

# Découvrir la petite hydroélectricité

L'énergie hydraulique est l'énergie produite grâce à la force motrice de l'eau. L'homme a su très tôt utiliser la force de l'eau pour en tirer une énergie mécanique d'abord, puis une énergie électrique : l'hydroélectricité.

L'hydroélectricité est aujourd'hui la **première source d'électricité** renouvelable du pays en produisant plus que l'énergie éolienne et solaire réunies.

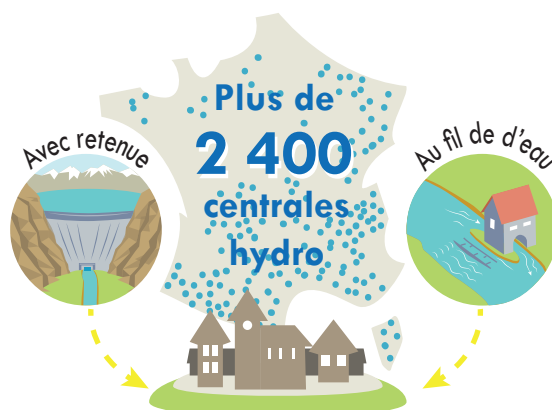
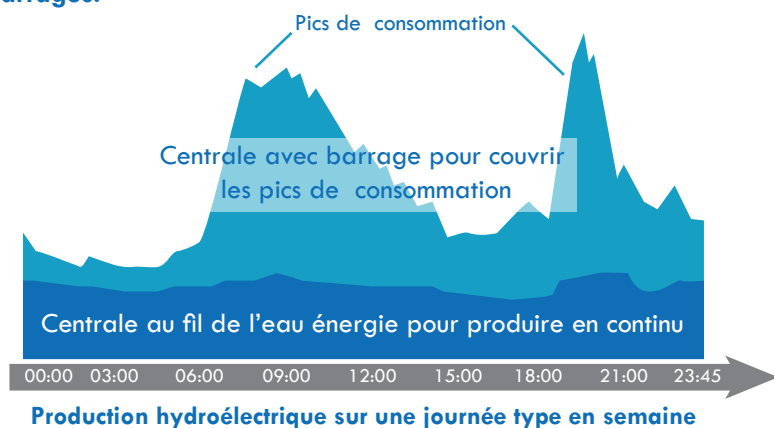


Elle **ne consomme pas d'eau** chaque goutte prélevée à la rivière lui est rendue plus en aval. Elle **ne pollue pas**, et n'émet **pas de déchet ou de gaz à effet de serre**.

ÉNERGIE PROPRE ET RESPECTUEUSE  
DE L'HOMME ET DE LA PLANÈTE

## L'hydroélectricité est une grande famille

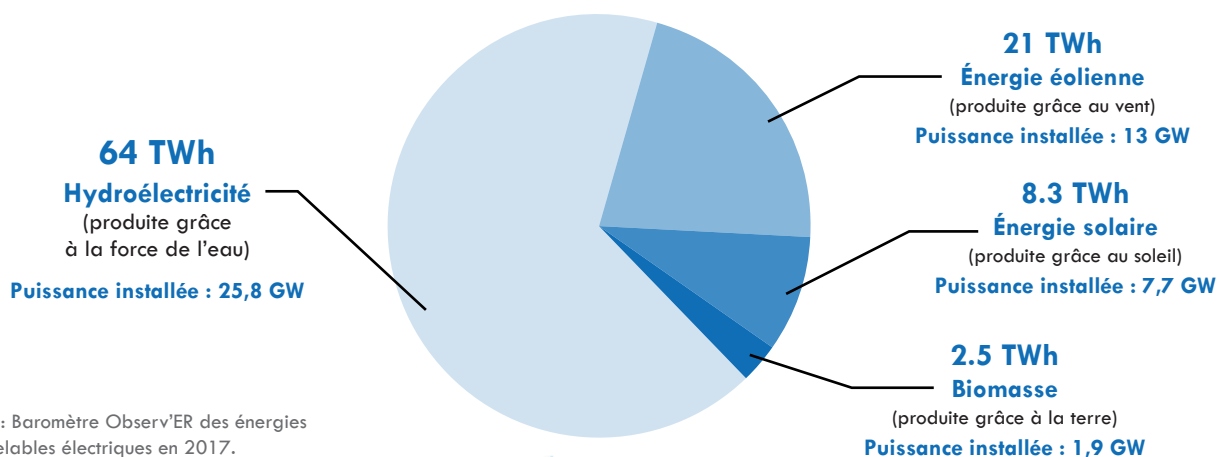
Sous ses différents formes, l'hydroélectricité permet à la fois de produire l'**électricité de base** que nous utilisons tout au long de la journée, grâce aux **centrales au fil de l'eau**, et également de produire en quelques secondes l'électricité nécessaire lorsqu'un pic de consommation survient, le matin ou en fin de journée par exemple, grâce aux **centrales dotées de barrages**.



## L'hydroélectricité est un pilier de notre réseau électrique

L'hydroélectricité est **complémentaire aux autres énergies renouvelables**, et même **nécessaire à leur développement**. Lorsque le soleil se cache et que le vent faiblit, l'hydroélectricité est la seule à pouvoir démarrer et prendre le relai en seulement quelques secondes. Elle permet même de stocker de l'énergie en grande quantité grâce aux barrages.

### Répartition des énergies renouvelables en France



Source : Baromètre Observ'ER des énergies renouvelables électriques en 2017.

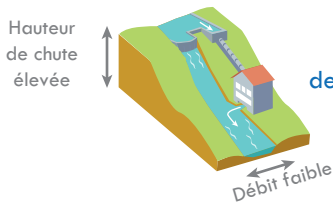
# Il existe deux grandes manières d'utiliser la force hydraulique

## Les centrales hydroélectriques au fil de l'eau produisent de l'électricité en continu

Situées sur les bords des rivières et des fleuves, les **centrales au fil de l'eau** utilisent la force de l'eau qui coule en continu, **sans la retenir**, pour produire de l'électricité. Une partie du cours d'eau est dérivée vers la centrale via un canal de dérivation ou une conduite forcée, l'eau est « turbinée » puis reversée directement dans la rivière. Toute l'eau prélevée est restituée au cours d'eau.

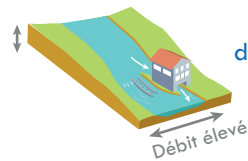
Pour produire de l'électricité, les centrales hydroélectriques exploitent la puissance potentielle de l'eau sous deux aspects :

- **sa hauteur de chute (en mètres)** : Différence de niveau d'eau entre la prise d'eau et son point de restitution.
- **son débit (en m<sup>3</sup>/seconde)** : Volume ou quantité d'eau qui s'écoule en un temps donné.



Centrale de haute chute

Hauteur de chute faible



Centrale de basse chute

### Les centrales de haute chute

Elles exploitent un **faible débit d'eau avec une dénivellation importante** : le dénivelé entre la prise d'eau et le bâtiment de la centrale est supérieur à 30 mètres. L'eau est acheminée vers la centrale via une **conduite forcée** puis restituée au cours d'eau plus en aval. Ces centrales se trouvent essentiellement dans les massifs montagneux.



Restitution de l'eau en aval

Prise d'eau

Conduite forcée

### Les centrales de basse chute

Elles se caractérisent par un débit d'eau qui peut être important sous un dénivelé plus faible, inférieur à 30 mètres. L'eau est acheminée vers la centrale via un **canal d'amenée**, actionne la turbine puis est rendue à la rivière par un **canal de restitution**. Ces centrales se trouvent essentiellement en plaine.



CHAQUE CENTRALE HYDROÉLECTRIQUE EST UNIQUE, IL N'EN EXISTE PAS DEUX PAREILLES !

Grilles  
Canal d'amenée  
Passe à poissons  
Débit réservé  
Dévalaison  
Canal de restitution

Les centrales hydroélectriques sont aménagées pour permettre la circulation des poissons dans la rivière : lorsqu'ils descendent le cours d'eau et lorsqu'ils le remontent. Des grilles empêchent les poissons d'aller dans les turbines en les redirigeant vers les passages aménagés pour eux (dévalaison).



## Les centrales hydroélectriques avec retenue produisent de l'électricité à la demande

Il existe également des centrales hydroélectriques dotées de **grands barrages**, créant des retenues qui permettent de stocker de grandes quantités d'eau. Lorsque l'eau est utilisée, ces centrales permettent de produire en seulement quelques secondes une grande quantité d'électricité. Ces centrales entrent en action lorsque survient un pic de consommation (par exemple, le matin lorsque la ville s'éveille ou en fin de journée) ou lorsqu'un autre moyen de production est défaillant.

### Les centrales de lac et d'éclusées

Elles sont équipées de **barrages** de quelques dizaines jusqu'à plusieurs centaines de mètres de hauteur et peuvent donc retenir des volumes d'eau considérables. Grâce à leur **réservoir**, ces centrales "stockent" de l'énergie et sont toujours prêtes à démarrer selon les besoins.

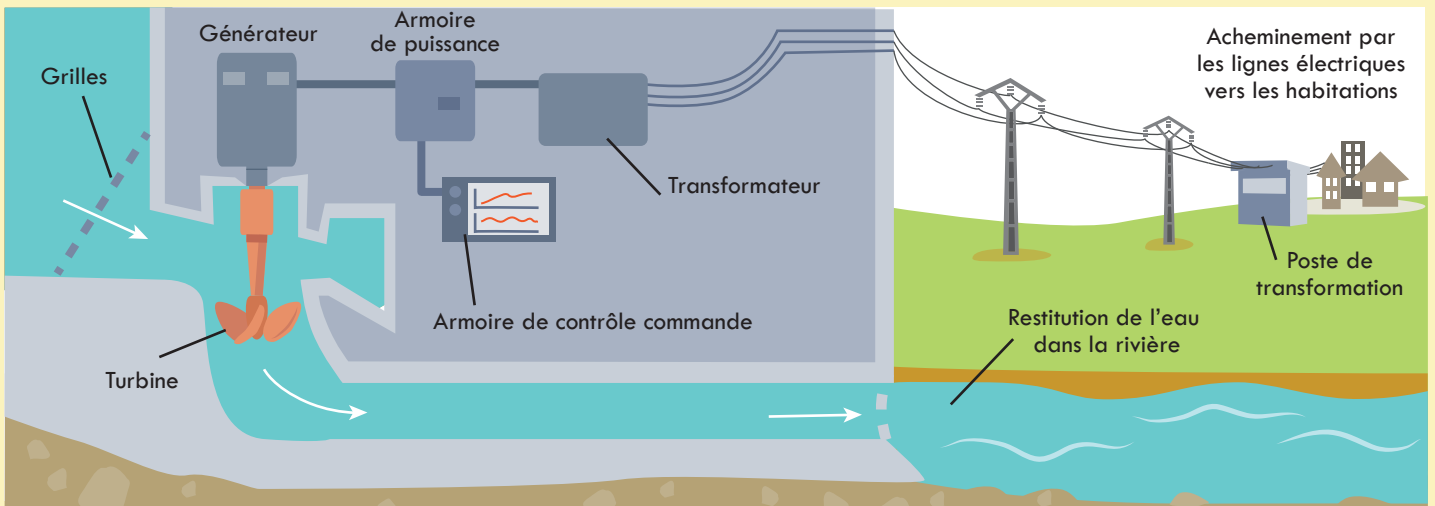
DÉNIVELÉ  
DÉBIT

TOUT LE MONDE  
CONSOMME DE  
L'HYDROÉLECTRICITÉ, TOI  
AUSSI ! SURTOUT SI TU  
HABITES À PROXIMITÉ  
D'UNE CENTRALE  
HYDROÉLECTRIQUE.

## DE L'EAU À LA LUMIÈRE

Une fois arrivée à la centrale, l'eau grâce à sa vitesse entraîne une turbine, qui actionne un générateur, lequel transforme l'énergie mécanique en électricité. L'eau est ensuite rendue à la rivière.

Quant à l'électricité produite par la centrale, elle est envoyée sur les lignes à basse ou haute tension du réseau électrique. En chemin, un poste de transformation permet de réduire la tension électrique jusqu'à atteindre 230 volts, tension à laquelle nous consommons l'électricité à la maison.

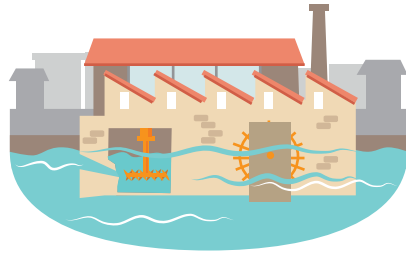


# Une énergie historique et moderne à la fois



- ANTIQUITÉ -  
Avant l'invention  
de l'électricité

Entraînée par la force de l'eau, une roue en bois permettait d'utiliser la force hydraulique pour faire fonctionner les moulins, scieries, fouloirs pour le textile, etc. et ainsi travailler plus efficacement qu'à la main.



- A PARTIR DU 19<sup>ÈME</sup> SIÈCLE -  
Invention de la turbine en métal

La création de la turbine en métal, bien plus résistante que la roue en bois, permettait de faire fonctionner des machines et a donc accompagné le développement de l'industrie papetière, textile, chimique, etc.

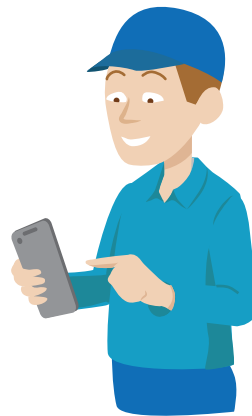


- FIN DU 19<sup>ÈME</sup> SIÈCLE -  
Invention de la dynamo  
(ou génératrice)

Couplée à une turbine, la dynamo permet de transformer l'énergie mécanique de l'eau en énergie électrique. Celle-ci est ensuite utilisée pour éclairer les villes alentours, puis pour faire fonctionner les usines à proximité. La création des grandes centrales hydroélectriques et des réseaux électriques pendant la première moitié du 20<sup>ÈME</sup> siècle permettra l'électrification progressive de tout le pays.

- 21<sup>ÈME</sup> SIÈCLE -  
Automatisation des centrales

Si certaines centrales existent depuis plus d'un siècle, à l'intérieur, c'est un concentré de technologies ! Nouveaux matériaux, mécanique, électronique, automatismes... Les petites centrales n'ont rien à envier aux grandes !



AUJOURD'HUI, JE PEUX SURVEILLER ET PILOTER MA CENTRALE À DISTANCE DEPUIS MON TÉLÉPHONE PORTABLE.

## Être producteur d'hydroélectricité, ça consiste en quoi ?

Si le premier métier d'un producteur (ou d'une productrice) consiste bien sûr à produire de l'électricité, il endosse également de nombreuses autres casquettes pour bien exploiter sa centrale. Ses missions sont variées et ses interlocuteurs nombreux.

Permettre aux autres usagers de la rivière la pratique de leurs activités : promeneurs, pêcheurs, kayakistes...



Assurer la sécurité de tous aux abords de la centrale et du personnel sur site.



Construire et entretenir les équipements permettant aux poissons et aux sédiments de circuler dans la rivière.



Prendre soin de la nature et de la biodiversité (entretien de la végétation et de la rivière).



MON BUREAU ?  
LA NATURE, LA RIVIÈRE !



Entretien des centrales et des équipements pour assurer son bon fonctionnement.



Gérer la centrale comme une petite entreprise avec une comptabilité à tenir, des impôts à payer, une réglementation à respecter.



Respecter les exigences de raccordements et d'accès au réseau électrique. Revendre l'électricité produite à un commercialisateur d'énergie.

## Comment calcule-t-on la puissance d'une centrale hydroélectrique ?

La puissance qui peut être produite par une centrale hydroélectrique grâce à la force de l'eau se calcule en multipliant la hauteur de chute et le débit qui transite dans la turbine par la constante gravitationnelle (9,81 m/sec<sup>2</sup>). Le résultat obtenu s'exprime en kilo Watt (kW).

$$\text{PUISSANCE (kW)} = \text{HAUTEUR DE CHUTE (m)} \times \text{DÉBIT (m}^3/\text{sec)} \times 9.81 \text{ (m/sec}^2\text{)}$$

Prenons l'exemple d'une centrale hydroélectrique avec une chute de 6 mètres et un débit de 4 m<sup>3</sup>/s et dont le rendement global s'élève à 78 %.

$$\Rightarrow 6 \text{ (m)} \times 4 \text{ (m}^3/\text{s)} \times 9.81 = 235.44 \text{ kW}$$

Notre centrale hydroélectrique possède donc une puissance théorique, dite **puissance maximale brute** (PMB) de 235,44 kW.

Pour calculer la puissance réelle de la centrale, dite **puissance active**, il faut multiplier sa PMB par le coefficient de rendement de l'installation :

$$\Rightarrow 235.44 \text{ (kW)} \times 0.78 = 183.64 \text{ kW}$$

Notre centrale possède une puissance active de 183,44 kW.

### Distinguer la puissance active de la puissance maximale brute

Pour calculer la puissance réellement délivrée au réseau, dite **puissance active**, il faut tenir compte du **rendement** global de la centrale. Il est déterminé par le rendement des machines, les pertes électriques, les pertes de charges dans les canaux ou la conduite, et la puissance consommée pour le fonctionnement de la centrale (éclairage, etc.). Le rendement d'une centrale hydroélectrique est compris généralement entre 70% et 90%.



## Comment calcule-t-on la production d'une centrale hydroélectrique ?

Il est rare qu'une centrale hydroélectrique au fil de l'eau fonctionne en continu toute l'année. Cela dépend du débit du cours d'eau sur lequel elle se situe. On considère qu'en moyenne une petite centrale hydroélectrique fonctionne entre 3 500 et 4 000 heures par an, à équivalent de puissance maximum. Selon leur configuration, certaines peuvent fonctionner 6 000 ou 7 000 heures par an.

Pour calculer l'énergie produite par la centrale, également appelé **production**, il faut multiplier sa **puissance active** (kW) par le nombre d'heures de fonctionnement. Le résultat obtenu s'exprime en kilo Watt heures (kWh).

$$\text{PRODUCTION (kWh)} = \text{PUISSANCE ACTIVE (kW)} \times \text{NOMBRE D'HEURES DE FONCTIONNEMENT (h)}$$

Reprenons l'exemple de notre centrale hydroélectrique qui a fonctionné cette année 3 900 heures.

$$\Rightarrow 183.64 \text{ (kW)} \times 3 \text{ 900 (h)} = 716 \text{ 209 kWh}$$

Notre centrale hydroélectrique a permis cette année de produire 716 209 kWh, ou 716,2 MWh, d'électricité renouvelable qui ont été injectés sur le réseau électrique pour être ensuite consommés.

$$1 \text{ TWh} = 1 \text{ 000 GW(h)} = 1 \text{ 000 000 MW(h)}$$

$$1 \text{ MW(h)} = 1 \text{ 000 kWh}$$



## À quoi cela correspond-il en électricité consommée ?

Concrètement, à quoi correspond la production d'une centrale hydroélectrique en terme de consommation d'électricité ? Pour effectuer ce calcul, il faut rapporter la production annuelle de la centrale à la consommation d'électricité par habitant.

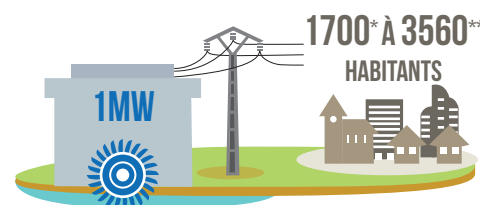
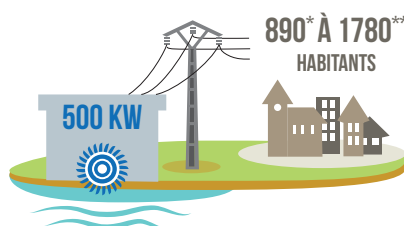
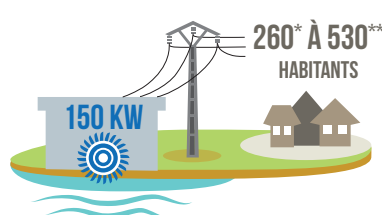
$$\text{ÉQUIVALENT CONSOMMATION} = \text{PRODUCTION (kWh)} / \text{CONSOMMATION ANNUELLE PAR HABITANT}$$

Reprenons l'exemple de notre centrale hydroélectrique qui a produit cette année 716 209 MWh d'électricité.

$\Rightarrow 716 \text{ 209 (kWh)} / 2 \text{ 248 kWh/an/habitant} = 319 \text{ habitants}$   
 Cette année, la production de la centrale aura permis de couvrir l'équivalent des besoins de plus de 300 habitants.

La consommation résidentielle de la France : 151,1 TWh  
 Population française en 2017 : 67,2 millions d'habitants

$151,7 \text{ TWh} / 67,2 \text{ millions d'habitants} = 2 \text{ 248 kWh}$   
 Soit la consommation annuelle d'électricité par habitant.



\* Sur la base de 4 000 h de fonctionnement.

\*\* Sur la base de 8 000 h de fonctionnement.