

Fonctionnement technique d'un central hydroélectrique

Les **centrales hydrauliques** sont constituées de 2 principales unités:

- une retenue ou une prise d'eau (dans le cas des centrales au fil de l'eau) qui permet de créer une chute d'eau, avec généralement un réservoir de stockage afin que la centrale continue de fonctionner, même en période de basses eaux. Un canal de dérivation creusé peut permettre de dériver latéralement l'excédent d'eau arrivant vers un étang de barrage. Un évacuateur de crues permet de faire passer les crues de la rivière sans danger pour les ouvrages ;
- la centrale, appelée aussi usine, qui permet d'utiliser la chute d'eau afin d'actionner les turbines puis d'entraîner un alternateur.

Les barrages

- les plus fréquents, de loin, sont les barrages en remblai de terre ou d'enrochements obtenus en carrière par abattage à l'explosif. L'étanchéité est centrale (en argile ou en béton bitumineux) ou sur la surface amont (en béton de ciment ou en béton bitumineux). Ce type de barrage s'adapte à des géologies très variées;
- les barrages poids construits d'abord en maçonnerie, puis en béton puis plus récemment en béton compacté au rouleau BCR) qui permet d'importantes économies de temps et d'argent. Le rocher de fondation doit être de bonne qualité;
- les barrages voutes en béton adaptés aux vallées relativement étroites et dont les rives sont constituées de rocher de bonne qualité. La subtilité de leurs formes permet de diminuer la quantité de béton et de réaliser des barrages économiques;
- les barrages à voutes multiples et à contreforts ne sont plus construits. Les barrages poids en BCR les remplacent.

Les turbines

Les centrales sont équipées de turbines qui transforment l'énergie du flux d'eau en une rotation mécanique de façon à actionner des alternateurs.

Le type de turbine utilisé dépend de la hauteur de la chute d'eau:

- pour les très faibles hauteurs de chute (1 à 30 mètres), des turbines à bulbe peuvent être utilisées;
- pour les faibles chutes (5 à 50 mètres) et les débits importants, la turbine Kaplan est privilégiée: ses pales sont orientables ce qui permet d'ajuster la puissance de la turbine à la hauteur de chute en conservant un bon rendement;
- la turbine Francis est utilisée pour les moyennes chutes (40 à 600 mètres) et moyen débit. L'eau entre par la périphérie des pales et est évacuée en leur centre;
- la turbine Pelton est adaptée aux hautes chutes (200 à 1 800 mètres) et faible débit. Elle reçoit l'eau sous très haute pression par l'intermédiaire d'un injecteur (impact dynamique de l'eau sur l'auget).

Pour les petites centrales hydroélectriques, des turbines à prix bas (et dont le rendement est moins bon) et de concepts simples facilitent l'installation de petites unités.

Enjeux par rapport à l'énergie

Rentabilité et prévisibilité de la production

La construction de barrages est caractérisée par des investissements d'autant plus élevés que la hauteur de chute est importante et que la vallée est large. Ces dépenses d'investissements diffèrent fortement selon les

caractéristiques de l'aménagement et les dépenses annexes liées aux contraintes sociales et environnementales, en particulier le coût des terrains expropriés. Les avantages économiques liés à la capacité de modulation de la production d'électricité permettent de rentabiliser ces investissements car la ressource hydraulique est gratuite et les frais d'entretien sont réduits.

L'énergie hydraulique permet de répondre aux besoins d'ajustement de la production électrique, notamment en stockant de l'eau dans de grands réservoirs au moyen de barrages ou de digues. Les fluctuations annuelles de la production hydraulique sont cependant importantes. Elles sont essentiellement liées aux précipitations. La production peut croître de 15% les années où la ressource hydraulique est forte et diminuer de 30% les années de grande sécheresse.

Impact social et environnemental

Il est parfois reproché à l'énergie hydraulique d'engendrer des déplacements de population, les rivières et les fleuves étant des lieux privilégiés pour installer des habitations.

Unités de mesure et chiffres clés

Mesure de la puissance hydroélectrique

La puissance d'une centrale hydraulique peut se calculer par la formule suivante:

$$P = Q \cdot \rho \cdot H \cdot g \cdot r$$

Avec:

- P : puissance (exprimée en W);
- Q : débit moyen mesuré en mètres cube par seconde ;
- ρ : masse volumique de l'eau, soit 1 000 kg/m³ ;
- H : hauteur de chute en mètres ;
- g : constante de gravité, soit près de 9,8 (m/s²) ;
- r : rendement de la centrale (compris entre 0,6 et 0,9)

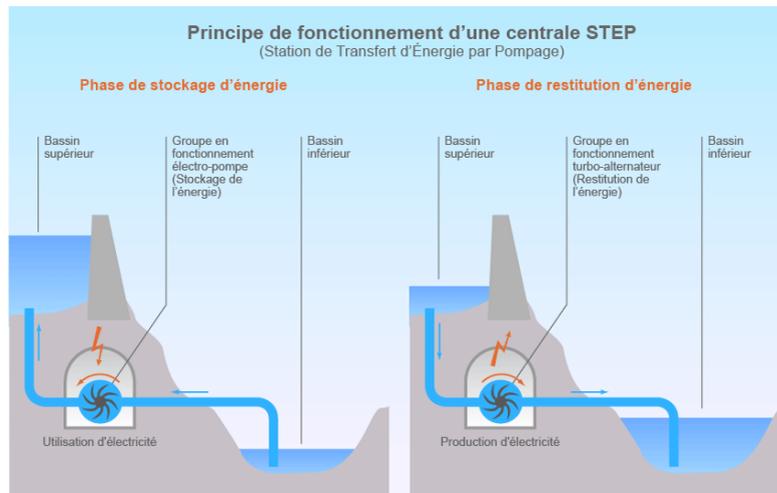
Hydroélectricité : stations de transfert d'énergie par pompage (STEP)



Fonctionnement technique ou scientifique

Deux phases : stockage et production

Une STEP est composée d'un bassin supérieur avec une retenue d'eau et d'un bassin inférieur entre lesquels est placé un groupe hydroélectrique réversible, dit « synchrone ». Ce dernier peut fonctionner comme un ensemble pompe-moteur ou turbine-alternateur. En mode pompe-moteur, il consomme de l'électricité pour pomper l'eau du bassin inférieur vers le bassin supérieur. En mode turbine-alternateur, il produit de l'électricité lors du transfert d'eau du bassin supérieur vers le bassin inférieur.



Il existe deux sous-catégories de STEP:

- **les STEP « pures »** fonctionnant en circuit fermé avec un apport extérieur d'eau nul ou négligeable ;
- **les STEP « mixtes »** qui reçoivent des flux naturels d'eau provenant de l'extérieur. Les deux bassins sont alors situés sur un cours d'eau (délimités par des barrages) ou parallèlement à celui-ci. Ils peuvent pomper et turbiner 4 à 5 fois un volume d'eau avant de le restituer au cours d'eau dont il provient.

Identification de sites et maintenance des installations

- Les STEP sont des aménagements de grande ampleur qui requièrent des investissements importants. Elles doivent être implantées dans des zones offrant des différences de relief significatives entre les deux bassins. La densité énergétique (énergie par unité de volume) de ces systèmes est relativement faible: 1 m^3 d'eau à une altitude de 100 m a une énergie potentielle de 0,272 kWh. Les STEP doivent donc utiliser de très importants volumes d'eau pour produire une quantité significative d'énergie. Dans les faits, elles sont privilégiées en montagne mais de nouveaux projets sont actuellement envisagés en bord de littoral («STEP marines») et entre des bassins souterrains. Pour qu'un projet de STEP marine soit intéressant, il faut trouver une dénivellée côtière d'une centaine de mètres de hauteur à proximité de la mer. Il faut également que le site ne soit pas protégé par la loi littoral.

- Les STEP disposent d'une bonne durée de vie, supérieure à 40 ans. Toutefois, le nombre important de sollicitations de ces installations entraîne une usure plus rapide de certains matériaux (joints, transformateurs, etc.). La fiabilité du démarrage de ces installations est essentielle lors des pics de consommation et une attention particulière est donc portée à la maintenance de ces ouvrages. Le temps de réaction des STEP dépend de l'état de la turbine à l'instant de la demande. Si la turbine tourne sans charge, ce temps est de quelques dizaines de secondes. Si la turbine est à l'arrêt, il faut quelques minutes pour la lancer et la connecter au réseau. Si la turbine est dans l'air car la bêche spirale a été vidée pour différentes raisons, un temps supplémentaire est nécessaire pour la remplir.