

## Un long silence, une activité intense

Lors du lancement de notre première édition d'hydroscoop en 1998, nous avons annoncé que notre bulletin paraîtrait selon un rythme bisannuel et cela fait pourtant plus de trois ans que vous n'en avez pas tenu un exemplaire entre vos mains. A cela plusieurs raisons, la principale étant qu'il nous semble important d'avoir en tout temps un équilibre entre la présentation de nos activités de laboratoire et les informations relatives aux projets et mandats que nous effectuons pour des tiers. Comme vous pourrez le lire dans l'article consacré au programme SEARCH LHT, le programme basse chute que nous annonçons n'a véritablement débuté qu'en 2000 et pris son réel essor qu'en 2001, le financement n'ayant pu être complété qu'à ce moment là. Il ne nous a donc pas semblé opportun de vous faire parvenir une édition partielle d'hydroscoop avant de pouvoir vous présenter ce programme en détail. C'est donc avec un grand plaisir que nous vous faisons parvenir cette troisième édition, tout en vous priant d'excuser notre long silence.

## Lorsque assainissement et production d'électricité font bon ménage, le cas d'Amman en Jordanie

Le groupe SUEZ devait soumettre une offre BOT (*build operate transfer*) pour la construction et l'exploitation de la nouvelle station d'épuration des eaux de la ville d'Amman, en Jordanie. Désirant offrir une solution optimale, toutes les options de valorisation du potentiel énergétique ont été explorées.

Les dénivellations entre la ville d'Amman (station de pré-traitement d'Ain Ghazal) et la STEP d'As Samra, ainsi qu'entre la sortie du traitement et le rejet dans l'Oued Duleil étant importantes, l'opportunité de réaliser un turbinage d'eau brute et un turbinage d'eau épurée devait être étudiée.

C'est donc tout naturellement que les sociétés Suez Lyonnaise des Eaux et Ondéo Degrémont nous ont confié la réalisation de l'étude de faisabilité du turbinage ainsi que celle de l'avant-projet détaillé relatif aux solutions retenues. Le savoir-faire de MHyLab dans le domaine aussi bien d'un point de vue technique qu'économique a permis de proposer les solutions suivantes.

### Turbinage d'eau brute

L'acheminement de l'eau brute de la station de pré-traitement d'Ain Ghazal à la station d'épuration d'As Samra s'effectue par une conduite DN 1200, fonctionnant en siphon, et une conduite forcée DN 1500, posée dernièrement, au bout de laquelle sera implantée la petite centrale.

Les organes dissipateurs de pression déjà réalisés en bout de conduite forcée feront office de by-pass de la petite centrale, lorsque celle-ci sera partiellement ou totalement arrêtée.

La conduite forcée ayant été posée sans tenir compte d'un éventuel turbinage, le débit maximum techniquement turbinable en fonction de la perte de charge est limité à 2.5 m<sup>3</sup>/s.

Le fonctionnement prévu est le suivant:

- acheminement des débits provenant de quartiers et agglomérations situées entre Ain Ghazal et As Samra par la conduite DN 1200, sans passer par la mini centrale hydro-électrique
- tant que le débit entrant à Ain Ghazal est inférieur au débit des turbines, utilisation de toute l'eau disponible
- dès que le débit entrant à Ain Ghazal dépasse celui des turbines, stockage dans la chambre de mise en charge (environ 2 100 m<sup>3</sup>) et dans le bassin d'aération existant (environ 10 000 m<sup>3</sup>)
- dès que le débit entrant à Ain Ghazal dépasse celui des turbines et que les capacités de stockage sont pleines, le surplus est envoyé dans la conduite DN 1200
- les stocks sont vidés durant les heures creuses, quand le débit entrant à Ain-Ghazal est inférieur à celui des turbines

La capacité maximum de traitement à As-Samra est de 277 000 m<sup>3</sup>/jour.

Les principales caractéristiques de l'installation de turbinage d'eau brute sont résumées ci-dessous:

Dénivellation	$\Delta Z$	103.5	m
Débit d'installation	$Q_{max}$	2.5	m <sup>3</sup> /s
Chute nette à débit maximum	$H_n$	77.9	m
Type de turbine	Pelton à axe vertical		
Nombre de turbines		2	
Débit nominal par turbine	$Q_N$	1.25	m <sup>3</sup> /s
Nombre d'injecteurs par machine	$Z_i$	4	
Puissance électrique par machine	$P_{éi}$	770	kW
Production annuelle prévue à saturation des équipements de traitement		12 500 000	kWh

### Turbinage d'eau épurée entre la sortie de la STEP et le rejet dans l'Oued Duleil

La petite centrale sera implantée proche de l'Oued Duleil et turbinera la totalité de l'eau épurée. Le potentiel est utilisé au fil de l'eau. En cas de révision des machines, l'eau sera évacuée par un by-pass automatique.

Le turbinage implique la collecte de l'ensemble des eaux épurées dans un bassin de mise en charge situé à la sortie de la STEP, dont le niveau d'eau sera maintenu constant au moyen du contrôle de niveau, auquel la petite centrale sera asservie. Ce bassin aura une capacité permettant à la petite centrale de s'arrêter sans danger, en cas de suppression accidentelle des apports en eau.

La longueur de la conduite de rejet (à construire dans tous les cas) entre le bassin de mise en charge et la centrale projetée est estimée à 1800 m, pour une dénivellation exploitable  $\Delta Z = 47.8$  m, le diamètre minimum nécessaire au turbinage étant de  $D = 1350$  mm. ■■■

■ ■ ■ Les principales caractéristiques considérées pour le turbinage de l'eau épurée à la sortie de la station d'As-Samra sont résumées ci-dessous:

Débit de dimensionnement de l'installation	$Q_{max}$	3.526	$m^3/s$
Nombre de turbines		2	
Type de turbines		<b>Francis à axe vertical</b>	
Débit maximal par turbine	$Q_{max t}$	1.763	$m^3/s$
Puissance électrique par turbine	$P_{él}$	616	kW
Production annuelle prévue à saturation des équipements de traitement		9 400 000	kWh

**Le groupe SUEZ ayant obtenu le contrat, notamment grâce à son concept de valorisation des énergies renouvelables, prévoit de commencer la réalisation des installations en 2003, MHyLab étant également associé au projet dans cette phase.**

## Nouvelles brèves

### Réseau thématique en petite hydraulique: Un nouveau succès pour MHyLab

La Commission Européenne vient de nous informer qu'elle soutiendra la création d'un réseau thématique en petite hydraulique, proposé par MHyLab, l'Association européenne de la petite hydraulique (ESHA) et d'autres partenaires. Une information détaillée sera donnée dans le prochain numéro d'Hydroscoop.

### 5 300 kW

C'est le total de la puissance mécanique installée des 19 turbines conçues à ce jour par MHyLab en service ou en cours de réalisation.

## Le programme SEARCH LHT, un projet helvético-européen

En 1998 déjà, nous vous informions de notre intention de nous lancer dans le développement des turbines basse chute. Si le concept global était défini dès 1999, il restait encore à MHyLab à trouver le financement nécessaire à ce vaste programme.

C'est également cette année qu'un pas décisif fut franchi, l'Office fédéral de l'énergie décidant de soutenir notre projet, qui prévoyait initialement le développement de trois familles de turbines axiales.

Fort de ce premier succès, nous avons commencé à étudier le premier modèle de laboratoire, tout en cherchant des sources de financement complémentaires.

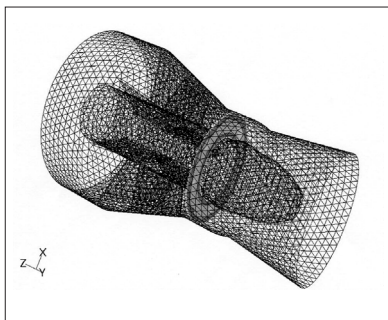
Le passage au nouveau millénaire nous fut propice, puisque c'est en 2000 que le PSEL (Fonds pour projets et études de l'économie électrique) nous octroyait un soutien important qui nous permettait de lancer la construction de la première machine de laboratoire, conformément à notre programme initial.

Les encouragements reçus de la part de personnes chargées de la petite hydraulique au sein de la Commission Européenne, ainsi que de divers acteurs de la branche, nous ont amenés à repenser notre projet et à envisager son extension dans le cadre du programme ENERGIE financé par l'Union Européenne et la Confédération.

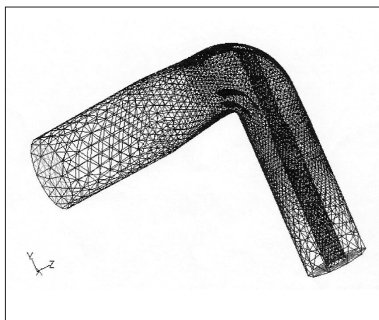
A cet effet, nous avons constitué un consortium regroupant MHyLab, THEE, constructeur de turbines français, SASSO, spécialiste du contrôle commande italien, le laboratoire de machines hydrauliques de l'EPFL, le laboratoire des écoulements géophysiques de l'Ecole nationale supérieure de mécanique et d'hydraulique de Grenoble, Romande Energie SA, producteur et distributeur d'électricité suisse et SEER, petit producteur d'électricité français.

Une proposition fut rédigée en mai 2000 et acceptée (avec un score de 40 points sur un maximum de 50) par la Commission et l'Office fédéral de l'éducation et de la science en 2001. Ceci donnait immédiatement une dimension beaucoup plus importante au projet, dont le nom choisi est désormais SEARCH LHT, pour Small Efficient Axial Reliable Compact Hydro Low Head Turbine.

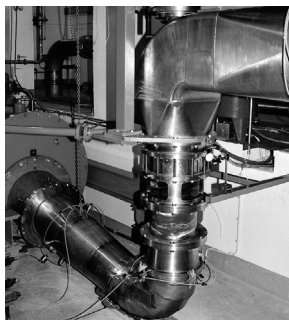
Les principaux objectifs sont de développer de manière systématique une nouvelle génération de matériel répondant aux besoins des petits aménagements hydro-électriques de type basse chute ( $H = 3$  à  $30$  m) d'une puissance inférieure à 1 MW. Le choix de la turbine s'est porté sur une turbine axiale à pales orientables en marche en fonction du débit et à distributeur fixe, le double réglage étant exclu en raison de sa complication et par conséquent de son coût. Toutefois, nos essais comprenant la recherche de l'angle optimal de la distribution, rien n'empêche, cas échéant, de proposer des turbines à distributeur mobile.



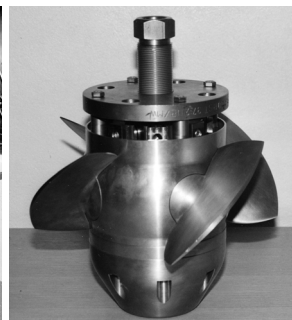
Exemple de maillage de l'ensemble distributeur-roue utilisé pour le calcul d'écoulement



Maillage du coude d'entrée à section carrée utilisé pour le calcul d'écoulement



Turbine basse chute (Kaplan) en cours de développement au laboratoire



Turbine axiale MHyLab roue Kaplan

Les machines développées entièrement en laboratoire doivent répondre aux trois critères fondamentaux de performance, simplicité et fiabilité. Le transfert à l'industrie des résultats obtenus sera validé par la mise en service de deux sites de démonstration, l'un en Suisse, propriété de Romande Energie SA, le second en France, propriété de SEER.

Le concept adopté doit permettre l'abandon du produit standard au profit du produit systématique pour un prix identique, voire inférieur, ainsi que la réduction des frais de construction et de maintenance. Le but recherché est d'augmenter la rentabilité des petits aménagements basse chute et d'optimiser l'utilisation des ressources hydraulique dans le respect des contraintes environnementales, par exemple en s'appuyant sur un concept *fish friendly*.

Peut-être est-il utile ici de rappeler que la démarche de standardisation consiste à découper le domaine d'application d'un type de turbines (dont les limites sont données par un débit et une chute maximale) en plusieurs sous domaines, à développer un nombre limité de turbines, calculées en un point précis de chaque sous-domaine, puis d'adapter avec plus ou moins de bonheur les turbines ainsi développées aux différents sites à équiper, sans connaître l'effet de ces adaptations et sans pouvoir prévoir le comportement hydraulique de ces machines.

Cette démarche est donc fondamentalement différente de la systématisation qui vise à paramétrer entièrement le profil hydraulique d'une turbine, puis à tester le comportement et les performances de celle-ci, en fonction de l'évolution des paramètres. Cette démarche étant validée par les essais en laboratoire, les lois de similitude normalisées permettent ensuite le calcul individuel de chaque nouvelle turbine en fonction des caractéristiques exactes du site à équiper et surtout la garantie des performances. Il est ainsi possible de passer d'une méthode semi-empirique à une méthode technique précise et sans risque.

**Comme nous l'avons fait pour les turbines Pelton, la gamme de toutes les petites turbines développées par MHyLab permettra à terme de proposer pour chaque site une installation correspondant exactement à ses caractéristiques, dont le fonctionnement hydraulique parfait est garanti, tout comme le sont ses performances.**

La recherche du meilleur rapport performance/coût des aménagements à basse chute nous a conduit à développer des solutions nouvelles pour la turbine. Citons, par exemple, la réalisation d'un coude *aileté* à section carrée en amont du distributeur, la simplification de la géométrie des aubes directrices, la commande simplifiée des pales de la roue motrice au moyen d'un servomoteur électromécanique, l'option d'un palier de guidage lubrifié à l'eau, l'absence de tout système nécessitant l'huile ou la graisse, l'étude de solutions d'entraînement à vitesse de rotation non synchrone des alternateurs (électronique de puissance ou adaptation mécanique), etc.

Nos partenaires industriels du projet SEARCH développent également des solutions innovantes, que ce soit dans les domaines de la mécanique, de l'électricité ou du contrôle-commande, comme, par exemple, le développement d'un système de gestion globale, modulaire et adaptative des équipements de la centrale au moyen de la technologie BUS.

**Le développement en laboratoire des petites turbines permettra de garantir un rendement mécanique de 90% au moins, quelles que soient les caractéristiques du site.**

Le travail conjoint d'un laboratoire indépendant, de deux laboratoires universitaires, de deux industriels et de deux exploitants permettra de diffuser une technique performante, simple et fiable (maintenance toutes les 100 000 heures) pour les petits aménagements hydrauliques basse chute, à un prix compatible avec les impératifs économiques propres à la branche.

De manière synthétique, les objectifs de la phase de R&D peuvent être résumés de la manière suivante:

- développer, optimiser et tester un concept systématique innovant de petits groupes hydro-électriques destinés aux aménagements à basse chute répondant aux critères de simplicité, performance et fiabilité, dans le domaine de chute compris entre 3 et 30 m, pour une puissance maximale de l'ordre de 1MW
- pré-dimensionner et optimiser les profils hydrauliques au moyen de l'analyse numérique des écoulements (méthodes Euler et Navier Stokes)
- valider les résultats obtenus par calcul en effectuant des essais en laboratoire
- développer un concept industriel sur la base des travaux réalisés en laboratoire
- développer un programme informatique permettant de livrer très rapidement les garanties de performance de la turbine (rendement et puissance mécanique en fonction des variations de débit et chute)
- développer un logiciel de dessin automatique permettant la livraison du profil hydraulique complet de la petite turbine correspondant parfaitement aux caractéristiques de l'aménagement, ceci dans un délai de quelques semaines,
- abandonner la méthode de la turbine standard au profit du design systématique sur mesure, pour un prix compatible avec les exigences du marché
- garantir le fonctionnement hydrodynamique des petites turbines comme pour les grandes installations.
- permettre une réduction des coûts de construction et d'exploitation
- mettre à disposition des constructeurs de petites turbines une technique performante sûre et garantie aujourd'hui encore financièrement inaccessible

Les objectifs de la phase de démonstration sont quant à eux de:

- assurer l'industrialisation et évaluer la fiabilité des techniques développées durant la phase de R&D
- permettre une comparaison technico-économique relativement aux solutions classiques,
- offrir une vitrine technologique faisant office de référence
- assurer une large diffusion des techniques développées

Ce programme, ainsi que les premiers résultats obtenus, ont fait l'objet d'une communication dans le cadre du congrès Hydroenergia 2002, consacré à la petite hydraulique qui s'est tenu début juillet à Mulhouse. Un article détaillé a été publié à cette occasion (en français et en anglais) et c'est bien volontiers que nous vous en ferons parvenir une copie sur simple demande de votre part.

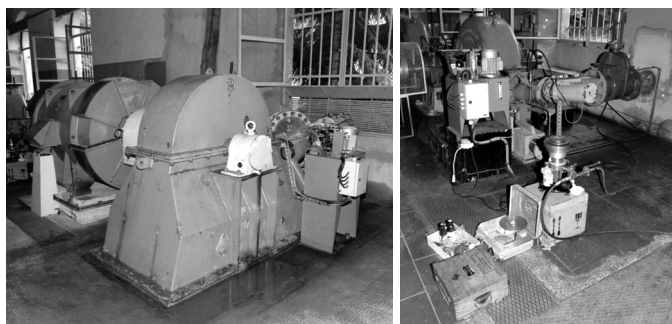
## Essais index sur site, un outil d'aide à la décision

Il n'est pas rare, dans le milieu de la petite hydro-électricité, de rencontrer des centrales anciennes dont les caractéristiques techniques ont disparu et pour lesquelles seules sont connues la production annuelle et les valeurs fixées par la concession ou le droit d'eau.

Lorsque la question d'une possible rénovation se pose, il est légitime que l'exploitant s'interroge sur l'opportunité d'une telle opération, étant entendu qu'elle nécessite l'interruption de la production durant les travaux et la mise au rebut de groupes turbo-alternateur qui assurent de bon et loyaux services depuis de nombreuses années. Si dans certains cas l'état mécanique de l'installation impose indiscutablement une solution de renouvellement, il est cependant des situations où une telle décision impose une analyse technico-économique préalable de l'aménagement, surtout si l'état général des machines est encore acceptable.

Il est donc indispensable pour l'exploitant de pouvoir disposer d'un outil d'aide à la décision quant aux travaux à entreprendre et c'est pourquoi MHyLab propose de réaliser des essais index sur site, permettant de déterminer avec suffisamment de précision les performances des groupes de la centrale.

Afin d'illustrer de manière concrète notre propos, nous décrivons ci-après le cas de la centrale de Montsapey, en Savoie,



Montsapey  
Groupe 3 (1977)

Montsapey  
Installation de mesure

pour laquelle MHyLab a effectué ce type de prestation pour le compte de la société Energimo 2 (F), filiale de Gaz et Electricité de Grenoble.

Cette centrale comporte 4 groupes Pelton. Les deux premières machines datent des années 1920 (roues refaites à l'identique dans les années 1990), les deux suivantes ayant été construites en 1977. Les turbines N° 1, 2 et 3 ont un seul injecteur et sont alimentées par la même conduite forcée.

Les essais ont montré que:

- le rendement de la conduite forcée est de 86%
- les turbines 1, 2 et 3 ont un rendement de respectivement 73.5 %, 81.7 % et 86.7 % à débit maximal

Le remplacement des trois groupes existants par des groupes modernes et bien dimensionnés permettrait d'augmenter la puissance électrique totale de 13%, ceci sans augmenter le débit nominal total actuel. La combinaison du renouvellement de l'équipement hydro-électrique avec le remplacement complet ou partiel de la conduite forcée permettrait en outre un gain supplémentaire de 7%.

La turbine No 4 (la plus puissante) possède deux injecteurs, ainsi que sa propre conduite forcée.

— Les essais ont montré que :

- le rendement de la conduite forcée est de 80%,  
la turbine a un rendement de l'ordre de 84% à pleine charge.

Comme pour les trois premiers groupes, un gain de productivité important pourrait être obtenu en changeant tout ou partie de la conduite forcée, ainsi que la turbine actuelle, ce qui, compte tenu de l'âge de l'installation, pourrait se justifier.

**Actuellement, MHyLab est équipé pour réaliser des essais sur les hautes chutes (> 60 m). En fonction de la demande, il n'est cependant pas exclu d'acquérir le matériel nécessaire à la réalisation de tels essais pour des installations présentant des chutes plus basses.**

### Retrouvez MHyLab en ligne

Présent de manière statique sur Internet depuis 1998, MHyLab effectue actuellement une refonte de son site.

Ainsi, dès le mois de septembre 2002, vous pourrez nous retrouver en ligne à l'adresse:

**[www.mhyllab.com](http://www.mhyllab.com) ou [www.mhyllab.ch](http://www.mhyllab.ch).**

Notre site vous permettra d'être régulièrement tenu au courant des derniers développements de nos projets, et de l'avancement de notre programme de recherche, ainsi que de télécharger divers documents tels qu'articles techniques, fiches de présentation de projets, listes de références, éditions antérieures d'hydroscoop, etc.

### Attention: nouvelles coordonnées téléphoniques

Afin de garantir à nos clients et partenaires un meilleur contact avec nos collaborateurs, nous avons mis en service un nouveau numéro de téléphone qui est:

	de Suisse	de l'étranger
téléphone	024 442 87 87	+ 41 24 442 87 87

Le numéro de fax et l'adresse e-mail restent inchangés:

fax	024 441 36 54	+ 41 24 441 36 54
e-mail	info@mhyllab.com	