

## La Petite Hydroélectricité

# La PHE, mode d'emploi

En préalable à l'explication du fonctionnement de la PHE, il peut être utile de rappeler quelques généralités sur les petites centrales hydroélectriques (PCH). A commencer par leur définition : une PCH est une installation de production énergétique, d'une puissance pouvant atteindre de 10 à 12 MW selon les pays, transformant l'énergie hydraulique d'un cours d'eau en énergie électrique. La puissance de la centrale est directement proportionnelle à son débit d'équipement et à sa hauteur de chute.

L'UNPEDE (Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Énergie Électrique) a réalisé un classement en fonction de la puissance installée\* des PCH.

On parle ainsi de :

- petite centrale pour une puissance comprise entre 2 000 kW et 10 000 kW
- mini-centrale pour une puissance comprise entre 500 kW et 2 000 kW
- micro-centrale pour une puissance comprise entre 20 kW et 500 kW
- pico-centrale pour une puissance inférieure à 20 kW.

\* la puissance électrique se définit comme la valeur instantanée délivrée ou consommée. Elle correspond à l'énergie consommée ou produite par unité de temps. L'unité officielle de mesure de l'énergie est le Joule, mais on utilise fréquemment en électricité le kilowattheure, qui indique la production ou la consommation d'un kilowatt pendant une heure.

# 640 kW

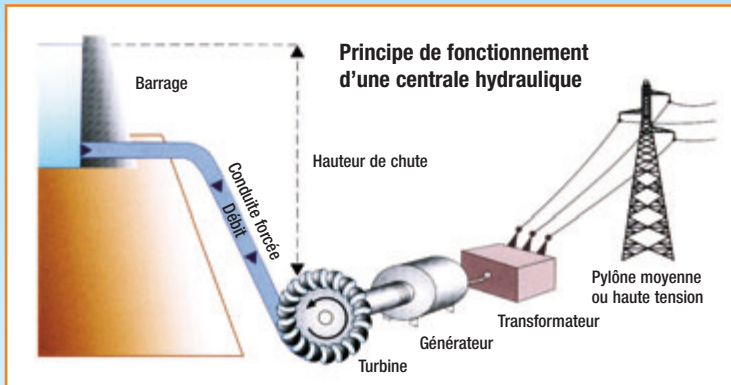
Puissance moyenne d'une PCH en France, pour les producteurs autonomes.





# Comment les PCH produisent-elles de l'énergie électrique ?

Le principe général de fonctionnement d'une PCH consiste à transformer l'énergie potentielle d'une chute d'eau en énergie mécanique grâce à une turbine, puis en énergie électrique au moyen d'un générateur.



## → La turbine

Une turbine hydraulique est une machine tournante, constituée d'un distributeur (ou injecteur), d'une roue à aube et d'un aspirateur (ou diffuseur). Le distributeur donne aux particules d'eau la vitesse convenable pour aborder la roue.

La roue reçoit l'énergie du fluide, et la transforme en énergie mécanique directement utilisable sur un arbre en rotation. L'aspirateur (turbine Francis ou Kaplan) enfin récupère l'énergie puis évacue l'eau vers l'aval.

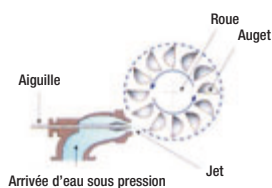
La puissance installée,  $P_i$ , qui représente la puissance effective de l'aménagement, est égale à :

$$P_i = 9,81 \times Q \times H_n \times R$$

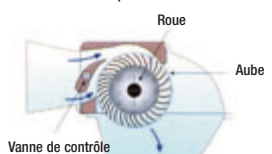
Avec  $Q$  : débit d'équipement  
 $H_n$  : hauteur de chute nette  
 $R$  : rendement de l'ensemble turbine-générateur, généralement compris entre 0,6 et 0,9



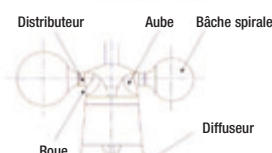
## Les principales turbines



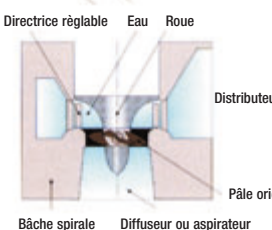
**Turbine Pelton :**  
turbine à action, utilisée pour les hautes chutes (50 à 400m)



**Turbine Banki-Mitchell :**  
turbine à action, utilisée pour les moyennes chutes (5 à 100m)



**Turbine Francis :**  
turbine à réaction, utilisée pour les moyennes chutes (5 à 100m)



**Turbine Kaplan :**  
turbine à réaction, utilisée pour les basses chutes (5 à 10m)

## → Le générateur de courant

Un générateur de courant est composé d'une partie fixe (le stator) et d'une partie mobile (le rotor). Le courant électrique est généré par la rotation du champ magnétique du rotor à travers des bobines fixes du fil conducteur du stator.

Une fois mise en mouvement, la turbine entraîne (directement ou par l'intermédiaire d'un multiplicateur) le générateur de courant, qui transforme l'énergie mécanique disponible sur l'arbre, en énergie électrique. Il en existe deux catégories : les générateurs synchrones, ou alternateurs, et les générateurs asynchrones, ou génératrices.

## → Multiplicateurs de vitesse et systèmes de régulation

La vitesse de rotation optimale dépend à la fois du type de turbine, de la hauteur de chute sous laquelle elle fonctionne et du débit qu'elle utilise. Or, la fréquence du courant alternatif du réseau sur lequel on se raccorde, impose une certaine vitesse de rotation de la génératrice.

Pour synchroniser le fonctionnement des différents équipements, il est donc nécessaire de placer un multiplicateur de vitesse entre la turbine et le générateur.



# Où peut-on implanter une centrale ?

Avant d'implanter une petite centrale hydroélectrique, il est impératif de définir les caractéristiques techniques du projet. Pour cela, différentes études de terrain doivent être réalisées. Les principales sont :

## → La mesure des impacts environnementaux

Dans le cadre des procédures liées à la délivrance des autorisations administratives, pour tout projet de construction neuve ou de réhabilitation lourde, une analyse précise est menée sur l'ensemble des impacts sur le milieu. Le classement actuel de certains cours d'eau et le respect des débits préservés limitent fortement l'émergence de nouveaux projets.

## → La mesure des débits

Donnée fondamentale d'un projet, le débit conditionne la puissance d'une PCH et sa rentabilité. Pour l'évaluer, plusieurs sources sont à prendre en compte :

- repérage des stations de jaugeage proches du site envisagé (répertoriées dans la base de données HYDRO ou disponibles auprès des services administratifs compétents : DDAF, DDE, DIREN, etc. )
- réalisation de mesures de débit sur le terrain qui complètent les autres données.

En parallèle, il doit être procédé à l'évaluation de la superficie des bassins versants du site et des stations de jaugeage proches. Sont également pris en compte la pluviométrie, les paramètres d'évaporation et d'infiltration, etc...

## → Le dimensionnement de la PCH

Après étude des débits caractéristiques du cours d'eau concerné, reste à choisir le débit d'équipement de la PCH. Celui-ci doit tenir compte du débit laissé en rivière et des excédents d'eau, et réaliser le meilleur compromis entre un

débit aussi élevé que possible et la rentabilité des équipements de production.

## → La mesure de la hauteur de chute

A partir de la carte topographique de l'IGN au 1/25 000, la hauteur de chute de l'aménagement envisagé peut s'apprécier par la lecture des altitudes des points de captage et de restitution ; on peut également utiliser un altimètre pour les moyennes et hautes chutes.

En cas de différentes possibilités d'aménagement, le choix de la hauteur de chute tiendra compte de la configuration géographique du site, ainsi que des coûts et bénéfices obtenus pour les différentes solutions envisageables.

Le bon projet résulte du meilleur compromis entre les données techniques, environnementales et financières.

## → Les ouvrages de génie civil

Leur conception doit intégrer les particularités topographiques du site. Eu égard au nombre de variantes possibles, chaque aménagement est spécifique.

La réalisation des différents ouvrages (ouvrages de prise d'eau, ouvrages d'amenée et de mise en charge, bâtiment d'usine et ouvrages de restitution) sera généralement, dans le cas de producteurs autonomes, effectuée par des ingénieurs ou des bureaux d'études spécialisés.

Elle représente parfois plus de 50 % du coût total d'une PCH et mérite donc une attention toute particulière.

La loi du 10 juillet 1976 prévoit l'obligation de prendre en compte l'environnement à l'occasion de toute action ou décision publique ou privée risquant de générer des impacts.



# Comment l'électricité est-elle évacuée puis livrée ?

Pour être utilisable, le courant produit à la sortie de la génératrice doit être évacué puis transporté jusqu'au point de livraison...



## → Transformer l'énergie

La première étape de ce processus s'effectue grâce à un transformateur. Il s'agit d'un équipement permettant selon les cas d'élever ou d'abaisser la tension du courant alternatif afin de transporter l'électricité sur de longues distances.

## → Se raccorder au réseau

Pour la quasi-totalité des PCH, le raccordement au réseau peut s'effectuer :

- en basse tension (380/400 volts triphasés) pour les puissances inférieures à quelques centaines de kwatts
- en 20 kV, tension standard en France pour la distribution.

Les procédures et solutions de raccordement sont encadrées par des textes techniques et administratifs, imposant des conditions précises.

Dans tous les cas de figure, un système de protection appelé « protection réseau » est imposé à la PCH. Il faut également installer des dispositifs de comptage de l'énergie fournie par la centrale et consommée par elle. En fonction du contrat d'achat de l'électricité produite, ces dispositifs doivent permettre de séparer la production en heures creuses et en heures pleines, en heures de pointe, d'hiver et d'été.

# Faire fonctionner et surveiller

Les techniques actuelles permettent, au moindre coût, d'automatiser presque intégralement le fonctionnement des petites centrales.

→ Avec notamment les systèmes de contrôle-commande qui se sont développés ces dernières années, il est possible, grâce à un Minitel ou un PC, de procéder à des opérations de manœuvre automatique, de surveillance et de télécommande.

Toutefois, ces systèmes ne peuvent se substituer totalement à des visites régulières, qui restent le seul moyen de compléter les systèmes de surveillance et de contrôle.



## Quel est le coût d'un projet ?

Le budget d'investissement à prévoir dans le cadre d'un projet de PCH comporte deux postes principaux :

### → Les études préliminaires

Obligatoires pour la demande d'autorisation, leur coût oscille généralement entre 10 000 et 30 000 € pour un dossier de demande d'autorisation.

Il peut être supérieur s'il s'agit d'un projet soumis à concession (montant perdu par le porteur du projet en cas de rejet).

### → La construction proprement dite

Le montant des investissements peut être très variable d'un projet à un autre. Il est toutefois admis que l'investissement (hors coûts de développement, souvent onéreux) se situe dans une fourchette comprise entre 5 et 10 fois le chiffre d'affaires annuel.

On estime également le coût d'installation du kW entre 1200 et 3000 €. En d'autres termes, l'investissement financier s'amortit le plus souvent sur une durée de 10 à 20 ans, sans aides publiques.

### Les sources de financement

Les besoins de fonds sont fonction du planning d'étude et de réalisation du projet. Le plan de financement d'une PCH doit prendre en compte toute une série de critères, tels que :

- apports possibles en fonds propres
- mise en concordance des besoins en trésorerie avec le prêt consenti, pour minimiser les intérêts intercalaires
- possibilités de modification du calendrier de remboursement de la dette, en cas d'année peu favorable
- contraintes éventuelles telles que le nantissement du contrat EDF etc.

De nombreux organismes ont mis au point des formules de financement bien adaptées aux caractéristiques des PCH : banques commerciales classiques, groupe Caisse des Dépôts et Consignations, formules de crédit-bail, sociétés de développement régional. Le FIDEME peut également intervenir.

**ADEME**



Agence de l'Environnement  
et de la Maîtrise de l'Energie

2, square La Fayette  
BP 90406 - 49004 ANGERS Cedex 01  
Tél. : 02 41 20 41 20 - Fax : 02 41 87 23 50  
www.ademe.fr



Groupement des Producteurs Autonomes  
d'Énergie Hydroélectrique

66 rue La Boétie - 75008 PARIS  
Tél. : 01 56 59 91 24  
Fax : 01 56 59 91 23  
Email : gpae@gpae.fr  
www.gpae.fr



Fédération EAF

La Boursidière - B. P. 48  
92357 LE PLESSIS ROBINSON  
Tél. : 01 46 30 28 28  
Fax : 01 46 30 52 63  
Email : contact@federation-eaf.org  
www.federation-eaf.org