



Our passion, your solution.



# Réhabilitation ou acquisition : L'intérêt de l'audit par un spécialiste

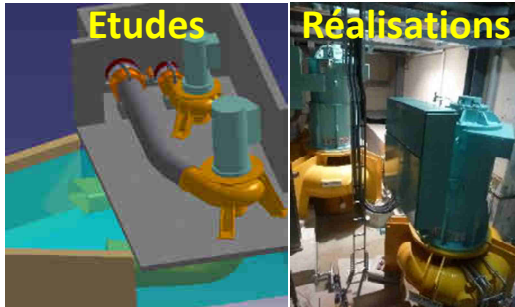
**Atelier technique**  
**Rencontres France Hydro Electricité**

**Alberto BULLANI, Vincent DENIS**

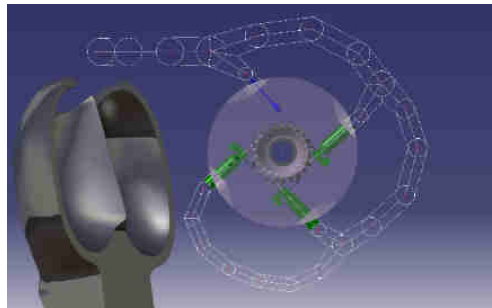
**29 juin 2022**

# mhylab en résumé

Ingénierie &  
Expertise



Profils  
hydrauliques  
de turbines



Stand d'essais  
indépendant



- mhylab : 100% petite hydraulique
- Plus de 25 ans d'expérience nationale et internationale
- 3 domaines d'activités
- Projets sur l'eau potable, les eaux usées, en rivière, réhabilitations et nouveaux sites
- Des études de potentiel à la mise en service
- Plus de 280 profils de turbine livrés (puissance cumulée de 137 MW) pour une dizaine de constructeurs en Europe et au Japon
- Des essais de qualification et développement en laboratoire pour tiers
- Synergies stand d'essais / ingénierie / terrain
- Expertises

## Réhabilitation ou acquisition d'une centrale

- Quels travaux envisager lorsqu'une rénovation/réhabilitation se profile ?
  - Rénovation des équipements existants ?
  - Remplacement à l'identique ?
  - Recherche d'un nouvel optimum ?
  - ...
  
- Acquisition d'une centrale, est-ce que le prix annoncé est le «juste» prix ?
  - Est-ce que le matériel et les infrastructures sont de qualité ?
  - Quelle est la durée de vie restante du matériel et des infrastructures ?
  - Est-ce qu'il existe un potentiel d'amélioration ?
  - ...
  
- Il n'existe pas de réponse universelle ou toute faite !

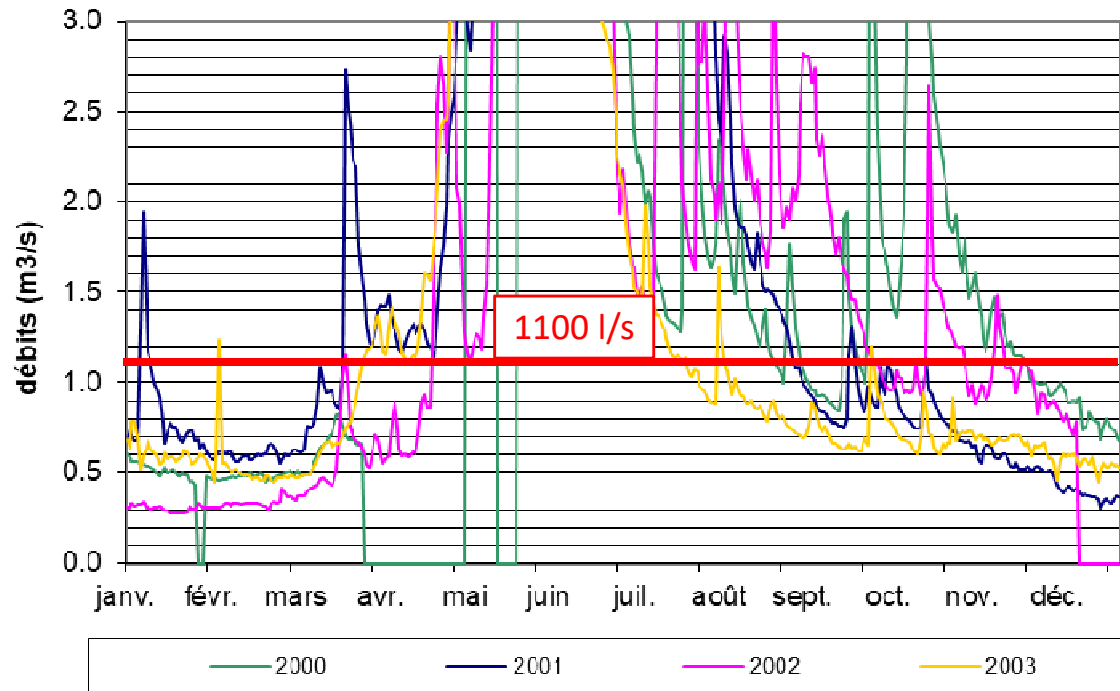
L'audit par un spécialiste permet de répondre à ces questions et de minimiser les risques financiers !



# Réhabilitation/Rénovation Cas No 1

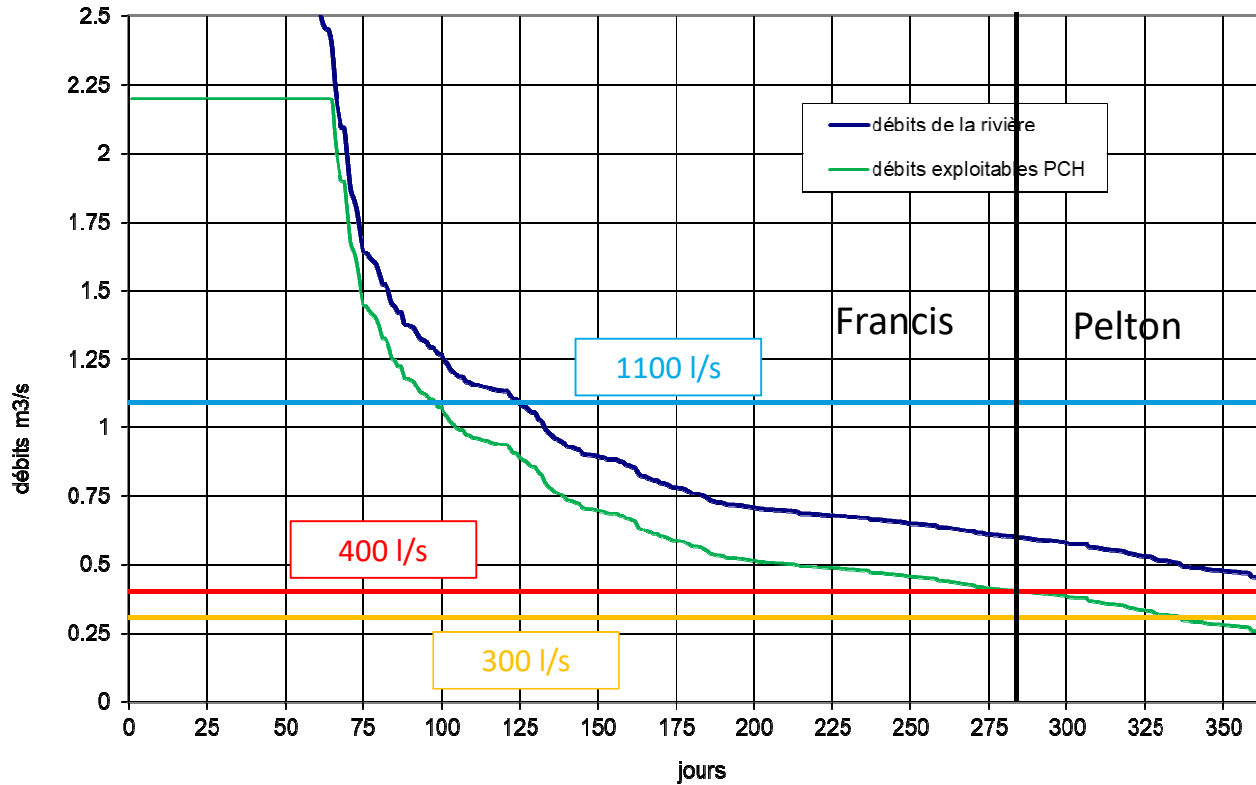
- Centrale au fil de l'eau en France
- Chute brute de 111 m
- Chute nette de 80 m (très forte perte de charge)
- Débit maximal : 2.2 m<sup>3</sup>/s
- Un groupe Francis de 1.8 MW de puissance électrique
- Production annuelle initiale : 4'700'000 kWh
  
- Motivation initiale: augmentation du débit réservé de 50 l/s à 195 l/s
  
- Idée de l'exploitant : Ajouter une petite turbine Pelton d'étiage de 300 l/s pour turbiner les bas débits devenus plus fréquents du fait de l'augmentation du débit réservé.

# Cas No 1 - Hydrologie



- Période de forts débits en été de mai à juillet – 3 mois
- Période de faibles débits d'août à avril – 9 mois
- Faibles débits régulièrement en dessous de 50% du débit nominal de la Francis (< 1.1 m³/s)
- Conduit à des périodes d'arrêt de la Francis lorsque le débit turbinable est insuffisant (< 0.40 m³/s)
- Fonctionnement instable et/ou peu performant entre 0.40 et 1.10 m³/s

# Cas No 1 - Hydrologie

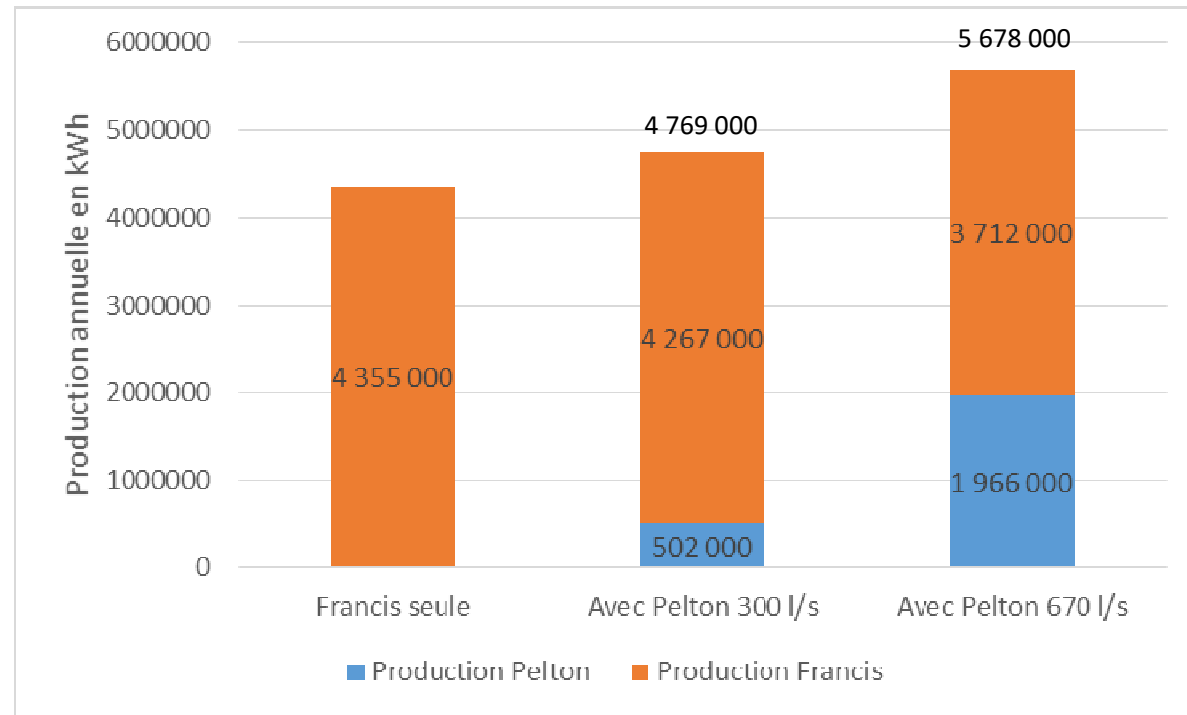


- **Limite d'exploitation Francis =>** Arrêt de la turbine environ 80 jours par an.
- Turbinage à 300 l/s environ 80 jours par an.
- Pendant 56 jours, la tranche de débit entre 300 l/s et 400 l/s est perdue pour le turbinage.
- Le fonctionnement de la Francis est instable env. 190 j/an (entre 400 l/s et 1.1 m³/s).

La solution initialement imaginée par l'exploitant **n'est pas optimale.**

## Cas No1 - Optimisation

- Recherche d'un débit pour la turbine additionnelle qui:
  - Optimise la production de la centrale et le prix de revient du kWh
  - Permette l'utilisation d'une turbine Pelton tournant au moins à 600 t/min
  - Limite le nombre d'heures de fonctionnement de la Francis dans des régimes instables
  - Limite les travaux de Génie civil
- Définition d'un débit optimal à 670 l/s
- Francis en exploitation 160 j/an
- Pelton en exploitation 205 j/an



## Cas No1 – Bénéfices de l'audit

- Francis seule : augmentation du débit réservé réduit la production de 4'700'000 kWh/an à 4'355'000 kWh/an
  - Moins d'eau pour le turbinage
  - Moins de jours de turbinage (débit minimum turbinable par la Francis atteint plus de jours par an)
  - Plus de jours de fonctionnement dans la zone de mauvais rendement de la Francis
  - Limitation des travaux de Génie civil
- Ajout d'une turbine de 300 l/s (idée initiale)
  - Permet la compensation de la perte de production due à l'augmentation du débit réservé.
- Ajout d'une turbine de 670 l/s (optimisation du projet)
  - Permet une production de 5'678'000 kWh => + 20.8 % par rapport à la production avant augmentation du  $Q_r$
  - Permet de limiter le fonctionnement de la Francis dans les zones d'instabilités (65 jours au lieu de 190) => réduction de la fatigue ( $Q_{\min} > 0.3 Q_n$ ).
  - Optimise le retour sur investissement.





## Réhabilitation/Rénovation Cas No 2

- Centrale au fil de l'eau en France
- Chute brute de 172 m
- Chute nette de 165 m
- Débit maximal : 1.4 m<sup>3</sup>/s
- Un groupe Pelton de 1.5 MW de puissance électrique
- Production annuelle moyenne avant rénovation: 6'700'000 kWh
- Motivation initiale: remplacement de la conduite forcée
- Problématique de l'exploitant : Rénover le groupe existant, le moderniser ou le remplacer ?

## Réhabilitation/Rénovation Cas No 2

- Groupe en service depuis 50 ans
- Rénovation lourde prévue avec changement de la machine électrique
- Bâti carré peu favorable et trop étriqué
- Renvoi d'eau centrale mal dimensionné
- Absence de moyen de réglage de l'alignement injecteurs - roue
- Rapport D1/B2 défavorable (environ 2.67)
- ...



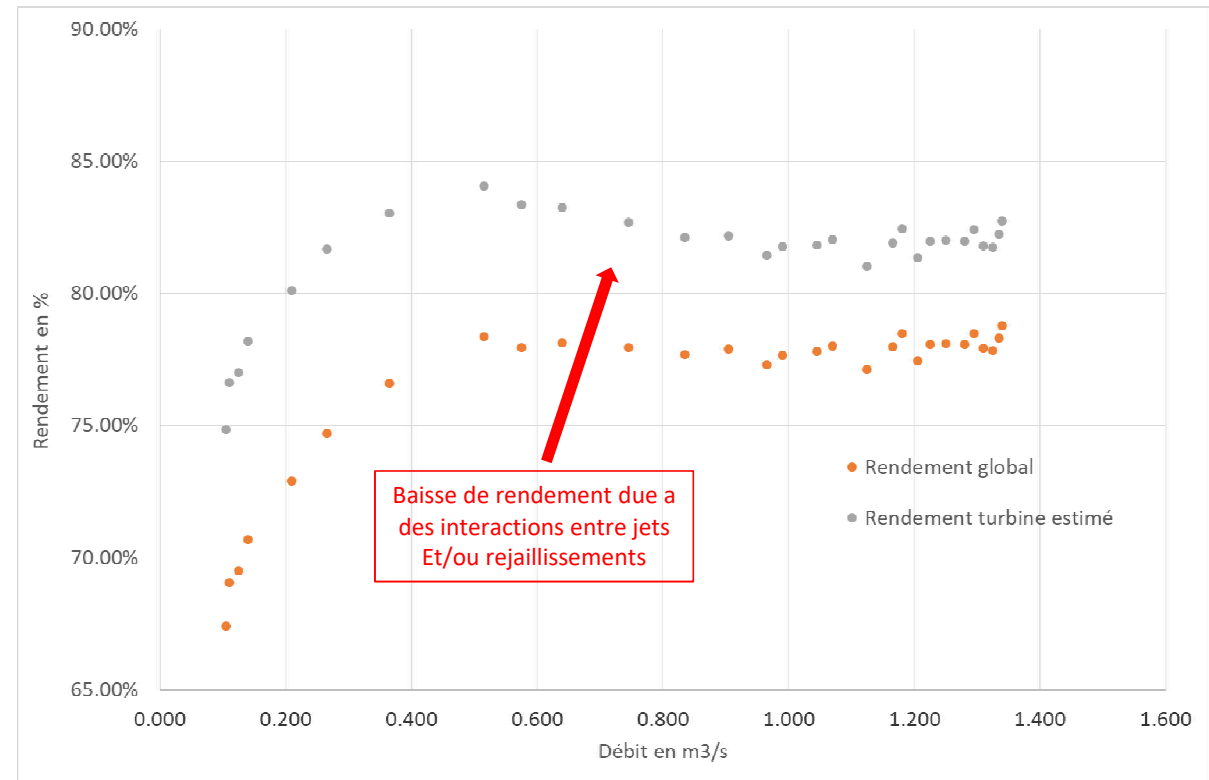
## Cas No 2 – Rénovation de la turbine existante

### ➤ Rénovation à l'identique:

- Changement de la génératrice
- Réalisation d'une nouvelle roue identique
- Démontage injecteurs, pointeaux, tuyères, déflecteurs, remplacement des pièces endommagées, sablage et peinture.
- Réparation et/ou changement des vérins de commande et changement de la centrale à huile (régulation)

### ➤ Turbine reconconditionnées mais:

- Pas d'intervention sur le génie civil
- Performances inchangées au niveau de la turbine
- Léger gain possible grâce au changement de génératrice



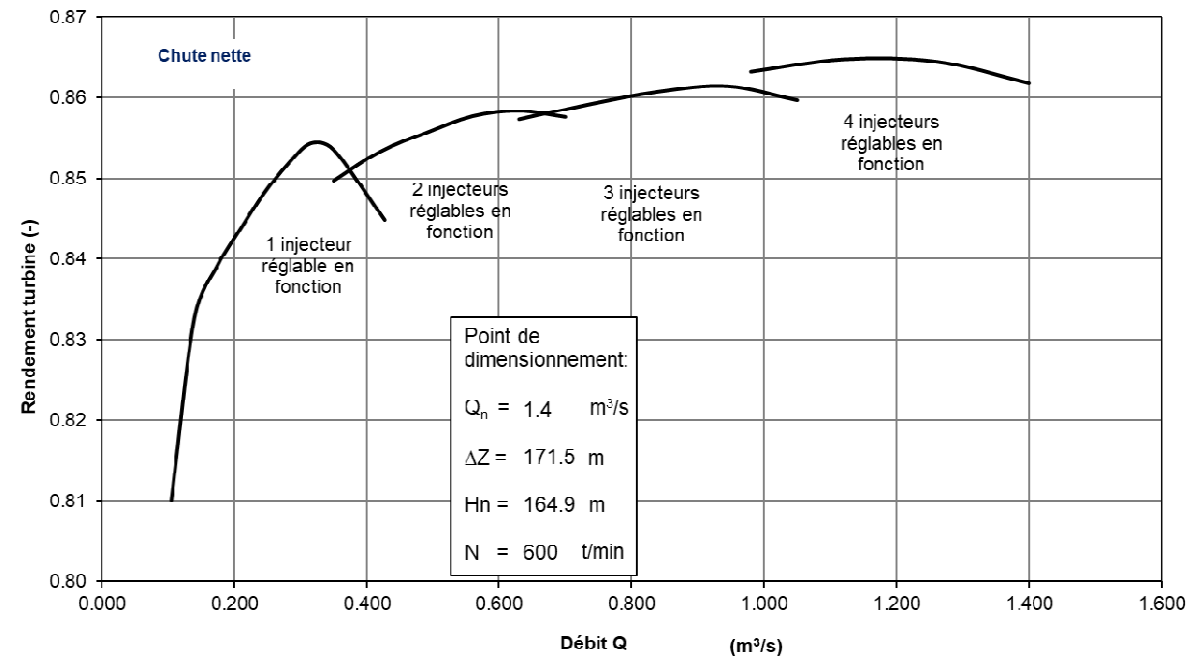
## Cas No 2 – Réhabilitation de la turbine existante

### ➤ Réhabilitation:

- Mêmes travaux de base que pour la rénovation
- Etude et conception d'une nouvelle roue
- Modification du renvoi d'eau central
- Modification de la ligne d'arbre pour ajouter une possibilité de réglage de l'alignement roue-injecteurs.

### ➤ Turbine réhabilitée:

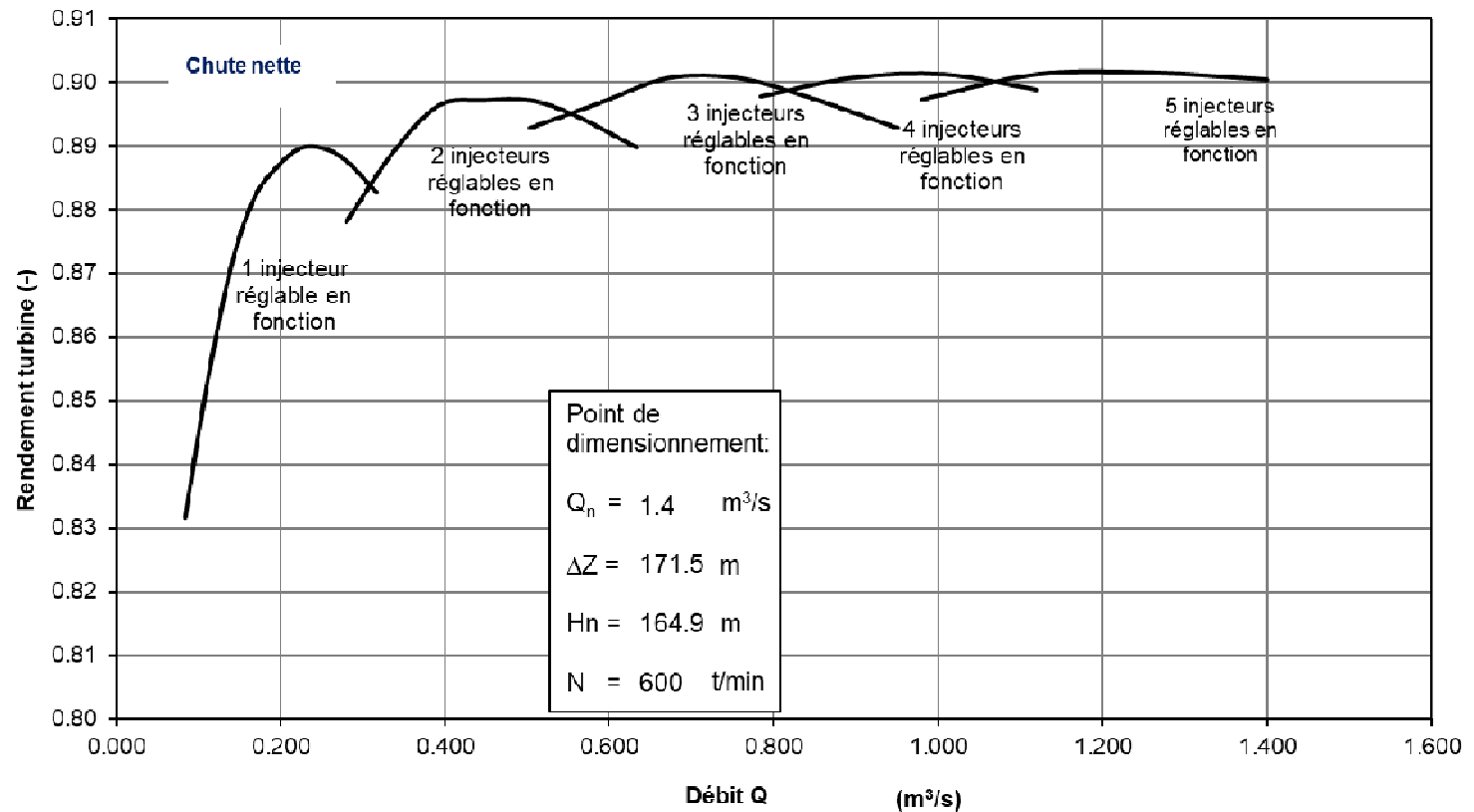
- Performances augmentées
- Pas d'intervention sur le génie civil
- Travaux lourds et coûteux
- Incertitude quand aux résultats, le bâti restant trop étriqué



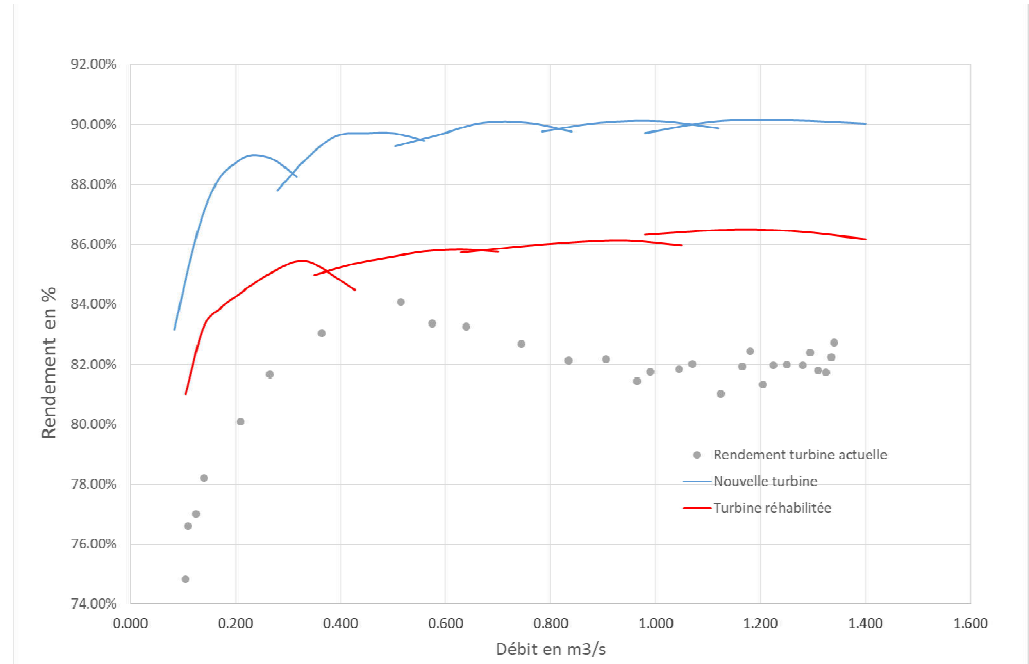
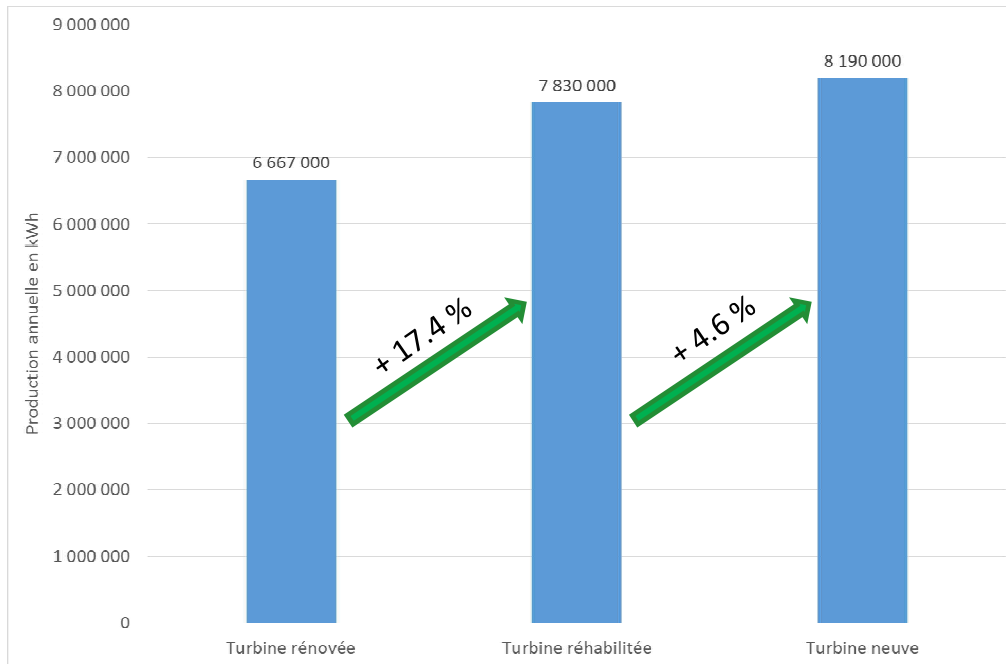
## Cas No 2 – Nouveau groupe

### ➤ Nouveau groupe:

- Performances augmentées significativement (entre 4 et 8 points de rendement en plus sur la turbine)
- Fiabilité augmentée
- Comportement hydrodynamique optimal
- Intervention sur le génie civil
- Coût du nouveau groupe



## Cas No 2 – Comparaison



- Gain substantiel de production en proposant une réhabilitation avec nouveau tracé de roue
- Gain additionnel en proposant une nouvelle machine parfaitement adaptée aux conditions du site

Sur la base de cette analyse, l'exploitant a pu réaliser ses calculs économiques et finalement opter pour la solution « machine neuve ».

## Acquisition/Fusion Cas No 3

- Centrale au fil de l'eau en Suisse
- Chute brute de 76 m
- Chute nette de 70 m
- Débit équipé: 4.1 m<sup>3</sup>/s
- Un groupe Francis de 590 kW et un groupe Francis de 1200 kW
- Production annuelle moyenne avant rénovation: 11'000'000 kWh
- Motivation initiale: Propriétaire approché par une société électrique pour intégrer sa concession dans un projet de fusion de trois sites en cascade.
- Problématique de l'exploitant :
  - Déterminer la valeur de son installation pour négocier dans le cadre du projet de fusion.
  - Déterminer dans quelle mesure son installation peut continuer à fonctionner encore 20 ans avant le renouvellement de la concession et une possible reconstruction.

# Acquisition/Fusion Cas No 3 – Prestations

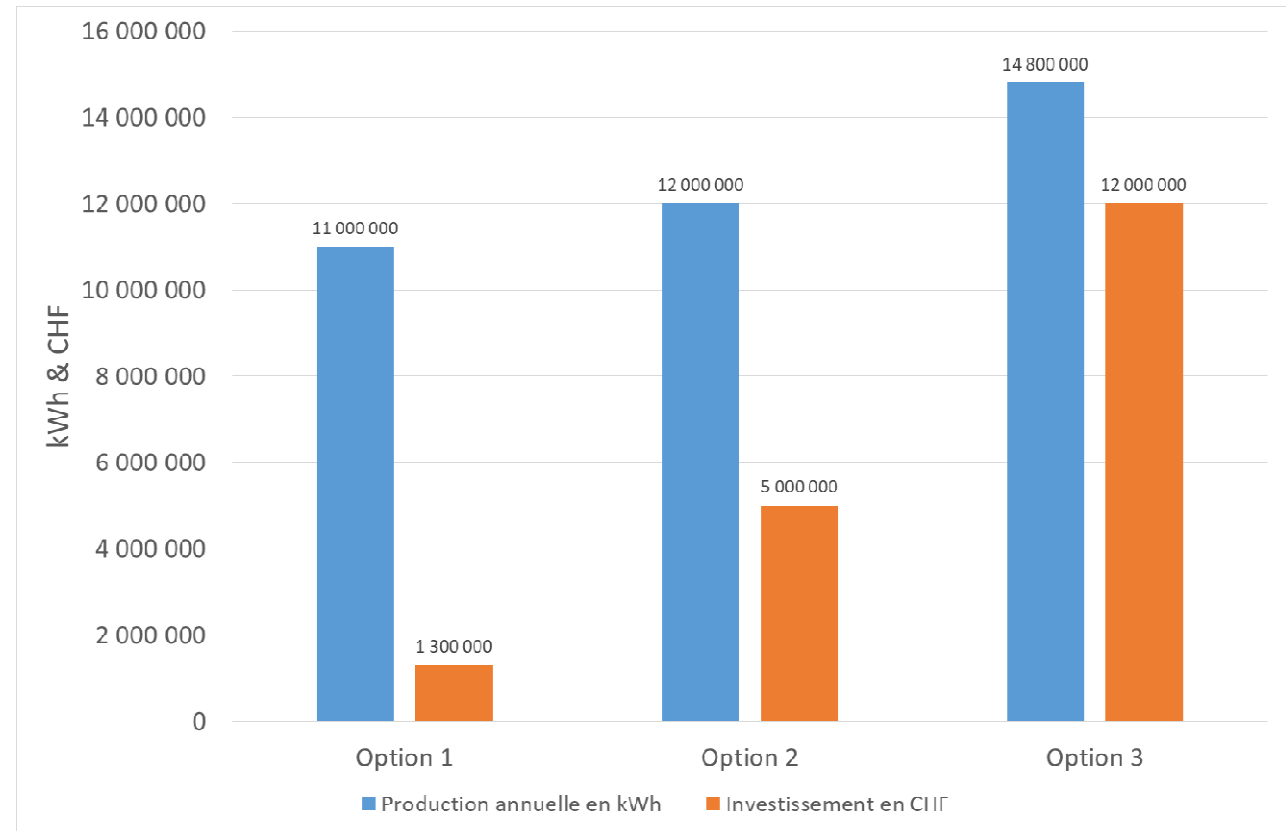
- Examen critique et objectif des infrastructures et équipements en place
  - Automatisation dégrilleur défectueux
  - Conduite forcée dans un état critique (p.ex.. multiples fuites réparées chaque année)
  - Absence de sécurité en cas d'avarie conduite par dysfonctionnement de la vanne de tête.
  - Fissurations du bâtiment de la centrale
  - Défaut d'étanchéité des vannes de garde
  - Forte dégradation du profil hydraulique des turbines
  - Fonctionnement des groupes en surcharge
  - Disparité des équipements électriques et de contrôle commande
  - Etc.





## Acquisition/Fusion Cas No 3 – Prestations

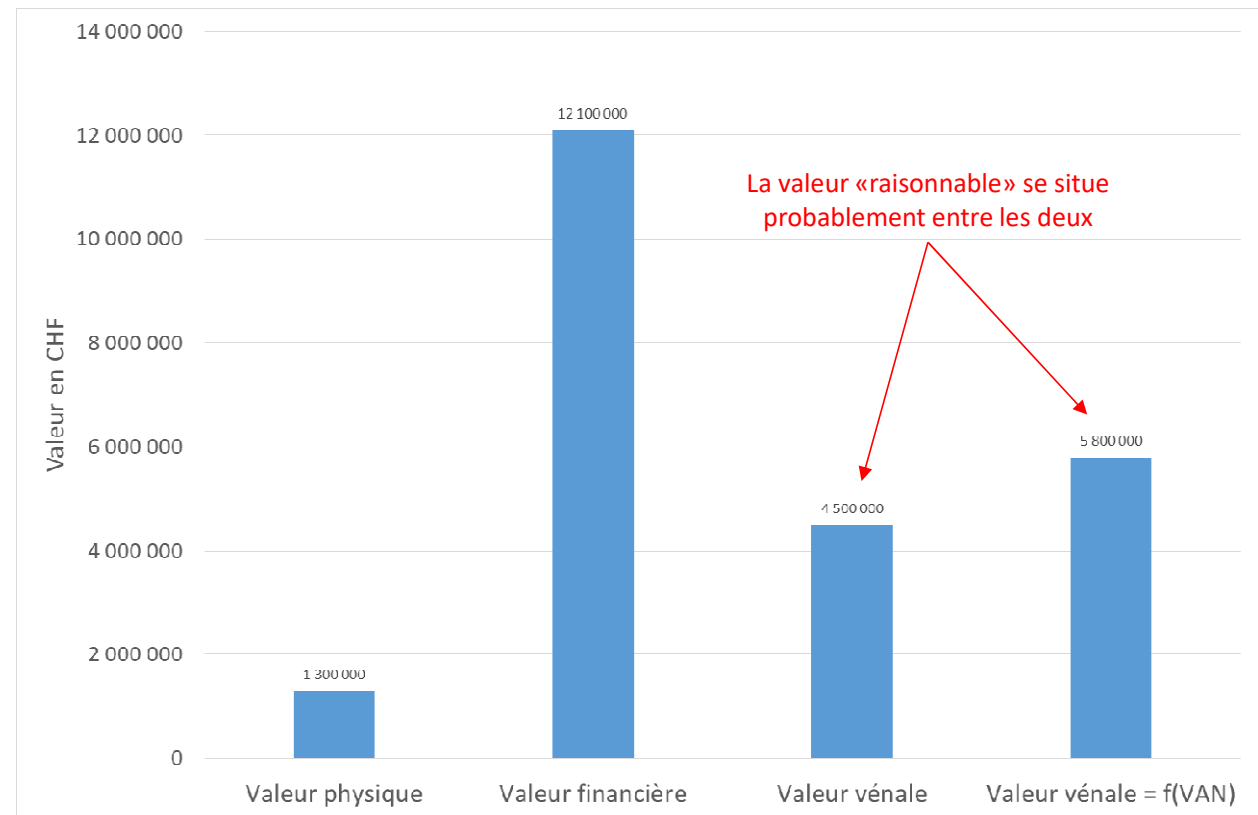
- Evaluation de la nature des travaux minimaux à prévoir à court, moyen et long terme pour assurer une exploitation correcte de l'aménagement
  - Option 1 : Effectuer un minimum de travaux échelonnés pour garantir autant que possible une exploitation jusqu'à l'échéance de la concession => 20 ans
  - Option 2 : Envisager une réhabilitation de l'aménagement dans le cadre de la concession existante => 20 ans
  - Option 3 : Réhabilitation complète et augmentation de la concession à 5.2 m<sup>3</sup>/s => 40 à 50 ans



# Acquisition/Fusion Cas No 3 – Prestations

## ➤ Evaluation de la valeur de l'aménagement

- Option 1 : Valeur physique (Calcul d'une valeur sur la base de la durée de vie résiduelle et de la valeur de reconstruction)
- Option 2 : Valeur financière (entre 8 et 12 x le CA annuel)
- Option 3 : Valeur vénale comme moyenne pondérée de la valeur physique et de la valeur financière.
- Option 4 : Valeur vénale en fonction de la valeur actualisée nette (définir l'investissement possible pour une VAN = 0)



## Acquisition/Fusion Cas No 3 – Prestations

Sur la base de ces éléments, le propriétaire de l'aménagement a :

- Finalement renoncé à monnayer son aménagement pour le fusionner avec les deux sites en aval.
- Décidé de lancer les études nécessaires à la négociation d'une nouvelle concession avec un débit plus important.
- Décidé d'effectuer le minimum de travaux sur les installations existantes pour les maintenir en exploitation à moindre coût jusqu'à la reconstruction de l'aménagement.

Le nouvel aménagement est en cours de réalisation.

## Conclusions

Ces différents exemples montrent que l'audit:

- est plus qu'une simple étude car il se base sur une analyse de terrain et des conditions locales,
- apporte un regard neutre et indépendant,
- permet de minimiser les risques techniques et économiques.

En particulier pour ce qui concerne les réhabilitations et rénovations, on constate que les solutions qui semblent a priori évidentes ou économiques ne sont pas forcément toujours les meilleures !

Dans l'ensemble des cas présentés, l'apport du spécialiste a été décisif, l'investissement consenti pour l'audit étant faible en regard des gains potentiels réalisés sur la base des conclusions et des enjeux financiers.



**Merci pour votre attention**

**Retrouvez-nous sur notre stand No 28**

+41 24 442 87 87

Mhylab, chemin du Bois Jolens 6, CH-1354 Montcherand  
Switzerland

<https://www.linkedin.com/company/mhylab/>  
[www.mhylab.com](http://www.mhylab.com)

**Vincent Denis**

**[vincent.denis@mhylab.com](mailto:vincent.denis@mhylab.com)**

**Alberto Bullani**

**[Alberto.bullani@mhylab.com](mailto:Alberto.bullani@mhylab.com)**