



# L'ÉNERGIE HYDRAULIQUE, TOUTE LA SOUPLESSE DE L'EAU

Exploitée sur le territoire français depuis la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, l'énergie hydraulique est aujourd'hui une composante essentielle du parc de production d'électricité d'EDF. L'hydraulique, première des énergies renouvelables au monde, se distingue par sa souplesse d'utilisation, ses atouts écologiques et économiques.

**4** centres de commande

**250** barrages

**44** milliards de kWh produits par an

**9%** de la production d'EDF

## Propre

L'énergie hydraulique est l'une des réponses à l'effet de serre.

Avec les énergies nucléaire et hydraulique, 95% de la production d'électricité d'EDF n'émet pas de CO<sub>2</sub>.

## Souple et rapide

Grâce à la réserve d'eau stockée par les barrages, une centrale hydraulique à l'arrêt peut, en quelques minutes, atteindre sa puissance maximale et ajuster ainsi la production aux brusques variations de la demande d'électricité.



**Hydraulique**



Une puissance installée de 20 GW

## Compétitive

L'énergie hydraulique est la plus compétitive des énergies renouvelables grâce à l'optimisation de son potentiel sur le territoire et à son développement industriel mature.

# COMMENT ÇA MARCHE ?

Comme les ancestrales roues à aubes entraînées par le débit d'un cours d'eau, les turbines des centrales hydroélectriques sont activées par la force de l'eau passant d'un niveau supérieur à un niveau inférieur. Plus la hauteur de la chute d'eau et le débit sont importants, plus la puissance électrique sera élevée. Chaque ouvrage hydraulique est donc adapté à la typologie des lieux pour atteindre un rendement optimal.



## A chaque situation, une solution

L'hydroélectricité est produite dans des usines appelées centrales hydrauliques qui fonctionnent, le plus souvent en association avec des barrages, en dérivant l'écoulement naturel de l'eau. Il existe une grande diversité d'aménagements hydroélectriques en fonction de leur situation géographique, du type de cours d'eau, de la hauteur de la chute, de la nature du barrage et de sa situation par rapport à l'usine de production électrique.

### L'hydroélectricité au fil de l'eau

Ces aménagements sont situés sur de grands fleuves ou de grandes rivières à fort débit. Le barrage ne retient pas l'eau qui s'écoule librement. L'électricité est produite en temps réel, au fil de l'eau.



### L'hydroélectricité dite de lac

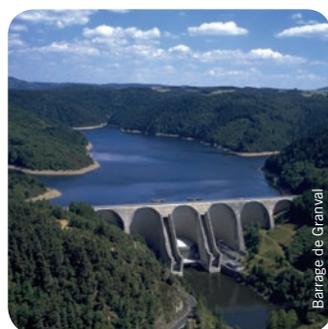
Ces aménagements sont implantés sur les cours d'eau à pente forte, dans les régions de moyenne ou de haute montagne. La chute d'eau va de plusieurs dizaines à plusieurs centaines de mètres. Le dénivelé est important entre le barrage qui retient l'eau et l'usine. Le lac de retenue est alimenté par les torrents, la fonte des neiges et des glaciers, les pluies du printemps.

#### Quelle est la plus grande hauteur de chute ?

C'est celle de Portillon en Haute-Garonne avec 1420 m.

#### Quelle est le barrage le plus haut ?

C'est celui de Tignes en Savoie avec 180 m.



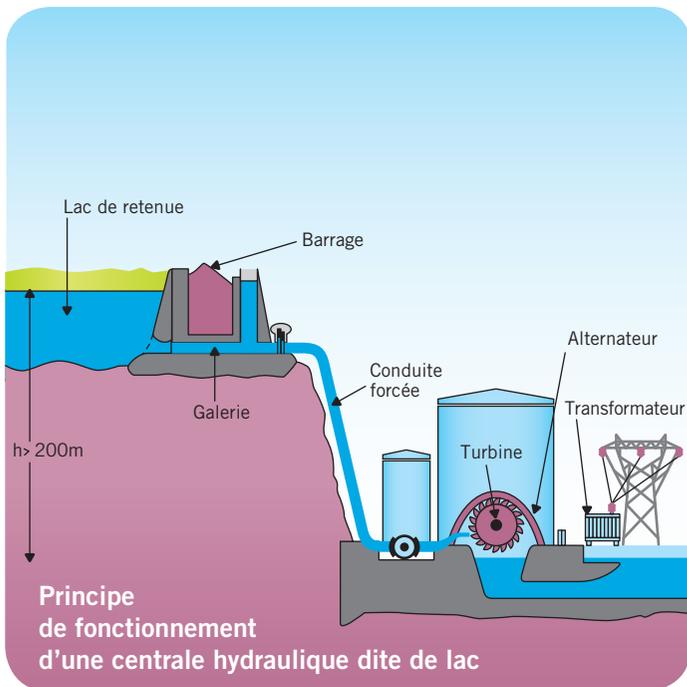
### L'usine marémotrice de la Rance

La centrale de la Rance est la seule au monde à produire, à partir de la force de la marée, de l'électricité de façon industrielle. Située à proximité de Saint-Malo, elle occupe l'estuaire de la Rance sur 700 mètres de large. Son principe de fonctionnement repose sur l'utilisation de la force du courant créée par l'amplitude des marées.

### Les STEP

Une Station de Transfert d'Énergie par Pompage (STEP) fonctionne en circuit fermé. Son principe repose sur une double retenue d'eau : l'eau du bassin supérieur situé en amont est turbinée aux heures de très forte consommation, puis recueillie dans une retenue en aval. Aux heures de faible consommation, l'eau est pompée et remontée dans la retenue en amont. Le stock d'énergie potentielle est ainsi reconstitué indéfiniment.





## Le fonctionnement d'une centrale hydraulique

- 1 Le barrage retient l'écoulement naturel de l'eau. De grandes quantités d'eau s'accumulent et forment un lac de retenue.
- 2 Lorsque l'eau est stockée, il suffit d'ouvrir des vannes pour amorcer le cycle de production d'électricité. Suivant l'installation, l'eau s'engouffre alors dans une conduite forcée ou dans une galerie creusée dans la roche, et se dirige vers la centrale hydraulique située en contrebas.
- 3 A la sortie de la conduite, la force de l'eau entraîne la rotation de la turbine.
- 4 La turbine entraîne l'alternateur, qui produit de l'électricité.
- 5 Un transformateur élève alors la tension du courant produit par l'alternateur pour qu'elle puisse être plus facilement transportée dans les lignes à haute et très haute tension.
- 6 L'eau turbinée rejoint la rivière par le canal de fuite.

### Stocker l'eau, c'est stocker l'énergie

L'électricité n'est pas stockable en grande quantité. En revanche, l'eau peut être conservée dans des réservoirs (lacs) avant d'être turbinée pour les besoins de la production d'électricité. Ainsi, les réserves d'eau des barrages reconstituées après la fonte des neiges et les pluies du printemps servent à satisfaire la demande en électricité l'hiver et sont régulièrement sollicitées pour répondre aux hausses de consommation des clients constatées à certaines heures de la journée. Ces retenues d'eau constituent de véritables réserves, indispensables à la régulation du système de production d'électricité.



### Où se trouvent les plus grandes réserves d'eau ?

- à **Serre-Ponçon** dans les Hautes-Alpes avec **1,2 milliards** de m<sup>3</sup> d'eau
- à **Petit-Saut** en Guyane avec **3,5 milliards** de m<sup>3</sup> d'eau

### Le Poste Hydraulique de Vallée, tour de commande de l'hydraulique

Le fonctionnement de la plupart des centrales hydrauliques de France est automatisé. Chaque centrale se met en marche selon un programme précis de fonctionnement.

Une centaine de ces centrales, les plus importantes, est pilotée par l'un des quatre Postes Hydrauliques de Vallée (PHV), installés en région. 24h sur 24h et 365 jours par an, les « pilotes » des PHV de Lyon, Toulouse, St Tulle et de Kembs, sont à l'écoute des besoins du réseau national d'électricité et commandent à distance les installations pour que la production réponde encore plus vite aux pointes de la consommation, quelles que soient la saison ou l'heure.



### Besoin d'en savoir plus ?

L'information pratique et pédagogique sur l'énergie hydraulique et les centrales EDF est disponible sur [www.edf.com](http://www.edf.com).

De plus, des espaces d'accueil et des musées, le plus souvent situés près des barrages et des centrales, sont à la disposition du public pour faire découvrir la production d'électricité à partir de l'énergie hydraulique, ainsi que toutes les autres activités du Producteur EDF.



# UN BIEN COLLECTIF A PRÉSERVER

Depuis 1946, la production des centrales hydrauliques a été multipliée par six. Pour extraire 44 milliards de kilowattheures chaque année à partir de la seule force de l'eau, le premier impératif est d'avoir de l'eau, beaucoup d'eau. Cette eau, stockée dans les retenues des barrages, permet bien plus que la production d'électricité. Pour qu'elle puisse être utile à tous, pêcheurs comme agriculteurs, industriels comme vacanciers, sa gestion doit être optimisée, tout au long des saisons.

## L'eau en France

En France, les ressources naturelles fournissent 180 milliards de m<sup>3</sup> d'eau, dont 32 suffisent à satisfaire les besoins de la population. Si l'eau est disponible et abondante, elle doit être gérée pour répondre aux besoins de nombreuses activités.



Ascenseur à poissons - Centrale de Gouffech



Barrage de Serre-Ponçon

## Protéger le milieu aquatique



L'une des préoccupations d'EDF est de protéger la faune et la flore aquatiques. Dans cet objectif, de nombreuses actions sont mises en place, à titre d'exemple :

- maintien du débit minimum nécessaire au développement aquatique.
- réalisation d'ouvrages de franchissement pour que le barrage ne soit pas un obstacle pour les poissons migrateurs (saumons, aloses ou anguilles) : passe à poissons, ascenseurs à poissons, création de frayères et alevinage.

## Concilier toutes les demandes

L'eau utilisée pour la production hydroélectrique est intégralement rendue au milieu naturel. Elle poursuit son parcours pour servir de nombreuses activités : pêche, agriculture, industrie, loisirs, tourisme, collectivités... Les utilisateurs d'eau en France sont multiples avec des exigences qualitatives et quantitatives qui ne sont pas toujours compatibles.

Par exemple, en été, les responsables de base nautique souhaitent que le niveau de la retenue soit le plus haut possible. Dans le même temps, les agriculteurs veulent, quant à eux, utiliser ces réserves pour irriguer leurs cultures. Il est alors de la responsabilité des pouvoirs publics de concilier la production hydroélectrique avec les autres usages de l'eau en trouvant l'équilibre optimal. EDF est un des acteurs de cette gestion.

## La gestion d'un patrimoine national

EDF est en première ligne avec d'autres acteurs pour faire face à des situations de crise. En cas de sécheresse, elle peut être amenée à «débloquer» de l'eau pour répondre aux besoins des agriculteurs ou préserver la vie aquatique. À l'inverse, en période de crue, EDF peut adapter les conditions d'exploitation de ses ouvrages pour limiter les risques d'inondation.



Ecluse centrale de Rhinau

## Des exemples d'aménagement au fil de l'eau

Les barrages du Rhin équipés d'écluses ont rendu possible la navigation. Ceux de La Durance et du Verdon sont utilisés pour l'irrigation des cultures maraîchères.

Quant aux réservoirs de montagne, ils deviennent l'été des bases nautiques qui font le bonheur des touristes et des sportifs.

# LA SÛRETÉ AUTOUR DE L'EAU

Pour veiller à la sécurité du public aux abords des ouvrages hydrauliques et à la sûreté des installations, EDF s'appuie sur le professionnalisme des hommes et sur la fiabilité des équipements.

## La sûreté des installations



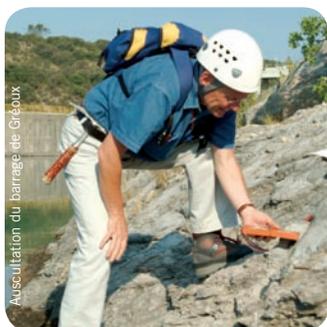
Dès sa conception, le barrage fait l'objet de toutes les attentions. Tout au long des années d'exploitation, une surveillance attentive permet de s'assurer du bon fonctionnement des installations comme de la bonne santé de l'édifice. Les équipes EDF effectuent des visites sur le terrain et assurent les recueils des paramètres de fonctionnement de l'ouvrage. Des capteurs alimentent des systèmes de mesure de milliers de données informatiques sur l'état du barrage et des matériels. Et lorsque les barrages sont difficilement accessibles, en hiver par exemple, un système de télémesure garantit cette surveillance au cœur de l'édifice.



Inspection du robot Super Achille  
Barrage de Chaudanne

## Tous les 10 ans, une visite complète

Tous les dix ans, le barrage s'offre un véritable check-up de santé. Préparé de nombreuses années à l'avance, il permet de recueillir et de traiter toutes les données liées à la sûreté et à l'environnement. EDF procède à ces vérifications minutieuses en vidant entièrement la retenue ou en utilisant des robots subaquatiques et des caméras lorsque cette technique est plus adaptée au contexte du barrage.

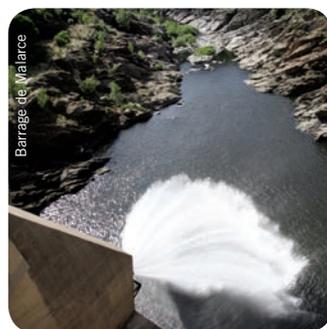


Auscultation du barrage de Géboux

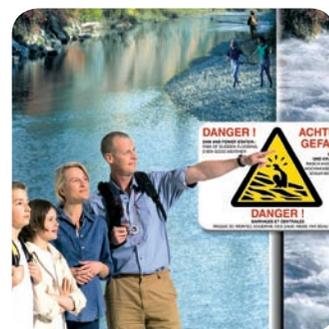
## La sécurité du public à proximité des aménagements hydrauliques

Pour produire l'électricité attendue par ses clients, les centrales hydrauliques effectuent des lâchers d'eau, qui entraînent alors les turbines. En conséquence, le débit d'eau et le courant augmentent, ce qui peut présenter des risques pour les personnes se trouvant à proximité ou dans le lit du cours d'eau.

Parce que la production d'électricité doit s'adapter en temps réel à la demande, ces lâchers d'eau peuvent survenir à tout instant de la journée, même par beau temps et ils ne peuvent pas être programmés à l'avance.



Barrage de Malaise



## « Ne nous laissons pas emporter ! »

Chaque été, EDF mène une campagne d'information, qui invite riverains et visiteurs à la vigilance aux abords des installations hydrauliques. En plus des 40 000 affiches et 350 000 tracts distribués, 200 jeunes sillonnent les bords des rivières et des fleuves pour appeler à la prudence.

Plus de 10 000 de ces panneaux jaunes sont placés aux abords des rivières, lacs et canaux. Ils balisent ainsi les sites à risques.

# LE COMPLEMENT IDÉAL

L'hydroélectricité est la plus ancienne des énergies en France.

Au-delà de ses atouts écologiques, sa souplesse de fonctionnement, sa rapidité d'utilisation et sa compétitivité lui confèrent une place privilégiée dans le parc de production d'électricité d'EDF, comme dans celui de nombreux pays.

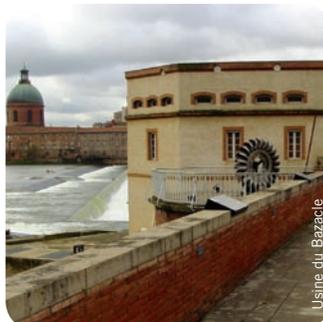
## L'hydraulique : première des énergies renouvelables au monde

L'énergie hydraulique représente 16% de la production mondiale d'électricité. EDF fait partie des premiers producteurs européens d'énergies renouvelables grâce à sa production hydraulique. Elle exerce également ses activités d'ingénierie et développe son expertise pour construire ou exploiter des barrages dans les pays à fort potentiel comme au Brésil, en Chine, en Zambie, au Laos.

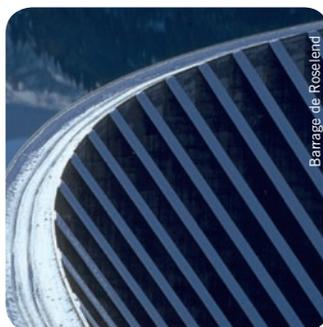


## Environnement économique

L'hydroélectricité participe à l'aménagement et à la vitalité des territoires car elle permet le développement ou le maintien d'activités économiques dans les régions où elle est implantée : navigation fluviale, bases nautiques, développement d'activités de tourisme vert, réserve d'irrigation pour les cultures, emplois induits par la présence des ouvrages.



Usine du Bazacle



Barrage de Roselend

## Questions/Réponses

Découvrez les trois questions les plus fréquemment posées sur l'énergie hydraulique

### 1 - Quelle est l'usine hydroélectrique française la plus puissante ?

C'est la STEP (Station de Transfert d'Énergie par Pompage) de Grand'Maison, construite en Isère, en 1985.

Elle développe une puissance de 1800 MW, soit l'équivalent de deux réacteurs nucléaires.

### 2 - Si elle est propre et compétitive, pourquoi n'utilise-t-on pas davantage l'énergie hydraulique ?

L'énergie hydraulique présente de nombreux atouts.

Mais elle est développée en fonction des ressources en eau du territoire, et en France, celles-ci sont déjà exploitées à plus de 90 %.

### 3 - La construction de nouvelles centrales hydrauliques peut-elle être envisagée ?

Même si les sites les plus importants sont déjà équipés, des ouvrages plus petits peuvent être construits, soit pour augmenter la production d'installations existantes, soit pour remplacer des installations anciennes. Ainsi, en 2008, la construction d'une nouvelle centrale souterraine commencera à Gavet, dans la vallée de la Romanche en Isère. Elle remplacera, à l'horizon 2013, 6 centrales construites dans les années 1900 et permettra de développer la production d'électricité renouvelable dans des conditions supérieures de sûreté et d'intégration de l'environnement.

## Repères

**1883** - Mise en service de la première usine de production d'électricité à partir de la force de l'eau, à Bellegarde dans l'Ain.

**1952** - Inauguration du barrage de Tignes, en Savoie, le plus haut de France (180 m).

**1960** - Mise en exploitation du barrage de Serre-Ponçon dans les Hautes-Alpes, avec sa digue de retenue constituée d'alluvions du fleuve.

**1966** - Inauguration de La Rance (en Ile-et-Vilaine), l'usine marémotrice la plus importante au monde.

**1985** - Mise en service de la station de Transfert d'Énergie par Pompage de Grand'Maison, en Isère, la plus puissante de France (1800 MW).

## 44 milliards de kWh produits par an

EDF exploite quelque 500 centrales hydrauliques d'une puissance allant d'une dizaine de kW jusqu'à plusieurs centaines de MW. Elles sont alimentées par 250 barrages dont 150 mesurent plus de 20 mètres de haut. Le volume d'eau stocké dans les retenues d'EDF dépasse 7 milliards de m<sup>3</sup>. Les centrales les plus importantes, environ une centaine, sont pilotées par 4 centres de commande, véritables tours de contrôle qui gèrent près de 80% de la production hydroélectrique. La plupart de ces installations se trouvent dans les Alpes, le Massif Central, les Pyrénées ou le long du Rhin. Certaines d'entre elles sont aujourd'hui classées au patrimoine historique de la France comme par exemple, Cusset, Le Bazacle ou les Vernes.

## Compétitive

En dépit d'un lourd investissement initial nécessaire à la construction des barrages, les aménagements hydrauliques restent sur le long terme des équipements rentables, érigés pour traverser les siècles.

Aujourd'hui, les installations hydroélectriques participent à la compétitivité du kWh d'EDF.

## Vous souhaitez en savoir plus ?

L'information sur l'énergie hydraulique est disponible sur [www.edf.com](http://www.edf.com) et dans les espaces d'accueil du public et musées d'EDF.



1, place Pleyel  
93282 Saint-Denis Cedex  
[www.edf.com](http://www.edf.com)

SA au capital de 8 129 000 000 euros – 552 081 317 R.C.S. Paris