

Énergie hydroélectrique

L'**énergie hydroélectrique**, ou *hydroélectricité*, est une énergie électrique obtenue par conversion de l'énergie hydraulique des différents flux d'eau (fleuves, rivières, chutes d'eau, courants marins ...). L'énergie cinétique du courant d'eau est transformée en énergie mécanique par une turbine, puis en énergie électrique par un alternateur.

L'hydroélectricité représente 16 % de la production mondiale d'électricité et possède de nombreux atouts. Elle est renouvelable, d'un faible coût d'exploitation et émet peu de gaz à effet de serre. Toutefois, elle présente des inconvénients non négligeables : déplacements de population, éventuellement inondations de terres agricoles, modifications des écosystèmes aquatiques et terrestre, blocage des alluvions...

Troisième source de production d'électricité en Europe, l'hydroélectricité est amenée à se développer en intégrant la protection des ressources piscicoles et en s'articulant avec d'autres énergies renouvelables comme l'éolien ou d'autres systèmes hybrides (par exemple avec l'hydrogène).

Principes

L'énergie électrique est produite par la transformation de l'énergie cinétique de l'eau en énergie électrique par l'intermédiaire d'un rotor d'alternateur relié à un ensemble mécanique situé autour de la roue motrice, la turbine. La quantité d'énergie extraite de l'eau retenue derrière un barrage dépend du volume d'eau et de la hauteur de chute.

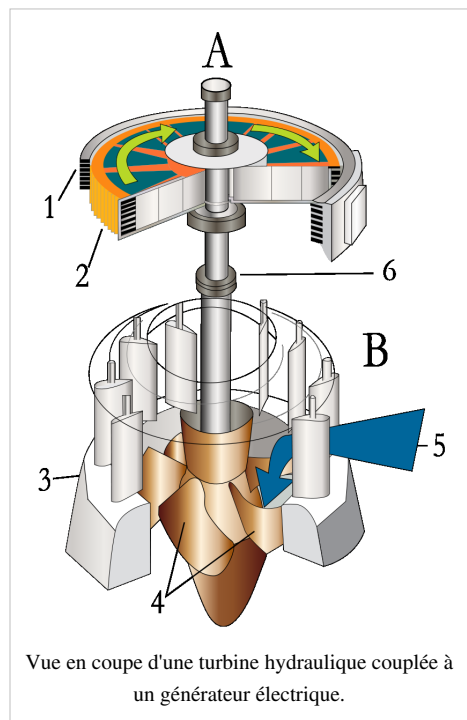
Il existe quatre types de turbines. Le choix du type de turbine le plus adapté est fait par le calcul de la vitesse spécifique notée ns .

- La turbine Pelton, adaptée aux hautes chutes, avec une roue à augets, inventée par Lester Allan Pelton en 1879. Elle est conçue pour les hauteur de chute de plus de 200 mètres
- La turbine Francis, plutôt montée pour des chutes moyennes, voire hautes, avec une roue à aubes simple ou double. Conçue par James B. Francis en 1868.
- La turbine Kaplan, inventée en 1912, parfaitement adaptée aux basses chutes et forts débits, avec une roue de type hélice, comme celle d'un bateau. Viktor Kaplan a mis au point une roue à hélice dont les pales peuvent s'orienter en fonction des débits utilisables.

- La turbine Wells, assez peu connue, utilise le mouvement de l'air provoqué par le mouvement des vagues à travers un tube vertical. Principe développé par Alan Wells.



Centrale hydroélectrique de Ybbs-Persenbeug en Autriche

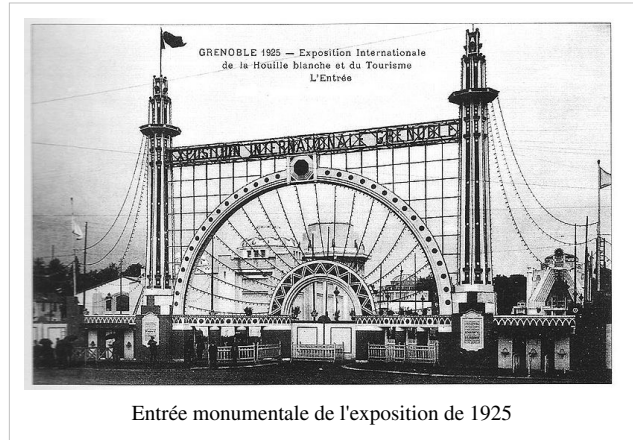


Vue en coupe d'une turbine hydraulique couplée à un générateur électrique.

Historique

Les êtres humains utilisent la force de l'eau depuis plus de deux mille ans. En effet, ils se servaient de moulins à eau actionnés par des roues à aubes pour moudre le blé.

Ce n'est qu'au cours du XIX^e siècle que les roues à aubes sont utilisées pour produire de l'électricité. À la fin du siècle, la turbine remplacera la roue hydraulique et les premiers barrages feront leur apparition. Dans les Alpes, l'industriel et ingénieur Aristide Bergès utilise la formule de « houille blanche » développée à Grenoble à partir de 1878 au cours de réunions locales, puis à la foire de Lyon en 1887, et définitivement popularisée lors de l'Exposition universelle de Paris de 1889, où Bergès en fait l'expression populaire pour caractériser la puissance hydraulique sous toutes ses formes. En 1869, il utilise à Lancey l'énergie hydraulique pour faire fonctionner ses défibreurs (appareils râpant le bois afin d'en faire de la pâte à papier) grâce à une chute de 200 mètres. En 1925, Grenoble organise l'Exposition internationale de la houille blanche afin de consacrer la ville capitale de la houille blanche.



Entrée monumentale de l'exposition de 1925

Centrales hydroélectriques

Il existe trois formes principales de production d'énergie hydroélectrique :

- les **centrales dites gravitaires** pour lesquelles les apports d'eau dans la réserve sont uniquement gravitaires
- les **stations de transfert d'énergie par pompage** (S-T-E-P) aussi connues sous l'appellation *centrales hydrauliques à réserve pompée*, pour lesquelles un dispositif artificiel permet de pomper l'eau d'un bassin inférieur vers un bassin supérieur. Celles-ci comprennent d'ailleurs fréquemment une partie gravitaire.
- les **usines marémotrices** au sens large qui utilisent l'énergie du mouvement des mers, qu'il s'agisse du flux alterné des marées (marémotrice au sens strict), des courants marins permanents (hydroliennes au sens strict) ou du mouvement des vagues.

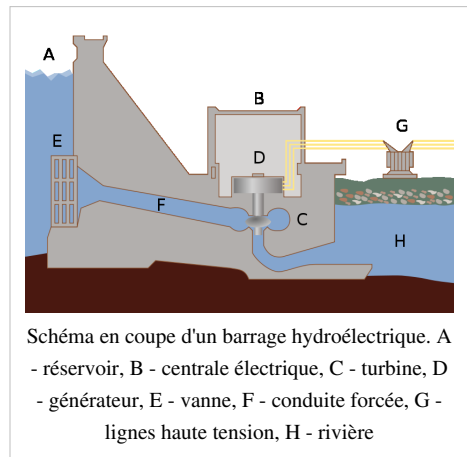


Schéma en coupe d'un barrage hydroélectrique. A - réservoir, B - centrale électrique, C - turbine, D - générateur, E - vanne, F - conduite forcée, G - lignes haute tension, H - rivière

Les centrales gravitaires

Les centrales gravitaires sont celles mettant à profit l'écoulement de l'eau au long d'une dénivellation du sol. On peut les classer selon trois types de fonctionnement, déterminant un service différent pour le système électrique. Ce classement se fait en fonction de la constante de vidage, qui correspond au temps théorique qui serait nécessaire pour vider la réserve en turbinant à la puissance maximale.

Classement par type de fonctionnement

On distingue ainsi :



Salle des machines de la centrale hydroélectrique de Fessenheim. On reconnaît les générateurs peints en bleu.

- les centrales dites "*au fil de l'eau*", dont la constante de vidage est généralement inférieure à 2 heures ;
- les centrales "*éclusées*", dont la constante de vidage est comprise entre 2 et 200 heures ;
- les "*lacs*" (ou *réservoirs*), dont la constante de vidage est supérieure à 200 heures.

Les *centrales au fil de l'eau*, principalement installées dans des zones de plaines présentent pour ces raisons des retenues de faible hauteur. Elles utilisent le débit du fleuve tel qu'il se présente, sans capacité significative de modulation par stockage. Elles fournissent une énergie en base^[1] très peu coûteuse. Elles sont typiques des aménagements réalisés sur les fleuves importants comme le Rhône et le Rhin.

Les *centrales éclusées* présentent des lacs plus importants, leur permettant une modulation dans la journée voire la semaine. Leur gestion permet de suivre la variation de la consommation sur ces horizons de temps (pics de consommation du matin et du soir, différence entre jours ouvrés et week end...). Elles sont typiques des aménagements réalisés en moyenne montagne.

Les *centrales-lacs* correspondent aux ouvrages présentant les réservoirs les plus importants. Ceux-ci permettent un stockage saisonnier de l'eau, et une modulation de la production pour passer les pics de charge de consommation électrique : l'été pour les pays où la pointe de consommation est déterminée par la climatisation, l'hiver pour ceux où elle est déterminée par le chauffage. Ces centrales sont typiques des aménagements réalisés en moyenne et haute montagne.

Classement par type de remplissage

Il est également possible de classer les centrales en fonction des caractéristiques de remplissage de leur réservoir, ce qui induit certaines contraintes dans l'usage électrique qui peut en être fait. On distinguera par exemple, les réservoirs dont le remplissage peut statistiquement être obtenu de façon hebdomadaire, saisonnière, voire pluri-saisonnière.

Classement par hauteur de chute

Enfin, on peut également classer les ouvrages en fonction de leur hauteur de chute, c'est-à-dire la différence d'altitude entre le miroir théorique du réservoir plein et la turbine. Cette hauteur de chute détermine notablement les types de turbines utilisées.

On distingue ainsi :

- les **hautes chutes** (> 200 m)
- les **moyennes chutes** (entre 50 et 200 m)
- les **basses chutes** (< 50 m)

Entre ces trois types de classement, il n'existe pas d'équivalence stricte mais une forte corrélation. Les centrales au fil de l'eau ont en général un remplissage quotidien avec des apports réguliers, et de faible hauteur de chute ; les éclusées ont un remplissage quotidien ou hebdomadaire influencé par la saison (saison de crues) et des hauteurs de chute moyenne, plus rarement haute ; enfin les lacs ont des remplissages en général saisonniers (fonte des neiges ou saison des pluies) et des hauteurs de chutes importantes.

Les STEP : Station de Transfert d'Énergie par Pompage

Ces centrales, en plus de produire de l'énergie à partir de l'écoulement naturel, comportent un mode pompage permettant de stocker l'énergie produite par d'autres types de centrales lorsque la consommation est basse, par exemple la nuit, pour la redistribuer, en mode turbinage, lors des pics de consommation.

Ces centrales possèdent deux bassins, un bassin supérieur et un bassin inférieur entre lesquels est placée une machine hydroélectrique réversible : la partie hydraulique peut fonctionner aussi bien en pompe, qu'en turbine et la partie électrique aussi bien en moteur qu'en alternateur (machine synchrone). En mode accumulation la machine utilise le courant fourni pour remonter l'eau du bassin inférieur vers le bassin supérieur et en mode production la machine convertit l'énergie potentielle gravitationnelle de l'eau en électricité.

Le rendement (rapport entre électricité consommée et électricité produite) est de l'ordre de 82%.

Ce type de centrale présente un intérêt économique lorsque les coûts marginaux de production varient significativement sur une période de temps donnée (le jour, la semaine, la saison, l'année...). Elles permettent en effet de stocker de l'énergie gravitaire, dans les périodes où ces coûts sont bas, pour en disposer dans les périodes où ils sont élevés.

C'est par exemple le cas s'il existe des variations récurrentes importantes de la demande (entre été et hiver, jour ou nuit...), des productions "fatales" en quantité importante, qui seraient sinon perdues (énergie éolienne) ou des productions d'énergie en base faiblement modulables (nucléaire, hydraulique de fil de l'eau).

La STEP la plus connue en France se trouve dans la vallée de l'Eau d'Olle (dans les Alpes), et relie le lac du Verney (retenue aval) au barrage de Grand'Maison (retenue amont).

Par contre, la plus ancienne semble être celle du Lac Noir dans les Vosges, versant alsacien, du nom du lac associé au Lac Blanc. Conçue, dans les années 1930, pour réguler la production du barrage au fil de l'eau de Kembs, sur le Rhin, sa mise en exploitation fut le théâtre d'une tragédie où tout le personnel périt à l'exception d'un survivant. Elle fut mise en service après avoir équipé la conduite forcée, d'une centaine de mètres de dénivellation, d'une cheminée d'équilibre contre les coups de bélier et située à l'horizontale au-dessus du bâtiment reconstruit.

Dans les Alpes, un grand projet financé par la France et soutenu par l'Europe, de construction d'une usine hydroélectrique appelée à produire 560 millions de kWh par an, soit l'équivalent de l'alimentation d'une ville de 280 000 habitants va être achevée dans les années à venir, c'est le projet "Nouvelle Romanche" sur la commune de Livet-et-Gavet, au sud de Grenoble. Le montant de l'investissement s'élève à 150 M€, assuré à hauteur de 80 à 90 % par EDF. C'est une centrale souterraine équipée de deux turbines Francis, construite au fil de l'eau, qui permettra une meilleure utilisation de la force hydraulique dans la Vallée de la Romanche.

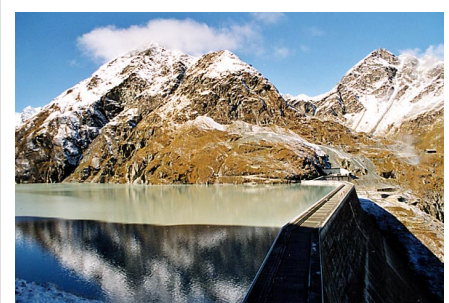
Leif-Erik Langhans, de la Ruhr-Universität de Bochum, a aussi étudié un système d'éolienne couplée à une centrale hydraulique à réserve pompée. L'énergie éolienne excédentaire sert à amener l'eau dans un bassin surélevé. En cas de déficit d'énergie, cette réserve d'eau passe au travers de turbines productrices d'électricité.

Les centrales marémotrices

Une *usine marémotrice* est une centrale hydroélectrique qui utilise l'énergie des marées pour produire de l'électricité.

À partir des vagues

Le Japon s'est intéressé le premier aux ressources de la houle à partir de 1945, suivi par la Norvège et le Royaume-Uni. Au début du mois d'août 1995, l'Ocean Swell Powered Renewable Energy (OSPNEY), la première centrale électrique utilisant l'énergie des vagues, est installée au nord de l'Écosse. Le principe est le suivant : les vagues pénètrent dans une sorte de caisson immergé, ouvert à la base, poussent de l'air dans les turbines qui actionnent les alternateurs générant l'électricité. Cette dernière est ensuite transmise par câble sous-marin à la côte, distante d'environ 300 mètres. La centrale avait une puissance de 2 MW. Malheureusement, cet ouvrage, endommagé par les vagues, a été anéanti un mois plus tard par la queue du cyclone Félix. Ses créateurs ne se découragent pas. Une nouvelle machine, moins chère et plus performante, est actuellement mise au point. Elle doit permettre de fournir de l'électricité aux petites îles qui en manquent et, d'alimenter une usine de dessalement de l'eau de mer.



Grande_Dixence : le plus haut barrage poids du monde - (Alpiq, Suisse)

À partir des courants marins

Un projet de la société britannique Marine Current Turbines a prévu d'utiliser des hydroliennes (sorte d'« éoliennes » sous-marines) qui utiliseraient les courants marins de manière similaire à une hélice de bateau pour produire de l'électricité.

Utilisation

L'énergie hydroélectrique est stockable, elle peut donc être utilisée *en pointe*, c'est-à-dire quand la demande est la plus forte sur le réseau public de distribution électrique.

En revanche, la production d'hydroélectricité est limitée par la réserve d'eau disponible, ce qui dépend du climat et des pompages réalisés en amont de la retenue pour l'eau sanitaire et l'irrigation.

La puissance hydroélectrique installée dans le monde en 2004 était estimée à 715 gigawatts (GW), soit environ 19% de la puissance électrique mondiale. Près de 15 % de la puissance électrique installée en Europe est d'origine hydraulique.

Cependant, la proportion d'énergie hydroélectrique est bien moindre (de l'ordre de 10 %) que la puissance installée peut le faire croire, car cette dernière joue un rôle particulièrement important pour assurer l'équilibre instantané de la production et de la consommation d'électricité. En effet, l'énergie électrique ne se stocke pratiquement pas et c'est pourquoi l'énergie hydroélectrique est souvent une variable d'ajustement.



Le barrage des Trois-Gorges, dans la province du Hubei en Chine, est le plus grand barrage ainsi que le plus grand générateur d'électricité au monde ^[2].

L'hydroélectricité en France : état des lieux des sites de production

La première loi cadrant l'hydroélectricité et le régime des *concession hydroélectrique* date de la période de reconstruction qui a suivi la Première Guerre mondiale (Loi du 16 octobre 1919 relative à l'utilisation de l'énergie hydraulique).

Près d'un siècle plus tard, en France, la puissance installée des 399 barrages français est de 25 GW, soit 22 % de l'ensemble des centrales contribuant à l'alimentation des réseaux publics alors que la production ne représente qu'environ 15%.

En 2009, environ 80% de ces barrages étaient exploités par EDF. La Société hydroélectrique du Midi (Shem), qui a été rachetée par le groupe belge Electrabel (groupe Suez)^[3], exploite 50 usines hydroélectriques et 12 barrages des Pyrénées. La Compagnie Nationale du Rhône, société publique dont 49,97% du capital est détenu par GDF SUEZ, exploite les barrages au fil de l'eau du Rhône que lui concède l'Etat.

En juillet 2008, en application d'une procédure en manquement émanant de la Commission européenne, le gouvernement a décidé^[4] de mettre en concurrence l'attribution des concessions hydroélectriques à leurs échéances^[5]. Pour cela, il a regroupé des concessions hydroélectriques par vallées. Les premiers regroupements de concessions devraient être soumis à concurrence avant 2013 (barrages de la vallée d'Ossau, barrages de la vallée du Luron, barrages de l'aval de la rivière de La Truyère, la haute et la moyenne Dordogne et les barrages du Drac). En 2014, le regroupement des installations de la vallée de l'Arc serait ensuite également soumis à la concurrence.



Pont-barrage de Saint-Égrève dans la banlieue de Grenoble

Coût de l'hydroélectricité

Malgré des coûts de réalisation généralement élevés, les coûts de maintenance sont raisonnables, les installations sont prévues pour durer longtemps, et l'énergie de l'eau est gratuite et renouvelable si elle est bien gérée. Donc le bilan est plutôt positif, c'est un des systèmes de production d'électricité les plus rentables ; en outre c'est un des plus souples.

Environnement

L'hydroélectricité est considérée comme une énergie propre et inépuisable, contrairement au pétrole ou au gaz naturel. Certaines recherches^[6] émettent des doutes sur le bilan en gaz à effet de serre des systèmes hydroélectriques. L'activité bactériologique dans l'eau des barrages, surtout en régions tropicales, relâcherait d'importantes quantités de méthane (gaz ayant un effet de serre 20 fois plus puissant que le CO₂).

Les impacts environnementaux varient avec le type et la taille de la structure mise en place : ils sont faibles s'il s'agit d'exploiter les chutes d'eau naturelles, les courants marins, les vagues, mais ils deviennent très importants s'il s'agit de créer des barrages et des retenues d'eau artificielles. Dans ce dernier cas, on critique généralement la disparition de terres agricoles et de villages (entraînant des déplacements de population) ainsi que la perturbation du déplacement de la faune (pas seulement aquatique) et, globalement, de tout l'écosystème environnant.

Il faut remarquer que dans les projets de barrages, la production d'hydroélectricité est fréquemment complémentaire, d'autres finalités telles que la maîtrise des crues et de leurs conséquences, l'amélioration de la navigabilité d'un cours d'eau, l'alimentation en eau de canaux, la constitution de stocks d'eau pour l'irrigation, le tourisme...

Notes et références

- [1] Par énergie en base on entend une production très faiblement modulée en puissance
- [2] **(en)** The Top 100 - Part I The World's Largest Power Plants (<http://www.industcards.com/top-100-pt-1.htm>)
- [3] Brève d'information Enviro2b (<http://www.enviro2b.com/2008/01/02/la-shem-devrait-se-developper-davantage/>)
- [4] Décret 2008-109 du 26 septembre 2008 (<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000019533811&dateTexte=>).
- [5] Textes et échéances (<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Les-concessions-hydroelectriques.html>).
- [6] Voir : Les barrages plus polluants que les centrales à charbon (<http://www.rougemidi.fr/spip.php?article1183>) ou l'article original en anglais : (http://ff.org/centers/csspp/library/co2weekly/20061228_01/20061228_03.html). Voir aussi (http://www.ec.gc.ca/cleanair-airpur/Sources_de_pollution/Production_d_electricite/Energie_hydro-electrique/Repercussions_environmentales_de_l_energie_hydro-electrique-WS75DA1B8E-1_Fr.htm)

Sources et contributeurs de l'article

Énergie hydroélectrique *Source:* <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?oldid=62838350> *Contributeurs:* -=El Pingu=-, 307sw136, Adriweb, Alexandref, Allusion, Arkanosis, Arnaud.Serander, Atch, Auregann, Badmood, Balougador, Bbulot, Blendernation, Bobodu63, Boréal, Bouchecl, Brostoler, Bserin, Calcineur, Calmos, CaptainHaddock, Chalu6, Chris bob, Colocho, CommonsDelinker, Cotouille, Coyau, Cricic, Croc, CrocBlanc, Cyberugo, David Berardan, Deep silence, Dhenrotte, Diderot1, DocteurCosmos, EDUCA33E, Eiffele, Emdx, Emiaille, Emirix, Escaladix, Esprit Fugace, EyOne, Fabrice Ferrer, Florent, Florival fr, Flot2, Fluti, Franckyboy, GFDL fan, Gem, Geraille, Glougloupanpan, Grondin, Groumfy69, Gvf, Hatonjan, Haypo, Hemmer, Herve1729, Heurtelions, Horizon2300, Howard Drake, IALex, JLM, Jastrow, Jef-Infojef, Jide, Jmnil, Joseph B, Jrfc11, Julianedm, Kelson, Kilith, Klein, KoS, Lachaume, Laddo, Lamiot, Laodicee, Laurent Nguyen, Le gorille, Leag, Letartean, Lilyu, Linedwell, Liquid 2003, Loikea, Lookandsee, Looxix, Lorangeo, Ludo29, M LA, Man vyi, Manuguf, Markko, Mathieu.clabaut, Maurilbert, Maximini1010, Medium69, Momo27, Moumousse13, Murza, Mysto, NHA, Nanoxyde, Nebula38, Nicolas Ray, Oblic, Odillon, Ollamh, Orlodrim, Oxo, P.loos, PNL, Paternel 1, Pautard, Peter Horn, PetetheJock, Pethrus, Petrusbarbygere, Phd0, Phe, Pierre cb, PoM, Popolon, Pulsar, Père Igor, Ragnald, Rune Obash, S23678, Sam Hocevar, Sebleouf, Skiff, Slasher-fun, Speculos, Sum, Sweater, Syntex, TahitiB, Tensai, Thierrym, Tibauk, Tletelli, Traroth, Tyvm, Ukuk, VIEILLEFOSSE, Victorlepervert, Xic667, Xiglofre, YSidlo, Yelkrokoyade, Zhonghuo, Zouavman Le Zouave, Zubro, 375 modifications anonymes

Source des images, licences et contributeurs

Image:Kraftwerk Ybbs-Persenbeug.jpg *Source:* http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Kraftwerk_Ybbs-Persenbeug.jpg *Licence:* Creative Commons Attribution-Sharealike 2.0 *Contributeurs:* Ixitixel, Kwerdenker, ZorkNika, 3 modifications anonymes

Image:Water turbine.svg *Source:* http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Water_turbine.svg *Licence:* Public Domain *Contributeurs:* User:Gothika

Image:Entrée exposition H.B. - Grenoble.jpg *Source:* http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Entrée_exposition_H.B._-_Grenoble.jpg *Licence:* Public Domain *Contributeurs:* Pacalet photo

Image:Hydroelectric_dam-letters.svg *Source:* http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Hydroelectric_dam-letters.svg *Licence:* Creative Commons Attribution 2.5 *Contributeurs:* User:Tomia

Image:2010 06 04Centrale hydroélectrique à Fessenheim.JPG *Source:* http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:2010_06_04Centrale_hydroélectrique_à_Fessenheim.JPG *Licence:* Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Contributeurs:* User:Florival fr

Image:Grande-dixence.jpg *Source:* <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Grande-dixence.jpg> *Licence:* Bild-Picswiss *Contributeurs:* Roland Zumbühl

Image:Dreischluchendamm hauptwall 2006.jpg *Source:* http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Dreischluchendamm_hauptwall_2006.jpg *Licence:* Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Contributeurs:* Christoph Filnköbl

Fichier:Pont barrage Saint-Egrève.JPG *Source:* http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fichier:Pont_barrage_Saint-Egrève.JPG *Licence:* Creative Commons Zero *Contributeurs:* User:Milky

Licence

Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>