

# Petite hydraulique

Document de connaissances de base, état: janvier 2018

## 1. Synthèse

En Suisse, on appelle petites centrales hydrauliques les installations hydroélectriques dotées d'une puissance inférieure à 10 mégawatts [MW]. Le coût de revient du courant produit par la petite hydraulique est en général supérieur à celui provenant de la grande hydraulique. L'introduction du programme de rétribution à prix coûtant du courant injecté (RPC) a permis de construire de nouvelles installations ou de rénover des aménagements existants et d'en prévoir de nouveaux. Et la petite hydraulique offre encore des possibilités de développement de 1 à 2 TWh de plus qu'actuellement. Quant à savoir si ce potentiel pourra être exploité, cela dépend fortement de l'évolution de la législation en matière de protection de l'environnement (p. ex. concernant les débits résiduels) ainsi que des subventions, qui font l'objet d'une nouvelle réglementation dans la Loi sur l'énergie depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2018.

## 2. Situation actuelle en Suisse

En Suisse, plus de 10 000 petites installations hydroélectriques étaient en exploitation pour l'approvisionnement au siècle dernier. C'est une réussite, et ce, jusqu'à aujourd'hui. La plupart des installations ont fermé parallèlement au développement de l'électrification, en raison d'offres énergétiques moins chères proposées notamment par de grandes centrales hydroélectriques. En 1914, les registres hydrauliques suisses présentaient encore quelque 7000 petites centrales hydrauliques dotées d'une puissance inférieure à 10 MW. Plus de 90% de ces installations avaient une puissance plus petite, allant jusqu'à 300 kilowatts (kW).

Les «petites centrales hydrauliques» désignent ici les installations hydroélectriques dotées d'une puissance inférieure à 10 MW.<sup>1</sup> Cette limite est largement répandue et est également appliquée par l'association européenne de la petite hydroélectricité (European Small Hydropower Association, ESHA). Dans la littérature et les statistiques, on rencontre le plus souvent la notion de «puissance électrique installée», qui se fonde sur les indications des fournisseurs. Mais, dans la pratique, il arrive que cette puissance ne soit pas atteinte, voire qu'elle soit dépassée. Souvent, les centrales hydroélectriques sont divisées de façon encore plus précise; la puissance vaut alors comme classement de catégorie.

- Petites centrales hydrauliques: centrales hydrauliques avec une puissance max. < 10 MW<sub>el</sub>
- Très petites centrales hydrauliques: centrales hydrauliques avec une puissance max. < 300 kW<sub>el</sub>
- Pico-centrales: centrales hydrauliques avec une puissance max. < 50 kW<sub>el</sub>

<sup>1</sup> Source: OFEN 2012

## 2.1 Données statistiques sur la petite hydraulique

La Confédération ne tient pas de statistiques spécifiques à la petite hydraulique, qui fait partie intégrante de la statistique des (grands) aménagements hydroélectriques. Celle publiée cette année par l'OFEN présente toutes les installations d'une puissance égale ou supérieure à 300 kW.

Classe de puissance (en fonction de la puissance maximale à partir de l'alternateur)	Nombre d'installations	Puissance maximale à partir de l'alternateur (MW)	Production moyenne estimée (GWh/a)
De 300 kW à < 1 MW	234	132	630
De 1 MW à 10 MW	244	789	3190
Total	478	921	3820

Tableau 1. Petites centrales hydrauliques en Suisse d'une puissance égale ou supérieure à 300 kW. Source: OFEN 2017, état au 1<sup>er</sup> janvier 2017.

Depuis 2009, les petites centrales hydrauliques, notamment, peuvent être soutenues par la rétribution à prix coûtant du courant injecté (RPC). Le tableau ci-dessous présente l'état actuel des installations bénéficiant d'une aide. Avec la Stratégie énergétique 2050, la RPC est révisée: les ayants droit à la RPC sont restreints et un nouvel instrument est créé, à savoir les contributions d'investissement (voir à ce sujet le chapitre 9 «Nouveautés de la Stratégie énergétique 2050»).

Statut RPC	Nombre d'installations	Puissance installée (MW)	Production projetée (GWh/a)
Installations en service	554	393	1446
Installations ayant reçu une décision favorable (pas encore concrétisées)	173	243	814
Sur liste d'attente	561	630	2244

Tableau 2. Petites centrales hydrauliques ayant obtenu une décision favorable de la Fondation RPC (en service, prévues ou annoncées) ou se trouvant sur liste d'attente. Source: Cockpit RPC 2017, état au 2 octobre 2017

## 3. État de la technologie et développement futur

La petite hydraulique repose sur l'utilisation de technologies connues et éprouvées, comme la turbine Pelton, qui est conçue pour des hauteurs de chute d'au moins 30 m et de faibles débits, ou encore la turbine Kaplan, qui est préconisée en cas de hauteur de chute moindre (entre 2 et 20 m) et de fort débit. La petite hydraulique, tout comme la grande hydraulique, est une technologie très avancée. Les turbines hydrauliques ont un rendement d'env. 95%.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Source: Energie.ch

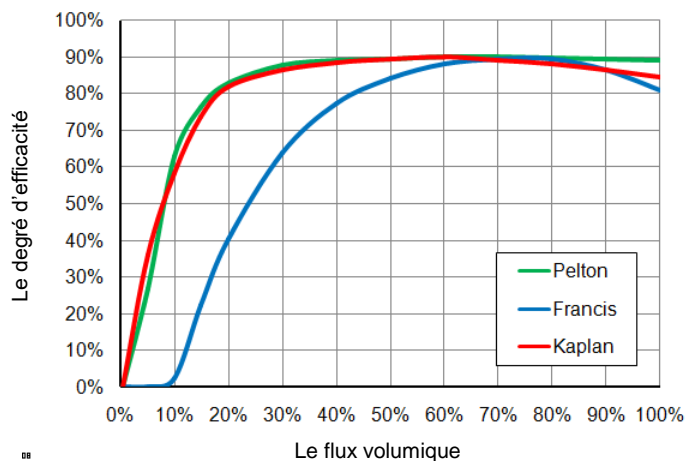


Illustration 1. Rendement des turbines hydrauliques. Source: energie.ch.

### Type de ressource utilisée

Cours d'eau

### Type de centrale

- Centrale au fil de l'eau et centrale de dérivation
- Centrale de dotation (utilisation du débit résiduel de grands ouvrages hydrauliques)
- Centrale utilisant le débit résiduel d'installations de retenue alpines
- Centrale sur seuil hydraulique

Pression excédentaire

- Centrale d'eau potable
- Centrale d'irrigation
- Centrale de drainage
- Centrale d'eaux usées
- Centrale de tunnels
- Utilisation de la force hydraulique dans le cadre de l'enneigement

Eau de processus industriels

- Autres applications

Les centrales hydroélectriques tourbillonnaires, les Steffturbines<sup>3</sup>, les roues hydrauliques, les turbines VLH ou les centrales hydroélectriques fonctionnant selon le principe de la vis d'Archimède constituent des concepts alternatifs d'utilisation de la force hydraulique avec de très faibles hauteurs d'eau. Pour plus d'informations au sujet de ces diverses utilisations, consulter l'article spécialisé «Concepts relatifs à la petite hydraulique – Des turbomachines hydrauliques pour petits débits et faibles hauteurs de chute» dans le Bulletin de l'AES 2/2014.

Par ailleurs, des méthodes modernes de simulation assistée par ordinateur permettent de planifier des installations sur mesure, afin d'exploiter de façon optimale les conditions hydrologiques locales. Cela améliore le rendement énergétique et réduit le coût du projet.

#### 4. Potentiel

Dans le cadre d'une estimation du potentiel de développement de la force hydraulique au titre de la Stratégie énergétique 2050, réalisée en juin 2012, l'OFEN a identifié un potentiel de développement des petites centrales hydrauliques de 1,29 TWh dans les conditions d'utilisation actuelles et de 1,6 TWh dans des conditions d'utilisation optimisées d'ici à 2050.<sup>4</sup> Ces chiffres sont basés sur une enquête approfondie auprès des services spécialisés concernés des cantons.

Dans une étude récente du PSI sur mandat de l'OFEN, le potentiel épuisable des installations de petite hydraulique est estimé à 4,3-5,5 TWh. Cela correspond à un potentiel de développement de 0,5-1,7 TWh.<sup>5</sup>

Potentiel (TWh)	2017 <sup>6</sup>	2035	2050
Attendu/réalisable (TWh)	3,8	4,3–5,5	4,3–5,5
Potentiel de développement escompté (TWh)	–	0,5-1,7	0,5-1,7

Tableau 3. Potentiel de production d'électricité hydraulique jusqu'en 2050. Source: OFEN 2017b.

La concrétisation du potentiel global identifié dépendra de trois paramètres: la construction d'aménagements supplémentaires, la modernisation des installations existantes, sans oublier la baisse de production inhérente aux dispositions régissant la protection des eaux (débits résiduels). Des estimations tenant compte de ces critères ont été réalisées, mais uniquement pour l'énergie hydraulique en général, petite et grande hydrauliques confondues (cf. document de connaissances de base «Grande hydraulique»).

#### 5. Estimation de la puissance disponible et de la qualité de l'énergie

Les petites centrales hydrauliques fournissent le courant de base. Les possibilités de stockage étant minimes voire inexistantes, les petites centrales hydrauliques se caractérisent par une forte dépendance aux conditions météorologiques (précipitations, fontes des neiges).

<sup>3</sup> Steffturbines: <http://www.steffturbine.com/>

<sup>4</sup> Source: OFEN 2012a

<sup>5</sup> Source: OFEN 2017 b

<sup>6</sup> Source: OFEN 2017

Rapport entre la puissance disponible et la puissance installée pendant le semestre d'hiver	Aujourd'hui et d'ici à 2050
Courant de base (centrales au fil de l'eau)	100%

Tableau 4. Puissance disponible du parc de la petite hydraulique au semestre d'hiver jusqu'en 2050.

## 6. Coûts de revient

Compte tenu de la petite taille de leurs unités de puissance et des frais de viabilisation spécifiques au site d'implantation, les petites centrales hydrauliques affichent des coûts d'investissement et, partant, des coûts de revient de l'électricité en général supérieurs à ceux du courant fourni par les grandes centrales hydrauliques au fil de l'eau par exemple. Ces deux valeurs varient beaucoup et dépendent fortement du projet (modernisation vs nouvelle construction, centrale au fil de l'eau vs centrale à accumulation, niveau de puissance, redevance hydraulique).

On peut partir du principe que, du fait de la raréfaction croissante des sites d'implantation possibles et du renforcement des prescriptions environnementales, les coûts d'investissement pour de nouvelles constructions augmenteront légèrement.

L'AES<sup>7</sup> estime pour sa part les coûts de revient actuels à 22 à 36 centimes par kWh environ, en tenant compte des taux de rétribution du courant injecté. Elle table sur un coût plus élevé des nouvelles installations qui seront construites d'ici à 2050. Il faut en particulier s'attendre à une hausse des coûts d'investissement spécifiques avec le temps, dans la mesure où les sites d'implantation attractifs de ce point de vue-là seront déjà viabilisés. Pour les calculs des coûts de revient, des taux d'intérêt de 5 et 10% et une durée de vie de 25 ans ont été retenus, avec les résultats représentés dans le tableau ci-après.

L'OFEN table lui aussi sur des coûts de revient en hausse. Pour 2017, les coûts sont estimés à 12-28 ct./kWh; ils grimperont à 14-34 ct./kWh d'ici à 2050. Les estimations de l'OFEN se situent donc légèrement en deçà des prévisions de l'AES.

Coûts	2013	2035	2050
Coûts d'investissement (CHF/kW)	9300	10 800	11 200
Exploitation et entretien	1,5% des coûts d'investissement annuels		
Redevance hydraulique* (ct./kWh)	1,1	1,1	1,1
Coûts de revient (ct./kWh)	22-36	25-41	26-43

\* Exonération pour les aménagements dont la puissance n'excède pas 1 MW, réduction pour ceux dont la puissance s'échelonne entre 1 et 2 MW

Tableau 5. Coûts à prévoir d'ici à 2050 selon les estimations de l'AES. Source: AES 2012.

<sup>7</sup> Source: AES 2012

## 7. Environnement/climat

Sur le plan des rejets de CO<sub>2</sub>, l'hydraulique est globalement considérée comme l'une des sources d'énergie les plus respectueuses de l'environnement. Sur l'ensemble du cycle, les émissions de gaz à effet de serre représentent 11g d'équivalent CO<sub>2</sub> par kWh pour les centrales au fil de l'eau, et 20g d'équivalent CO<sub>2</sub> par kWh pour les centrales à accumulation. Ainsi, l'hydraulique réalise la meilleure performance parmi toutes les technologies de production d'électricité.<sup>8</sup>

Le recours à l'énergie hydraulique n'est toutefois pas sans conséquences écologiques sur les cours d'eau au niveau local: il provoque une modification de la faune et de la flore concernées par l'exploitation des petites centrales hydrauliques. Il convient de se pencher en particulier sur les problèmes que posent le débit résiduel, le continuum longitudinal (migration des poissons), la sédimentation des zones de retenue (dépôt de particules solides, envasement), l'exploitation par éclusées (variations artificielles du débit du cours d'eau), la protection des paysages, etc.<sup>9</sup> Le respect de ces intérêts écologiques est encadré par des dispositions légales.

Les études récentes partent du principe que le changement climatique n'aura pas d'impact significatif sur la production de courant d'origine hydraulique. Les incertitudes relatives aux conséquences du réchauffement climatique dans les différentes régions suisses restent cependant importantes.<sup>10</sup>

## 8. Conditions-cadre

La Confédération exerce la haute surveillance (législation-cadre et protection) sur l'utilisation des forces hydrauliques des cours d'eau publics ou privés. La Loi sur les forces hydrauliques (LFH) contient des dispositions relatives à l'octroi d'une concession hydraulique par le titulaire de la souveraineté sur les eaux. Les droits d'eau sont en général accordés pour une durée de 80 ans au plus. Les aménagements dont la puissance n'excède pas 1 MW sont exonérés de la redevance hydraulique, une taxe prélevée par le détenteur de la souveraineté sur les eaux en échange de l'autorisation d'utiliser la force hydraulique. Pour les installations dont la puissance s'échelonne entre 1 et 2 MW, la redevance est réduite.

La souveraineté sur les eaux relève le plus souvent des cantons, parfois des communes (Grisons, p. ex.), des districts (Schwyz) ou de corporations comme les sociétés d'allmends ou les corporations forestières (Uri, p. ex.). Dans le canton de Glaris, le droit d'eau appartient aux riverains. Les seuils sont soumis à la surveillance des cantons.<sup>11</sup>

La planification de petites centrales hydrauliques doit impérativement intégrer différents intérêts écologiques, qui touchent notamment à la pêche, à la protection de la nature, des paysages, de l'environnement et des eaux (p. ex. débits résiduels minimaux) ainsi qu'à l'aménagement du territoire.

<sup>8</sup> Source: ESU Services 2012

<sup>9</sup> Source: PSI 2005

<sup>10</sup> Source: Swisselectric 2011

<sup>11</sup> Source: OFEN 2012

## 9. Nouveautés de la Stratégie énergétique 2050

En raison de la révision totale de la Loi sur l'énergie et de la révision d'autres lois fédérales suite à la Stratégie énergétique 2050, les points suivants sont à prendre spécialement en considération concernant la petite hydraulique.

### 9.1 Système de rétribution de l'injection

La rétribution à prix coûtant du courant injecté (RPC) est elle aussi révisée au 1<sup>er</sup> janvier 2018. La RPC en vigueur jusqu'à alors est transformée en un système de rétribution de l'injection axé sur les coûts, avec commercialisation directe. Avec la révision, un seuil est fixé pour l'encouragement des installations de petite hydraulique: seules les installations affichant une puissance de 1 à 10 MW sont désormais soutenues par la RPC. On fait une exception au seuil de 1 MW lorsque, par exemple, il s'agit d'installations qui sont reliées à des installations d'approvisionnement en eau potable ou pour les eaux usées, ou lorsqu'il existe une installation d'exploitation accessoire. De même, seules les nouvelles installations peuvent désormais participer. Les installations rénovées ou agrandies ne peuvent plus être admises dans le système de rétribution de l'injection. En plus de l'abaissement de la durée de rétribution de 20 à 15 ans, une limitation de la durée d'admission est fixée. Les nouvelles installations ne peuvent plus être admises dans le système d'encouragement que jusqu'à fin 2022. À partir du 1<sup>er</sup> janvier 2020, les installations seront soutenues principalement via la commercialisation directe. La rétribution de la commercialisation directe se compose du prix visé par la vente et de la prime d'injection (taux de rétribution moins prix du marché de référence). La commercialisation directe offre à l'exploitant autant de chances que de risques.

### 9.2 Contributions d'investissement

Les installations d'une certaine taille ainsi que les agrandissements et rénovations considérables sont exclus du nouveau système de rétribution de l'injection. Pour ces cas, il existe la possibilité de demander des contributions d'investissement. Les installations de petite hydraulique à partir de 300 kW ne peuvent désormais profiter que des contributions d'investissement. De même, les installations de grande hydraulique (> 10 MW) peuvent demander des contributions d'investissement.

## 10. Évaluation et analyse SWOT

Critère d'évaluation	2017	2035	2050
<b>Coûts d'investissement et de revient</b>	Coût supérieur au prix du marché	Coût supérieur au prix du marché	Coût supérieur au prix du marché
<b>Compatibilité environnementale</b>	Bilan CO <sub>2</sub> très satisfaisant, possibilités de perturbations écologiques locales	Bilan CO <sub>2</sub> très satisfaisant, possibilités de perturbations écologiques locales	Bilan CO <sub>2</sub> très satisfaisant, possibilités de perturbations écologiques locales
<b>Disponibilité de l'énergie</b>	Courant de base	Courant de base	Courant de base
<b>Potentiel de production</b>	De l'ordre de 3,8 TWh, difficile à chiffrer précisément en l'absence de statistiques nationales spécifiques à la petite hydraulique	Supérieur d'env. 0,5-1,7 TWh au chiffre actuel	Supérieur d'env. 0,5-1,7 TWh au chiffre actuel
<b>Acceptation sociale</b>	Confiance dans la technologie, avec toutefois quelques sujets de conflit (débits résiduels, paysages, poissons)	Confiance dans la technologie, avec toutefois quelques sujets de conflit (débits résiduels, paysages, poissons)	Confiance dans la technologie, avec toutefois quelques sujets de conflit (débits résiduels, paysages, poissons)
<b>Acceptation politique</b>	Confiance dans la technologie, avec toutefois quelques sujets de conflit (débits résiduels, paysages, poissons)	Confiance dans la technologie, avec toutefois quelques sujets de conflit (débits résiduels, paysages, poissons)	Confiance dans la technologie, avec toutefois quelques sujets de conflit (débits résiduels, paysages, poissons)

Tableau 6. Évaluation de la production d'électricité des petites centrales hydrauliques suivant différents critères en 2017, en 2035 et en 2050. Vert: bon niveau, orange: niveau satisfaisant, rouge: niveau médiocre.



externes	<p><b>Opportunités</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Intensification du recours à la petite hydraulique si les nouvelles sources d'énergie renouvelable prometteuses ne sont finalement pas à la hauteur des espérances</li> <li>- Turbinage des eaux potables et des eaux usées (particulièrement avantageux en termes de coûts et respectueux de l'environnement)</li> <li>- Existence de nombreuses concessions non exploitées</li> </ul>	<p><b>Risques</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Impact environnemental considéré comme excessif par rapport à celui de la grande hydraulique, compte tenu du potentiel de production (pour les nouvelles constructions sur des cours d'eau naturels)</li> </ul>
internes	<p><b>Points forts</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Confiance dans la technologie, dont la réalisation implique des investissements relativement modérés</li> <li>- Absence d'émissions de CO<sub>2</sub></li> <li>- Perturbations écologiques «uniquement» au niveau local</li> <li>- Sécurité de planification grâce aux longues durées de concession</li> </ul>	<p><b>Points faibles</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nécessité d'une importante longueur de remous par MW pour les petites centrales hydrauliques par rapport aux grands aménagements, d'où un impact environnemental supérieur à la moyenne</li> <li>- Potentiel déjà largement exploité en Suisse: peu de possibilités de développement supplémentaires</li> </ul>

Tableau 7. Analyse SWOT.

## 11. Sources

AES 2012	Scénarios pour l’approvisionnement électrique du futur, 2012
Cockpit RPC 2017	Cockpit RPC, 3 <sup>e</sup> trimestre 2017, état au 2 octobre 2017, <a href="http://www.pronovo.ch">www.pronovo.ch</a>
Energie.ch	Wasserturbinen (turbines hydrauliques), <a href="http://www.energie.ch">www.energie.ch</a> , consulté le 5 décembre 2017 (en allemand)
ESU-services 2012	ESU-services, PSI, Umweltauswirkungen der Stromerzeugung in der Schweiz, Bundesamt für Energie BFE, Bern, 2012
OFEN 2012	Manuel «Petites centrales hydrauliques» - Informations sur la planification, la construction et l'exploitation, Office fédéral de l'énergie (OFEN), Berne, décembre 2012
OFEN 2012a	Le potentiel hydroélectrique de la Suisse, Potentiel de développement de la force hydraulique au titre de la stratégie énergétique 2050, Office fédéral de l'énergie (OFEN), Berne, juin 2012
OFEN 2017	Statistique des aménagements hydroélectriques de la Suisse, Office fédéral de l'énergie (OFEN), Berne, 1 <sup>er</sup> janvier 2015
OFEN 2017a	Wichtigste Neuerungen im Energierrecht ab 2018, 02.11.2017
OFEN 2017b	Potenziale, Kosten und Umweltauswirkungen von Stromproduktionsanlagen, PSI, 2017
PSI 2005	S. Hirschberg et al., Ganzheitliche Betrachtung von Energiesystemen (GaBE), Neue erneuerbare Energien und neue Nuklearanlagen: Potenziale und Kosten, Paul Scherrer Institut (PSI), Villigen, mai 2005
Swisselectric 2011	Auswirkungen der Klimaänderung auf die Wasserkraftnutzung, rapport de synthèse, Swisselectric Research, Berne, 2011