

Petite hydraulique

Document de connaissances de base, état: mars 2020

1. Synthèse

En Suisse, on appelle petites centrales hydrauliques les installations hydroélectriques dotées d'une puissance inférieure à 10 mégawatts [MW]. Par rapport à la grande hydraulique, les coûts de revient du courant sont en général plus élevés. L'introduction du système de rétribution de l'injection axé sur le marché (SRI, auparavant RPC) a déjà permis de rénover de nombreuses installations ou d'en construire de nouvelles, et d'autres sont en projet. 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) et, en particulier, des subventions, qui sont limitées dans le temps, à savoir jusqu'en 2022.

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.¹ 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_{el}
- Très petites centrales hydrauliques: centrales hydrauliques avec une puissance max. < 300 kW_{el}
- Pico-centrales: centrales hydrauliques avec une puissance max. < 50 kW_{el}

2.1 Données statistiques sur la petite hydraulique

Jusqu'à présent, la Confédération ne tenait pas de statistiques spécifiques à la petite hydraulique, qui fait partie intégrante de la statistique des (grands) aménagements hydroélectriques (SAHE). Celle publiée chaque année par l'OFEN présente toutes les installations d'une puissance égale ou supérieure à 300 kW. La production des petites unités de production hydroélectrique (puissance de raccordement inférieure à

¹ Source: OFEN 2012

300 kW) a été recueillie et comparée pour la première fois fin 2017 dans une étude de la société Skat Consulting SA, sur mandat de l'OFEN.

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)
Jusqu'à 300 kW	env. 900	env. 65	env. 300
De 300 kW à < 1 MW	243	142	679
De 1 MW à 10 MW	221	755	3001
Total	1364	962	3980

Tableau 1. Stratégie d'utilisation de l'hydraulique en Suisse, source: OFEN 2017, état au 1^{er} janvier 2017; «Statistik Kleinstwasserkraftwerke (<300 kW)», source: OFEN, état au 17 avril.2019 .

Depuis 2009, les petites centrales hydrauliques, notamment, peuvent être soutenues par le système de rétribution de l'injection (SRI, auparavant 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 Pronovo	Nombre d'installations	Puissance installée (MW)	Production projetée (GWh/a)
Installations encouragées par le SRI avec prix du marché de référence	487	160	494
Installations encouragées par le SRI avec commercialisation directe	98	279	987
Projets ayant reçu une décision SRI favorable	93	164	551
Liste d'attente SRI	298	271	928

Tableau 2. Petites centrales hydrauliques traitées dans le programme d'encouragement SRI. Source: Cockpit Pronovo, 1^{er} trimestre 2019, état au 1^{er} avril 2019

3. État de la technologie et développement futur

En général, 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%.²

² Source: Energie.ch

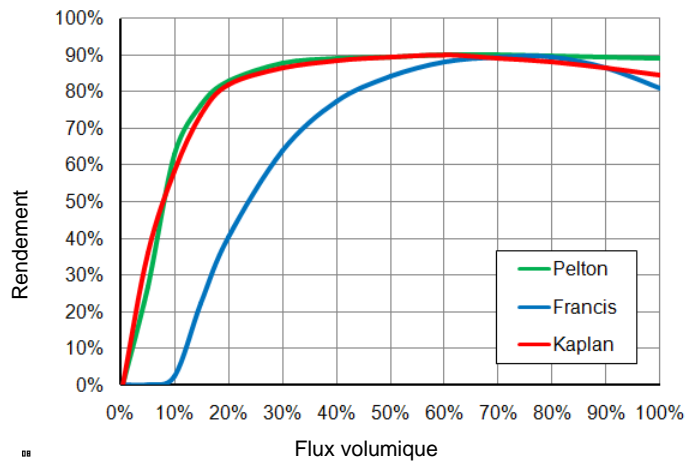


Illustration 1. Rendement des turbines hydrauliques. Source: energie.ch.

Type de ressource utilisée

Type de centrale

Cours d'eau

- 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 Steffturbines³, 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 2050.⁴ 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.⁵

Potentiel (TWh)	2017 ⁶	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 minimales voire inexistantes, les petites centrales hydrauliques se caractérisent par une forte dépendance aux conditions météorologiques (précipitations, fontes des neiges).

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

⁴ Source: OFEN 2012a

⁵ Source: OFEN 2017b

⁶ 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'AES⁷ 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. D'autres estimations se situent entre 7 et 11 centimes par kWh. On table sur un coût plus élevé pour les nouvelles installations 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.

⁷ Source: Swiss Small Hydro, «Factsheet Kleinwasserkraft», version 1.0 du 15 octobre 2018

7. Environnement/climat

Sur le plan des rejets de CO₂, 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 CO₂ par kWh pour les centrales au fil de l'eau, et 20g d'équivalent CO₂ par kWh pour les centrales à accumulation. Ainsi, l'hydraulique réalise la meilleure performance parmi toutes les technologies de production d'électricité.⁸

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.⁹ 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.¹⁰

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.¹¹

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.

⁸ Source: ESU Services 2012

⁹ Source: PSI 2005

¹⁰ Source: Swisselectric 2011

¹¹ 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^{er} janvier 2018. La RPC en vigueur jusqu'alors a été transformée en un système de rétribution de l'injection (SRI) axé sur le marché, avec commercialisation directe. Avec la révision, un seuil concernant l'encouragement des installations de petite hydraulique est introduit. Dans le SRI, seules les installations affichant une puissance de 1 à 10 MW sont encouragées. Selon l'art. 19, al. 5, ou l'art. 9, let. a–c OEnE, des exceptions par rapport au seuil de puissance ne sont faites que lorsqu'il s'agit d'installations d'approvisionnement en eau potable ou pour les eaux usées, de centrales de dotation ou d'installations d'exploitation accessoire. Seules les nouvelles installations ayant été mises en service après le 1^{er} janvier 2013 peuvent désormais participer. Les installations rénovées ou agrandies ne peuvent plus être admises dans le SRI. À partir de 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, pour l'exploitant, autant de chances que de risques.

9.2 Contributions d'investissement

- 1 Les installations d'une certaine taille ainsi que les agrandissements et rénovations considérables sont exclus
- 2 du nouveau SRI. Pour ces cas, il existe la possibilité de demander des contributions d'investissement. La
- 3 contribution d'investissement s'élève au maximum à 60% des coûts d'investissement imputables pour les
- 4 installations agrandies et au maximum à 40% des coûts d'investissement imputables pour les installations
- 5 rénovées. La contribution d'investissement ne doit pas dépasser les coûts supplémentaires non amortis. Le
- 6 droit dépend par conséquent de la plus basse des deux valeurs. Pour le calcul des coûts supplémentaires
- 7 non amortis, l'OFEN met une méthode à disposition. Les installations de petite hydraulique à partir de
- 8 300 kW ne peuvent désormais profiter que des contributions d'investissement.¹²

¹² Source: OFEN 2017

10. Évaluation et analyse SWOT

Critère d'évaluation	2017	2035	2050
Coûts d'investissement et de revient	Coût supérieur au prix du marché	Coût supérieur au prix du marché	Coût supérieur au prix du marché
Compatibilité environnementale	Bilan CO ₂ très satisfaisant, possibilités de perturbations écologiques locales	Bilan CO ₂ très satisfaisant, possibilités de perturbations écologiques locales	Bilan CO ₂ très satisfaisant, possibilités de perturbations écologiques locales
Disponibilité de l'énergie	Courant de base	Courant de base	Courant de base
Potentiel de production	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
Acceptation sociale	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)
Acceptation politique	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>Opportunités</p> <ul style="list-style-type: none"> - Intensification du recours à la petite hydraulique si les nouvelles sources d'énergie renouvelable prometteuses ne sont finalement pas à la hauteur des espérances - Turbinage des eaux potables et des eaux usées (particulièrement avantageux en termes de coûts et respectueux de l'environnement) - Existence de nombreuses concessions non exploitées 	<p>Risques</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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)
internes	<p>Points forts</p> <ul style="list-style-type: none"> - Confiance dans la technologie, dont la réalisation implique des investissements relativement modérés - Absence d'émissions de CO₂ - Perturbations écologiques «uniquement» au niveau local - Sécurité de planification grâce aux longues durées de concession 	<p>Points faibles</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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 - Potentiel déjà largement exploité en Suisse: peu de possibilités de développement supplémentaires

Tableau 7. Analyse SWOT.

11. Sources

AES 2012	Scénarios pour l’approvisionnement électrique du futur, 2012
Energie.ch	Wasserturbinen (turbines hydrauliques), www.energie.ch , consulté le 5 décembre 2017 (en allemand)
ESU-services 2012	ESU-services, PSI, Umweltauswirkungen der Stromerzeugung in der Schweiz, Office fédéral de l’énergie (OFEN), Berne, 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 ^{er} janvier 2015
OFEN 2017a	Wichtigste Neuerungen im Energierecht ab 2018, 02.11.2017
OFEN 2017b	Potenziale, Kosten und Umweltauswirkungen von Stromproduktionsanlagen, PSI, 2017
OFEN 2017	Fiche d’information Contributions d’investissement allouées aux petites centrales hydroélectriques. Version 1.0 du 2 novembre 2017
OFEN 2017	Statistik Kleinstwasserkraftwerke (<300 kW), OFEN, état au 17 avril 2019
Pronovo	Cockpit Pronovo, 1er trimestre 2019, état au 1er avril 2019, www.pronovo.ch
PSI 2005	S. Hirschberg et al., Ganzheitliche Betrachtung von Energiesystemen (GaBE), Neue erneuerbare Energien und neue Nuklearanlagen: Potenziale und Kosten, Institut Paul Scherrer (PSI), Villigen, mai 2005
Swisslectric 2011	Auswirkungen der Klimaänderung auf die Wasserkraftnutzung, rapport de synthèse, Swisslectric Research, Berne, 2011
Swiss Small Hydro	Factsheet Kleinwasserkraft, Version 1.0 du 15 octobre 2018