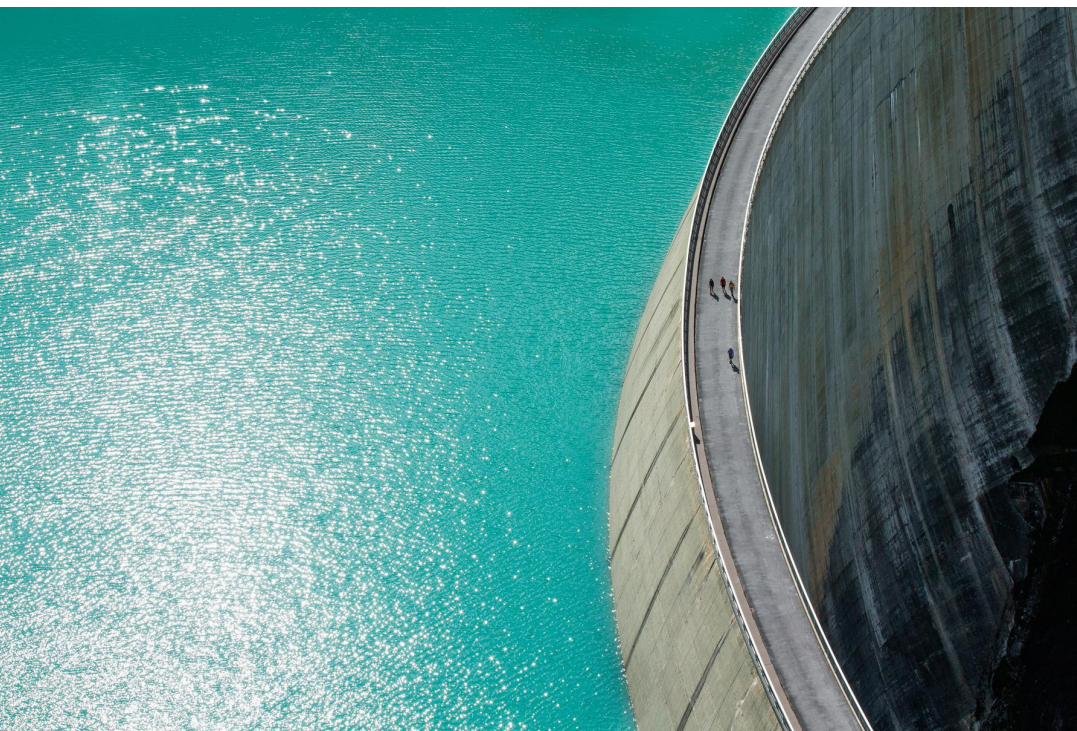


Les énergies hydrauliques



Barrage de Moiry, dans les Alpes suisses © Yann Arthus-Bertrand

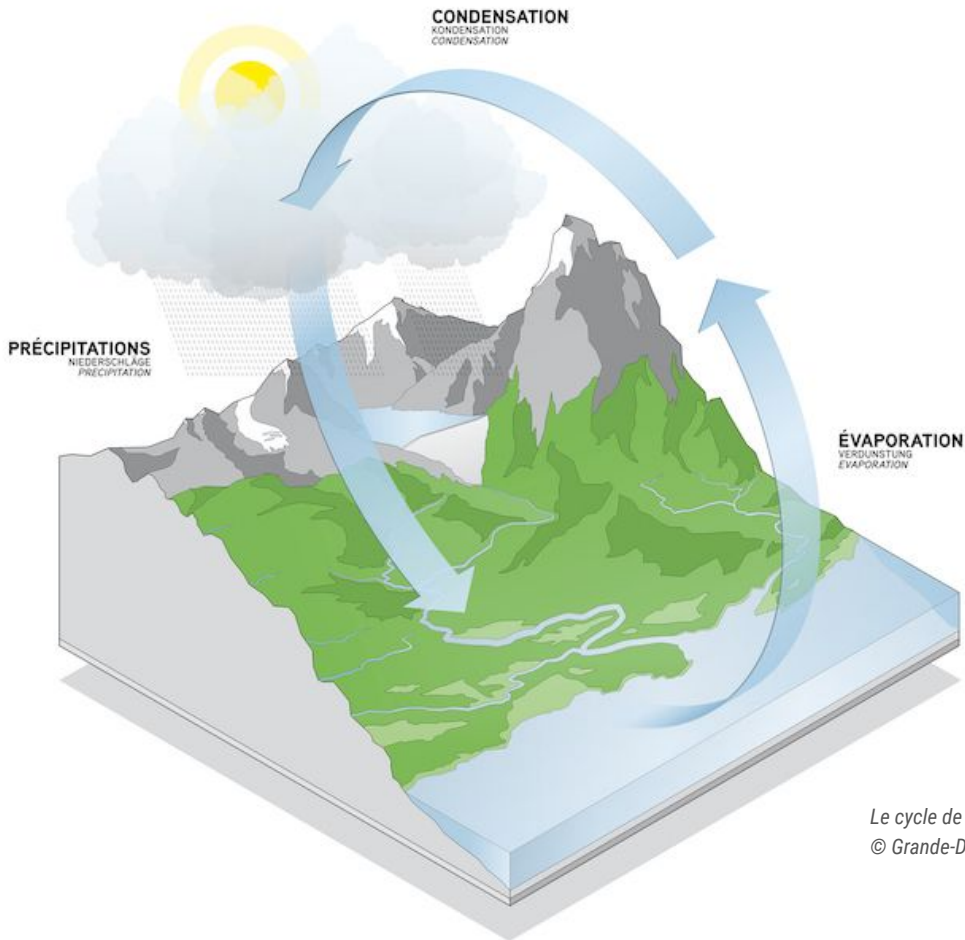
L'eau en coulant ou en chutant dégage une énergie impressionnante. On l'oublie souvent, mais cette énergie renouvelable est l'une des plus répandues au monde, loin devant l'éolien ou le solaire. Elle a sur eux un énorme avantage : elle peut se stocker.

Une énergie inépuisable

L'eau sert de source d'énergie depuis plus de 2 000 ans. L'intérêt, c'est qu'elle est illimitée car de l'eau, il y en a partout autour de nous : dans les rivières, les fleuves, les océans... Cette source d'énergie est d'autant plus fantastique qu'elle se renouvelle sans qu'on n'ait rien à faire : c'est la nature qui fait tout le travail. L'eau des lacs ou des rivières qu'on utilise pour produire de l'électricité est ensuite rejetée dans la nature et achève sa course dans les océans. L'eau de mer s'évapore grâce à l'action du soleil. Cette vapeur se transforme en nuages, avant de retourner sur les continents et les océans sous forme de pluie. Celle-ci pénètre alors dans les sols et alimente les cours d'eau, avant de repartir pour un tour. Cette ronde sans fin s'appelle le **cycle de l'eau**.

Les débuts de l'hydroélectricité

L'ancêtre des centrales hydroélectriques n'est autre que le **moulin à eau** qui est apparu en Europe au Moyen-Âge. L'énergie de l'eau est captée par des **roues à aube** qui entraînent des machines conçues pour moudre le grain, scier la pierre ou encore forger les métaux. Un moulin à eau remplaçait 40 esclaves pour moudre le blé ! Certains travaux de force sont ainsi devenus beaucoup moins pénibles.



Le cycle de l'eau
© Grande-Dixence SA

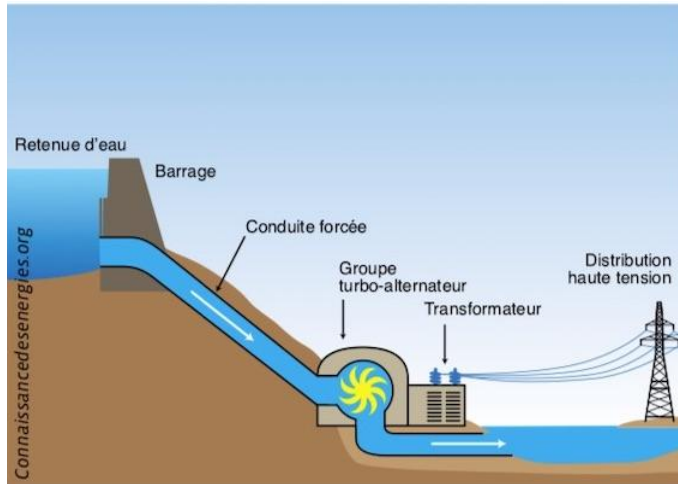
Les lacs d'altitude deviennent une importante source d'énergie dans les industries naissantes au 17^e siècle. Cette forme d'énergie explose à partir de la fin du 19^e siècle, quand on réussit à produire de l'électricité à partir de la force de l'eau, l'**hydroélectricité**. La vitesse et la pression de l'eau sont essentielles : plus le débit est rapide et puissant, plus on produit de l'électricité. Idem : plus l'eau chute de haut, plus on dégage d'énergie. En 1884, grâce à une retenue d'eau sur le Rhône, Bellegarde-sur-Valserine, dans l'Ain, devient la première ville électrifiée de France.

Comment ça fonctionne ?

Une **centrale hydraulique** ou **hydroélectrique** transforme l'énergie mécanique de l'eau en énergie électrique : en s'écoulant ou en chutant d'une grande hauteur, l'eau entraîne une machine tournante, la **turbine**, qui transmet cette énergie à un générateur capable de produire de l'électricité. Techniquement, c'est le même fonctionnement que les **moulins à eau**. La différence, c'est que ces centrales sont beaucoup plus puissantes et génèrent beaucoup plus d'énergie. Grâce au cycle de l'eau, les centrales hydrauliques sont naturellement réapprovisionnées en eau. Sans compter que l'eau rejetée par la centrale est restituée à la rivière tout aussi propre, sans avoir subi de modification.

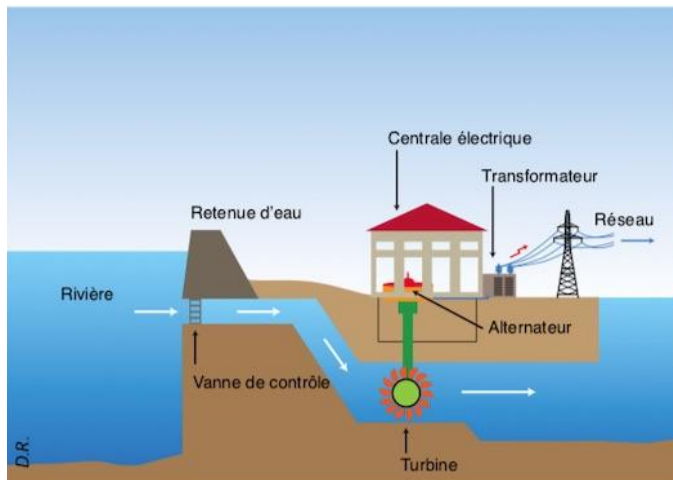
Il existe plusieurs types de centrales selon le lieu où elles sont implantées :

- les centrales alimentées par une **retenue d'eau**. Elles se trouvent en montagne. On construit un barrage pour bloquer l'eau qui descend d'une vallée : au lieu de s'écouler normalement, l'eau est stockée dans un **lac de retenue**. Pour produire de l'électricité, on la fait chuter dans une conduite vers une centrale située plus bas. Cette réserve d'eau constitue un moyen de **stockage** très pratique : on peut produire de l'électricité à tout moment. Le barrage agit un peu comme un robinet qui permettrait de se servir en eau seulement quand on a soif : de la même manière, on peut l'activer et lui demander de produire de l'électricité seulement quand on a besoin. Un lac de retenue sert parfois à d'autres usages comme l'alimentation d'une ville en eau douce, l'irrigation des cultures ou les activités de loisir.



Centrale de lac © Observ'Er 2016

- les **centrales au fil de l'eau**. Posées sur un fleuve ou une rivière, elles utilisent le courant. Elles aussi nécessitent un barrage, mais beaucoup moins haut : on parle de centrale de **basse chute**. Elles ne peuvent stocker l'énergie et produisent de l'électricité en continu, selon le débit du cours d'eau. Si le cours d'eau est à sec en été, la production est nulle. S'il pleut beaucoup en hiver, la production augmente.



Centrale au fil de l'eau © Observ'Er 2016



Dans les deux cas, l'eau est captée, puis acheminée dans des conduites vers la turbine. Dans le cas d'un barrage d'altitude, l'eau peut ainsi chuter de plusieurs centaines de mètres avant d'arriver dans l'usine qui abrite la turbine.

Quand on pense hydroélectricité, on pense souvent grand barrage, mais il existe aussi une multitude de petites centrales hydroélectriques, détenues par de petits producteurs indépendants.

L'hydroélectricité dans le monde

Parmi toutes les énergies renouvelables, l'hydraulique est la seule à être exploitée à grande échelle pour produire de l'électricité, et ceci dans le monde entier. En 2018, elle assurait 16% de la production électrique mondiale, encore loin derrière le charbon (38%) et le gaz (23%). Quatre pays se partagent plus de la moitié de la production : la Chine fait la course en tête, avec un quart de la production mondiale, suivie du Brésil, du Canada et des États-Unis.

Dans le monde, on recense aujourd'hui quelque 10 000 grands barrages produisant de l'électricité. Parmi les plus impressionnants : le barrage d'Itaipu, à la frontière entre le Brésil et le Paraguay, ou encore celui des Trois-Gorges en Chine. Sa retenue d'eau s'étend sur 600 km de longueur, soit la distance en Paris et Marseille ! Le barrage lui-même est long de plus de 2 kilomètres, pour une hauteur de 140 mètres.

Les meilleurs potentiels hydroélectriques sont concentrés dans des pays à forte pluviosité. Souvent, les grands fleuves sont mitoyens entre plusieurs États qui doivent alors s'entendre pour gérer l'utilisation en commun de leurs ressources. Alors qu'en Europe, les cours d'eau sont quasiment saturés, sur les autres continents, on construit des barrages à tout va. Ainsi en Amérique du Sud, où 30% seulement du potentiel hydroélectrique est exploité, en Asie (22%) et en Afrique (7%). Certains envisagent un triplement des capacités d'ici 2100.

LE SAVIEZ-VOUS ?

Le barrage avec la plus haute chute d'eau se trouve en Suisse.

Le barrage de la Grande-Dixence en Suisse est le plus haut barrage au monde. Il est situé dans les Alpes à 2 400 mètres d'altitude. L'eau est retenue dans un grand lac artificiel. Elle descend ensuite dans une conduite pour atterrir en bas de la vallée dans une usine qui transforme cette énergie en électricité. L'eau chute d'une hauteur de 1 880 mètres, soit près de 2 km ! C'est la plus haute chute d'eau au monde. L'eau arrive dans la centrale à la vitesse phénoménale de 600 km/h, de quoi produire une belle quantité d'énergie.





Le barrage de Grande-Dixence dans les Alpes suisses et le lac artificiel des Dix, qui s'étend sur 5 km © Grande-Dixence SA

L'hydroélectricité en France

Durant la Première guerre mondiale, la France manque cruellement d'énergie. Pour ne plus dépendre du pétrole russe ou américain, elle décide après-guerre de gagner son autonomie énergétique et se met à exploiter ses ressources hydrauliques. Une multitude de petites centrales hydrauliques se créent pour fournir les villes en électricité. Afin de couvrir les besoins croissants sont construits des barrages de plus en plus grands et des centrales de plus en plus puissantes. A tel point qu'en 1950, la moitié de la production électrique française est d'origine hydraulique.

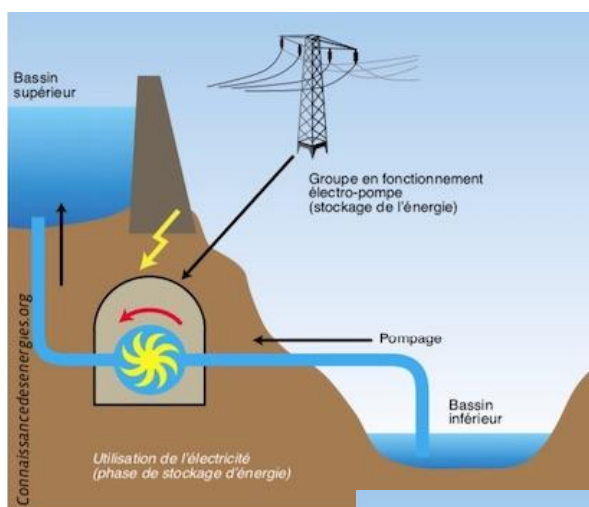
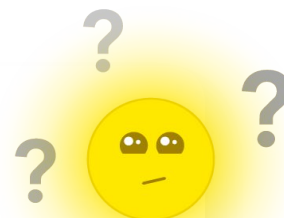
Cette production a depuis été multipliée par quatre, mais parallèlement, la production électrique française a été multipliée par... 17 ! En 2018, l'hydroélectricité ne représentait donc plus que 12,4% du total, à la 2e place derrière le nucléaire qui assure 72% de la production électrique française. Cette production hydroélectrique dépend fortement du débit des cours d'eau et des précipitations : en année sèche, elle peut être deux fois moins importante que durant une année très pluvieuse.

Avec plus de 2 000 installations hydroélectriques, la France est, avec la Norvège, l'un des principaux producteurs européens d'énergie hydraulique. La plupart des gros barrages se trouvent sur le Rhône et le Rhin. Bien qu'il reste des sites inexploités, la production hydroélectrique française stagne ces dernières années à cause de pluies peu abondantes et de centrales vieillissantes qui pour beaucoup doivent être renouvelées.

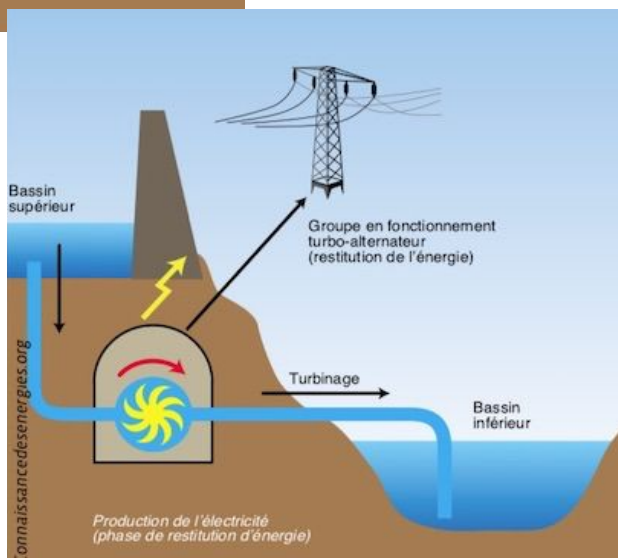
LA QUESTION DE SUNNY

C'est quoi une STEP ?

STEP, ça veut dire Station de transfert d'énergie par pompage. La France compte une dizaine de ces centrales qui utilisent deux retenues d'eau reliées par des conduites. En descendant du bassin supérieur au bassin inférieur, l'eau actionne la turbine et produit de l'électricité, mais ensuite, cette eau est renvoyée vers le haut par un système de pompage. Cela permet stocker de grandes quantités d'énergie, disponibles quand on veut. Les STEP sont d'ailleurs plus considérées comme des lieux de stockage d'énergie à utiliser en cas de pic de consommation plutôt que comme des sites de production.



A gauche, STEP en phase de stockage et en bas à droite, STEP en phase de production © Observ'Er 2016



Avantages et inconvénients des centrales hydroélectriques

- Le principal atout de l'énergie hydraulique est bien sûr qu'elle est **renouvelable**. Elle n'émet quasiment pas de gaz à effet de serre : il faut tout de même tenir compte du CO₂ qui a été émis pour produire les tonnes de béton et d'acier nécessaires à la construction du barrage.
- C'est aussi l'énergie renouvelable qui coûte **le moins cher** : elle revient quasiment au même prix que les énergies fossiles.
- De plus, si l'électricité ne se stocke pas, l'eau si ! Contrairement au solaire ou à l'éolien, les centrales hydroélectriques sont donc capables de **stocker** de grandes quantités d'énergie potentielle dans les lacs de retenue et de restituer cette énergie quand la demande d'électricité augmente. Elle est indispensable pour équilibrer le réseau électrique.
- Le principal inconvénient des centrales hydroélectriques tient à la construction du barrage, qui peut avoir **un fort impact sur l'environnement**. Car en fermant une vallée pour former un lac de retenue en altitude, l'édifice inonde des terres qui auparavant étaient occupées par des champs, des pâturages, des forêts ou même des villages.
- En outre, des **espèces** ne peuvent plus circuler naturellement, tels que les saumons, incapables de remonter les rivières pour se reproduire en amont.
- Autre problème : celui des **sédiments** (limons, sables, graviers...) qui restent bloqués derrière le barrage et viennent à manquer en aval du cours d'eau. Conséquence : les terres sont moins fertiles et les côtes s'érodent.

Les autres formes d'énergie hydraulique : les énergies marines

Si les centrales hydroélectriques sont les principales productrices d'énergie hydraulique, il existe de nombreuses autres technologies qui transforment le mouvement de l'eau en énergie. Il s'agit notamment des **énergies marines** qui devraient se développer dans les années à venir.

Les océans, qui recouvrent plus de 70% de la planète, constituent un concentré d'énergies aussi formidables qu'inépuisables : les vagues, les courants de surface ou de profondeur, les marées... Malheureusement, cette puissance reste en grande partie inexploitée. Car le milieu marin n'est pas des plus accueillants : le sel, les tempêtes, les courants usent souvent le matériel à une vitesse fulgurante. Le second défi est de parvenir à acheminer cette énergie jusqu'à la terre ferme. Pour dépasser ces difficultés et mettre au point des technologies robustes et efficaces, de nombreuses expérimentations sont en cours un peu partout dans le monde.

- Il y a cinquante ans, la France s'est fait remarquer au niveau mondial par une innovation : **l'usine marémotrice de la Rance**. Inaugurée en 1966, cette usine utilise **l'énergie des marées** en stockant l'eau à marée haute dans un bassin, puis turbine l'eau ainsi stockée quand la mer se retire. Pourtant intéressante, cette technologie ne s'est que peu développée : il n'existe qu'une demi-douzaine de centrales de ce type sur la planète.



- **Les hydroliennes** font appel à une autre technologie : celle des **courants**. Ces machines, qui ressemblent à de petites éoliennes, récupèrent l'énergie des **courants marins ou fluviaux** pour faire tourner une turbine immergée. Plus discrète qu'une éolienne, une hydrolienne produit aussi de l'électricité de manière plus constante car les courants des rivières et des marées sont plus réguliers et prévisibles que la force du vent.
- D'autres formes d'énergies bleues sont à l'étude comme **l'énergie houlomotrice**, fondée sur les vagues, ou **l'énergie thermique des océans**, qui exploite les différences de température entre les eaux de surface et celle des profondeurs.

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE L'HYDRAULIQUE

LES +

Energie renouvelable non intermittente : source de production électrique souple et stockable à grande échelle

N'émet pas de gaz à effet de serre lors de la production d'électricité

Installation qui dure longtemps

Apporte un revenu régulier à de petites communes

LES -

Impacts du barrage sur l'environnement et la biodiversité (faune et flore aquatique)

Impacts sur la société : expulsion de personnes habitant sur la zone

Emissions de gaz à effet de serre lors de la construction du barrage

Les sédiments sont bloqués par les barrages et n'arrivent plus jusqu'aux côtes, qui s'érodent.



LE DOCUMENT POUR ALLER PLUS LOIN

*Grands barrages et climat :
l'arbitrage infernal du Brésil***Grands barrages et climat : l'arbitrage infernal du Brésil**

Quoi : un article du magazine en ligne *Slate*

Quand : 6 décembre 2015

Pourquoi : l'énergie hydraulique est renouvelable, flexible, efficace, bas carbone et bon marché, mais il n'y a pas de source d'énergie idéale. Tous ses atouts ne l'empêchent pas d'être critiquée car elle a aussi des conséquences très néfastes pour les populations et l'environnement. Au Brésil, ces barrages sont contestés notamment car ils impliquent l'expulsion de populations indigènes et une déforestation de masse. *Slate* évoque ici le dilemme de ce pays, 2^e producteur mondial d'hydroélectricité.

SUR CE SUJET, VOIR AUSSI LES FICHES :

- D'où vient, et où va l'électricité ?
- Les énergies renouvelables
- L'énergie en France

QUELQUES SOURCES INTÉRESSANTES

- Encyclopédie de l'énergie, articles de la [thématique Hydraulique](#)
- [Chiffres clés des énergies renouvelables](#), Commissariat général au Développement durable
- [Les Énergies renouvelables, Etat des lieux et perspectives](#), Claude Acket et Jacques Vaillant, Editions Technip, 2016
- [France Hydroélectricité](#)
- [Commission internationales des grands barrages](#)
- [L'usine marémotrice de la Rance](#)
- Le baromètre 2017 des énergies renouvelables – [L'Hydraulique](#), Observ'Er