

L'hydro-électricité, une énergie d'avenir !



Xavier URSAT (X86)

Directeur Délégué de la Production et de l'Ingénierie Hydraulique d'EDF

L'équipement hydro-électrique français

L'énergie hydro-électrique est aujourd'hui de très loin la première énergie renouvelable électrique, produisant, dans le monde comme en France, plus de 80% de l'électricité renouvelable.

La France possède le premier parc hydro-électrique de l'Union Européenne et le deuxième d'Europe après la Norvège. Ses aménagements hydro-électriques sont situés sur tous les grands cours d'eau et dans tous les massifs montagneux.

L'hydro-électricité représente en France une puissance installée de 25 500 MW, soit 20 % de la puissance électrique française et une production moyenne de 69 TWh, soit environ 13% de la production totale d'électricité en France.

Les principaux opérateurs hydro-électriciens en France sont :

- EDF, avec 435 aménagements, 20000 MW et 46 TWh,
- la Compagnie Nationale du Rhône (CNR), avec 19 aménagements, 3000 MW et 16 TWh,
- la Société Hydro-électrique du Midi (SHEM), avec 800 MW et 2 TWh.

Xavier URSAT (X86)

Ancien élève de l'École Polytechnique et de l'École Nationale Supérieure des Télécommunications.

Entré à EDF en 1991, il a exercé diverses fonctions au sein de l'ingénierie hydraulique d'EDF à la Production Alpes et la Production Sud-Ouest et a contribué à des projets internationaux, notamment en Amérique du Sud.

Membre du Comité National de l'Eau français et Gouverneur du Conseil Mondial de l'Eau.

Membre du Conseil d'Administration de l'ONEMA (Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques) et du Conseil d'Administration d'EDF Énergies Nouvelles.

On compte également un très grand nombre d'exploitants de petits aménagements hydro-électriques.

Les aménagements de plus de 4,5 MW appartiennent à l'État et sont exploités dans le cadre de concessions de force hydraulique d'une durée initiale maximale de 75 ans. Ceux de puissance inférieure sont autorisés par arrêtés préfectoraux et sont propriété des opérateurs. Plus de 80% des installations sont placées sous le régime de l'autorisation, mais environ 95 % de la capacité provient des installations concédées.

On distingue essentiellement trois grands types d'aménagements hydro-électriques :

- Les aménagements de lacs, dont la réserve d'eau permet un fonctionnement à la demande selon les besoins des consommateurs d'électricité, entreprises et particuliers.



Barrage de Roselend en Savoie. Crédit Frank Oddoux

- Les Stations de Transfert d'Énergie par Pompage (STEP) constituées de deux réserves à des altitudes différentes entre lesquelles sont installées des turbines-pompes qui remontent l'eau en heures creuses pour ensuite produire aux moments de forte consommation d'électricité (fonctionnement en circuit fermé). Au nombre de six, ces STEP ont été construites par EDF et représentent, au total, une puissance de 5 000 MW.



STEP de REVIN dans les Ardennes. Crédit photo EDF/ R. AIRDIASOL

- Les aménagements dits au fil de l'eau, sans réservoir, qui produisent une électricité de base. Les principaux gisements se situent sur le Rhône (CNR) et le Rhin (EDF).

Les centrales hydro-électriques d'EDF correspondent majoritairement à des ouvrages de pointe et permettent, aux côtés des centrales nucléaires, d'éviter chaque année la consommation de 13 millions de tonnes d'hydrocarbures. Elles contribuent ainsi très fortement à la baisse des émissions de CO₂ que l'Union européenne s'est engagée à réaliser dans le cadre du protocole de Kyoto et du «paquet changement climatique», issu du Sommet des Nations Unies de Poznan du 1^{er} au 12 décembre 2008.

De plus, la production hydro-électrique française participe à l'atteinte des objectifs nationaux prévus par la directive européenne et par le Grenelle de l'environnement sur les énergies renouvelables, en vertu de laquelle 23% de l'électricité devra être produite à partir de sources d'énergie renouvelable d'ici 2020.

Les enjeux de l'hydro-électricité

Les enjeux énergétiques

Le coût de production de l'hydro-électricité en fait l'énergie renouvelable électrique la plus compétitive. Entièrement prédictible dans sa production, elle permet de produire de l'électricité en période de consommation «normale» comme en période de forte consommation. Grâce à sa réactivité, elle permet d'apporter une réponse compétitive aux brusques fluctuations de la demande en électricité.

En effet, les grands aménagements de lacs et les STEP, répartis dans une vingtaine de vallées, jouent un rôle très important dans l'équilibre et la sécurité du système électrique. Grâce à leur démarrage très rapide et à leur capacité de stockage, ils permettent de faire face à la fluctuation de la demande, aux aléas et incidents du système électrique. Ils contribuent à sécuriser les passages de pointe de consommation par grand froid, comme ce fut le cas lors de l'hiver 2011-2012.

Ainsi, lors de l'incident de réseau du samedi 4 novembre 2006, dans le nord de l'Allemagne, qui a abouti à la séparation du système interconnecté européen en deux sous-ensembles, un déficit instantané de puissance de plusieurs GW est apparu à l'ouest entraînant une baisse sensible de la fréquence. Grâce à la réactivité du pilotage du parc hydraulique français, une puissance supplémentaire de 5 GW a pu être mise à la disposition du gestionnaire de réseau de transport en moins de 20 minutes. Cette contribution décisive a permis le retour rapide aux conditions d'exploitation normales du système.

L'essentiel de ces aménagements fournit également des services systèmes contribuant à réguler la tension et la fréquence du réseau. Certains d'entre eux permettent aussi un renvoi de tension vers les centrales nucléaires françaises.

Les STEP constituent de plus, du fait du fonctionnement en circuit fermé, un dispositif de stockage d'eau et donc d'énergie très performant, et un potentiel de puissance disponible instantanément et particulièrement réactif. Les STEP de conception récente ont un rendement global (dit rendement de cycle) de l'ordre de 80%.

Les STEP stockent de l'énergie quand la demande est faible (phase de pompage) et utilisent cette énergie stockée en heures de pointe (phase de turbinage). Selon le volume de leurs réservoirs, les STEP sont de type :

- «journalier» lorsque les réservoirs stockent l'eau nécessaire à quelques heures de fonctionnement,
- «hebdomadaire» lorsqu'ils permettent quelques dizaines d'heures de pompage ou turbinage en continu.

Les opportunités de générer un revenu en effectuant des cycles de pompage-turbinage dépendent principalement de l'importance de l'écart de prix entre heures creuses et heures pleines, des volumes des réservoirs et du rendement du cycle.

L'intérêt des STEP, outre leur impact très limité sur l'environnement, sera renforcé dans les années à venir, en contribuant au besoin de stockage de l'électricité induit par le développement des nouvelles énergies renouvelables intermittentes, dont les périodes de production ne correspondent pas toujours aux périodes de consommation.

La gestion de l'eau

Les grands réservoirs hydro-électriques français représentent une capacité de stockage de 7,5 milliards de m³ d'eau, soit 75% des réserves nationales de surface. Au delà de leur rôle important pour le système électrique, les grands aménagements hydro-électriques de lacs jouent donc un rôle dans la gestion de la ressource en eau française, dans plusieurs régions.

Près d'un milliard de m³ d'eau est réservé chaque année pour d'autres usages de l'eau que la seule production électrique, afin de satisfaire les besoins en eau du pays pendant les périodes d'étiage, sur tous les cours d'eau où il existe des capacités de stockage et où les pénuries d'eau estivales vis-à-



Vue aérienne du barrage multi-usages de Serre-Ponçon sur la Duranc. Crédit EDF Julien Goldstein

vis de l'environnement ou des activités économiques, sont significatives et fréquentes. C'est le cas pour les besoins agricoles en irrigation, la sécurisation de l'approvisionnement en eau potable, la navigation fluviale, mais aussi la création de neige artificielle, le tourisme, les sports d'eau vive et autres loisirs.

Ainsi l'aménagement de la Durance a été pensé, depuis sa réalisation dans les années 50, dans une logique de multi-usage de l'eau. Pour les autres aménagements, des accords et conventions ont été conclus avec l'État, les collectivités ou les utilisateurs : irrigants, industriels, syndicats d'eau potable, professionnels du tourisme, etc.

En 2011, année très difficile sur le plan hydrologique, la gestion particulièrement anticipée et coordonnée des stocks a largement permis au pays de minimiser l'impact collectif de la rareté de la ressource en eau et a évité de sévères conflits d'usage.

Cela suppose un suivi précis de la situation hydrométéorologique, une anticipation des évolutions possibles, une modélisation et une exploitation prudente des réserves hydro-électriques tout en visant l'optimisation énergétique. La production hydro-électrique participe ainsi de manière significative à la gestion de la ressource en eau au plan national, ainsi qu'au développement économique régional. Elle contribue également au maintien de l'emploi dans les vallées.

Les enjeux environnementaux

Le contexte dans lequel s'exerce l'activité de production hydro-électrique est profondément marqué par deux aspects principaux :

- Une actualité législative et réglementaire européenne, avec la mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'Eau (D.C.E.).
- La montée des préoccupations relatives aux évolutions climatiques et à la protection des milieux aquatiques et de leur biodiversité, qui constitue désormais une priorité des politiques environnementales.

La préservation de la biodiversité et des écosystèmes aquatiques est une préoccupation grandissante, autour de deux thématiques principales : l'impact des aménagements sur les écosystèmes et la gestion du transit sédimentaire.

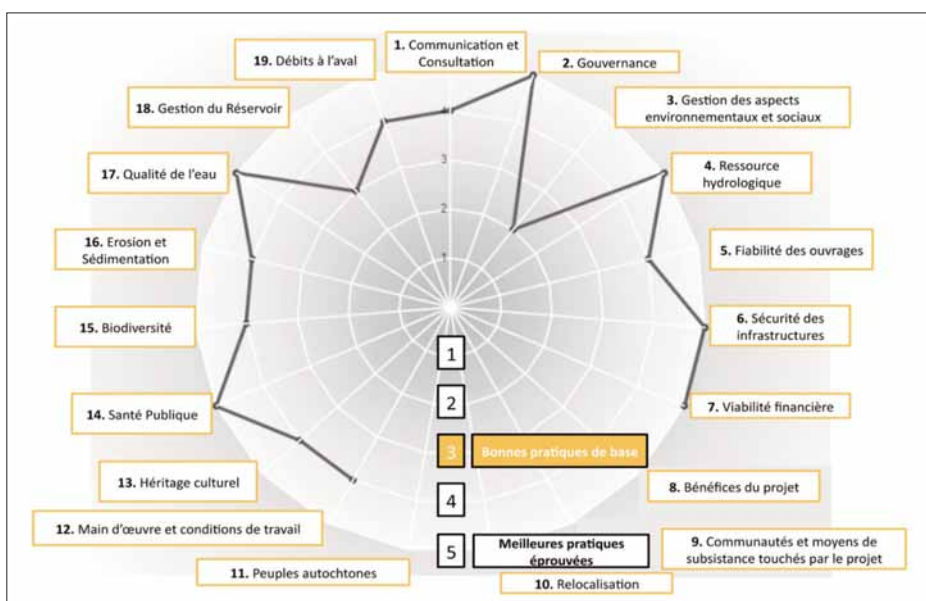
- De nombreux travaux sont en cours pour mieux caractériser l'impact des aménagements sur les écosystèmes, définir les solutions techniques améliorant les impacts des installations hydro-électriques sur les habitats et rechercher les meilleures modalités de rétablissement de la continuité écologique (notamment sous un angle coût-bénéfice environnemental).
- La question du transport solide revêt également une importance fondamentale dans la morphologie des cours d'eau et la compréhension des fonctionnalités des milieux. Les questions se posent à deux échelles : une échelle locale (l'aménagement) où il s'agit de déterminer les modalités de gestion optimale des nouveaux écosystèmes créés et une échelle globale (le bassin versant ou la vallée) où il s'agit de rechercher les meilleures solutions de réduction des effets des opérations de vidanges et des chasses sur les écosystèmes aval, ainsi que les modalités permettant de pallier la réduction des apports et la fragmentation du transport solide.

En 2010, l'État, les principaux exploitants hydro-électriques et plusieurs associations de protection de l'environnement ont signé une «Convention d'engagements pour le développement d'une hydro-électricité durable». Elle vise en particulier le développement partagé d'une connaissance approfondie des impacts des aménagements hydro-électriques sur les écosystèmes et la compréhension fine des mécanismes à l'œuvre, qui permettront l'élaboration de solutions acceptées par tous et mises en œuvre dans des aménagements à haute qualité environnementale.

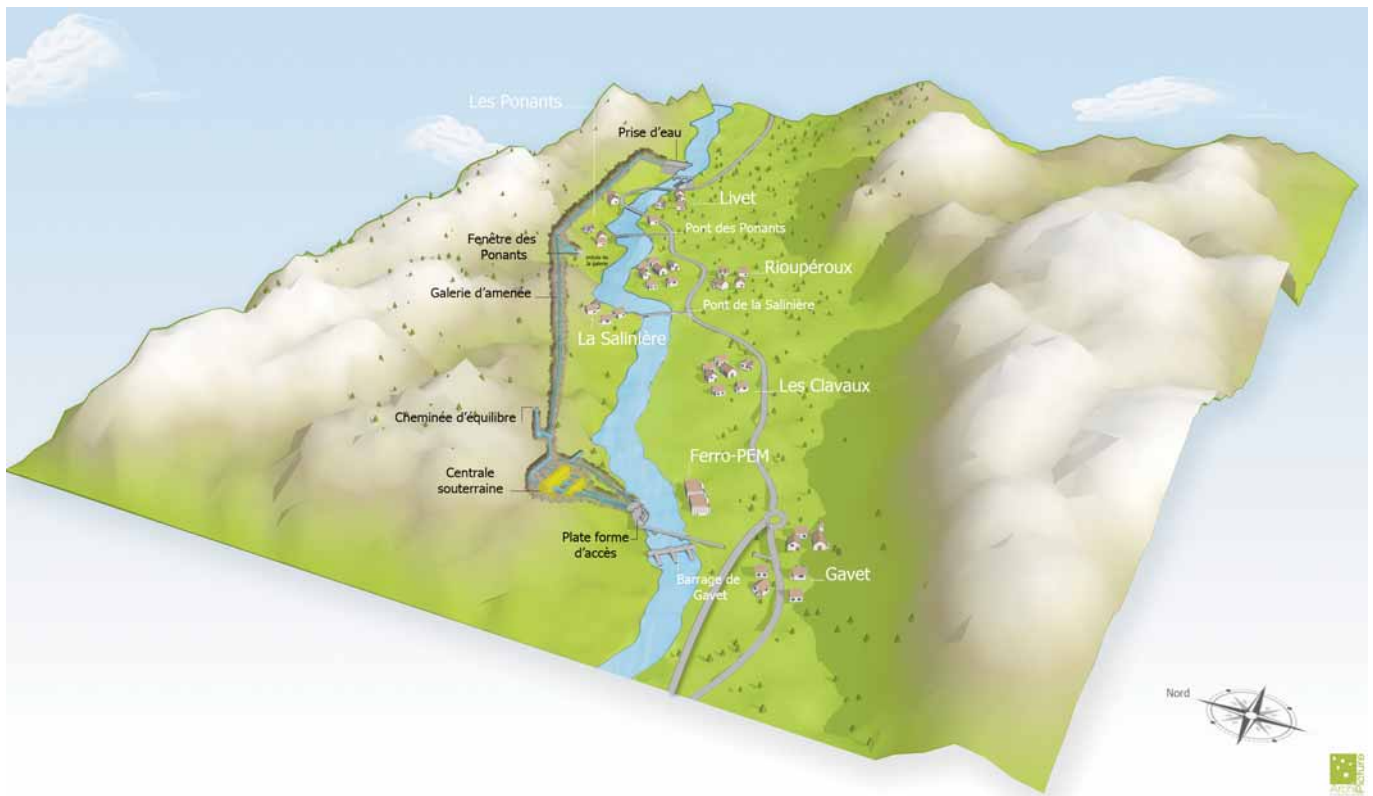
Le développement d'une hydro-électricité durable

Afin de favoriser le développement d'une hydro-électricité durable, les principaux producteurs, réunis au plan international dans l'IHA (International Hydropower Association) ont élaboré un Protocole d'évaluation du profil de durabilité d'un projet hydro-électrique, en évaluant ses performances au regard des aspects importants pour le développement durable. Ce système de notation des performances pour chaque thème offre également l'opportunité de favoriser une amélioration structurée et continue.

La figure ci-contre présente un profil de durabilité d'un aménagement hydro-électrique, à titre illustratif. Les évaluations se basent sur des preuves tangibles, à savoir des élé-



Exemple de profil de durabilité d'un aménagement hydro-électrique



L'aménagement Romanche-Gavet

ments factuels, reproductibles, objectifs et vérifiables, pour justifier les notes attribuées pour chaque thème.

Les résultats des évaluations peuvent être utilisés pour apporter des éléments d'information dans le cadre d'une prise de décision, établir un ordre de priorités des travaux à réaliser et/ou faciliter le dialogue avec les parties prenantes.

Le développement en France

Même si le potentiel hydro-électrique français est déjà bien exploité, des projets de développement peuvent encore être conçus. En 2011, une étude menée par l'Union Française de l'Électricité a évalué à environ 11 TWh le potentiel résiduel non exploité (avant évaluation de la faisabilité économique ou environnementale des projets).

Des projets ont déjà débuté. Ainsi, les investissements actuellement engagés par EDF pour le développement de l'hydro-électricité en France s'élèvent à un montant total de 600 M€. Ils représentent une augmentation de la production annuelle de 570 GWh et une augmentation de la puissance installée de 315 MW.

L'illustration la plus significative est le lancement, en 2011, du plus gros chantier hydro-électrique actuellement développé en France : Romanche-Gavet, situé sur la basse vallée de la Romanche à une trentaine de kilomètres à l'amont de Grenoble. Cet aménagement consiste à remplacer six centrales anciennes par une seule usine souterraine, plus performante et mieux intégrée à son environnement. Équipée de deux turbines de 47 MW chacune, alimentée par une galerie de plus de 9 km creusée dans le massif de Belledonne, cette nouvelle usine va permettre de produire 560 GWh/an, soit 160 GWh de plus chaque année que les six aménagements actuels.

La mise en service de ce nouvel aménagement est prévue pour 2017. Elle améliorera de manière très significative l'impact environnemental de la production hydro-électrique dans la vallée de la Romanche, avec le rétablissement de la continuité écologique sur plus de 30 km supplémentaires.

Enfin, la France possède plusieurs sites favorables au développement de nouvelles STEP, dans les Alpes, les Pyrénées et le Massif-Central. En revanche, à l'heure actuelle, le cadre réglementaire et le poids de la fiscalité rendent délicat le lancement d'un nouveau projet. ■