserbau », le 25 février 2010

Le 25 février 2010, environ 150 participants ont assisté à une journée de conférences organisée à la haute école spécialisée de Burgdorf, sur le thème de la gestion des sédiments et des corps flottants sur les cours d'eau et dans les retenues. Placée sous la direction du Prof. Peter Schmocker, ancien partenaire du LCH dans le projet Erosee, la journée était subdivisée en quatre thèmes. Dans la partie consacrée à la gestion sédimentaire en relation avec la protection contre les crues, Jean-Louis Boillat a été invité à présenter l'expérience acquise au LCH à travers des applications concrètes, sous le titre « Geschiebetrieb und Sedimentbewirtschaftung bei Hochwasser ».

3.1.3 HydroEurope à Nice, du 3 au 7 mars 2010



Polytech'Nice-Sophia a organisé du 22 février au 6 mars 2010, le programme intensif européen HydroEurope 2010 avec plus de 120 participants constitués de futurs ingénieurs, encadrés par des experts internationaux, dont Giovanni De Cesare du LCH, qui a supervisé le travail d'un groupe (photo du team 9 lors de la présentation finale ci-dessous). Cette activité se situe dans le cadre de la collaboration entre l'EPFL-LCH et Polytech'Nice-Sophia, établie lors du premier MAS de 2005 à 2007. La remise des diplômes a eu lieu samedi matin, 6 mars 2010 au Château Valrose au centre de Nice, où se trouve le siège de la Présidence de l'Université Nice Sophia Antipolis (photo ci-dessous lors de l'ouverture de la cérémonie par Prof. Philippe Gourbesville).

Ce programme intensif, soutenu dans le cadre d'Erasmus et par la Commission Européenne, rassemble des participants de 37 nationalités. L'objectif d'HydroEurope est de développer des méthodes et des outils innovants pour l'analyse de situations hydrologiques complexes. Le cas d'étude pour cet exercice est le bassin versant du Var et en particulier la crue exceptionnelle de 1994. HydroEurope est mis en œuvre par le département Génie de l'Eau créé en 2007 au sein de Polytech'Nice-Sophia, en charge de la spécialité d'ingénierie de l'eau.



3.1.4 Corso “Protezione contro le piene”, Lugano-Canobbio, du 11 au 12 mars 2010

La Commission pour la Protection contre les Crues (Kommission Hochwasserschutz des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband - KOHS) a organisé les 11 et 12 mars 2010 à Lugano un cours de formation continue "Protection contre les crues". Il y avait au total une trentaine de participants sur les deux jours. Le cours s'est déroulé au SUPSI (Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana), la plupart des présentations étaient en italien.

Après l'introduction et les cours du matin du premier jour, il y avait un atelier sur le thème de la communication orientée sur les projets de protection contre les crues. La présentation "Come comunicare la protezione contro le piene?" était donnée par Giovanni De Cesare. Trois modérateurs, Paolo Beltraminelli, Stefano Pellandini et Massimo Corti ont animé les ateliers, un par groupe. Le plénum avec présentations et discussion était animé par Giovanni De Cesare.

3.1.5 Colloque sur les risques d'inondation, Société Hydrotechnique de France (SHF), Paris, du 24 au 25 mars 2010

Ce colloque sur le risque d'inondation a eu lieu à Paris les 24 et 25 mars 2010 et était organisé par la Société Hydrotechnique de France (SHF). Une inondation est la réalisation d'un risque résultant de la concomitance d'un aléa hydrologique (occurrence de crue) relativement stationnaire et d'une vulnérabilité (occupation des sols, activités humaines) évolutive, dans un bassin versant. Le phénomène physique s'insère ainsi dans un contexte socio-économique et culturel très réactif et évolutif.

Dans l'état actuel des connaissances, l'aléa crue est imprévisible à moyen et long terme, mais on peut estimer, en fréquence et en probabilité (avec incertitudes calculées), les crues rares et extrêmes. Cette évaluation conduit à mieux définir des événements de référence, qui, associés à la vulnérabilité correspondante, permettent une meilleure gestion du risque par des actions de protection et de prévention et une réduction de la vulnérabilité des personnes, collectivités et réseaux à long terme par l'aménagement du territoire. Cependant, la prévision à court terme de cet aléa paraît accessible et la prise en compte des incertitudes améliorable, selon les échéances. Mais il est important de développer une capacité à prévoir des scénarios vraisemblables simulés sur plusieurs jours. Car ces précieuses informations concourront à améliorer l'organisation de la gestion de crise, les plans de sauvegarde, de continuité de services et d'activités, les outils d'aide à la décision et les réglementations.

Dans ce contexte, Javier García Hernández a fait la présentation de l'article intitulé « La gestion des crues du Rhône en amont du Léman : de la prévision à la décision » (Javier García Hernandez, Tristan Brauchli, Jean-Louis Boillat, Anton Schleiss). Cette gestion vise la protection contre les inondations de la vallée du Rhône, dans les cantons du Valais et de Vaud, avec deux objectifs prioritaires. Le premier concerne la prévision hydrologique sur le bassin versant pour une meilleure gestion des situations de crue en fonction de seuils progressifs d'avis, alerte et alarme. Le second repose sur une gestion préventive des aménagements hydroélectriques lorsque le besoin s'en fait sentir.

Une deuxième présentation de poster intitulée « Analyse hydro-économique des crues extrêmes dans le bassin versant du Rhône en amont du Léman » (Tristan Brauchli, Javier Garcia Hernandez, Jean-Louis Boillat, Anton Schleiss) a aussi été effectuée par Tristan Brauchli. Cette présentation contient les principales conclusions de son travail de Master au LCH.

3.1.6 Seventh International Symposium on Ultrasonic Doppler Methods for Fluid Mechanics and Fluid Engineering - 7th ISUD, du 7 au 9 avril 2010

Du 7 au 9 avril 2010, Chalmers University of Technology Conference Centre, Göteborg, Suède.

Dans la série de conférences ISUD, dont la troisième édition a eu lieu à Lausanne organisée par le LCH, la septième était organisée par le Swedish Institute for Food and Biotechnology (SIK) à Göteborg. Le symposium était intégré dans le 6th Annual European Rheology Conference (AERC2010), avec plus de 400 participants.

Le symposium ISUD avec env. 65 participants traitait 5 thèmes, avec les trois publications du LCH sous les thèmes "Suspension and sediments" et "Flow in complex geometries":

1. Ultrasound rheometry
2. Suspension and sediments
3. Flow in complex geometries
4. Two phase flow
5. Liquid metals

Giovanni De Cesare a assuré la modération de la session 1 "Ultrasound rheometry". Les comptes rendus se trouvent à la bibliothèque du LCH. Les comptes-rendus de toutes les conférences ISUD se trouvent sous: www.isud-conference.org au format pdf.

Il y avait un lauréat du "ISUD Student Paper Award", malheureusement cette fois-ci à nouveau sans vainqueur du LCH (Erica et Jolanda était parmi les candidats). Le prix a été décerné à Samsun Nahar de l'ETHZ pour son article "Steady and unsteady flow characteristics of a shear thinning fluid through a collapsed elastic tube".



ISUD 7 - Photo de groupe devant l'entrée de Chalmers University of Technology



ISUD 7 – Giovanni De Cesare en pleine action lors de la présentation de l'article sur les essais de Jolanda Jenzer Althaus

3.1.7 OFITECO, Oviedo Espagne, du 20 au 23 avril 2010

Dans la perspective d'une gestion des alertes de crue dans les bassins de la Confédération Hydrographique du Cantabrique (CHC), dont le siège se trouve à Oviedo (Espagne), un système de prévision et d'alarme est en développement. L'objectif de ce système est d'alerter les autorités et la population lors des situations critiques.

La CHC envisage la mise en place d'un modèle hydrologique opérationnel adapté à ses besoins. Le but des visites effectuées par Javier Garcia à Oviedo est de tester le modèle hydrologique GSM-SOCONT et le logiciel Routing System II, utilisé dans le projet MINERVE ainsi que d'évaluer leur performance sur le bassin test de l'Eo. Une comparaison avec le modèle Presco, utilisé actuellement à la CHC, sera aussi effectuée. Sur la base des résultats obtenus, une stratégie sera élaborée pour passer à la phase opérationnelle.

3.1.8 Mission au barrage de Koman, Albanie, du 26 au 28 avril 2010

Le barrage de Koman de 115 m de hauteur, est situé dans la partie nord de l'Albanie et fait partie des paliers hydroélectriques de la rivière Drin.



C'est un barrage à masque amont en béton qui a été construit de 1980 à 1988 par les Chinois. L'aménagement dispose de deux évacuateurs de crue en tunnel avec des sauts de ski à leurs extrémités. Deux grandes fosses d'érosion se sont créées dans les alluvions avals.

La centrale électrique a une capacité installée de 600 MW. Cela représente env. 38% (600 sur 1'600 MW) de la puissance totale installée en hydroélectricité nationale et pratiquement 99% de l'électricité est produite actuellement par l'eau. Des essais sur modèle physique ont été effectués au LCH en 2008 afin d'examiner l'état actuel des deux évacuateurs No.3 et No.4, d'évaluer la géométrie de la fosse d'amortissement et de proposer des solutions pour améliorer la stabilité du pied du barrage et de la rive droite en aval du barrage.

Dans le cadre d'un nouveau mandat sur les essais numériques des solutions à proposer, Giovanni De Cesare est allé sur place pour obtenir d'avantage d'informations, surtout après les crues survenues au début 2010 sur la Drin. C'est donc dans ce cadre que Pöyry a organisé une mission en Albanie du 26 au 28 avril 2010. Le premier jour, après le voyage Genève-Vienne-Tirana, était consacré à la présentation dans les bureaux de KESH (utilité publique pour l'énergie Albanaise) à Tirana de la situation pendant et après les crues de décembre 2009 et janvier 2010.



Panorama de la place centrale Skanderbeg de Tirana depuis l'hôtel, avec la mosquée à gauche, la cathédrale orthodoxe à droite et au fond à gauche la cathédrale catholique St. Paul.

Le deuxième jour, après environ 3 heures de voyage pour 170 km sur des routes pas toujours dans les meilleures conditions, a eu lieu la visite du barrage et de la centrale de Koman. Suite aux nouvelles crues de début avril 2010, l'évacuateur No.3 était toujours en fonction avec env.

100 m³/s. On a pu constater sur place l'étendue des dégâts causés par les crues de cette année, surtout sur les deux rives.



Vue aval du barrage de Koman, avec l'évacuateur No.3 en fonction avec env. 100 m³/s, la capacité étant de 1'900 m³/s (!) et la face aval avec son pied de barrage érodé.

Pendant environ une demi-heure, l'évacuateur No.3 a été arrêté pour constater l'état de la fosse d'érosion et s'approcher sur ce qui restait de la route en rive gauche. Des enfants venus on ne sait d'où ont immédiatement peuplé le bassin amortisseur ... et l'eau était encore fraîche.



Vue de la rive droite avec les nouveaux dégâts. Pour avoir une idée des dimensions, voir l'enfant en bas à gauche.

Au troisième jour, le matin avant le retour sur Genève, dans les bureaux de KESH, nous avons encore discuté des diverses solutions à étudier. Pöyry a organisé l'équipe topographique pour relever l'état actuel du bassin amortisseur et des rives et nous avons encore reçu davantage d'informations (plan, photos, vidéos, etc.).

Le projet de réhabilitation du barrage de Koman est financé par le Secrétariat d'Etat à l'économie (SECO) et la Banque mondiale.

3.1.9 1st IAHR European Congress 2010, Edinburgh, Scotland, du 4 au 6 mai 2010



Pendant trois jours d'affilée, répartis sur trois sessions en parallèle, plus de cent jeunes chercheurs ont présenté leurs travaux qui couvrent plusieurs aspects liés à l'hydrologie, l'hydraulique, les travaux maritimes, les techniques de mesure ainsi que d'autres sujets intéressants et diversifiés.

Mardi matin, et pour entrer directement dans le vif du sujet, Fadi a présenté son article intitulé "Influence of local stiffness of conduits on water hammer propagation signal" lors de la première séance du congrès « Hydraulic Structures I ». Pour terminer en beauté, Matteo a présenté son article "Experiments on the response of a rock block in a plunge pool loaded by a symmetrical jet impact" le jeudi après-midi dans la dernière session « Experimental methods III ».

Experts dans la façon de gérer leur temps entre les sessions (expérience acquise au LCH pour jongler avec la thèse, les mandats, les étudiants, ...), les aventuriers ont eu la possibilité de visiter la ville. Située sur les côtes est du Royaume-Uni, Edinburgh est la capitale de l'Écosse depuis 1437 et le siège du Parlement écossais établi en 1999. Sa population compte environ 460'000 habitants (deuxième grande ville écossaise derrière Glasgow). Edinburgh, qui possède officiellement depuis 1329 le statut de cité, est construite sur des collines volcaniques qui offrent chacune une vue agréable et différente de la ville. Elle est dominée par son château médiéval dont les fondations remontent au VII^e siècle, mais c'est à partir du XI^e siècle que fut construite cette résidence royale qui est devenue une forteresse redoutable au XVI^e siècle. Après la défaite de Flodden (1513) contre les Anglais, les bourgeois de la ville décidèrent de construire à titre préventif une seconde enceinte baptisée le mur de Flodden. Après l'unification des Parlements d'Écosse et d'Angleterre (1707), la ville a perdu de son importance politique mais garde néanmoins sa position comme centre économique et culturel du pays. En plus du château, Edinburgh compte de nombreux lieux intéressants comme le Royal Botanic Garden, la cathédrale Saint-Gilles, le National Gallery, Charlotte Square, le Scott Monument ou encore le Royal Museum of Scotland. Le palais de Holyrood (Holyrood Palace) est la résidence officielle de la reine d'Angleterre lorsqu'elle séjourne dans la ville. Plusieurs districts de la vieille et nouvelle ville sont classés au patrimoine mondial par l'UNESCO depuis 1995.

Pour découvrir les paysages splendides de la campagne écossaise, Fadi et Matteo sont partis découvrir la partie nord du pays. Ce n'était pas une tâche facile de se retrouver sur les routes de l'Ecosse où tout le monde roule du mauvais côté de la route ☺. D'Edinburgh, les courageux sont montés jusqu'à Inverness en passant par plusieurs châteaux et sites touristiques. Le lendemain, ils sont retournés à Falkirk au Sud, en traversant le Loch Ness et Stirling. A Loch Ness, ils ont vécu des moments intenses marqués par une rencontre incroyable avec le mythique monstre qui vit dans le lac !!!!

Bon, le moment est venu de rentrer en Suisse mais, tout à coup, notre ami islandais a surgi de ses cendres pour nous mettre les bâtons dans les roues. Il est intervenu personnellement pour modifier l'itinéraire de notre retour. Il a craché en direction du pays des tulipes, Amsterdam ! On s'est retrouvé donc au milieu d'une jungle de vélos entourés par des chenaux, des maisons

inclinées et par les géants néerlandais. Malgré l'hostilité du lieu ☺, on a pu remarquer que chaque vélo était cadenassé, en moyenne, par trois à quatre cadenas plus chers que le vélo lui-même.



Etant très attachés à notre Laboratoire et notre chère Suisse, et après une journée et une nuit passées à Amsterdam, les aventuriers n'ont pas hésité une seconde à prendre le train pour un voyage de retour d'environ 13h30 afin de rejoindre leurs familles et amis à Lausanne.

3.1.10 78^{ème} réunion annuelle de la Commission Internationale des Grands Barrages (CIGB-ICOLD) à Hanoi, Vietnam, du 23 au 26 mai 2010

En tant que président du comité suisse des barrages ainsi que membre du comité technique «Hydraulic of dams», M. Schleiss a participé à la 78^{ème} réunion annuelle à Hanoi. Le comité suisse était présent avec un stand de promotion pour la 79^{ème} réunion annuelle qui se tiendra du 29 mai au 3 juin 2011 à Lucerne (www.icold2011.ch).

Des représentants de l'ambassade de Suisse ont assuré la présence au stand de promotion dans l'exposition technique.

Lors de la réunion annuelle, un symposium « Barrages et développement durable des ressources en eau » a également été organisé avec 190 contributions.



Stand de promotion pour Lucerne 2011 à Hanoi en présence de deux représentants de l'Ambassade suisse



Impression de l'excursion au Halong Bay

3.1.11 SimHydro 2010, du 2 au 4 juin 2010

SimHydro 2010 est une conférence organisée par la Société Hydrotechnique de France (SHF) et l'Université de Nice-Sophia Antipolis / Polytech'Nice-Sophia en partenariat avec l'Association Internationale d'Ingénierie et de Recherches Hydrauliques (IAHR) et l'Association Française de Mécanique (AFM). La conférence s'est déroulée du 2 au 4 juin 2010 à l'école Polytech'Nice-Sophia, à Sophia Antipolis, au sud de la France. SimHydro 2010, avec env. 150 participants, traitait le thème "Modèles hydrauliques et incertitudes". Le français et l'anglais étaient les langues officielles de la conférence, une traduction simultanée était réalisée lors des sessions plénières.

Pour la partie sociale, jeudi soir a eu lieu le dîner de gala sur une terrasse de l'Hôtel West End situé sur la Promenade des Anglais au bord de la mer.



Photos de cinq présentations et le petit groupe sur la place Masséna à Nice

3.1.12 Hidroenergia 2010 «Small streams make rivers», Lausanne, du 16 au 19 juin 2010

La société d'aujourd'hui a besoin de nouvelles sources d'énergie. Beaucoup de pays ont développé des stratégies pour promouvoir des énergies renouvelables. La petite hydraulique permet d'augmenter la production de courant vert. Organisés depuis 1989, des congrès Hidroenergia attirent plus de 300 experts et spécialistes du secteur de cette nouvelle ressource en Europe pour discuter le développement du secteur, pour échanger des expériences et pour présenter des progrès de la technologie ainsi que pour renforcer son réseau de contact. Après la conférence en Slovanie en 2008, la ville de Lausanne, en collaboration avec MHyLab, était hôte de Hidroenergia 2010.

Jean-Louis Boillat et Martin Bieri ont participé partiellement à cet événement. Dans l'exposé, ils ont présenté le programme TURBEAU, qui permet d'évaluer le potentiel économique du turbinage dans un réseau d'eau potable. L'article, intitulé « Economic Evaluation of Turbining Potential in

Drinking Water Supply Networks » (J.-L. Boillat, M. Bieri, J. Dubois), est publié dans les proceedings.

3.1.13 Conférence "Mixing and dispersion in flows dominated by rotation and buoyancy", Technische Universität Eindhoven, du 20 au 23 juin 2010

Jolanda Jenzer Althaus a participé à la conférence "Euromech Colloquium 519", organisée par la Technische Universität Eindhoven. Elle a eu lieu entre le 20 et le 23 juin 2010 et était tenue à Rolduc, un ancien couvent aux Pays-Bas, près de la frontière avec l'Allemagne. La conférence avait le titre "Mixing and dispersion in flows dominated by rotation and buoyancy". Les différents sujets étaient les suivants: rotating flows, buoyancy dominated flows, transport in turbulence, transport in geophysical flows, dispersion in flow dominated by rotation or buoyancy.

La contribution de Jolanda Jenzer Althaus était placée dans la session de transport in geophysical flows et était intitulée "Experiments on water jet induced cyclonic circulation – measurement of flow pattern and sediment concentration at reservoir outlet works". Le sujet de Jolanda Jenzer Althaus a trouvé beaucoup d'intérêt dans l'audience, mais comme il était un peu spécial par rapport aux autres, il y avait malheureusement peu de suggestions et peu de discussions stimulantes. Mais l'endroit du monastère était très agréable et très calme.

3.1.14 «Wasserbau in Bewegung ... von der Statik zur Dynamik», 15. Gemeinschafts-Symposium der Wasserbau-Institute TU München, TU Graz und ETH Zürich, Wallgau (Allemagne), du 1^{er} au 3 juillet 2010

Le sujet du 15^{ème} symposium tri-national était « La construction hydraulique en mouvement ... de la statique à la dynamique ». La libéralisation du marché de l'électricité, des nouvelles lois Européennes et Suisses pour la revitalisation des cours d'eau et la promotion de la petite hydraulique sont seulement quelques moteurs de ce nouveau dynamisme. 300 ingénieurs, exploitants, administrateurs et chercheurs de l'Allemagne, l'Autriche et de la Suisse se sont rencontrés à Wallgau, un village bavarois idyllique près du centre de recherches hydrauliques d'Obernach, pour discuter les nouveaux défis dans le domaine de l'eau.

Les trois publications du Laboratoire de constructions hydrauliques (LCH) ont été présentées par Walter Gostner, Giovanni De Cesare et Michael Müller

Jeudi soir, un dîner bavarois traditionnel était au programme. L'harmonique de Wallgau avec des mélodies traditionnelles et la bière blanche ont contribué à une ambiance extraordinaire et inoubliable.

C'est évident que cette dynamique a motivé Martin, Michael et Prof. Schleiss à faire une partie du chemin de Lausanne à Wallgau à vélo. A partir du col de l'Arlberg ils ont fait comme l'eau : Toujours descendre !



Santé ! La bière contient beaucoup d'eau



L'harmonique de Wallgau en action

3.1.15 12. Treffen junger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an Wasserbauinstituten (JUWI), Stuttgart, Allemagne, du 11 au 14 août 2010

Une année après avoir organisé cette conférence réunissant de jeunes scientifiques provenant des instituts hydrauliques germanophones, Martin Bieri et Michael Müller ont suivi l'invitation du Lehrstuhl für Wasserbau und Wassermengenwirtschaft de l'université de Stuttgart en tant que participants.

Les deux premiers jours ont été consacrés à la présentation des sujets de recherche et de mandats traités par les jeunes chercheurs autrichiens, allemands et suisses. De plus, un workshop sur la problématique du castor dans des zones protégées d'eau potable a permis de discuter un conflit d'intérêt particulier et d'actualité en Souabe. Une visite de la halle hydraulique suivie d'une grillade, ainsi qu'une visite guidée de Stuttgart et un souper dans les collines entourant cette magnifique ville du Sud de l'Allemagne ont permis l'échange d'opinion et d'amitiés entre les participants.

L'aménagement au fil de l'eau d'Iffezheim exploitant jusqu'à 1100 m³/s des eaux du Rhin, ainsi que le barrage en rivière de Wieblingen garantissant la navigabilité du Neckar ont fait l'objet de l'excursion technique du vendredi 13 août. En fin d'après-midi, un groupe de huit hydrauliciens a profité du programme supplémentaire en se dirigeant vers la ville de Heidelberg pour y admirer le centre-ville médiéval et les atouts culinaires de notre pays voisin (viande, choucroute, Spätzle et bière). Le lendemain, après un tour en canoë sur le Neckar conduisant à des baignades (plus ou moins) volontaires dans la rivière, les larmes d'adieu se sont mélangées avec la joie de se revoir en été 2011. A bientôt, lors du 13e JUWI à Hanovre!



Tour de canoë dans la vieille ville d'Esslingen : Martin Bieri et Michael Müller entourés par des participants provenant de Stuttgart, Innsbruck, Zurich et Hanovre (ville organisateur du JUWI en 2011)

3.1.16 99^{ème} assemblée générale et Centenaire de l'Association suisse pour l'aménagement des eaux (SWV) au « Rathaus » de Zürich, le 2 septembre 2010

M. Schleiss a participé à cette assemblée pour fêter le 100^{ème} anniversaire du SWV qui a réuni 120 personnes environ. Madame la Conseillère Doris Leuthard a fait un discours sur « L'importance économique de l'aménagement des eaux pour l'avenir de notre pays ». M. Hans E. Schweikhard (vice-président swisselectric) abordait « Les défis de la force hydraulique pour un approvisionnement fiable d'électricité dans notre pays ». Finalement, M. Caspar Baader (président du SWV) présentait une revue sur « 100 ans pour l'aménagement des eaux – l'Association suisse pour l'aménagement des eaux entre 1910 et 2010 ». Le directeur du SWV, M. Walter Hauenstein, a rédigé un livre intitulé « L'Association suisse pour l'aménagement des eaux 1910-2010, un portrait ».

3.1.17 Conférence River Flow 2010 – Braunschweig, Allemagne, du 8 au 10 septembre 2010

La cinquième conférence River Flow a eu lieu du 8 au 10 septembre 2010 à Braunschweig en Allemagne. Le LCH a été bien représenté par le Professeur Schleiss, Koen, Walter, Fadi, Martin, Michael et Tamara. Nous avons également rencontré un ancien collaborateur du laboratoire à Braunschweig, Sameh Kantoush, ainsi que Ana Margarida.

Braunschweig est une ville de presque 250'000 habitants, située dans la basse Saxe. Lors de la Welcome Reception au Landesmuseum de Braunschweig, le maire nous a gentiment raconté la passionnante histoire de la ville, en commençant par toutes les disputes qu'il y a eu entre le duc 'Henry the Lion' et son cousin l'empereur Frederick Barbarossa au 12^{ème} siècle, pour passer ensuite à l'appartenance à la ligue hanséatique entre le 13^{ème} et le 17^{ème} siècle, pour terminer avec l'histoire récente et la construction du musée. Une partie de l'histoire de la région nous a rappelée le somptueux banquet de la conférence au château de l'empereur à Goslar.

Pendant notre séjour, nous avons admiré la ville de Braunschweig avec son centre médiéval et goûté la bonne bière allemande !



Bien sûr, nous avons également appris beaucoup de choses dans les 4 sessions parallèles à la conférence.

3.1.18 8th European Conference on Applied Climatology, Zürich, du 13 au 17 septembre 2010

La 8^{ème} Conférence européenne réalisée à Zurich entre le 13 et le 17 septembre 2010, sur la climatologie appliquée (European Conference on Applied Climatology) était un grand succès avec 630 participants de 44 pays.

Les thèmes principaux de cette conférence ont été la climatologie de haute résolution et les services climatologiques. Le but était l'étude de changement climatique et l'impact dans la société, l'environnement, la santé et l'économie ainsi que l'amélioration des services basés sur un meilleur monitoring, compréhension et prévisions météorologiques elles-mêmes à court, moyen et long terme.

Une partie de la conférence a aussi été consacrée aux prévisions hydrologiques, son lien avec les prévisions météorologiques, l'interface graphique et l'utilisation finale.

Javier Garcia a présenté un poster intitulé « MINERVE flood warning and management project. What is computed, what is required and what is visualised », avec un grand succès et intérêt des collègues de la conférence.

3.1.19 Latsis Symposium 2010, Research in Environment and Sustainability – Insights and Conclusions, ETH Zurich, du 15 au 17 novembre 2010

Tamara Ghilardi et Théodora Cohen Liechti, accompagnées de José Pedro Matos et le Prof. Dinis Juizo se sont rendu à Zurich afin de participer au symposium pour présenter les résultats les plus importants de la recherche financée par le CCES (Competence Center Environment and Sustainability) durant ces 4 dernières années (<http://www.cces.ethz.ch/projects/index>).

ADAPT (African Dams Project, <http://www.cces.ethz.ch/projects/nature/adapt>, thèse de Théodora et José Pedro) exposait 5 posters. Le meeting a été l'occasion de discuter avec les autres doctorants travaillant sur le projet et de présenter au Prof Juizo le cadre général du projet.

APUNCH (Advanced Process UNDERstanding and prediction of hydrological extremes and Complex Hazards, <http://www.cces.ethz.ch/projects/hazri/apunch>, thèse de Tamara) exposait 6 posters. Tamara a présenté un poster concernant ses essais préliminaires effectués entre mai et juin 2010. Le meeting a été l'occasion de discuter avec les autres doctorants travaillant sur le projet et surtout avec Prof. Rickenmann, du WSL, expert des rivières de montagne, et son doctorant, Johannes Schneider.

3.1.20 Colloque PK-Weir à Lyon Saint Exupéry, France, le 16 novembre 2010

Dans la lignée des précédentes réunions, le 4^{ème} colloque sur les PK-Weir s'est déroulé à Lyon à l'aéroport de Saint Exupéry, le 16 novembre 2010.

Etaient notamment présents:

- EDF représenté par F. Laugier, J. Vermeulen, F. Delorme, V. Nagel., J. Pralong, B. Blancher et Guy-Michel Cicero
- Hydrocoop représenté par F. Lempérière
- l'Université de Liège représentée par O. Machiels et S. Erpicum
- l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, représentée par J.-L. Boillat, M. Leite Ribeiro et V. Dugué

EDF a présenté les photographies du dernier chantier de PK-Weir réalisé par EDF en 2010 : le barrage des Gloriettes dans les Hautes Pyrénées (étude sur modèle réduit réalisée par M. Bieri).

L'Université de Liège a présenté la thèse d'O. Machiels sur la paramétrisation des PK-Weir ainsi que le développement et les applications d'un logiciel 1D.

Hydrocoop a présenté les aspects économiques des PK-Weirs (F. Lempérière).

L'EPFL a présentée l'étude paramétrique pour le dimensionnement des PK-Weir (M. Leite Ribeiro) ainsi que les essais sur le modèle réduit du PK-Weir du barrage de Gage II (V. Dugué).

Cette entrevue a aussi permis de finaliser la convention de notation applicable aux PK-Weir qui sera utilisée pour le "Workshop on Labyrinth and Piano Key weirs" qui se déroulera à Liège en février 2011.

3.1.21 « Revitalisation de cours d'eau » VSA-SSR – Séminaire de formation continue à Fribourg, le 24 novembre 2010

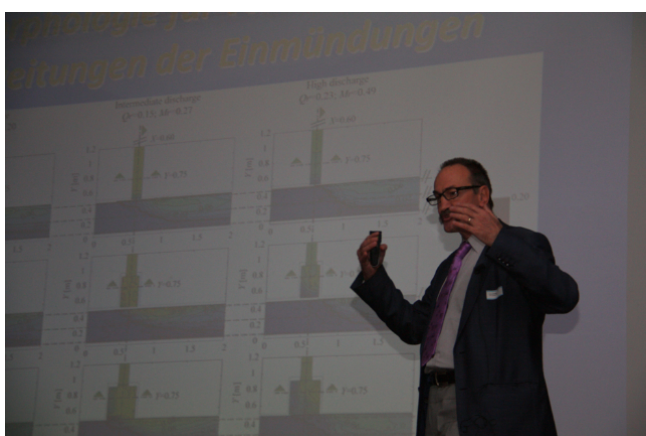
Le réseau naturel des cours d'eau s'est développé de manière progressive à l'échelle géologique du temps. Il modèle notre paysage et fait partie intégrante de l'histoire de l'humanité par les influences à la fois vitales et destructives qu'il exerce sur l'environnement. De tous temps, l'homme a essayé de tirer le meilleur parti du cycle de l'eau en intervenant à différentes échelles pour maîtriser et exploiter les forces en jeu. Il serait prétentieux de croire que la maîtrise totale des différents processus liés à la génération et au cheminement des flux hydrauliques et biologiques est aujourd'hui réalité. La correction itérative des « défauts » fait partie de l'histoire humaine.

L'association suisse des professionnels de la protection des eaux a invité à faire le point sur les concepts actuels et futurs en matière d'aménagement de cours d'eau. Le séminaire a été organisé par Jean-Louis Boillat, collaborateur du Laboratoire de constructions hydrauliques (LCH) en retraite et membre du comité VSA-SSR, en deux parties. La matinée était consacrée à une visite de terrain sur la Sarine à Fribourg. L'après-midi a proposé un cycle de conférence, dont trois membres du LCH ont pu être contribuées :

- « Indicateurs d'intégrité écologique des cours d'eau » par Walter Gostner ;
- « Les vellétés morphologiques des cours d'eau » par Jean-Louis Boillat ;
- « Mesures de restauration des habitats dans les rivières soumises aux éclusées hydroélectriques » par Jean-Marc Ribi.

Le public, dans lequel s'est trouvé Michael Pfister et Martin Bieri, a suivi les exposés, riches d'enseignement, avec beaucoup d'intérêt.

3.1.22 Conférence - Revitalisations fluviales: synergies entre protection contre les crues et écologie à Berne, le 25 novembre 2010 (communiqué de presse)



Réunis en colloque à Berne, hydrauliciens et écologues ont ouvert de nouvelles perspectives pour la revitalisation des cours d'eau. Organisée dans le cadre d'un projet de recherche de grande envergure, la rencontre était également motivée par le débat actuel sur la révision de la loi sur la protection des eaux.

En Suisse, la protection des eaux se situe à un tournant. Les spécialistes parlent d'un véritable changement de paradigme. Un nouvel état d'esprit est en train de s'installer sous l'effet de la révision de la Loi sur la protection des eaux

qui entrera en vigueur début 2011. L'affluence constatée lors du colloque „Flussrevitalisierungen: Synergien zwischen Hochwasserschutz und Ökologie“ - Revitalisations fluviales: synergies entre protection contre les crues et écologie – qui s'est tenu le 25 novembre dernier à Berne montre bien tout l'intérêt que porte la profession aux nouvelles orientations : plus de 250 chercheurs, spécialistes de la gestion des eaux, planificateurs, représentants des administrations fédérales et cantonales et des associations de protection de l'environnement étaient venus y assister et nombreux sont ceux qui n'ont pu y participer faute de place.

Une étape majeure dans l'histoire de la protection des eaux en Suisse

Cet intérêt de la part des professionnels n'est pas étonnant, la loi révisée étant déjà considérée comme une étape majeure dans l'histoire de la protection des eaux en Suisse. Les dispositions suivantes, notamment, sont destinées à favoriser un retour à un état plus naturel des cours d'eau et des rives de lacs: Les cantons sont tenus de délimiter l'espace qu'il convient de réserver aux cours d'eau pour leur permettre d'assurer leurs fonctions naturelles tout en garantissant la protection contre les crues. L'espace défini peut alors tout au plus faire l'objet d'une exploitation extensive. D'autre part, les cantons sont tenus d'élaborer des programmes de revitalisation et de les mettre en oeuvre et enfin de planifier des mesures d'assainissement permettant d'éliminer les atteintes causées par l'exploitation hydroélectrique (éclusées).

Mission d'exécution et soutien financier

Pour entamer le colloque, deux membres de l'Office fédéral de l'environnement OFEV ont souligné toute l'importance de la nouvelle politique de protection des eaux et mis en exergue les défis posés par la révision. „La mise en oeuvre des nouvelles dispositions a de fortes implications, de très nombreux sites sont potentiellement concernés“, a expliqué Stephan Müller, chef de la division Eau, en livrant des chiffres éloquentes: Sur le Plateau, près de 40 % des fleuves et rivières sont endigués et cette proportion atteint 80% en agglomération. En outre, plus de 90% des cours d'eau pouvant servir à la production d'électricité sont déjà exploités.

Conséquence: „Les cours d'eau ont besoin de plus d'espace pour pouvoir remplir leurs fonctions naturelles“. La modification de la loi sur la protection des eaux vise à remédier à cette situation. Mais la Confédération ne souhaite pas limiter son action aux aspects juridiques. Elle assume 65% des coûts si, conformément aux objectifs fixés, 4000 kilomètres de cours d'eau sont renaturés dans les prochaines décennies. Près d'un milliard de francs ont d'autre part été prévus pour les 20 ans qui viennent pour remédier aux conséquences néfastes de l'activité hydroélectrique. Les fonds nécessaires seront fournis par un supplément sur les coûts de transport des réseaux de haute tension.

L'espace: une ressource limitée

Olivier Overney, chef de la section Protection contre les crues de l'OFEV, a de son côté insisté sur le fait que la mise en oeuvre de la nouvelle philosophie de protection des eaux n'était en aucun cas une seule question d'argent: „Quelle que soit la solution choisie, sa réalisation passe par l'attribution de terrains supplémentaires – la plus limitée de nos ressources.“ C'est généralement suite à des conflits d'intérêt que de nombreux projets de revitalisation fluviale sont actuellement bloqués, remarque Overney. „Nous devons nous interroger sur les fonctions de l'espace fluvial en milieu urbain: la protection des eaux et l'écologie restent des préoccupations majeures, mais les aspects récréatifs jouent aussi un rôle croissant“.

La gestion intégrée par bassin versant: un instrument d'avenir

La prise en compte de tous ces enjeux dans la gestion des cours d'eau fait l'objet du projet de recherche à l'origine du colloque bernois. Intitulé „Integriertes Flussgebietsmanagement – Gestion intégrée par bassin versant“, il a donné lieu, au cours des trois dernières années, à une collaboration très active entre hydrauliciens et écologues – une première en Suisse. Des chercheurs de l'EPF de Zurich, de l'Eawag, du WSL et de l'EPF de Lausanne ont travaillé à près de dix projets partiels placés sous le thème des milieux dynamiques et de la protection contre les crues. A l'occasion du colloque, les scientifiques ont présenté leurs premiers résultats, une synthèse des travaux étant prévue pour fin 2011. Cette collaboration entre hydrauliciens et environnementalistes est née du constat de la nécessité d'une imbrication étroite de l'écologie et de la protection contre les crues. En d'autres termes: A l'avenir, aucune stratégie de protection contre les inondations ne devra être appliquée sans réhabilitation écologique concomitante des cours d'eau concernés.

Des modèles de rivières en laboratoire livrent des solutions pour le terrain

Dans son intervention consécutive, Anton Schleiss de l'EPFL a montré de façon éclatante que cette maxime trouvait un écho réel dans la pratique. Il a en effet étudié sur des modèles physiques



hydrauliques les implications d'un élargissement des affluents au niveau de leur embouchure dans la rivière principale. A la base de ses travaux, un constat: une étude montrant à quel point l'aménagement en dur de 21 embouchures dans le Rhône en Valais a participé à l'appauvrissement écologique du fleuve. „Ces embouchures offrent un potentiel de revitalisation important“, explique Anton Schleiss. „Des interventions assez légères pourraient permettre de réhabiliter les embouchures et de rétablir la continuité biologique à leur niveau“. Et ce - à en croire les résultats des essais - sans amoindrir la sécurité en cas de crue dans le chenal principal.

Dynamique et connectivité: deux facteurs clés

Dans ses recherches menées dans les gorges de la Singine, Armin Peter de l'Eawag a cherché à savoir comment la biodiversité des cours d'eau pouvait être préservée ou améliorée. Force lui a été de constater que la restauration d'une grande diversité d'habitats ne suffisait pas à elle seule à accroître la biodiversité. „Il faut également qu'il existe localement divers pools d'espèces bien connectés entre eux et que le cours d'eau présente une dynamique de charriage et d'écoulement suffisante“, souligne Armin Peter, „sans processus hydrodynamiques, ces écosystèmes sont pratiquement bloqués.“ Autrement dit: Le succès des revitalisations dépend du degré de préservation des fonctions du cours d'eau et de la connectivité des habitats.

Les résultats de Christoph Scheidegger du WSL abondent également dans ce sens. Cherchant à savoir de quels facteurs dépendait la capacité de survie des espèces rares dans les milieux fluviaux et alluviaux, il s'est notamment intéressé aux exigences d'un arbuste devenu rare en Suisse: le tamaris d'Allemagne. Résultat: cette plante ne germe que sur les bancs de sable humides mais non inondés et reste pendant les dix ans qui suivent incapable de survivre à une crue si le banc de sable se trouve mobilisé.

Les modèles numériques aident à dépassionner le débat

Enfin, Roland Fähr de l'EPF de Zurich a présenté les possibilités d'utilisation du modèle numérique BASEMENT. Cet instrument de dimensionnement montre comment les mesures d'élargissement du lit agissent sur le fond de la rivière et indique notamment les effets de l'intervention sur le niveau d'eau en surface et dans la nappe. „Le modèle permet ainsi de peser les différents intérêts en jeu et contribue à dépassionner le débat dans les projets de revitalisation“, affirme Roland Fähr.

L'expérience des autres pays européens: un enseignement précieux

La Suisse n'est pas la seule à se démener pour tenter de concilier et réconcilier aménagements hydrauliques et écologie. La question fait actuellement l'objet de débats passionnés dans de nombreux autres pays européens – dont certains ont d'ailleurs déjà engagé des mesures concrètes en ce sens. Le point de départ de ce changement de perspective a sans nul doute été la directive cadre sur l'eau de l'UE arrêtée en l'année 2000. Dans ce contexte, la deuxième partie du colloque bernois souhaitait livrer un aperçu de la situation dans divers pays européens. On dispose ainsi dans le nord de la Suède d'une expérience assez riche de la réhabilitation des rivières autrefois canalisées pour le flottage des grumes. Roland Jansson de l'université d'Umeå a étudié les effets de ces mesures de restauration sur l'écologie et la biodiversité fluviales. Ses résultats sont mitigés: d'un côté, la capacité de rétention des rivières a été augmentée, ce qui a eu un effet positif sur le développement des espèces végétales dont la propagation se fait par l'eau et a donc augmenté l'offre nutritionnelle pour les espèces animales aquatiques qui s'en nourrissent. Par contre, l'effet du démantèlement des aménagements sur la biodiversité n'a pas toujours été positif: „Pour des raisons encore non élucidées, les macro-invertébrés n'ont pas réagi à la renaturation“, explique Roland Jansson, „leur diversité n'a pas augmenté.“ Chez les poissons, le nombre d'espèces a certes augmenté mais certaines ne sont pas réapparues dans les rivières réhabilitées. D'après Jansson, cet échec pourrait s'expliquer par la faible taille des tronçons concernés par les mesures. L'ampleur des revitalisations semble encore insuffisante pour permettre le retour d'espèces comme la truite de rivière.

Mathias Jungwirth de l'Universität für Bodenkultur de Vienne a retracé à partir d'exemples les 30 années d'histoire de la revitalisation fluviale en Autriche, des premiers essais très localisés des années 1970 jusqu'aux projets les plus récents inscrits dans une optique de gestion à l'échelle du bassin versant. Il conclut avec optimisme: „Un épanouissement dynamique des fleuves et rivières est possible!“ Même dans des conditions difficiles. Ainsi, le Danube dont le cours autrichien est interrompu par 13 barrages et centrales hydroélectriques n'assure pratiquement plus aucun

charriage. Dans un projet réalisé dans la région de Wachau, des îlots de graviers ont alors été créés artificiellement pour rétablir une dynamique fluviale et fournir de nouveaux habitats à la faune piscicole. Avec succès: La population de nase s'est reconstituée en très peu de temps. „Bien entendu, il ne s'agit pas d'une solution durable“, admet Mathias Jungwirth, „mais d'un compromis acceptable“.

Et d'une pratique très appréciée de la population. Ravi du nouvel espace récréatif créé, un journal local n'a ainsi pas hésité à titrer: „Venez à Wachau, oubliez la Méditerranée“. Pionnier de la revitalisation fluviale, Mathias Jungwirth recommande également à ses collègues suisses de penser activement au bénéfice pour la population lors de la conception des projets. „Nous ne devons pas toujours nous focaliser sur la faune et la flore, mais également penser à l'homme.“ D'après lui, il est important d'expliquer aux politiques toute la valeur des services écosystémiques en leur montrant par exemple tous les usages et activités que permettent les rivières réhabilitées. Mais un autre aspect lui tient également à coeur: „L'objectif de notre travail est de rétablir le bon état écologique de nos cours d'eau. Mais nous ne devons pas nous référer pour cela aux rivières sauvages de l'Alaska mais plutôt à l'image de paysages fluviaux culturels et durables correspondant à notre réalité européenne“.



1



2



3

Photo 1 : Embouchure de la Borgne canalisée dans le Rhône en Valais. Au premier plan, le seuil faisant obstacle à la remontée des poissons. (LCH/EPFL)

Photo 2 : Laboratoire LCH : Essai sur modèle physique en laboratoire simulant les conditions en l'absence du seuil : Vue du chenal principal sur l'embouchure élargie de son affluent. Suite à l'élargissement de l'embouchure, la morphologie du fond se diversifie, créant des conditions favorables à l'émergence de nouveaux habitats et à la libre circulation des poissons. (LCH/EPFL)

Photo 3 : La Singine et sa zone alluviale à Plaffeien, un paysage fluvial faisant référence en matière de revitalisation. (Eawag, Armin Peter).

3.2 Organisation de manifestations scientifiques internes EPFL

3.2.1 HydroNet : Modern Methodologies for the Design, Manufacturing and Operation of Pumped Storage Power Plants - 4th Technical Committee Meeting, le 28 janvier 2010

Dans le cadre de cette recherche financée par le "Competence Center Energy and Mobility" (CCEM) et "Swisselectric Research", différents partenaires contribuent au projet avec un total de neuf thèses qui sont en cours d'élaboration à l'EPFL (LCH, LMH et LME), à l'EAWAG (Dübendorf), à la LUASA (HES - Lucerne) et à l'EMPA (Dübendorf).

Tous ces intervenants, ainsi que Mr. Aschwanden de KWO, ont été accueillis le matin au LMH (Laboratoire de Machines Hydrauliques), où le Prof. T. Püttgen de l'Energy Center de l'EPFL a d'abord présenté les activités de l'EPFL dans le domaine de l'énergie en général et de l'hydroélectricité en particulier. Ensuite des présentations des doctorants ainsi qu'une visite du LMH ont suivi. Cette visite a permis de présenter l'installation expérimentale de F. Hachem sur les coups de bélier dans les conduites.

Dans l'après-midi, tout le monde s'est déplacé vers le campus de l'EPFL pour une visite de notre halle hydraulique, ce qui a permis de montrer les premiers éléments de l'installation expérimentale de M. Müller, qui examine l'influence des cycles de pompage-turbinage sur les écoulements et les processus de sédimentation dans les réservoirs, notamment devant les prises d'eau.

Toutes ces contributions, très intéressantes et informatives, ont permis de se mettre à jour sur l'avancement du projet HydroNet et de renforcer la future collaboration avec KWO qui participera à l'implantation d'un système de mesure et de monitoring sur le site.

3.2.2 Concept de sécurité de l'Avançon - Conférence de presse du 5 février 2010

La traversée de la ville de Bex présente un important potentiel de dommages, car la capacité de charriage de l'Avançon n'est pas suffisante à cet endroit. Vu l'importance du risque, un concept de protection a été élaboré, incluant la rétention de sédiments en amont de la ville. Dans le cadre de l'étude sur modèle de la zone d'épandage projetée sur l'Avançon une conférence de presse suivie d'une visite d'information a été organisée au LCH à l'initiative du service des eaux, sols et assainissement du canton de Vaud (SESA). Lors d'une première séance réservée aux représentants des médias (presse écrite, radio et télévision), le projet d'ensemble a été présenté par MM. Philippe Hohl du SESA et Gérard De Montmollin du bureau d'ingénieurs Stucky SA. Les objectifs et résultats de l'étude sur modèle réalisée au LCH ont ensuite été exposés par Jean-Louis Boillat. Les participants se sont finalement rendus au laboratoire pour assister à un essai de démonstration piloté par Tamara Ghilardi.

Voir le reportage vidéo du 05.02.10 sous www.latele.ch/content/les-nouvelles-vd

Une deuxième séance était réservée aux représentants communaux et cantonaux ainsi qu'aux propriétaires riverains du projet. Une trentaine de participants ont ainsi pu assister aux exposés détaillés des orateurs précités et animer la discussion qui a suivi. La réunion s'est une nouvelle fois prolongée au laboratoire où, malgré un problème technique momentané, un essai de démonstration a été effectué. La journée s'est terminée dans la bonne humeur avec un apéro.

3.2.3 Workshop collaboration EPFL/EDF en transport solide à l'EPFL, le 24 février 2010

Dans l'objectif d'une collaboration sur la thématique du transport solide, l'EPFL et EDF se sont retrouvés à Lausanne le 23 février 2010. L'objectif était de présenter de façon globale, illustrée par quelques présentations, les axes de développement menés par les deux institutions.

Les participants étaient :

Pour l'EPFL-LCH :

- Anton Schleiss, Directeur, Jean-Louis Boillat, Vice-directeur et Giovanni De Cesare, Collaborateur scientifique senior à l'EPFL LCH
- Michael Müller, Erica Camnasio et Jolanda Jenzer Althaus, doctorants à l'EPFL.

Pour EDF :

- Eve Delahaye, Magali Jodeau et Jean-Pierre Bouchard du LNHE (unité de recherche et développement d'EDF, Paris)
- Cécile Carré et Eric Valette du CIH (unité d'ingénierie pour le parc de production hydraulique d'EDF, Le Bourget-du-Lac)

Les présentations suivantes ont été faites:

- Michael Müller: Influence du pompage-turbinage sur la sédimentation (thèse EPFL en cours)
- Jolanda Jenzer: Evacuation sélective des sédiments fins par turbinage (thèse EPFL en cours)
- Erica Camnasio: Sédimentation des réservoirs peu profonds (thèse Poly Milano en cours)
- Giovanni De Cesare: Sédimentation par courants de turbidité; suivi in situ; solutions de gestion et modélisation numérique
- Eve Delahaye: "Gestion Intégrée des Sédiments" d'EDF, et gestion sédimentaire de la Durance
- Jean-Pierre Bouchard: La problématique de la retenue du Chambon sur la Romanche
- Eric Laperrousaz: Le projet Arc-Isère, gestion des sédiments à l'échelle d'un bassin versant – présentation décalée en fin de réunion suite à l'absence de M. Laperoussaz
- Jean-Pierre Bouchard: Le projet géomorphologie du Rhin avec modélisation physique

En plus de ces présentations, le groupe EDF a pu visiter les modèles physiques actuellement en activité au LCH.

En synthèse, plusieurs thématiques de collaboration possible ont été retenues :

- Courant de turbidité : l'EPFL a une longue expérience de cette problématique. EDF explore actuellement cette composante sur une de ses grandes retenues, et souhaiterait un partage d'expérience avec l'EPFL. Dossier à instruire (M. Jodeau et J.-P. Bouchard)
- Indice géomorphologique : des études pour caractériser un indice de diversité hydraulique ont été entreprises sur une rivière en tresse sur laquelle se succèdent des secteurs naturels et des secteurs corrigés à l'aval
- Auto-entretien des organes de soutirage et des retenues : EDF lance une action d'état des lieux dans ce domaine, à la fois sur le plan bibliographique et via un REX avec les exploitants de son parc de production, l'idée étant à terme de pouvoir implémenter des sites pilote grandeur nature. L'EPFL est intéressée par l'idée d'un site pilote grandeur nature, la transposition des tests en labo à des grandeurs réelles restant une question importante pour ces problématiques.
- Fonctionnement hydro-sédimentaire d'un bassin : l'EPFL a fait part de son intérêt via les exposés de son travail sur les écoulements et les phénomènes de transport solide en bassin. EDF pour sa part, travaille actuellement sur un site pilote (bassin de Longefan sur l'Arc) bien instrumenté et faisant l'objet de nombreux développements en terme de modélisation. L'objectif est de bien appréhender le fonctionnement hydro-sédimentaire de ce bassin afin d'élaborer un mode de gestion permettant d'assurer un rôle de décantation tout en assurant un auto-entretien du bassin. EDF viendra présenter ses résultats au 2ème semestre 2010 afin de les confronter aux résultats obtenus par l'EPFL sur cette problématique.

3.2.4 Dérivation partielle de l'Arbogne à Corcelles-près-Payerne – Reportage du 26 février 2010

Le village de Corcelles-près-Payerne est fréquemment touché par des inondations dues au débordement de l'Arbogne. Le concept retenu pour résoudre ce problème consiste à limiter le débit de transit à travers Corcelles à la capacité que ce tronçon est capable de supporter et de dériver l'excédent vers la Broye par une dérivation sise à l'amont de Corcelles-près-Payerne (au lieu-dit « Moulin Bossy »). A la demande du service des eaux, sols et assainissement de l'Etat de

Vaud (SESA) et de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), ce projet doit être examiné et optimisé par des essais sur modèle hydraulique.

A l'occasion de la présentation publique du projet, le SESA a souhaité compléter l'information par un reportage de la télévision régionale. Le 26 février 2010, Jean-Louis Boillat a reçu le journaliste de La Télé, pour lui exposer la problématique et les buts de la modélisation hydraulique. Martin Bieri a ensuite procédé à des essais de démonstration et répondu aux questions posées par le reporter.

3.2.5 Visite de la petite centrale hydroélectrique à Boudry, le 5 mars 2010

Sur le site d'un seuil existant sur l'Areuse à Boudry (NE), la construction d'une petite centrale hydroélectrique est projetée en rive gauche à côté d'un canal de purge existant. Un des défis du projet est de réaliser une prise d'eau qui n'attire pas les sédiments charriés par l'Areuse et qui se laisse purger facilement. L'optimisation de ce projet est examinée par des essais sur modèle physique au LCH. Le 5 mars 2010, une visite du modèle a été organisée par les ingénieurs du projet (Colenco AG et Sol E Suisse) à l'intention de l'autorité communale et des services cantonaux et communaux compétents. La société des pêcheurs de la Basse Areuse était également représentée. Face à cette quinzaine de personnes, Théodora Cohen a présenté les objectifs et résultats de l'étude du modèle. Jean-Louis Boillat a dirigé la discussion qui a suivi et conduit les participants au laboratoire pour assister à des essais de démonstration sur le modèle. La réunion s'est terminée à la satisfaction générale autour d'un apéro.

3.2.6 Meeting du projet «Gestion intégrale des réseaux fluviaux» à l'EPFL, le 11 mars 2010

Le 11 mars 2010, le LCH a organisé le cinquième meeting du projet de recherche intitulé «Gestion intégrale des réseaux fluviaux» placé sous le thème « Dynamique de l'habitat et de contrôle des crues ». Les partenaires de ce projet sont EAWAG, LCH, VAW et WSL et il est divisé en deux sous-thèmes. D'une part, l'interaction entre les mesures constructives de protection contre les crues et la biodiversité des habitats est examinée dans les rivières. D'autre part, les effets de la connectivité longitudinale et transversale des cours d'eau sont examinés quant à leur cohérence et le flux de gènes.

Cette réunion a réuni près d'une trentaine de participants d'institutions liées au projet. Des présentations ont commencé avec un conférencier invité, Dr. Christian Roulier directeur du Service conseil Zones alluviales, qui a fait une présentation intitulée «Dynamique et suivi des zones alluviales». Ensuite, Walter Gostner du LCH a initié les présentations du sous-thème «Mesures constructives de protection contre les crues et biodiversité des habitats» suivi par quatre présentations avant le dîner, servi au restaurant «Vinci».

L'après-midi, Jean-Marc Ribí du LCH a finalisé les présentations sur le thème du matin. Ensuite, cinq communications ont été faites sur le sous-thème de « La liaison longitudinale et transversale », dont deux ont été présentées par des doctorants du LCH (Marcelo Leite et Ana Margarida Ricardo).

La fin de la journée était consacrée à la visite du Laboratoire de Constructions Hydrauliques (LCH) sous la conduite de Dr. Jean-Louis Boillat et Tamara Ghilardi.

3.2.7 4^{ème} colloque sino-suisse sur le contrôle des crues et le secours aux sinistrés / 4th Sino-Swiss Workshop on Flood Control and Disaster Relief, le 3 novembre 2010

En collaboration avec l'Office Fédérale de l'Environnement (OFEN), le LCH a organisé à l'EPFL ce colloque où une délégation ministérielle chinoise, sous la direction du vice-ministre Liu Ning a participé. Les professeurs Schleiss et Parlange ont ouvert la cérémonie. M. Schleiss a présidé la session du matin.



Les différents intervenants étaient du côté suisse Andreas Götz vice-directeur OFEN, « Hot spots in flood control and disaster relief », Joseph Hess (PLANAT, « Improvements in early warning and intervention »), Hans Peter Willy (OFEN), « Consequences of Flood events on Flood Mitigation Policy », Toni Arborino (Canton du Valais), « Flood Management concept for the river Rhone » et Jean-Louis Boillat (LCH), « Flood forecast and Management Model (MINERVE) » et du côté des chinois H. E. Liu Ning (vice minister), « Zhouqu Disaster Mitigation, 2010 », Zhang Zhitong (Office of State Flood Control), « Flood Control and disaster Relief in China » et Liang Jiazhi (Bureau of Hydrology), « Flood Warning System ».



Le soir, la délégation a été invitée au Learning Center où la conseillère d'Etat Mme Jacqueline De Quattro et le vice-ministre Liu Ning ainsi que Andreas Götz vice-directeur de l'OFEN ont fait un discours.

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

Protection measures against debris flows – physical modelling of debris flows

Prof. Dr. Jürg SPEERLI

HSR Hochschule für Technik Rapperswil, Rapperswil, Switzerland (28.01.2010)

Impulse waves generated by avalanches and rockslides in lakes and reservoirs

Prof. Dr. Robert BOES

ETHZ, Zürich, Switzerland (11.03.2010)

Advances in the study of bedload sediment transport in gravel-bed rivers

Prof. André G. ROY

Chaire de recherche du Canada en dynamique fluvial, Département de géographie, Université de Montréal, Canada (27.04.2010)

Un hydraulicien au Sahara ...

Khalid ESSYAD

BG Ingénieurs Conseils SA, Lausanne, Suisse (29.04.2010)

Inspection du barrage de Péligre en Haïti suite au séisme du 12 janvier 2010 : aspects techniques et humains

Patrice DROZ

STUCKY SA, Renens, Suisse (10.06.2010)

Effect of the pipe wall viscoelasticity and of unsteady friction on transient pressures: time-domain and frequency-domain analyses

Assist. Prof. Dída COVAS

Dept. Instituto Superior Técnico IST, Lisbon, Portugal (04.11.2010)

Research needs and opportunities for Mozambique – Transboundary water resources management in water stressed regions

Dinis JUIZO

Eduardo Mondlane University, Faculty of Engineering, Maputo, Mozambique (15.11.2010)

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

Experimental study on the influence of hydraulic and geometric parameters on flow patterns and sedimentation by suspended sediments in shallow reservoirs

Erica Camnasio (19.02.2010)

Turbulent flow in the vicinity of banks protected with vegetative roughness

Ana-Margarida Ricardo (05.03.2010)

The hydraulic-morphological index of diversity: an indicator for the ecological integrity of streams

Walter Gostner (19.03.2010)

Hydraulic-Hydrologic model for the Zambezi River using satellite data and ANN techniques

José Pedro Matos (26.03.2010)

Restauration des habitats dans les lits de rivières soumises aux éclusées (Rehabilité)

Jean-Marc Ribí (16.04.2010)

Influencing river morphodynamics by means of bubble screens. Fundamentals and application to open-channel bends

Violaine Dugué (11.05.2010)

Hydrological-hydraulic modeling of the Zambezi river basin

Theodora Cohen (31.05.2010)

Real-time decision making during floods based on numerical weather prediction

Javier Garcia Hernandez (14.06.2010)

Fluid-mechanical interaction between high-velocity transient flow and rock blocks in plunge pools for scour assessment

Matteo Federspiel (30.07.2010)

Design of steel lined pressure shafts and tunnels

Fadi Hachem (27.08.2010)

Influence of the widening of a tributary on confluence morphology

Marcelo Leite Ribeiro (03.09.2010)

Monitoring and Prediction Methods for sedimentation in pumped storage plants

Michael Müller (30.09.2010)

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

Martin Bieri (12.11.2010)

Measures against reservoir sedimentation – Influence of rotational and upward flow on sediment behaviour in reservoirs sedimentation

Jolanda Jenzer (19.11.2010)

Investigation of flow conditions in steep mountain rivers with intense sediment transport

Tamara Ghilardi (17.12.2010)

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

Seventh International Symposium on Ultrasonic Doppler Methods for Fluid Mechanics and Fluid Engineering - 7th ISUD, Göteborg, Suède, 7 - 9 avril 2010

G. De Cesare, membre du comité d'organisation

Hidroenergia 2010 «Small streams make rivers», Lausanne, 16 - 19 juin 2010

A. Schleiss, membre du comité scientifique

Hydro 2010 – Meeting Demands for a changing World. Lisbon, Portugal, 27 – 29 September 2010

A. Schleiss, member of the scientific committee

4^{ème} colloque sino-suisse sur le contrôle des crues et le secours aux sinistrés / 4th Sino-Swiss Workshop on Flood Control and Disaster Relief, EPFL, Lausanne, 3 novembre 2010

A. Schleiss, responsable du comité d'organisation

Revitalisation de cours d'eau» VSA-SSR – Séminaire de formation continue à Fribourg, le 24 novembre 2010

J.-L. Boillat, membre du comité d'organisation

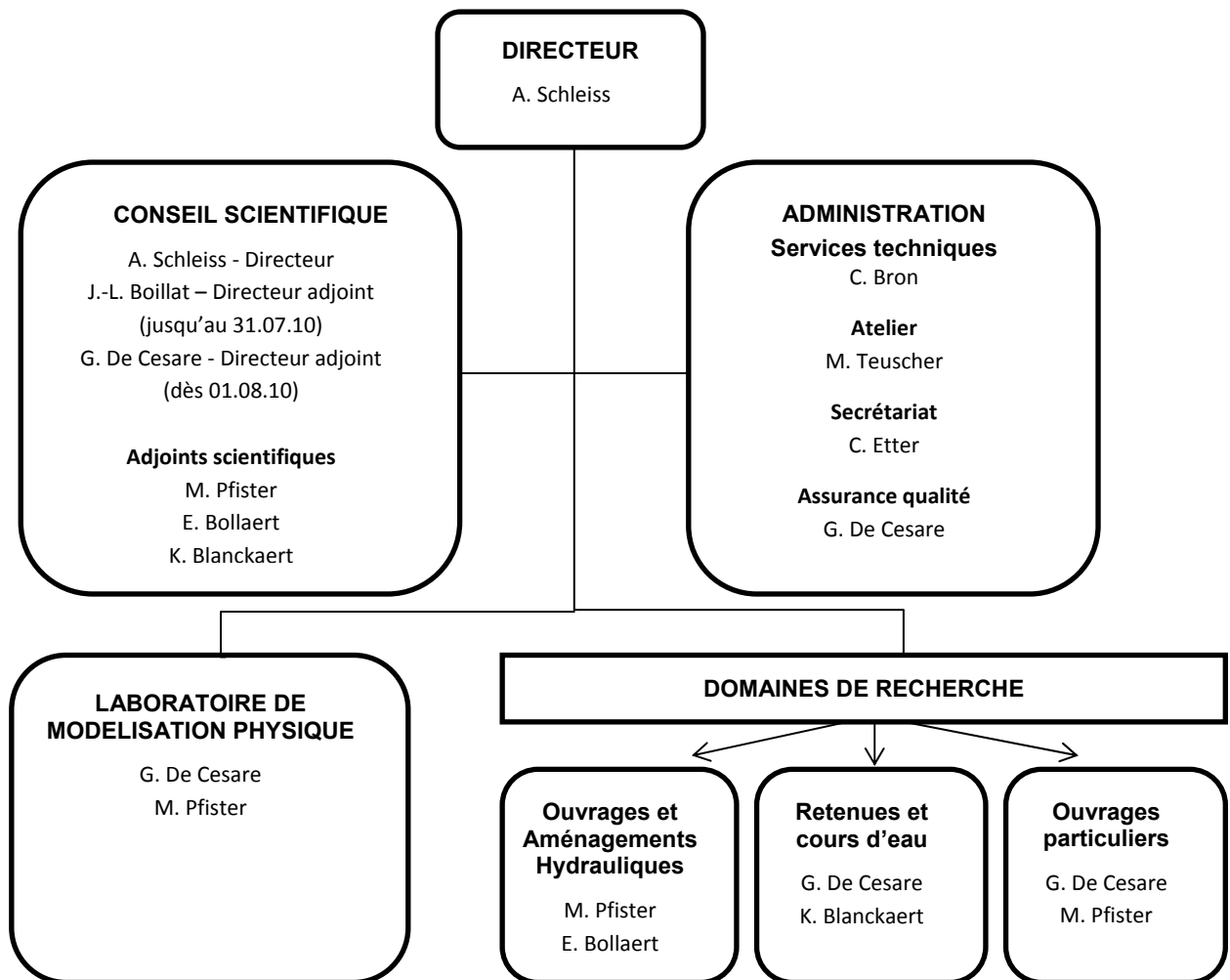
Conférence - Revitalisations fluviales: synergies entre protection contre les crues et écologie, le 25 novembre 2010 à Berne

A. Schleiss, membre du comité d'organisation

4 Personnel / Staff

4.1 Organisation du LCH / Organisation of the LCH

Laboratoire de constructions hydrauliques / Laboratory of Hydraulic Constructions



Carte de vœux 2011 du LCH / Season's Greetings card 2011 of the LCH
Rolex Learning Center, EPFL

4.2 Collaborateurs en 2010 / Staff in 2010

Directeur / Director

Prof. Dr Anton J. Schleiss depuis / since 01.01.1997

Adjointes scientifiques / Senior Lecturers

Dr Jean-Louis Boillat 01.04.1989 – 30.07.2010

Dr Giovanni De Cesare depuis / since 09.03.1992

Dr Michael Pfister depuis / since 01.10.2010

Dr Erik Bollaert (temps partiel) depuis / since 01.02.2003

Dr Koen Blanckaert (temps partiel) depuis / since 01.10.2004

Collaborateurs scientifiques et ingénieurs de recherche /

Scientific staff and research engineers

Milad Daneshvari depuis / since 01.05.2008

Matthias Malquarti 01.04.2009 – 31.05.2010

Markus Studer 01.09.2008 – 28.02.2010

Frédéric Jordan depuis / since 01.05.2010

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

Jolanda Jenzer Althaus depuis / since 01.01.2005

Javier García Hernández depuis / since 01.10.2005

Jean-Marc Ribí depuis / since 10.11.2005

Marcelo Leite Ribeiro depuis / since 01.06.2006

Matteo Federspiel depuis / since 01.09.2006

Fadi Hachem depuis / since 01.07.2007

Michael Müller depuis / since 01.09.2007

Martin Bieri depuis / since 01.10.2007

Walter Gostner depuis / since 01.08.2008

Théodora Cohen depuis / since 01.09.2008

Tamara Ghilardi depuis / since 15.04.2009

Violaine Dugué depuis / since 01.10.2009

Doctorants invités / Ph.D. guest

Latifa Choufi depuis / since 01.03.2010

IST-EPFL Joint Doctoral Initiative

Ana Margarida Costa Ricardo (Portugal) depuis / since 01.09.2009

José Pedro G. S. C. Matos (Portugal) depuis / since 01.10.2009

Rafael X. Meriade Duarte (Brésil) depuis / since 19.04.2010

Service civil / Civil service

Robin Amacher 01.11.2010 – 26.11.2010

Stéphane Terrier depuis / since 05.07.2010

Adrien Taruffi depuis / since 13.09.2010

Stagiaires / Trainees (étudiants Master / Master students)

Paul Sirvent (Espagne) 01.07.2009 – 31.01.2010

Isabelle Feller (Suisse) 01.02.2010 – 19.02.2010

Claire Duchemin (France) 03.05.2010 – 30.07.2010

Hôtes académiques / Academic guests (doctorants / PhD students)

Mojtaba Mehraein (Iran) 02.07.2010 – 17.09.2010

Erica Camnasio (Italie) 07.09.2009 – 30.04.2010

Services techniques / Technical Staff

Cédric Bron	depuis / since 01.11.2008
Michel Teuscher	depuis / since 01.07.2004
Marc-Eric Pantillon (temps partiel)	depuis / since 01.07.1998
Shawna Crisinel (apprentie)	depuis / since 13.08.2007
Grégory Falk (apprenti)	depuis / since 10.08.2009

Secrétariat du LCH / LCH Secretariat

Caroline Etter (temps partiel)	depuis / since 01.04.2002
Sonia Collaud (apprentie)	01.11.2007 – 31.08.2010
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. André ROY, Université de Montréal, Canada

Professeur invité de la section de génie civil dans le cadre du support aux thèses en cours (Marcelo Leite Ribeiro, Tamara Ghilardi et Violaine Dugué) et participation à l'enseignement du 18.04.2010 au 10.05.2010 et du 20.10.2010 au 30.10.2010

Prof. Antonio CARDOSO, IST Lisboa, Portugal

Professeur invité de la section de génie civil dans le cadre du suivi des doctorants (Marcelo Leite Ribeiro et Jolanda Jenzer) et de l'initiative « Joint PhD IST-EPFL » du 01.12.2010 au 04.12.2010

Prof. Dinis JUIZO, Eduardo Mondlane University, Mozambique

Professeur invité de la section de génie civil dans le cadre du support aux thèses en cours pour le projet CCES – ADAPT (Théodora Cohen et José Pedro Matos) du 10.11.2010 au 10.12.2010

Prof. Dídia Isabel CAMEIRA COVAS, IST Lisboa, Portugal

Professeur invité de la section de génie civil dans le cadre du projet de thèse de Fadi Hachem (CCEM- HydroNet) du 01.11.2010 au 05.11.2010

Prof. Devadutta DAS, IIT Roorkee, India

Professeur invité pour discuter des collaborations dans le domaine des aménagements hydroélectriques du 12.06.2010 au 14.06.2010

4.4 Événements spéciaux / *Special events*

4.4.1 Visite d'ingénieurs algériens, le 19 février 2010

Une délégation d'ingénieurs algériens en stage au bureau d'ingénieurs Stucky SA a visité le LCH le 19 février 2010. Ces responsables nationaux d'aménagements hydrauliques ont été reçus par Jean-Louis Boillat qui les a guidés pour une visite complète du laboratoire. Ils se sont montrés particulièrement intéressés par les aspects liés à la production hydroélectrique et à la gestion sédimentaire. A la fin de la visite, ils ont laissé envisager une collaboration future avec le LCH sur des projets concrets dans leur pays.

4.4.2 Visite des gymnasiens à l'EPFL, du 4 au 5 et du 11 au 12 mars 2010

Comme chaque année, des gymnasiens de toute la Suisse ont envahi le campus de l'EPFL les jeudis 4/5 mars 2010 et les vendredis 11/12 mars 2010.

Lors de la session du jeudi 4 mars, Martin Bieri a présenté son travail de diplôme intitulé "Faisabilité d'une installation de pompage-turbinage à partir de l'aménagement du Châtelot" tandis que le jeudi 11 mars, Matteo Federspiel a présenté son travail de diplôme intitulé "Barrage et aménagement hydroélectrique de Sazbon, République Islamique de l'Iran".

Violaine Dugué a présenté la "Modélisation physique en hydraulique" lors des visites de l'après-midi de vendredi. Le vendredi 5 mars Mathias Malquarti a guidé les gymnasiens lors de la visite du labo et la visite du 12 mars a été effectuée par Matteo Federspiel.

4.4.3 Visite du directeur de l'Agence Aquacole d'aménagement maritime & d'environnement (3AME), le 1^{er} avril 2010

Organisé par Bonnard & Gardel (M. Bourtier), le directeur de 3AME (M. Bailly) a visité le LCH pour discuter des collaborations possibles dans le cadre des essais sur modèles hydrauliques dans le domaine de l'hydraulique maritime et côtière. M. Schleiss a présenté les activités du LCH et guidé les visiteurs dans la halle hydraulique.

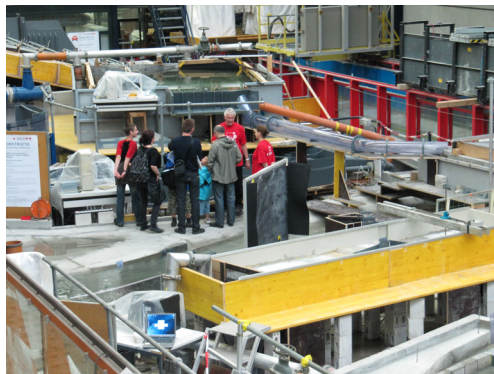
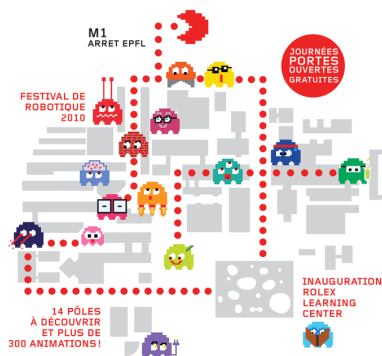
4.4.4 Visite d'une délégation de la direction de l'Alstom Power, le 12 avril 2010

Organisé par l'Energy Center de l'EPFL, une délégation de la direction d'Alstom Power a visité les laboratoires de l'EPFL actifs dans le domaine des aménagements hydroélectriques (LMH, LEI, LCH, LME). M. Schleiss a donné une présentation sur les activités du LCH et guidé les visiteurs dans la halle hydraulique. L'objectif de la visite était la discussion sur une participation éventuelle d'Alstom Power à une chaîne de machines électriques.

4.4.5 Visite d'une délégation chinoise, Sion, le 3 mai 2010

La visite d'une délégation chinoise, inscrite dans le cadre d'une convention officielle entre la Suisse et la Chine, a été effectuée entre le 2 et le 14 mai 2010. Huit ingénieurs ont assisté à une présentation du programme de gestion intégrée du risque au canton du Valais. C'est dans ce contexte que le projet MINERVE leur a été présenté à Sion le lundi 3 mai 2010 par M. Jean-Louis Boillat et M. Javier Garcia Hernandez. Dans un premier exposé, M. Boillat a exposé les principaux axes de recherche de ce projet interdisciplinaire ainsi que sa partie opérationnelle avec la gestion des aménagements hydroélectriques lors de crues. M. Garcia a ensuite réalisé une démonstration des facilités du logiciel de calcul Routing System II pour la prévision hydrologique dans des réseaux hydrologiques et hydrauliques complexes. De nombreuses questions ont permis de vérifier le vif intérêt de la délégation chinoise pour les développements réalisés dans le cadre du projet MINERVE. Ce contact était le deuxième d'une peut être longue série, qui débouchera éventuellement sur une collaboration plus étroite avec le LCH.

4.4.6 Portes ouvertes EPFL, du 29 au 30 mai 2010



Durant le week-end du 29 et 30 mai, l'EPFL a ouvert ses portes au public. A cette occasion, les visiteurs ont pu visiter la halle hydraulique du LCH, accueillis et guidés par le personnel du LCH. Mais ils ont également pu voir tous les autres pôles de l'EPFL ainsi que découvrir le Rolex Learning Center.



Cette manifestation s'est déroulée sur le thème de PAC Man qui fête ses 30 ans d'existence cette année. Les visiteurs ont pu suivre les points dans tout le campus pour se rendre aux différents stands, ces derniers renommés pour l'occasion selon leur domaine. Celui du génie civil et notamment du LCH était Constructo.

Le personnel du LCH s'est relayé sur les 2 jours pour accueillir et faire une visite guidée aux visiteurs dans la halle hydraulique. Environ 2000 personnes sont passées par notre halle durant ce week-end.

4.4.7 Journée des classes, le 10 juin 2010

Le 10 juin, l'EPFL a accueilli plus de 1800 élèves des classes de 5^{ème} et 6^{ème} primaires des cantons romands. Le LCH a ouvert ses portes à 7 groupes avec une visite toutes les demi-heures. Les élèves, guidés par Matteo Federspiel et Violaine Dugué, ont pu voir les différents modèles de la halle hydraulique en fonctionnement (Hagneck, Arbogne, Avançon,...).

Avant le passage dans la halle, la question "Que fait-on dans un laboratoire de construction hydraulique ?" a été posée aux élèves. Si, pour certains, l'objectif est de "fabriquer des barrages", pour d'autres, la mission principale est de "construire de l'eau" !

La visite aura été instructive !

4.4.8 Visite d'une délégation algérienne, le 21 juin 2010

Une délégation de cadres Algériens de l'Agence Nationale des Barrages et Transferts et de l'E.P. Algérienne des eaux on visité le laboratoire d'hydraulique du LCH. La visite était guidé par Dr Giovanni De Cesare, le groupe était accompagné de Dr Thierry Jacob de Stucky SA, Renens. La visite s'effectuait dans le cadre d'une action de formation dans le domaine des stations de pompage. Le groupe travaille sur le projet d'alimentation en eau potable de Tissemsilt à partir du barrage de Koudiat Rosfa en Algérie. La délégation était composée de: M. Abdelkader Berredjem, ANBT, chef de projet; Mme Fadela Fodil, ANBT, chargée d'affaire; M. Abed Lahlouh, ADE responsable d'exploitation et M. Bechir Ferkrou, ADE, ingénieur électromécanicien. La visite du laboratoire était précédée d'un repas au nouveau Rolex Learning Center de l'EPFL.

4.4.9 Torrée de Jean-Louis Boillat à l'Auberson (VD), le 28 août 2010

Une page de l'histoire du LCH se tourne ... Jean-Louis Boillat part à la retraite. Il est connu comme professeur motivant, collaborateur aimable, consultant compétent, expert reconnu mais surtout comme ami avec une oreille toujours ouverte pour les problèmes plus ou moins techniques.

Pour célébrer cet évènement, Jean-Louis a organisé une torrée à l'Auberson au Jura. Il s'agit d'une tradition jurassienne consistant à cuire des saucissons dans la braise d'un grand feu.

Une centaine de personnes a répondu à l'invitation. Après le repas délicieux, les collaborateurs du LCH ont donné l'équipement adéquat pour la retraite. Entre autres une lecture intéressante – la communication 65-1 « Jean-Louis – Hydraulicien et ami ». C'est une collection des contributions des actuels et anciens collaborateurs, diplômants et doctorants qui a été publiée dans une édition très limitée (3 exemplaires !). Ensuite, Prof. Schleiss a énoncé les exploits du sous-directeur. Un monument en fers à cheval, une œuvre d'art de première qualité fabriquée par l'artiste Michel, lui a été remis.



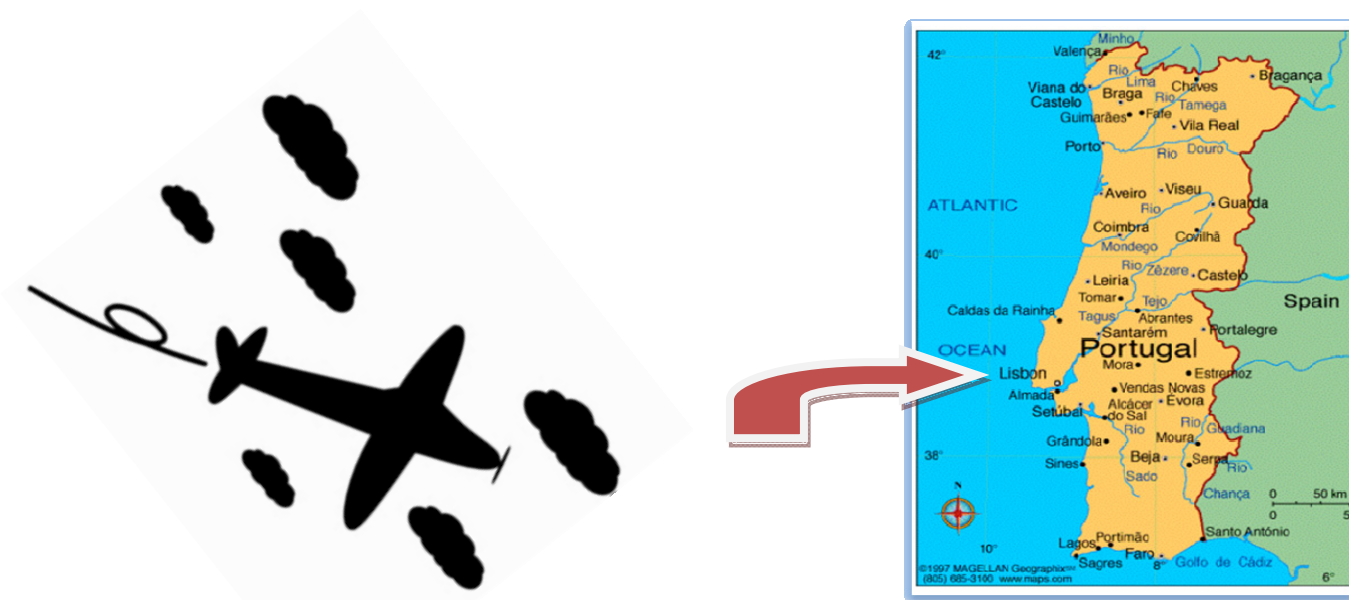
Nous souhaitons à notre ami chance et joie pour une vie de retraité pleine de satisfactions et en bonne santé avec sa famille. Vive Jean-Louis !



4.4.10 Le LCH au pays du Baccalau, du 16 au 19 septembre 2010

Chaque deux an, le LCH organise un voyage dont la destination et les activités journalières ne sont dévoilées qu'au dernier moment malgré toutes nos questions. Mais avec l'heure de départ et de retour en Suisse, certains ont trouvé la destination :

Lisbonne ou Lisboa au Portugal !!!



Nos GO de ce magnifique séjour sont Ana Margarida da Costa Ricardo et José Pedro Gamito de Saldanha Calado Matos.

16.09.2010

Le stress commence, il faut se rendre à 14h30 précise afin de prendre nos billets pour faire EPFL – Renens en Tsol, ensuite le timbrage des cartes journalière pour GVA aéroport en train...et ensuite courir sur les escaliers automatiques pour atteindre la porte de départ pour Lisbonne avec la compagnie aérienne Easyjet.

Ana Margarida et Pedro nous attendent à l'arrivée et nous allons gaiement chercher les trois minibus de location conduits par Martin, Michaël et Giovanni. Le ventre gargouillant, car il était déjà tard pour nos estomacs, nous parquons nos véhicules à Belém pour aller manger au Portugalia avec vue sur le Tage. Les professeurs de l'IST, Prof. Cardoso, Pinheiro, Covas et Matos, avec lesquels le LCH a déjà eu plusieurs contacts en tant que professeurs invités, nous y attendaient. Dans ce restaurant, dont l'architecture en a ébloui plus d'un, nous avons eu le choix entre 2 plats (soit de la viande ou le fameux Baccalau). Après le souper, nous nous sommes rendus à l'hôtel afin de prendre nos suites royales...l'heure étant très tardive et le décalage horaire très rude, nous nous sommes endormis dans les bras de Maria Several, célèbre chanteuse de fado.

Le fado est un genre musical portugais qui prend la forme d'un chant mélancolique. Les thèmes sont la saudade, l'amour inaccompli, la jalousie, la nostalgie des morts et du passé, la difficulté de vivre, le chagrin et l'exil.

17.09.2010

Réveil avant le lever du soleil... (6h45). Rendez-vous à 7h30 avec Ana pour une destination inconnue, activité inconnue. Nous soupçonnions quand même la visite d'un barrage.

Durant les heures de route pour rejoindre ledit barrage, nous nous sommes gentiment familiariser avec la langue portugaise dont nous avons inventé une nouvelle langue qui est le « Suischroportugeish ». Je m'excuse d'ores et déjà, une petite partie de cet article sera en cette langue, mais il y aura une traduction adéquate.

Lasch visitasch de ceshbarragsch et deshalentourschs ach dureschtoutsch lasch journesch, maisch nouschavonschpusch mangeschdanhunschsuperscherestaurantsch asch midisch. Lesch menuschetaischsoitschdeschgrilladschou dusch baccagliau....notsch platsch favorisch.

La visite de ce barrage et des alentours a duré toute la journée, mais nous avons pu manger dans un superbe restaurant à midi. Le menu était soit des grillades de viande ou du baccalau, notre plat favori.

Après avoir traversé le Portugal, nous sommes arrivés au barrage d'AlquevaOurosobre Azul



qui est situé dans la région portugaise de l'Alentejo, tout proche de la frontière espagnole. Ainsi que la visite de la station de commande des vannes, turbines (Bigbrother) à Cuba....(oui oui nous avons pris l'avion pour Cuba !!)



Après la visite du barrage, le soleil se couchant gentiment sur l'horizon, nous nous sommes dirigés vers Evora (<http://www.cm-evora.pt/pt>) pour un apéro offert par Jean-Louis Boillat (malheureusement absent) et pour le souper. Mais avant de faire ripaille, nous avons visité le centre de cette ville, qui a été classé au Patrimoine mondial de l'UNESCO en 1986. Elle conserve un riche passé de nombreux vestiges de l'époque romaine, du moyen âge et de la Renaissance.



Entrant dans le restaurant, nous avons pu découvrir qu'une longue table a été dressée pour le LCH. Des tapas portugaises ont été amenés dont les fameuses oreilles de porc...hummm un délice. Bien sûr, le souper était composé de 2 plats à choix viande ou Baccalau.

Après ce repas qui combla nos ventres, nous avons rejoint l'hôtel à Lisbonne et avons déposé les bus afin de se rendre en métro dans le quartier du Bairro alto, qui est composé de maisons vétustes et de petites boutiques. Mais surtout d'innombrables bars, restaurant et maisons de fado, parfait pour connaître la folie des nuits portugaises. Car en effet, les rues étaient remplies de touristes et d'autochtones. La bière et les Caipi coulant à flot, la nuit de sommeil a été de très courte durée...mais quelle nuit !!!

18.09.2010

Réveil aux aurores...Et départ pour une destination inconnue aux bataillons. Tous ce que nous savons, c'était de prendre des habits dommageables ainsi que nos maillots de bain.

Quelle ne fut pas notre surprise, la première activité était un « paintball ». Après s'être habillé en militaires, d'avoir chargé nos fusils, d'avoir créé les deux équipes et d'avoir reçu les informations nécessaires, nous avons enfin débuté ce jeu de « guerre » coloré. L'instinct « tueur » de certains s'est très vite réveillé. Et nous avons eu comme résultat de superbes bleus sur notre peau. A cet égard, soulignons que tout accident ou arrêt maladie est supporté par le LCH. Giovanni en gardera certainement un très bon souvenir !!!



A la fin de ces parties de peinture, nous nous sommes rendus à la plage de la pomme...Baignade générale. Quelques personnes ont pu découvrir les joies des vagues et du courant qui nous emportaient vers des petits cailloux. Après le sifflement d'alerte de Mitch Buchannon, nous avons compris qu'il fallait très très vite regagner la plage de sable fin où ni Pamela, Jasmine ou David Charvet étaient présents pour nous offrir un remontant...mais un bon Baccalau nous attendait pour le repas de midi.



Après le repas, nous nous sommes dirigés vers Sintra afin d'effectuer un jeu de pistes à travers la ville, qui a été classée par l'Unesco comme ville au Patrimoine de l'Humanité dans la catégorie « paysage culturel » en 1995. A la fin de ce jeu de piste, un trésor a été découvert...dont les 4 équipes parfaitement soudées ont pu reconstituer le puzzle où le LCH était en photo.

Nos ventres étant en manque de baccalau, nous sommes allés manger à Lisbonne au chapito-chapito où nous attendait la Prof. Portela de l'IST. Et après retour dans notre quartier de la night life. Encore une fois, la nuit de sommeil a été très courte !!!



19.09.2010

Comme tout voyage à une fin, le réveil sonna une dernière fois dans notre suite royale et le départ pour l'aéroport se fit avec des visages tristounais...En très peu de temps, nous avons regagné la Suisse dont déjà nous humons les odeurs de raclette et fondue....mais je suis sûre que certains ont mangé avec plaisir dans un centre portugais notre plat, qui dorénavant est notre préféré, le baccalau.

5 Participation aux commissions, associations professionnelles et académiques / *Participation in commissions, professional and academic associations*

Schleiss Anton

Directeur de la section de génie civil (depuis avril 2006) / *Head of the Civil Engineering Programme (since April 2006)*

Conférence des directeurs de section (membre du bureau) / *Conference of Heads of Teaching Programmes (member of the Board)*

Commission d'enseignement de la section de génie civil (président du bureau) / *Teaching Commission of the Civil Engineering Programme (chairman of the Board)*

Commission d'évaluation des titres académiques de la Faculté de l'environnement naturel, architecture et construit (ENAC) (membre) / *Evaluation Committee of academic titles of the Faculty ENAC (member)*

Association des professeurs de l'EPFL (membre du bureau) / *Society of EPFL Professors (member of the board)*

Association suisse pour l'aménagement des eaux – SWV (Membre du comité, membre de la commission "Force hydraulique") / *Swiss Institution of Water Management (member of the board, member of the Hydropower Commission)*

Commission de la protection contre les crues (KOHS) de l'Association suisse pour l'aménagement des eaux – SWV (membre, président de 1998 à 2009) / *Committee of Flood Protection (member, chairman from 1998 to 2009)*

Comité suisse des barrages – CSB (Président depuis 2006, membre du bureau de la Commission technique; Président du Groupe de travail "Relations publiques") / *Swiss Committee on Dams (Chairman since 2006, member of the board and of the Technical Committee; Chairman of the working Group "Public Relations")*

Fonds national de la recherche scientifique de Belgique (président de la commission Sciences exactes et Naturelles SEN-3, membre de la commission Foresight) / *National Research Foundation of Belgium (chairman of commission Exact and Natural Sciences SEN-3, member of commission Foresight)*

International Hydropower Association (IHA), (membre of the technical committee for organization of conferences)

Association suisse des professionnels de la protection des eaux – VSA, (membre) / *Swiss Society of Professionals of Water Protection (member)*

Association internationale d'ingénierie et de recherches hydrauliques – AIHR, (membre) / *International Association of Hydraulic Engineering and Research, IAHR (member)*

Comité Européen de l'AIHR (membre ; vice président) / *European committee of IAHR (member ; vice chairman)*

Fondation des registres suisses des ingénieurs, des architectes et des techniciens (membre du conseil de fondation) / *Foundation of Swiss Register of Engineers, Architects and Technicians (member of the Foundation Council)*

Fédération Romande pour l'Energie – FRE (membre du conseil scientifique)

Société suisse des ingénieurs et des architectes – SIA (membre) / *Swiss Association of Engineers and Architects (member)*

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA) (Member) / *Association allemande pour l'aménagement des eaux (membre)*

Verein Bielerseeschutz VBS, Société pour la protection des rives du lac de Bienne (membre) / *Association for the protection of Lake Bienne (member)*

Lafitte Raymond

Association internationale pour l'hydroélectricité – AIH (membre d'honneur) / *International Hydropower Association IHA (honorary member)*

Comité suisse des barrages – CSB (membre d'honneur) / *Swiss Committee on Dams (Honorary member)*

Société suisse des ingénieurs et architectes – SIA (membre)

Forum nucléaire suisse – (membre)

Fédération Romande pour l'Energie – FRE (membre)

Boillat Jean-Louis

Commission d'enseignement de la section de génie civil (membre) / *Teaching Commision of the School of Civil Engineering (member)*

Association suisse pour le génie biologique (membre) / *Swiss Association for biological engineering (member)*

Association internationale d'ingénierie et de recherches hydrauliques – AIHR, (membre) / *International Association of Hydraulic Engineering and Research, IAHR (member)*

Comité suisse des barrages – CSB (membre individuel) / *Swiss Committee on Dams (individual member)*

Association suisse des professionnels de la protection des eaux – VSA (membre du comité) / *Swiss society of Professionals of Water Protection (member of committee)*

Verein Bielerseeschutz VBS, Société pour la protection des rives du lac de Bienne (membre) / *Association for the protection of Lake Bienne (member)*

Association internationale des professionnels en aménagements hydrauliques – IAPHS (membre) / *International Association of Professionals on Hydraulic Schemes – EPFL Alumni – IAPHS (member)*

Commission de révision de la norme SIA 190 « Canalisations » (membre) / *Commision for SIA 190 « Pipes » norm revision (member)*

De Cesare Giovanni

Conférence du corps enseignant (CCE) de l'EPFL (membre)

Association suisse pour le génie biologique – VIB (membre du comité directeur) / *Swiss Association of Biological Engineering (member of the directorial board)*

Association internationale des professionnels en aménagements hydrauliques - IAPHS (membre) / *International Association of Professionals on Hydraulic Schemes -EPFL Alumni - IAPHS (member)*

Scientific committee and jury of the ISUD student paper award of the 7th International Symposium on Ultrasonic Doppler Method for Fluid Mechanics and Fluid Engineering, Gothenburg, Sweden, 7-9 April, 2010 (member)

Pfister Michael

Commission d'enseignement ENAC (membre)

International Association for Hydraulic Engineering and Research – IAHR (member)

Hydraulic Structures Section – IAHR (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)

Erik Bollaert

ENAC Commission de recherche EPFL (membre) / *Research Commission of the faculty ENAC (member)*

EDEN Ecole Doctorale EPFL (membre) / *EDEN Doctoral School (member)*

Association internationale d'ingénierie et de recherches hydrauliques – AIHR, (membre) / *International Association of Hydraulic Engineering and Research, IAHR (member)*

Comité suisse des barrages CSB (membre) / *Swiss Committee on Dams (member)*

Comité américain des barrages USCOLD (membre) / *American committee on Dams USCOLD (member)*

Association américaine des Ingénieurs civils ASCE (membre) / *American Society of Civil Engineers (member)*

Comité technique d'affouillement et érosion TC213-ISSMGE (membre) / *Committee on Geotechnics for Soil Erosion (member)*

Comité international de mécanique des sols ISMMGE (membre) / *International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (member)*

Hachem Fadi

Association Internationale d'ingénierie et de recherches hydrauliques – AIHR, (membre) / *International Association of Hydraulic Engineering and Research, IAHR (member)*

Société suisse des ingénieurs et des architectes – SIA (membre) / *Swiss Association of Engineers and Architects (member)*

Association américaine des Ingénieurs civils ASCE (membre) / *American Society of Civil Engineers, ASCE (member)*

Ordres des Ingénieurs et Architectes – Beyrouth, Liban (membre) / *Order of Architects & Engineers, Beirut, Lebanon (member)*

Leite Ribeiro Marcelo

Association internationale des professionnels en aménagements hydrauliques - IAPHS (membre) / *International Association of Professionals on Hydraulic Schemes - EPFL Alumni - IAPHS (member)*

Jenzer Jolanda

Société suisse des ingénieurs et des architectes – SIA (membre) / *Swiss Association of Engineers and Architects (member)*

Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband (SWV) (Member) / *Association Suisse pour l'aménagement des eaux (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)*

Federspiel Matteo

Société suisse des ingénieurs et des architectes – SIA (membre) / *Swiss Association of Engineers and Architects (member)*

Gostner Walter

Ingenieurkammer der Autonomen Provinz Bozen (membre) / *Société des ingénieurs de la province autonome du Tyrol du Sud / Association of Engineers of the Autonomous Province of South Tyrol*

6 Conférences données par les collaborateurs du LCH / Conferences presented by LCH staff

6.1 Invités / Invited

Schleiss Anton

Le futur de l'hydraulique suisse : entre extension et réduction de la capacité de production
Energissima, Fribourg, 15 avril 2010

Räumliche und zeitliche Abschätzung von Felskolken infolge Hochdruckstrahlen bei Hochwasserentlastungen – Herausforderungen in der Forschung und in der Praxis / Estimation spatiale et temporaire des affouillements dans le rocher du aux jets à haute vitesse issus des évacuateurs de crues – le défi de la recherche et de la pratique
VAW Kolloquien Herbstsemester 2010, 23 novembre 2010

Morphologie der Einmündungen von Seitengewässern als Schlüssel der Vernetzung
Conférence – Revitalisations fluviales : synergies entre protection contre les crues et écologie, Berne, 25 novembre 2010

Boillat Jean-Louis

Geschiebetrieb und Sedimentbewirtschaftung bei Hochwasser
Fachveranstaltung Nr. 894411 Bau und Wissen sur le thème „Rückhaltebecken, Dämme und Geschiebe – Die technische Herausforderung im Wasserbau“, Burgdorf, 25 février 2010

Quelle eau pour demain ?

Conférence organisée par la Société académique du Valais « Moyens de se protéger contre les crues avec le modèle MINERVE et évolution prévue dans le temps », Sion, 13 novembre 2010

De Cesare Giovanni

Come comunicare la protezione contro le piene?

Corso di formazione continua e workshop "Protezione contro le piene", KOHS Swiss Commission for flood protection, Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana SUPSI, Lugano, Canobbio, 11-12 mars 2010

Blanckaert Koen

Meandering: field experiments, laboratory experiments and numerical modelling

Seminar at the Research Center for Eco-Environmental Sciences of the Chinese Academy of Sciences, Beijing, China, 5 janvier 2010

Meandering: field experiments, laboratory experiments and numerical modelling

Seminar at Jiaotong University, Chongqing, China, 6 avril 2010

Meandering: field experiments, laboratory experiments and numerical modelling

Seminar at Chang Jiang River Scientific Research Institute, Wuhan, China, 25 juin 2010

Morphodynamic modeling

Seminar at the Research Center for Eco-Environmental Sciences of the Chinese Academy of Sciences, Beijing, China, 28 juin 2010

Research on eco-hydro-morphological river processes by combining field investigations, physical modeling and numerical simulations

Invited Keynote lecture at the International Symposium on Hydraulic Physical Modeling and Field Investigation, Nanjing, China, 13-15 septembre 2010

Research on eco-hydro-morphological river processes by combining field investigations, physical modeling and numerical simulations

Seminar at Hohai University, Nanjing, China, 16 septembre 2010

Gostner Walter

Classification de cours d'eau naturels – Appréciation de l'état écologique d'un cours d'eau, leçon donnée dans le cadre du cours "Eco-morphologie fluviale", EPFL, Lausanne, 6 octobre 2010

Indicateurs d'intégrité écologique des cours d'eau, Revitalisation de cours d'eau, Séminaire de formation continue, Association Suisse des professionnels de la protection des eaux – Section Suisse romande, 24 novembre 2010

6.2 Autres conférences / Other conferences

Schleiss Anton

Influence of macro-rough banks on steady flow in a channel

International Conference on Fluvial Hydraulics (River Flow 2010, Braunschweig, Allemagne), 8-10 septembre 2010

Unsteady flow in a channel with large scale bank roughness

International Conference on Fluvial Hydraulics (River Flow 2010, Braunschweig, Allemagne), 8-10 septembre 2010

Boillat Jean-Louis

Physical and numerical modeling of harbors and shore protection measures / Modélisation physique et numérique de mesures de protection portuaires et d'aménagement de plages

SimHydro 2010 "Modèles Hydrauliques et Incertitudes", Nice Polytech Sophia Antipolis, 2-4 juin 2010

Economic Evaluation of Turbining Potential in Drinking Water Supply Networks

Hidroenergia 2010 "Small streams make rivers", Lausanne, 16-19 juin 2010

Les vellétés morphologiques des cours d'eau

VSA-SSR – Séminaire de formation continue « Revitalisation de cours d'eau », Fribourg, 24 novembre 2010

De Cesare Giovanni

Sédimentation par courants de turbidité; suivi in situ; solutions de gestion et modélisation numérique

Workshop EDF-LCH Alluvionnement des retenues, EPFL, Lausanne, 23 février 2010

Sedimentbewirtschaftung während der Grimselseeabsenkung im Rahmen der Erhöhung der Stauanlagen

15. Gemeinschafts-Symposium der Wasserbau-Institute TU München, TU Graz und ETH Zürich "Wasserbau in Bewegung ... von der Statik zur Dynamik ...", Wallgau, Allemagne, 2 juillet 2010

Etude sur modèle physique et numérique des évacuateurs de crue et des fosses d'érosion du barrage de Koman en Albanie / Physical and numerical modeling of the spillways and plunge pools of Koman Dam in Albania

SimHydro 2010 "Modèles Hydrauliques et Incertitudes", Nice Polytech Sophia Antipolis, 3 juin 2010

River intake and desander efficiency testing on a physical model using UVP and LSPIV

Seventh International Symposium on Ultrasonic Doppler Methods for Fluid Mechanics and Fluid Engineering, 7th ISUD, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden, 8 avril 2010

Experiments on water jet induced cyclonic circulation - measurement of flow pattern and sediment concentration at reservoir outlet works

Seventh International Symposium on Ultrasonic Doppler Methods for Fluid Mechanics and Fluid Engineering, 7th ISUD, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden, 7 avril 2010

Blanckaert Koen

Experimental study on a widening tributary channel and its influence on the confluence morphology

International Conference on Fluvial Hydraulics (River Flow 2010, Braunschweig, Allemagne), 8-10 septembre 2010

Bieri Martin

Complémentarité de la modélisation physique et numérique à l'exemple d'un aménagement hydroélectrique au fil de l'eau / Complementarity of physical and numerical modeling using the example of a run-of-river hydropower plant

SimHydro 2010 "Modèles Hydrauliques et Incertitudes", Nice Polytech Sophia Antipolis, 2-4 juin 2010

Hydrologisch-hydraulische Modellierung von alpinen Einzugsgebieten mit komplexen Kraftwerksanlagen

12. Treffen junger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an Wasserbauinstituten, Stuttgart, Allemagne, 11-14 août 2010

Modeling and simulation of floods in alpine catchments equipped with complex hydropower schemes

International Conference on Fluvial Hydraulics (River Flow 2010, Braunschweig, Allemagne), 8-10 septembre 2010

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

LATSIS Symposium 2010, EPFL, Lausanne, 17-20 octobre 2010

Müller Michael

Hybride Modellierung zur Optimierung der Strömungsbedingungen und des Geschiebetriebes beim Flusskraftwerk Lavey

15. Gemeinschafts-Symposium der Wasserbau-Institute TU München, TU Graz und ETH Zürich "Wasserbau in Bewegung ... von der Statik zur Dynamik ...", Wallgau, Allemagne, 1-3 juillet 2010

Modellversuche zum Einfluss von Pumpspeichersequenzen auf Strömungsverhältnisse in einem quaderförmigen Becken

12. Treffen Junger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an Wasserbauinstituten, Stuttgart, Allemagne, 11-14 août 2010

Influence of pumped storage operation on flow conditions near intake/outlet structures: in situ measurements using ADCP

International Conference on Fluvial Hydraulics (River Flow 2010, Braunschweig, Allemagne), 8-10 septembre 2010

Leite Ribeiro Marcelo

Influence of the widening of a tributary on confluence morphology.

Projektmeeting Integrales Flussgebietsmanagement, EPFL, Lausanne, 11 mars 2010

Improving lateral connectivity of alpine fluvial networks by rehabilitation of confluence zones

LATSIS Symposium 2010, EPFL, Lausanne, 17-20 octobre 2010

Etude paramétrique de la capacité des PK-Weirs

Colloque PKW 2010, Lyon, France, 16 novembre 2010

Ghilardi Tamara

Flow conditions and intense sediment transport in steep mountain rivers considering the large immobile boulders – Relevant parameters and preliminary tests

2nd APUNCH Annual Progress Meeting, ETH Zürich, 27-28 mai 2010

Influence of macro-rough banks on steady flow in a channel (poster)

International Conference on Fluvial Hydraulics (River Flow 2010, Braunschweig, Allemagne), 8-10 septembre 2010

Jenzer Althaus Jolanda

Experiments on water jet induced cyclonic circulation – measurement of flow pattern and sediment concentration at reservoir outlet works

Conférence Euromech Colloquium 519 "Mixing and dispersion in flows dominated by rotation and buoyancy", Technische Universiteit Eindhoven, 20-23 juin 2010

Cohen Théodora

Synergie de modélisations physique et numérique pour le développement d'atténuateurs de vagues d'un convoi fluvial / Synergy between physical and numerical modeling used for the developement of ship waves attenuator

SimHydro 2010 "Modèles Hydrauliques et Incertitudes", Nice Polytech Sophia Antipolis, 2-4 juin 2010

Gostner Walter

Der hydraulisch-morphologische Vielfältigkeitsindex: ein Indikator für die ökologische Funktionsfähigkeit von Fließgewässern

EcoMeeting (Symposium for young researchers in the field of Ecohydraulics), Stuttgart, 25-26 février 2010

Der hydraulisch-morphologische Index der Diversität: ein Indikator für die ökologische Funktionsfähigkeit von Fliessgewässern

15. Gemeinschafts-Symposium der Wasserbau-Institute TU München, TU Graz und ETH Zürich "Wasserbau in Bewegung ... von der Statik zur Dynamik ...", Wallgau, Allemagne, 1-3 juillet 2010

Gravel bar inundation frequency; an indicator for the ecological potential of a river

International Conference on Fluvial Hydraulics (River Flow 2010, Braunschweig, Allemagne), 8-10 septembre 2010

Assessment of physical potential for biological health by a hydro-morphological index of diversity

LATSIS Poster Symposium, EPFL, 13 octobre 2010

Indicateurs d'intégrité écologique des cours d'eau

VSA-SSR – Séminaire de formation continue « Revitalisation de cours d'eau », Fribourg, 24 novembre 2010

Hachem Fadi

Influence of local stiffness of conduits on water hammer propagation signal

First European Congress of the IAHR, Edinburgh (UK), 4-6 mai 2010

Experimental design of a diversion structure of granular debris flows

International Conference on Fluvial Hydraulics (River Flow 2010, Braunschweig, Allemagne), 8-10 septembre 2010

Garcia Hernandez Javier

La gestion des crues du Rhône en amont du Léman : de la prevision à la décision

Colloque sur les risques d'inondation, Société Hydrotechnique de France (SFH), Paris, 24-25 mars 2010

Flood forecast uncertainty and alert decision – Application to the alpine Rhone river catchment / Incertitude des previsions de crue et decision d'alerte – Application au bassin du Rhône Alpin

SimHydro 2010 "Modèles Hydrauliques et Incertitudes", Nice Polytech Sophia Antipolis, 2-4 juin 2010

MINERVE flood warning and management project. What is computed, what is required and what is visualised

8th European Conference on Applied Climatology, Zürich, 13-17 septembre 2010

Dugué Violaine

Résultats des essais sur modèle réduit du nouvel évacuateur de crue du barrage de Gage II

Colloque PKW 2010, Lyon, France, 16 novembre 2010

Federspiel Matteo

Experiments on the reponse of a rock block in a plunge pool loaded by a symmetrical jet impact
First European Congress of the IAHR, Edinburgh (UK), 4-6 mai 2010

Ribi Jean-Marc

Fish behavior during hydropeaking in a channel equipped with a lateral shelter

Prof. of the 8th International Symposium on Ecohydraulics (ISE 2010), Seoul, Korea, 12-16 septembre 2010

Refuges à poissons aménagés dans les berges de rivières soumises aux éclusées hydroélectrique
32^{ème} journée de l'hydraulique de la Société hydrotechnique de France, Environnement & Hydroélectricité, Lyon 6-7 octobre 2010

Mesures de renaturation des habitats dans les rivières soumises aux éclusées hydroélectriques
VSA-SSR – Séminaire de formation continue « Revitalisation de cours d'eau », Fribourg, 24 novembre 2010

Brauchli Tristan

Analyse hydro-économique des crues extrêmes dans le bassin versant du Rhône en amont du Léman

Colloque sur les risques d'inondation, Société Hydrotechnique de France (SFH), Paris, 24-25 mars 2010

Camnasio Erica

Flow field and sediment deposition in a rectangular shallow reservoir with non symmetric inlet and outlet configuration

Seventh International Symposium on Ultrasonic Doppler Methods for Fluid Mechanics and Fluid Engineering, 7th ISUD, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden, 8 avril 2010

7 Participation aux congrès et visite des instituts de recherche / *Participation in congresses and visits of research institutes*

Seminar at the Research Center for Eco-Environmental Sciences of the Chinese Academy of Sciences, Beijing, China, 5. January 2010

Koen Blanckaert

Conférence de presse "Concept de sécurité de l'Avançon", 5 février 2010

Jean-Louis Boillat

Workshop EDF-LCH en transport solide, EPFL, Lausanne, 24 février 2010

Anton Schleiss, Jean-Louis Boillat, Giovanni De Cesare, Michael Müller, Erica Camnasio, Jolanda Jenzer Althaus

Fachveranstaltung Nr. 894411 Bau und Wissen, sur le thème „Rückhaltebecken, Dämme und Geschiebe – Die technische Herausforderung im Wasserbau“, Burgdorf, 25 février 2010

Jean-Louis Boillat

EcoMeeting (Symposium for young researchers in the field of Ecohydraulics), Stuttgart, 25-26 février 2010

Walter Gostner

Reportage sur la Dérivation partielle de l'Arbogne à Corcelles-près-Payerne, 26 février 2010

Jean-Louis Boillat, Martin Bieri

Meeting du projet „Gestion intégrale des réseaux fluviaux“, EPFL, Lausanne, 11 mars 2010

Jean-Louis Boillat, Marcelo Leite Ribeiro, Walter Gostner, Tamara Ghilardi, Jean-Marc Ribí, Ana Margarida Ricardo

Corso di formazione continua e workshop "Protezione contro le piene", KOHS Swiss Commission for flood protection, Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana SUPSI, Lugano, Canobbio, 11-12 marzo 2010

Giovanni De Cesare

Colloque sur les risqué d'inondation, Société Hydrotechnique de France (SFH), Paris, France, 24-25 mars 2010

Jean-Louis Boillat, Javier Garcia Hernandez, Tristan Brauchli

Seminar at Jiatong University, Chongqing, China, 6. April 2010

Koen Blanckaert

7th International Symposium on Ultrasonic Doppler Methods for Fluid Mechanics and Fluid Engineering, 7th ISUD, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden, 6 - 9 avril 2010

Giovanni De Cesare, Erica Camnasio

Energissima, Fribourg, 15 avril 2010

Anton Schleiss, Mathias Malquart

Symposium "Protection contre les crues et cours d'eau dans les regions urbaines", Technopark, Zürich, 22 avril 2010

Anton Schleiss

First European Congress of the IAHR, Edinburgh (UK), 4th - 6th May 2010

Matteo Federspiel, Fadi Hachem

78^{ème} réunion annuelle de la Commission Internationale des Grands Barrages (CIGB-ICOLD) à Hanoi, Vietnam, du 23 au 26 mai 2010

Anton Schleiss

2nd APUNCH Annual Progress Meeting, ETH Zürich, 27-28 mai 2010

Tamara Ghilardi

SIMHYDRO 2010, Modèles hydrauliques et incertitudes, 198^{ème} session du Comité Scientifique et Technique de la Société Hydrotechnique de France, Nice, France, 2-4 juin 2010
Giovanni De Cesare, Jean-Louis Boillat, Martin Bieri, Javier Garcia Hernandez, Théodora Cohen

Colloque: Protection et utilisation des eaux - mise en œuvre des décisions parlementaires, Soleure, Suisse, 14 juin 2010
Martin Bieri

Symposium: Prévisions hydrologiques opérationnelles, Berne, Suisse, 14-15 juin 2010
Javier Garcia Hernandez

Hidroenergia 2010 "Small streams make rivers", Lausanne, Suisse, 16-19 juin 2010
Jean-Louis Boillat, Martin Bieri

Conférence Euromech Colloquium 519 "Mixing and dispersion in flows dominated by rotation and buoyancy", Technische Universität Eindhoven, 20-23 juin 2010
Jolanda Jenzer Althaus

Seminar at Changjiang River Scientific Research Institute, Wuhan, China, 25. June 2010
Koen Blanckaert

Seminar at the Research Center for Eco-Environmental Sciences of the Chinese Academy of Sciences, Beijing, China, 28. June 2010
Koen Blanckaert

15. Gemeinschafts-Symposium der Wasserbau-Institute TU München, TU Graz und ETH Zürich "Wasserbau in Bewegung von der Statik zur Dynamik", Wallgau, Allemagne, 1-3 juillet 2010
Anton Schleiss, Giovanni De Cesare, Michael Pfister, Michael Müller, Martin Bieri, Walter Gostner

12. Treffen Junger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an Wasserbauinstituten, Stuttgart, Allemagne, 11 – 14 août 2010
Martin Bieri, Michael Müller

99^{ème} assemblée générale et Centenaire de l'Association suisse pour l'aménagement des eaux (SWV), Rathaus de Zürich, 2 septembre 2010
Anton Schleiss

International Conference on Fluvial Hydraulics (River Flow 2010), Braunschweig, Allemagne, 8 – 10 septembre 2010
Anton Schleiss, Koen Blanckaert, Michael Müller, Martin Bieri, Tamara Ghilardi, Fadi Hachem et Walter Gostner

Prof. of the 8th International Symposium on Ecohydraulics (ISE 2010), Seoul, Korea, 12-16 septembre 2010
Jean-Marc Ribí

Invited Keynote lecture at the International Symposium on Hydraulic Physical Modeling and Field Investigation, Nanjing, China, 13-15. September 2010
Koen Blanckaert

Seminar at Hohai University, Nanjing, China, 16. September 2010
Koen Blanckaert

8th ECAC (European Conference on Applied Climatology), Zürich, Suisse, 13-17 septembre 2010
Javier Garcia Hernandez

32^{ème} journée de l'hydraulique de la Société hydrotechnique de France, Environnement & Hydroélectricité, Lyon, 6-7 octobre 2010
Jean-Marc Ribí

LATSIS 2010: International Symposium on Ecohydrology, Lausanne, Suisse, 17-20 octobre 2010
Martin Bieri, Marcelo Leite Ribeiro, Walter Gostner, Ana Margarida Da Costa Ricardo

4th Sino Swiss Workshop on Flood Control and Disaster Relief, Lausanne, Suisse, 3 novembre 2010
Anton Schleiss, Jean-Louis Boillat, Martin Bieri, Javier Garcia Hernandez, Theodora Cohen

Journée d'étude sur l'EAU, Société Académique du Valais, Sion, Suisse, 13 novembre 2010

Jean-Louis Boillat, Javier Garcia Hernandez

LATSIS Symposium 2010, Research in Environment and Sustainability – Insights and Conclusions, ETH Zürich, du 15 au 17 novembre 2010

Tamara Ghilardi, Théodora Cohen, José Pedro Matos

Colloque PKW 2010, Lyon, France, 16 novembre 2010

Jean-Louis Boillat, Marcelo Leite Ribeiro, Violaine Dugué

VSA-SSR – Séminaire de formation continue: Revitalisation de cours d'eau, Fribourg, Suisse, 24 novembre 2010

Jean-Louis Boillat, Michael Pfister, Martin Bieri, Walter Gostner, Jean-Marc Ribi

Revitalisation des cours d'eau: synergies entre protection contre les crues et écologie, Berne, Suisse, 25 novembre 2010

Anton Schleiss, Martin Bieri, Walter Gostner

8 Participation au jury de thèses de doctorat / *Participation in doctoral thesis jury*

Schleiss Anton

Experimental Study on Piano Key Weir

Doctorant : Gopal Das Singhal, IT of Roorkee, India, Committee member, February 2010

Economic and Ecological Aspects of Hydropeaking Mitigation on Fish Habitats

Doctorant : Jeffrey A. Tuhtan, Université de Stuttgart, Allemagne, Member of committee for qualifying exam, 24.04.2010

Sediment Evacuation from Reservoir through Intakes by Jet Induced Flow

Doctorante : Jolanda Maria Isabella Jenzer Althaus, EPFL, Lausanne, Directeur de thèse, 06.12.2010

Effect of Large Dams in the Zambezi River Basin : Changes in Sediment, Carbon and Nutrient Fluxes

Doctorant : Manuel Kunz, EAWAG ETH Zürich, Member of committee, 09.12.2010

Influence of Tributary Widening on Confluence Morphodynamics

Doctorant : Marcelo Leite Ribeiro, EPFL, Lausanne, Directeur de thèse, 20.12.2010

Blanckaert Koen

Curved Open-Channel Flows – a Numerical Study

Doctorant : W. van Balen, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands, 19.04.2010

Influence of Tributary Widening on Confluence Morphodynamics

Doctorant : Marcelo Leite Ribeiro, EPFL, Lausanne, co-directeur de these, 20.12.2010

De Cesare Giovanni

Sediment Evacuation from Reservoir through Intakes by Jet Induced Flow

Doctorante : Jolanda Maria Isabella Jenzer Althaus, EPFL, Lausanne, co-directeur de thèse, 06.12.2010

9 Participation à des comités de lecteurs et jury de fonds de recherche / *Participation in review committees of journals and research funds*

Journal of Hydraulic Engineering (ASCE)	A. Schleiss
Journal of Hydraulic Research (IAHR)	A. Schleiss
Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics	A. Schleiss
Environmental Fluid Mechanics	A. Schleiss
Water Management	A. Schleiss
Water SA	A. Schleiss
3 rd International Junior Researcher and Engineer	A. Schleiss
Workshop on Hydraulic Structures	A. Schleiss
Hydro 2010	A. Schleiss
Canadian Journal of Civil Engineering	A. Schleiss
Dam Engineering	A. Schleiss
FNRS, Belgique	A. Schleiss
ANR, France	A. Schleiss
Journal of Hydraulic Engineering (ASCE)	K. Blanckaert
Journal of Hydraulic Research (IAHR)	K. Blanckaert
Earth Surface Processes and Landforms	K. Blanckaert
Sedimentology	K. Blanckaert
Water Resources Research (AGU)	K. Blanckaert
Journal of Geophysical Research (AGU)	K. Blanckaert
Hydrological Processes	K. Blanckaert
Geomorphology	K. Blanckaert
Ecological Modeling	K. Blanckaert
National Science Foundation (NSF, USA)	K. Blanckaert
National Science Foundation (FWO, Belgium)	K. Blanckaert
Journal of Hydro-environment Research	G. De Cesare
Experiments in Fluids	G. De Cesare
Journal of Hydraulic Engineering (ASCE)	M. Pfister
Journal of Hydraulic Research (IAHR)	M. Pfister
International Journal of Multiphase Flow (Elsevier)	M. Pfister

10 Publications

10.1 Journaux scientifiques / *Scientific journals*

10.1.1 Référés / *Referred*

Kantoush, S. A., Sumi, T., Schleiss, A. J., "Geometry effect on flow and sediment deposition patterns in shallow basins" **Annual Journal of Hydraulic Engineering**, JSCE, Vol. 54, **2010**, pp. 133-138

Oehy, C., De Cesare, G., Schleiss, A. J., "Effect of inclined jet screen on turbidity current", **Journal of Hydraulic Research**, Vol. 48, No. 1, DOI: 10.1080/00221680903566042 (**2010**), pp. 81-90

Mahzari, M., Schleiss, A. J.; "Dynamic analysis of anchored concrete linings of plunge pools loaded by high velocity jet impacts issuing from dam spillways", **Dam Engineering**, Volume XX Issue 4, **2010**, pp. 307-327

Rosier, B., Boillat, J.-L., Schleiss, A. J. "Semi-empirical model for channel bed evolution due to lateral discharge withdrawal" **Journal of Hydraulic Research**, Vol. 48, No 2 (**2010**), doi: 10.1080/00221681003704129 pp. 161-168

Blanckaert, K., Duarte, A., Schleiss, A. J.; "Influence of shallowness, bank inclination and bank roughness on the variability of flow patterns and boundary shear stress due to secondary currents in straight open-channels", **Advances in Water Resources**, N° 33, **2010**, pp. 1062-1074, doi: 10.1016/j.advwatres.2010.06.012.

Cardoso, A. H., Simarro, G., Fael C., Le Doucen, O., Schleiss, A. J., "Toe protection for spill-through and vertical-wall abutments" **Journal of Hydraulic Research**, Vol. 48, No 4, doi : 10.1080/00221686.2010.492106, **2010**, pp. 491-498

Jordan, F., Boillat, J.-L., Schleiss, A., "Prévision et gestion des crues du Rhône supérieur par l'exploitation optimale des retenues alpines" **La Houille Blanche**, Volume 5, **2010**, pp. 91-102

Meile, T., Boillat, J.-L., Schleiss, A., "Hydropeaking indicators for characterization of the Upper-Rhone River in Switzerland", **Aquatic Sciences**, June **2010**, DOI 10.1007/s0027-10-0154-7

Blanckaert, K., "Topographic steering, flow recirculation, velocity redistribution, and bed topography in sharp meander bends" **Water Resources Research**, Vol. 46, W09506, doi:10.1029/2009WR008303, **2010**

Blanckaert, K., Vriend, H. J., "Meander dynamics: A nonlinear model without curvature restrictions for flow in open-channel bends" **Journal of Geophysical Research**, VOL. 115, F04011, doi:10.1029/2009JF001301, **2010**

van Balen, W., Blanckaert, K. and Uijtewaalt, W.S.J., "Analysis of the role of turbulence in curved open-channel flow at different water depths by means of experiments, LES and RANS" **Journal of Turbulence**, Vol. 11, No. 12, **2010**, DOI: 10.1080/14685241003789404

van Balen, W., Uijtewaalt, W.S.J., Blanckaert, K. "Large-eddy simulation of a curved open-channel flow over topography" **Physics of Fluids** 22, 075108, **2010**, doi:10.1063/1.3459152.

Cohen, T., Boillat, J.-L., Schleiss, A., Discussion of "Design optimization of floating breakwaters with an interdisciplinary fluid-solid structural problem" **Canadian Journal of Civil Engineering** 37 (12), **2010**, pp. 1646-1650

Müller, M., Bieri, M., Ribeiro Martins J., Boillat, J.-L., Schleiss, A., "Barrage de Lavey. Etudes physique et numérique des écoulements et du transport solide dans le Rhône" **La Houille Blanche**, 6/**2010**, pp. 60-67

Heller, P., Bollaert, E., Schleiss, A. J. "Comprehensive system analysis of a multipurpose run-of-river power plant with holistic qualitative assessment" **International Journal of River Basin Management**, Vol. 8, No 3-4 (**2010**), doi: 10.1080/15715124.2010.517672, pp. 295-304

Cardoso, A. H., Simarro, G., Le Doucen, O., Schleiss, A. J., "Sizing of riprap for spill-through abutments" **Proceedings of the ICE - Water management**, Vol. 163, No. 10 (**2010**), pp. 449-507, ISSN 1741-7589 print / ISSN 1751-7729 online

10.1.2 Autres / Others

Jordan, F., Martinerie, R., Boillat, J.-L., Zürcher, D., "Modélisation du réseau d'assainissement, Outil de diagnostic et de planification en ville de Lausanne" **GWA Gas Wasser Abwasser**, No 3, **2010**, pp. 199-208

Haldimann, S., Cohen, T., García Hernández, J., Boillat, J.-L., "Modélisation des rejets lausannois dans le Léman" **GWA Gas Wasser Abwasser**, No 3, **2010**, pp. 209-220

Schleiss A., De Cesare G., Jenzer Althaus J.; "Verlandung der Stauseen gefährdet die nachhaltige Nutzung der Wasserkraft", **Wasser, Energie, Luft** - Eau, Energie, Air, Jahrgang 102, **2010**, Heft 1, pp. 31-40

"Recherche tuyaux pour prévenir les ruptures de conduites" "Mehr Sicherheit bei gepanzerten Druckschächten", **Energieia** no 3, Mai **2010**, pp.12-13

Schleiss, A. J., De Cesare, G.; "Physical Model Experiments on Reservoir Sedimentation", **IAHR Hydrolink**, Number 4, **2010**, supplement to JHR – Vol 48, pp. 54-57

Saraga D.; "Les barrages ne sont pas éternels", (Interview de Prof. A. Schleiss), **Horizons**, N° 86, septembre **2010**, pp. 26-27

"Au chevet du fleuve Zambèze", **20 minutes**, 13 septembre **2010**, pp. 15

Knellwolf, C., Schleiss, A. J.; "Abflussinstabilitäten in Treppengerinnen mit eingetieften oder rückwärts geneigten Stufen", **Wasser, Energie, Luft** - Eau, Energie, Air, Jahrgang 102, **2010**, Heft 3, pp. 233-237

Bieri, M., Federspiel, M., Boillat, J.-L., Houdant, B., Delorme, F., "Spillway discharge capacity upgrade at Gloriettes dam" **International Journal on Hydropower & Dams**, Volume 17, Issue 5, pp. 88-93

Boillat, J.-L., Hachem, F., Amini, A., Amacher, R., "Expertise hydraulique d'un projet lacustre" **Tracés**, Volume 23/24, 2010, (136) 28-32

Müller, M., Bieri, M., Boillat, J.-L., Schleiss, A., "Barrage de Lavey – Modélisations physique et numérique des écoulements et du transport solide dans le Rhône", **Wasser Energie Luft** – Eau, Energie, Air, Jahrgang 102, **2010**, Heft 4, pp. 327-332

10.2 Comptes rendus des congrès / *Proceedings of congresses*

10.2.1 Référés / *Referred*

Camnasio, E., Schleiss, A. J., "Flow fields investigation in shallow reservoirs" 1st EPFL Doctoral Conference in Mechanics. Advances in Modern Aspects of Mechanics. 19th February **2010**, Lausanne Switzerland, pp. 115-119

Jenzer Althaus J., De Cesare G., and Schleiss A. J.; "Experiments on water jet induced cyclonic circulation - measurement of flow pattern and sediment concentration at reservoir outlet works", **Proc. of the 7th International Symposium on Ultrasonic Doppler Methods for Fluid Mechanics and Fluid Engineering**, 7-9 April **2010**, Gothenburg, Sweden, pp. 39-42

De Cesare G., Ribeiro J. M., Kantoush S. A., and Federspiel M. P. E. A.; "River intake and desander efficiency testing on a physical model using UVP and LSPIV", **Proc. of the 7th International Symposium on Ultrasonic Doppler Methods for Fluid Mechanics and Fluid Engineering**, 7-9 April **2010**, Gothenburg, Sweden, pp. 47-50

Camnasio E., De Cesare, G., and Kantoush S. A.; "Flow field and sediment deposition in a rectangular shallow reservoir with non symmetric inlet and outlet configuration", **Proc. of the 7th International Symposium on Ultrasonic Doppler Methods for Fluid Mechanics and Fluid Engineering**, 7-9 April **2010**, Gothenburg, Sweden, pp. 53-56

Cohen T., Amacher R., and Boillat J.-L. "Synergie de modélisations physique et numérique pour le développement d'atténuateurs de vagues d'un convoi fluvial / Synergy between physical and numerical modeling used for the development of ship waves attenuator", Proc. of abstracts, **SimHydro 2010 "Hydraulic modeling and uncertainty"**, 2-4 June 2010, Sophia Antipolis, France

Hachem F. E, Amini A., and Boillat J.-L. "Physical and numerical modeling of harbors and shore protection measures / Modélisation physique et numérique de mesures de protection portuaires et d'aménagement de plages", Proc. of abstracts, **SimHydro 2010 Hydraulic modeling and uncertainty**, 2-4 June 2010, Sophia Antipolis, France

García Hernández J., Boillat J.-L., and Schleiss A. J. "Flood forecast uncertainty and alert decision. application to the alpine Rhone river catchment / Incertitude des prévisions de crue et décision d'alerte. Application au bassin du Rhône Alpin", Proc. of abstracts, **SimHydro 2010 Hydraulic modeling and uncertainty**, 2-4 June 2010, Sophia Antipolis, France

Bieri M., Müller M., Ribeiro Martins J., and Boillat J.-L. "Complémentarité de la modélisation physique et numérique à l'exemple d'un aménagement hydroélectrique / Complementarity of physical and numerical modeling using the example of a run-of-river hydropower plant", Proc. of abstracts, **SimHydro 2010 Hydraulic modeling and uncertainty**, 2-4 June 2010, Sophia Antipolis, France

De Cesare G., Daneshvari M., Federspiel M., Malquarti M., Epely Chauvin G., and Schleiss A. J. "Etude sur modèle physique et numérique des évacuateurs de crue et des fosses d'érosion du barrage de Koman en Albanie / Physical and numerical modeling of the spillways and plunge pools of Koman Dam in Albania", Proc. of abstracts, **SimHydro 2010 Hydraulic modeling and uncertainty**, 2-4 June 2010, Sophia Antipolis, France

Gostner, W., Schleiss, A. J.; "Der hydraulisch-morphologische Index der Diversität: Ein Indikator für die ökologische Funktionsfähigkeit von Fließgewässern" **Beiträge zum 15. Gemeinschafts-Symposium der Wasserbau-Institute TU München**, TU Graz und ETH Zürich vom 1. bis 3. Juli 2010 in Wallgau, Oberbayern. ISBN 978-3-940476-22-7, 620 Seiten, **2010**, pp. 1-10

Boillat, J.-L., De Cesare, G., Daneshvari M., Jenzer Althaus, J. M. I. ; "Sedimentbewirtschaftung während der Grimselseeabsenkung im Rahmen der Erhöhung der Stauanlagen" **Beiträge zum 15. Gemeinschafts-Symposium der Wasserbau-Institute TU München**, TU Graz und ETH Zürich vom 1. bis 3. Juli 2010 in Wallgau, Oberbayern. ISBN 978-3-940476-22-7, 620 Seiten, **2010**, pp. 193-202

Boillat, J.-L., Bieri, M., Müller M., Schleiss, A. J.; "Hybride Modellierung zur Optimierung der Strömungsbedingungen und des Geschiebetriebes beim Flusskraftwerk Lavey" **Beiträge zum 15. Gemeinschafts-Symposium der Wasserbau-Institute TU München**, TU Graz und ETH Zürich vom 1. bis 3. Juli 2010 in Wallgau, Oberbayern. ISBN 978-3-940476-22-7, 620 Seiten, **2010**, pp. 297-306

Bieri, M., Schleiss, A. J., Fankhauser, A.; "Modelling and simulation of floods in alpine catchments equipped with complex hydropower schemes", **River Flow 2010**, 8-10 September 2010, Braunschweig, Germany, Ed. Dittrich, Koll, Aeberle & Geisenhainer (eds), Bundesanstalt für Wasserbau, ISBN 978-3-939230-00-7, **2010**, pp. 1421-1428

Gostner, W., Schleiss, A. J., Annable, W. K., Paternolli, M.; "Gravel bar inundation frequency : an indicator for the ecological potential of a river", **River Flow 2010**, 8-10 September 2010, Braunschweig, Germany, Ed. Dittrich, Koll, Aeberle & Geisenhainer (eds), Bundesanstalt für Wasserbau, ISBN 978-3-939230-00-7, **2010**, pp. 1485-1493

Van Balen, B., Uijtewaal, W.S.J., Blanckaert, K.; "Scalar dispersion in strongly curved open-channel flows" (2010), **River Flow 2010**, 8-10 September 2010, Braunschweig, Germany, Ed. Dittrich, Koll, Aeberle & Geisenhainer (eds), Bundesanstalt für Wasserbau, ISBN 978-3-939230-00-7, **2010**, pp. 169-177

- Ribi, J.-M., Boillat, J.-L., Schleiss, A. J.; "Flow exchange between a channel and a rectangular embayment equipped with a diverting structure", **River Flow 2010**, 8-10 September 2010, Braunschweig, Germany, Ed. Dittrich, Koll, Aeberle & Geisenhainer (eds), Bundesanstalt für Wasserbau, ISBN 978-3-939230-00-7, **2010**, pp. 665-671
- Delecluyse, K., Troch, P., Blanckaert, K.; "The effect of migrating dune forms on the flow field of an alluvial river", **River Flow 2010**, 8-10 September 2010, Braunschweig, Germany, Ed. Dittrich, Koll, Aeberle & Geisenhainer (eds), Bundesanstalt für Wasserbau, ISBN 978-3-939230-00-7, **2010**, pp. 913-919
- Studer, M., Hachem, F., Boillat, J.-L.; "Experimental design of a diversion structure of granular debris flows" (2010), **River Flow 2010**, 8-10 September 2010, Braunschweig, Germany, Ed. Dittrich, Koll, Aeberle & Geisenhainer (eds), Bundesanstalt für Wasserbau, ISBN 978-3-939230-00-7, **2010**, pp. 1363-1369
- Leite Ribeiro, M., Boillat, J.-L., Schleiss, A. J., Blanckaert, K.; "Experimental study on a widening tributary channel and its influence on the confluence morphology", **River Flow 2010**, 8-10 September 2010, Braunschweig, Germany, Ed. Dittrich, Koll, Aeberle & Geisenhainer (eds), Bundesanstalt für Wasserbau, ISBN 978-3-939230-00-7, **2010**, pp. 961-968
- Meile, T., Boillat, J.-L., Schleiss, A. J.; "Unsteady flow in a channel with large scale bank roughness", **River Flow 2010**, 8-10 September 2010, Braunschweig, Germany, Ed. Dittrich, Koll, Aeberle & Geisenhainer (eds), Bundesanstalt für Wasserbau, ISBN 978-3-939230-00-7, **2010**, pp. 621-629
- Müller, M., De Cesare, G., Schleiss, A. J.; "Influence of pumped storage operation on flow conditions near intake/outlet structures : in situ measurement using ADCP", **River Flow 2010**, 8-10 September 2010, Braunschweig, Germany, Ed. Dittrich, Koll, Aeberle & Geisenhainer (eds), Bundesanstalt für Wasserbau, ISBN 978-3-939230-00-7, **2010**, pp. 1139-1145
- Meile, T., Boillat, J.-L., Schleiss, A. J.; "Influence of macro-rough banks on steady flow in a channel", **River Flow 2010**, 8-10 September 2010, Braunschweig, Germany, Ed. Dittrich, Koll, Aeberle & Geisenhainer (eds), Bundesanstalt für Wasserbau, ISBN 978-3-939230-00-7, **2010**, pp. 343-351
- Ribi, J.-M., Boillat, J.-L., Schleiss, A. J.; "Fish behavior during hydropeaking in a channel equipped with a lateral shelter", **8th International Symposium on Ecohydraulics (ISE 2010)**, 12-16 September 2010, COEX, Seoul, Korea, **2010**, pp. 675-682
- Kleinhans, M. G., Blanckaert, K., McLelland, S. J., Uijttewaalt, W.S.J., Murphy, B. J., van de Kruijs, A., Parsons, D., "Flow separation in sharp meander bends" **HYDRALAB III Joint User Meeting**, Hannover, February 2010, abstract #EP51C-0568
- Blanckaert, K., van Balen, W., Duarte, A., Dugué, V., Garcia, X.-F., Ottevanger, W., Pusch, M., Ricardo, A., Schnauder, I., Sukhodolov, A., Uijttewaalt, W. S. J., Wilkes, R., "Research on eco-hydro-morphological river processes by combining field investigations, physical modeling and numerical simulations" **International Symposium on Hydraulic Physical Modeling and Field Investigation**, Nanjing, China, 13-15 September **2010**
- Ottevanger, W., Uijttewaalt, W. S. J. and Blanckaert, K., "Validation of a non-linear reduced hydrodynamic model for curved open-channel flow" **River Flow 2010**, 8-10 September 2010, Braunschweig, Germany, Ed. Dittrich, Koll, Aeberle & Geisenhainer (eds), Bundesanstalt für Wasserbau, ISBN 978-3-939230-00-7, **2010**, pp. 1049-1057
- Kitamura, I., Takimoto, S., Blanckaert, K., Shimizu, Y. and Hosoda, T., "« 3D RANS computations of open channel flows with a sharp bend" **6th International Symposium on Environmental Hydraulics**, 23-25 June **2010**, Athens, Greece

10.2.2 Autres / Others

Boillat, J.-L. ; "Geschiebetrieb und Sedimentbewirtschaftung bei Hochwasser" Berner Fachhochschule Architektur, Holz und Bau Burgdorf, **Bau und Wissen Symposium**, Wildeg, HFB Burgdorf, Suisse, 25 février 2010, Chapitre 5, pp. 1-13

Bieri, M., Boillat J.-L., Dubois, J.; " Economic Evaluation of Turbining Potential in Drinking Water Supply Networks ", **Hydroenergia 2010 – Internation Congress an Exhibition on Small Hydropower**, 16-19 June 2010, Lausanne 2010, CD Rom

Müller, M., Bremen, L., Schleiss, A. J.; "Modellversuche zum Einfluss von Pumpspeichersequenzen auf Strömungsverhältnisse in einem quaderförmigen Becken", **Tagungsband Juwi Treffen, Heft 193**, vom 11. bis 14. August 2010, Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart, Deutschland, 2010, N° 11, pp 8-14

Bieri, M., Schleiss, A. J.; "Hydrologisch-hydraulische Modellierung von alpinen Einzugsgebieten mit komplexen Krafwerksanlagen", **Tagungsband Juwi Treffen, Heft 193**, vom 11. bis 14. August 2010, Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart, Deutschland, 2010, N° 15, pp 8-14

10.3 Communications du LCH / LCH Communications

- N° 41 Master of Advanced Studies (MAS) in Water Resources Management and Engineering, édition 2005-2007 – Collection des articles des travaux de diplôme, Communication 41, Laboratoire de constructions hydrauliques, Ed. A. Schleiss, Lausanne, 2010, ISSN 1661-1179
- N° 42 M. Studer, "Analyse von Fliessgeschwindigkeiten und Wassertiefen auf verschiedenen Typen von Blockrampen", Communication 42, Laboratoire de constructions hydrauliques, Ed. A. Schleiss, Lausanne, 2010, ISSN 1661-1179
- N° 43 Master of Advanced Studies (MAS) in Hydraulic Engineering, édition 2007-2009 – Collection des articles des travaux de diplôme, Communication 43, Laboratoire de constructions hydrauliques, Ed. A. Schleiss, Lausanne, 2010, ISSN 1661-1179
- N° 44 J.-L. Boillat, M. Bieri, P. Sirvent, J. Dubois, "TURBEAU – Turbinage des eaux potables", Communication 44, Laboratoire de constructions hydrauliques, Ed. A. Schleiss, Lausanne, 2010, ISSN 1661-1179

10.4 Rapports non publiés (recherche appliquée) / Unpublished reports (applied research)

- No. 1 Aménagement de Montpezat. Barrage de Gage II. Rapport d'avancement No 1 Electricité de France, janvier (2010)
- No. 2 Barrage de Lavey. Phase IV.1. Essais de fonctionnement Ville de Lausanne, janvier (2010)
- No. 3 Aménagement de Montpezat. Barrage de Gage II. Rapport d'avancement No 2 Electricité de France, janvier (2010)
- No. 4 Aménagement de Montpezat. Barrage de Gage II. Rapport d'avancement No 3 Electricité de France, février (2010)
- No. 5 Aménagement de la Broye à Villeneuve SESA-VD, février (2010)
- No. 6 Aménagement de Montpezat. Barrage de Gage II. Rapport d'avancement No 4 Electricité de France, mars (2010)
- No. 7 Petite centrale hydroélectrique de Boudry – rapport intermédiaire No 2 AF – Colenco AG, mars (2010)
- No. 8 Bassin d'eaux pluviales du Capelard Service d'assainissement de Lausanne, mars (2010)

- No. 9 Sécurisation de la zone constructible en aval du dépotoir des Tailles sur le ruisseau de Collonge
Entreprise de correction fluviale du ruisseau de Collonge, avril (2010)
- No. 10 Aménagement de Montpezat. Barrage de Gage II. Rapport d'avancement No 5
Electricité de France, avril (2010)
- No. 11 Etude paramétrique concernant la capacité hydraulique des PK-Weirs
Electricité de France, avril (2010)
- No. 12 Aménagement de Montpezat. Barrage de Gage II. Rapport d'avancement No 6
Electricité de France, avril (2010)
- No. 13 Barrage de Lavey. Phase IV.2. Essais d'optimisation des purges
Ville de Lausanne, mai (2010)
- No. 14 Petite centrale hydroélectrique de Boudry – Rapport intermédiaire No 3
AF – Colenco AG, juin (2010)
- No. 15 Concept de sécuritié de l'Avançon. Zone d'épandage du Bévieux. Rapport final
Entreprise de correction fluviale de l'Avançon, juin (2010)
- No. 16 TURBEAU. Turbinage des eaux potables
Service de l'Energie et des Forces, Valais, juin (2010)
- No. 17 Aménagement de Montpezat. Barrage de Gage II. Rapport d'avancement No 7
Electricité de France, juin (2010)
- No. 18 L'Aire au pont des Marais. Capacité hydraulique de la galerie de décharge
Service de l'écologie de l'eau – Genève, juin (2010)
- No. 19 Influence de zones d'inondation en plaine sur les crues du Rhône. Situation actuelle du BV
Etat du Valais R3, juin (2010)
- No. 20a Erneuerung Wasserkraftwerk Hagneck – hydraulische Modellversuche. Rapport final en français
BKW & Bielersee Kraftwerke AG, novembre (2010)
- No. 20b Erneuerung Wasserkraftwerk Hagneck – hydraulische Modellversuche. Erweiterte deutsche Zusammenfassung
BKW & Bielersee Kraftwerke AG, octobre (2010)
- No. 23 Modellversuche Bruchji
Gemeinde Naters – Kanton Wallis, juillet (2010)
- No. 24 Dérivation partielle de l'Arbogne à Corcelles-près-Payerne – Etude expérimentale sur modèle physique
SESA-VD – Division Economie hydraulique, août (2010)
- No. 25 Abschwächung Schwall – Abschätzung der dämpfenden Wirkung von grossmassstäblichen Uferrauheiten auf Schwall- und Sunkerscheinungen in der Hasliaare
KWO, août (2010)
- No. 26 Aménagement de Montpezat. Barrage de Gage II. Rapport d'avancement No 8
Electricité de France, septembre (2010)
- No. 27 Petite centrale hydroélectrique de Boudry – Rapport final
AF – Colenco AG, septembre (2010)
- No. 28 Sedimentbewirtschaftung KWO – Numerische Berechnung des Sedimentaustrages bei Grundablasspülung des Räterichsbodensees
KWO, septembre (2010)
- No. 29 Aménagement de Montpezat. Barrage de Gage II. Rapport d'avancement No 9
Electricité de France, octobre (2010)
- No. 30 Modelización de la Cuenca Vertiente del EO para la confederacion hidrografica del Cantabrico (Espana)
Ofiteco, octobre (2010)
- No. 31 Kariba dam plunge pool – hydraulic modelling – intermediate report 1
Zambezi River Authority, novembre (2010)

- No. 32 Gestion active des crues par turbinage préventif
KWO – Kraftwerke Oberhasli AG, décembre (2010)
- No. 33 Genève-Plage et port de la Nautique. Comportement hydraulique de l'aménagement projeté.
Service de renaturation des cours d'eau et des rives (GE), décembre (2010)
- No. 34 Koman Dam, Albania. Numerical model tests for spillways and plunge pool, report on present and future plunge pool
Pöyry, Zurich / KESH Tirana, Albania, décembre (2010)
- No. 35 Régulateur de débit à vortex à la sortie des bassins de rétention
Canplast SA, décembre (2010)
- No. 36 Régulateur de débit à manchon souple à la sortie des bassins de rétention
Canplast SA, décembre (2010)

