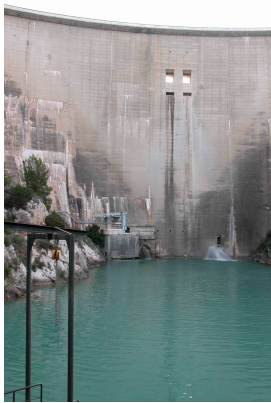


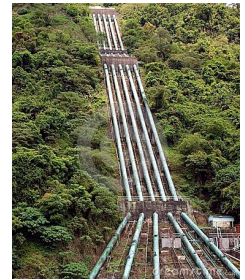
Conduite de fond de rivière

Alternative aux barrages - Transformation des moulins



Les barrages hydro-électriques ont des inconvénients importants : l'amont est noyé, la circulation fluviale est contrainte, les poissons sont contraints, les alluvions s'accumulent et sans doute le plus important, le barrage peut s'écrouler à la suite d'un séisme ou d'une action malveillante, avec d'horribles conséquences en aval. La mise en oeuvre est un immense chantier peu respectueux de l'environnement. La surveillance et l'entretien peuvent être très lourds.

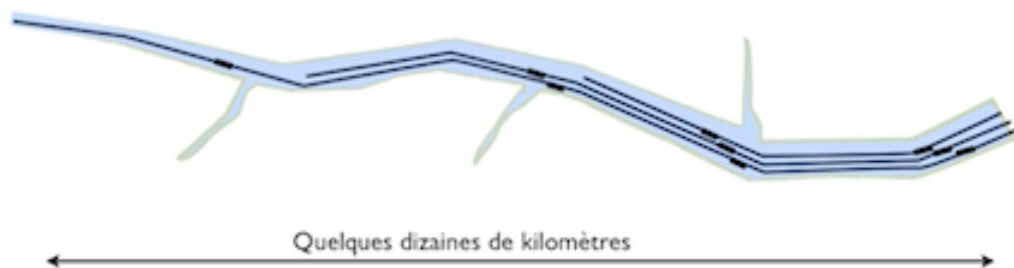
Cependant les millions de tonnes d'eau qui descendent dans les rivières et les fleuves ont une énergie potentielle proportionnelle au débit. Les conduites forcées construites en montagne ont une énergie potentielle exponentielle avec la pression due à la hauteur forcée. Ce principe réutilisable de façon généralisée tout au long de la rivière.



Au lieu de barrages ponctuels, une partie de l'eau courante est dérivée dans une conduite forcée installée dans le lit du fleuve sur plusieurs centaines de mètres ou sur des kilomètres. Au lieu d'une seule turbine assumant d'énormes pressions en extrémité de la conduite, une succession de turbines, placées sur la conduite forcée à des intervalles variables selon la pente, assurent la génération électrique et le maintien d'une pression raisonnable tout au long de l'installation. La production d'énergie hydraulique est ainsi déconcentrée, plus facile et plus acceptable de mise en oeuvre. Elle profite de la descente de l'eau sur presque toute la hauteur. Le barrage n'est plus nécessaire. Pour les moulins existants, la conduite forcée peut remplacer la chute d'eau ponctuelle et le bief peut avoir un seuil de hauteur réglable.

Le diamètre de la conduite est calculé en fonction des exigences de volume d'eau libre nécessaires pour les autres fonctions de la rivière (étiage, navigabilité, irrigation, loisir,...).

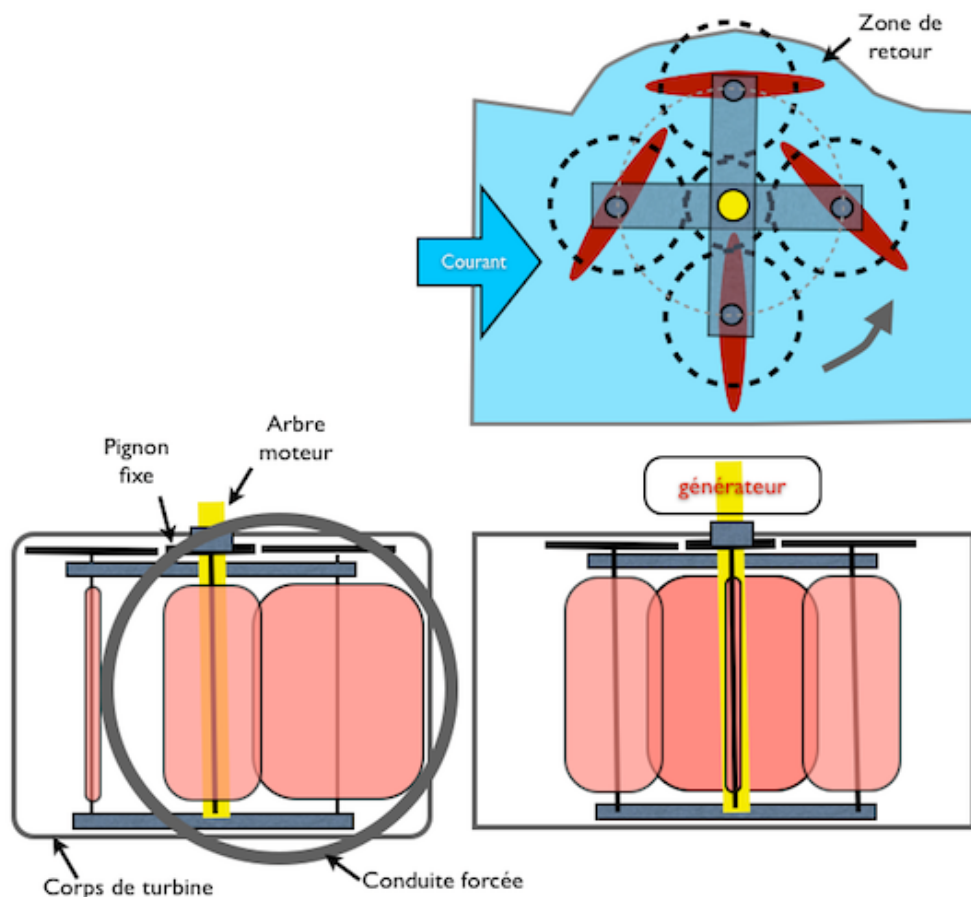
Plusieurs conduites peuvent être posées en parallèle, afin d'adapter les débits forcés aux débits d'eau libre : une seule conduite prend l'eau en amont coté source, puis une seconde conduite



plus bas, etc... Ces mises en parallèle permettent aussi de limiter le diamètre des conduites pour une meilleure résistance aux pressions et pour limiter l'engagement de la hauteur d'eau libre. Le cas échéant, le trajet d'une conduite peut court-circuiter un méandre afin d'augmenter la vitesse de l'eau forcée.

Chaque turbine a un double rôle : récupérer l'énergie potentielle de l'eau et réguler la pression dans la conduite aval. La technologie de la turbine optimise le rendement et la vitesse de rotation, sans cavitation (a priori à pression constante en amont), avec une pression quasi-nulle en sortie. La solution classique est une hélice à axe horizontal. Eventuellement une seconde hélice contra-rotative permet d'absorber l'énergie résiduelle de la première hélice.

Une autre solution plus complexe est dérivée du Rotor Lipp, à axe vertical.



La conduite forcée est constituée de cylindres droits ou cintrés, en matériau composite moins rigide que l'acier, s'emboîtant les uns dans les autres (plutôt qu'un joint circulaire avec visserie multiple). La pression de l'eau contribue à plaquer les deux parties coniques entre elles.



La

conduite se construit de l'aval vers l'amont et peut être progressivement opérationnelle. La relative souplesse du matériau composite permet de simplifier l'ancrage sur le fond. Les cylindres cintrés peuvent avoir plusieurs rayons de courbure pour dessiner un trajet le plus court possible et maximiser la pente.

En cas de problème, la prise d'eau amont peut être fermée par une vanne laissant entrer l'air à la place de l'eau. Un simple relevage de la crépine au dessus du niveau de l'eau peut assurer cette fonction. La grue peut être installée sur une barge ou sous un pont. La crépine peut aussi être solidaire de ballasts que l'on remplit d'air pour la faire émerger. La conduite se vide permettant d'intervenir et, éventuellement de changer un cylindre ou une turbine. (une procédure reste à inventer). La prise d'eau est dessinée pour maximiser le débit (la vitesse) de l'eau dans la conduite (un cône au plus profond du lit pour une pression maximale).

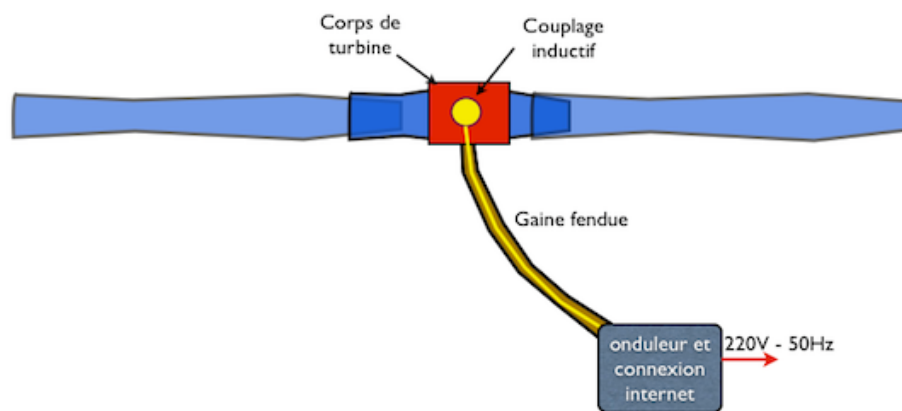
Les cylindres sont compatibles avec un transport en conteneur normalisé (12m) qui pourra être chargé directement sur la proue amovible de la barge d'installation. La proue amovible assure la navette avec le camion livreur. Elle est dupliquée : l'une achemine, l'autre sert la barge. Celle-ci possède un système de positionnement dynamique.

Une autre solution consiste à fabriquer les conduites au bord du fleuve, en amont, pour les acheminer au fil de l'eau. Les conduites peuvent alors être d'une grande longueur.

Une troisième solution est de fabriquer les conduites en continu sur une barge progressant au fur et à mesure de la mise en place.

Chaque turbine est conditionnée dans un cylindre spécifique. Le diamètre du cylindre est optimisé pour obtenir un bon rendement compte-tenu des exigences de l'installation sur toute sa longueur (diamètre du cylindre amont, pression amont et aval, cavitation, vitesse de rotation, pas de vanne de régulation,...).

Le courant électrique sort vers la berge pour être relié au réseau EdF le plus proche. Le câble chemine en gaine semi-rigide fixée en fond de rivière. La connexion sur la turbine est sans



contact, par couplage inductif. Ce système permet un branchement de sécurité et la complète indépendance du câble de sortie. La gaine possède une fente d'extraction longitudinale permettant de sortir le câble avec sa bobine d'induction.

La bobine du câble est en inclusion dans un support équipé :

- d'un limnimètre, qui vise la surface et mesure la hauteur d'eau au dessus de la turbine
- d'un courantomètre à ultrasons, qui donne les caractéristique du courant au niveau du site
- d'un thermomètre donnant la température de l'eau courante
- d'un thermomètre donnant la température du corps de turbine
- d'une mesure piézo-électrique des vibrations permet de détecter un éventuel balourd de la turbine.

Ces instruments sont alimentés par une deuxième bobine d'induction. Les mesures sont transmises par courant porteur jusqu'au raccordement EdF.

Au niveau de la connexion EdF sur la berge, le boîtier des compteurs EdF est associé à l'onduleur 220 V / 50 Hz connecté sur Internet, permettant de suivre en temps réel la production électrique, le bon fonctionnement de l'onduleur, les vibrations et une éventuelle chauffe de la turbine ainsi que les caractéristiques hydrauliques du site. Par exemple : une baisse de l'étiage impose de restituer l'eau forcée à l'eau courante ; la hausse du niveau de la rivière renseigne sur la progression d'une crue ; une augmentation de la température du corps turbine par rapport à la température de l'eau peut signifier une surchauffe de l'alternateur ; l'onduleur tombe en panne....

Les matériels dynamiques immergés sont difficilement contrôlables depuis la surface. Une production en grand nombre doit impérativement être correctement instrumentée. Les études pour une bonne intégration des capteurs devraient s'amortir sur plusieurs milliers d'équipements.

Deux solutions sont à comparer : dans un cas, la conduite immédiatement en aval d'une turbine est branchée en sortie de turbine. Dans l'autre cas, la sortie de turbine rend l'eau au fleuve, avec une nouvelle crépine pour alimenter la conduite en aval. Dans ce cas, la prise d'eau se situe juste sous la surface, augmentant le dénivelé de la hauteur d'eau libre à cet endroit. L'orifice de sortie de la conduite est évasée afin que se crée une zone de basse pression facilitant l'écoulement et le retour de l'eau dans le fleuve (ou vers l'extérieur à des fins d'irrigation ou de retenues). Les turbines peuvent aussi être placées sur terre, sur un siphon.

Sur un fleuve comme le Rhône, les 500 km entre la Suisse et la mer offre pus de 300 m de dénivelé. Avec une station tous les 20 m de dénivelé et une conduite unique de 1 m de diamètre, le Rhône pourrait produire quelque chose comme 15 fois 100 kW (je laisse les calculs théoriques aux experts). En ajoutant une conduite en parallèle à chaque station, le Rhône pourrait être équipé d'une centaine de turbines, soit 10 MW (équivalent en panneaux photovoltaïques provençaux : 40 ha).

Les conduites de 1 m de diamètre sont envisageables au-dessus de 10 m³ par seconde (environ 10% de la section), sauf étiage d'été trop faible. Des conduites de 0,20 à 0,50 m de diamètre sont envisageables pour la multitude de petites rivières.

Une turbine peut aussi s'installer seule (hors d'une conduite forcée) dans une rivière. Il est intéressant pour son propriétaire et pour la collectivité d'en connaître à distance autant son fonctionnement que les caractéristiques hydrauliques en temps réel de la rivière (étiage, inondations, arrosage,...).

On peut penser au désastre écologique du Barrage des Trois Gorges en Chine, à toute l'énergie des rivières et fleuves de France, voire à des installations marémotrices discrètes...

A quand une production discrète d'énergie des rivières ? Le Congo, le Nil, la Volta ou le Zambèze sont des gisements d'énergie renouvelable importants. Les moulins existants sur les rivières peuvent être transformés sans dommage pour l'environnement.

La solution proposée a l'avantage d'être progressive et non invasive.

