

# Grande hydraulique

Document connaissances de base, état: juin 2016

## 1. Synthèse

La force hydraulique représentant à elle seule 55% de la production, elle est la première source de production électrique en Suisse. Additionnées à l'énergie nucléaire, les 1500 centrales hydroélectriques constituent le pilier de l'approvisionnement en électricité du pays. La grande hydraulique est la principale technologie renouvelable et présente le plus faible taux d'émissions de gaz à effet de serre.

Le potentiel de la force hydraulique en matière de production électrique est largement influencé par les conditions politiques. Par ailleurs, ce potentiel est pour l'heure pratiquement épuisé, les meilleurs sites de production étant déjà en grande partie utilisés. Actuellement, le potentiel d'expansion d'ici 2035 est évalué à 5% maximum, c'est-à-dire à 2 TWh, selon les sources et les conditions-cadre.

Les centrales à accumulation permettent de reporter une partie de la production à plus ou moins long terme. Ces systèmes retiennent l'eau de pluie et l'eau de la fonte des neiges au printemps et en été, afin de décaler la production en hiver. Si les possibilités de construction de nouveaux sites ou d'expansion des centrales à accumulation existantes sont désormais très limitées, il est toutefois encore possible d'augmenter le rendement.

Les centrales de pompage-turbinage sont de plus en plus nombreuses dans le cadre d'une exploitation optimale de l'énergie éolienne et photovoltaïque, dont la nature est irrégulière, ainsi que dans le cadre de la transformation de l'énergie en ruban en énergie de pointe. Le transfert nécessaire s'effectue avant tout à l'échelle horaire ou hebdomadaire. Une accélération du développement dans l'environnement de marché actuel est très improbable, car la compétitivité de la grande hydraulique est fortement impactée par la faiblesse des prix de l'électricité.

## 2. Situation actuelle en Suisse

À l'heure actuelle, environ 1500 centrales hydrauliques sont exploitées en Suisse<sup>1</sup>.

La production suisse issue de la petite et de la grande hydraulique s'élevait à environ 39 TWh en 2014. Les centrales à accumulation en ont consommé 2 TWh, réduisant la production nette d'électricité à 37 TWh<sup>2</sup>. Près de 10% de la production sont issus de la petite hydraulique, dont les centrales disposent d'une puissance inférieure à 10 MW (cf. document de connaissances de base «Petite hydraulique»).

Les 55% de la production suisse que représente la force hydraulique sont imputables pour environ 50% à la grande hydraulique et pour un peu plus de 5% à la petite hydraulique. La grande hydraulique se subdivise en trois catégories:

<sup>1</sup> Statistique suisse de l'électricité 2014, Office fédéral de l'énergie OFEN, Berne, 2015

<sup>2</sup> Statistique suisse de l'électricité 2014, Office fédéral de l'énergie OFEN, Berne, 2015

- **Les centrales au fil de l'eau:** elles transforment en énergie électrique les différences de niveau le long des cours d'eau. La production est déterminée par la quantité d'eau disponible et peut donc difficilement être régulée.
- **Les centrales à accumulation:** l'eau peut être stockée dans les lacs de retenue, majoritairement situés en altitude dans les Alpes, et prélevée en cas de besoin accru en énergie à des fins de production électrique. Toutefois, seule une partie de la production des centrales à accumulation peut être régulée, les flux en aval des lacs de retenue étant plus ou moins assimilés aux cours d'eau.
- **Les centrales de pompage-turbinage:** ces centrales pompent l'eau depuis un bassin inférieur, la transportent vers des lacs de retenue situés plus en altitude et la réutilisent afin de produire de l'électricité. Elles ne produisent ainsi pas d'énergie supplémentaire mais permettent d'augmenter la puissance disponible. Elles sont la plupart du temps intégrées à de grands complexes de centrales à accumulation.

L'eau en tant que source d'énergie est disponible toute l'année, toutefois on observe de nettes **variations:**

- Si une grande quantité d'eau est souvent disponible en été, les flux se réduisent fortement en hiver, surtout dans les Alpes. Seul le stockage de l'eau dans des lacs de retenue permet de maintenir un rapport de l'ordre de 60-40 entre la production estivale et la production hivernale. Sans ce stockage, la production hivernale s'élèverait à moins de 30%. Les lacs de retenue possèdent une capacité énergétique d'environ 7 TWh d'électricité, ce qui correspond à environ 10% de la consommation énergétique suisse.
- Les différences entre les années sèches et les années pluvieuses sont considérables: on observe régulièrement des variations de 10 à 15% par rapport à la valeur moyenne.

Type de centrale	Nombre	Puissance totale (MW)	Production attendue (hors pompage-turbinage pur) en GWh		
			Hiver	Été	Annuelle
Centrale au fil de l'eau	503	3'893.73	6'130.73	11'034.12	17'164.84
Centrale à accumulation	84	7'956.40	8'081.35	9'217.09	17'298.44
Centrale de pompage-turbinage	17 (dont 3 centrales de pompage-turbinage pur)	1'839.45	936.32	631.01	1'567.33
<b>Total</b>	<b>604</b>	<b>13 689,58</b>	<b>15 148,40</b>	<b>20 882,22</b>	<b>36 030,61</b>

Tableau 1. Puissance maximale possible et production annuelle moyenne escomptée des centrales hydroélectriques (> 300 kW) en Suisse, pompage-turbinage non compris. Source: OFEN 2015.

Les centrales hydroélectriques – particulièrement les centrales à accumulation avec leurs lacs de retenue – contribuent de manière substantielle à la protection contre les crues. Dans la mesure où les risques de crue

ont tendance à s'aggraver en raison du réchauffement climatique, cette fonction pourrait gagner davantage en importance et même être développée activement.

### 3. Etat de la technologie et développement futur

Les technologies actuellement utilisées dans le cadre de la production hydroélectrique sont très avancées, tant du point de vue du rendement des machines, supérieur à 90%, que de celui du rendement de l'ensemble des installations, de 80%<sup>3</sup>. La rénovation et la modernisation des installations permettraient d'améliorer l'efficacité et d'augmenter la production. Par conséquent, les efforts se concentrent ces derniers temps avant tout sur des mesures destinées à accroître l'efficacité des installations existantes et sur l'optimisation de la rentabilité des projets planifiés ou en cours de réalisation.

La mise à disposition d'énergie électrique de pointe pour le réseau d'interconnexion européen et les variations de charge fréquentes qui en résultent entraînent une évolution des exigences techniques auxquelles les composants hydrauliques et électromécaniques des centrales doivent être à leur tour adaptés. A défaut, la durée de vie des différents composants des installations diminue, notamment en raison d'une plus grande usure des turbines et des pompes, liée à une fréquence accrue des arrêts et des remises en service. S'ajoutent à cela les problèmes écologiques causés par les fortes variations des flux (éclusées) lorsque de nombreuses centrales à accumulation fonctionnent en même temps en amont d'un cours d'eau sur une courte période<sup>4</sup>. Ces problèmes et leur résolution font l'objet d'études approfondies.

Le temps nécessaire à la planification, à l'obtention des autorisations nécessaires et à la construction d'une nouvelle centrale hydroélectrique varie considérablement en fonction de la taille, de l'ampleur des travaux et des conditions locales. Il faut compter au minimum entre 8 et 10 ans, les procédures d'autorisation pouvant considérablement rallonger le processus en cas de refus potentiels.

### 4. Potentiel

Les conditions-cadre sont déterminantes pour le potentiel futur de la force hydraulique. Les obligations relatives à la protection des eaux et du paysage conduisent à la mise en place de règles relatives aux débits minimaux, aux éclusées, etc. Par ailleurs, les mesures de promotion encouragent ou freinent les investissements, et les droits d'exploitation imposés en cas de reconduction des concessions ou de nouvelle concession peuvent conduire à des restrictions.

La modification des conditions hydrologiques et un mode d'exploitation durable pourront à l'avenir générer une réduction des capacités d'accumulation, par exemple en raison du dépôt croissant de sédiments. Les principaux thèmes et les études du programme de recherche Force hydraulique de l'OFEN y accordent d'ailleurs une certaine importance<sup>4</sup>.

#### 4.1 Installations planifiées ou en cours de construction

On ne peut aborder la question du potentiel sans évoquer les installations en cours de planification ou de construction, ainsi que les potentiels réalisables d'après différentes études. Tandis que le

<sup>3</sup> Ausbaupotenzial Wasserkraft Schweiz, Association suisse pour l'aménagement des eaux 2011, fiche du 10 juin 2011 (état au: 17 octobre 2011), Baden, 2011

<sup>4</sup> Programme de recherche Force hydraulique – Rapport de synthèse 2010, Office fédéral de l'énergie OFEN, Berne, 2011

développement des capacités des centrales était encore considéré comme peu attractif au milieu des années 90, du fait des surcapacités du marché de l'énergie européen, une série de projets de transformation et de développement ont vu le jour et sont passés en phase de réalisation ces dernières années. Le marché de l'énergie s'est fixé des objectifs déjà ambitieux, comme en témoignent les activités suivantes:

D'après l'OFEN, la Suisse compte les installations suivantes en cours de **transformation** (au 1<sup>er</sup> janvier 2015):

- Handeck 2
- Innertkirchen 1
- Gsteig
- Les Farettes
- Sot Ruinas, Susch

Ces transformations engendreront une hausse de la puissance d'environ 250 MW.

L'OFEN cite en outre plusieurs centrales de grande hydraulique en cours de construction, avec une puissance supplémentaire attendue de 2464 MW et une production annuelle de 416 GWh. Les projets Limmern, Nant de Drance et Veytaux représentent les plus grandes hausses, avec respectivement 1000 MW, 900 MW et 240 MW:

Type	Nom	Puissance supplémentaire maximale (MW)
Centrale au fil de l'eau	Krafthaus Prutz / Ried	86,9
Centrale au fil de l'eau	Hagneck 2 (M 1 et M 2)	20,96
Centrale de pompage-turbinage	Limmern	1000
Centrale de pompage-turbinage	Nant de Drance	900
Centrale de pompage-turbinage	Veytaux	240
Centrale au fil de l'eau	Russein	10,52
Centrale au fil de l'eau	Kembs-Centrale de dotation 2	8,4
Centrale au fil de l'eau	Mulegn, Tinizong-Rona	7
Centrale au fil de l'eau	Jungbach (St. Niklaus)	4,7
Centrale au fil de l'eau	Mitlödi (Föhnen/Sool)	4
Centrale au fil de l'eau	Laubegg (Garstatt)	2,6
Centrale au fil de l'eau	Eaux des torrents de Verbier	2,3
Centrale au fil de l'eau	Ovella Dotierzentr. Nauders	2,14
Centrale au fil de l'eau	Färmelbach, St. Stephan	2,09
Centrale au fil de l'eau	Zer Niwu Schiir, Mund	1,44
Centrale au fil de l'eau	Badhalte, Brig-Glis	1,44
Centrale au fil de l'eau	Mitlödi (Seidendruckerei)	0,85

Centrale au fil de l'eau	Sigirino (Monteceneri)	0,84
Centrale au fil de l'eau	Réservoir de Péteille, Vétroz	0,73
Centrale au fil de l'eau	Arbaz II (Sionne Energie)	0,58
Centrale au fil de l'eau	Holenstein Wehrkraftw. Glarus	0,55
Centrale au fil de l'eau	Uznaberg, Uznach	0,51
Centrale au fil de l'eau	Alp Trida-Laret, Samnaun	0,46
Centrale au fil de l'eau	Gohlhaus, Lützelflüh	0,42
Centrale au fil de l'eau	Churwalden	0,4
Centrale au fil de l'eau	Dünnern, Olten	0,37
Centrale au fil de l'eau	Neuägeri	0,34

Il existe par ailleurs des projets n'ayant pas encore obtenu d'autorisation:

- Massongex-Bex Rhône, env. 95 GWh, 20 MW
- Rhone Oberwald 39 GWh, 12,4 MW
- Rhône-Grande Dixence: 2000 MW
- Centrale de pompage-turbinage de nuovo Ritom, env. 150 GWh, 120 MW (concession accordée)

Le potentiel des installations réunies ici et de celles en phase de planification ou de construction représente une puissance installée de près de 6000 MW. L'éventualité de l'exploitation complète de ce potentiel et son échéance, ainsi que la pertinence de cette exploitation sur le plan économique et énergétique (durée de la disponibilité du travail et de la puissance), en corrélation avec la rentabilité des investissements réalisés dans l'environnement de marché actuel (cf. chapitre 7) devront à l'avenir faire l'objet d'une étude approfondie.

#### 4.2 Potentiel de développement supplémentaire

Le potentiel théorique total de la grande hydraulique en Suisse représente 100 à 150 TWh. Celui-ci se base sur l'hypothèse d'une utilisation de la quasi-totalité de l'eau contenue par les cours d'eau. Par conséquent, il s'agit d'un potentiel théorique qui ne peut être exploité sans un changement de paradigmes important et complet ni sans la mise en œuvre de nouvelles technologies<sup>5</sup>. Le potentiel technique de la force hydraulique désigne quant à lui la quantité d'énergie réellement utilisable dans des conditions techniques données. En Suisse, ce potentiel est évalué à environ 40 TWh<sup>6</sup>, mais il est déjà exploité à 90%.

<sup>5</sup> Ausbaupotenzial der Wasserkraft, Office fédéral de l'énergie OFEN, Berne, 2004

<sup>6</sup> Prévision 2006 sur l'approvisionnement de la Suisse en électricité jusqu'en 2035/2050, Association des entreprises électriques suisses, Aarau, 2006

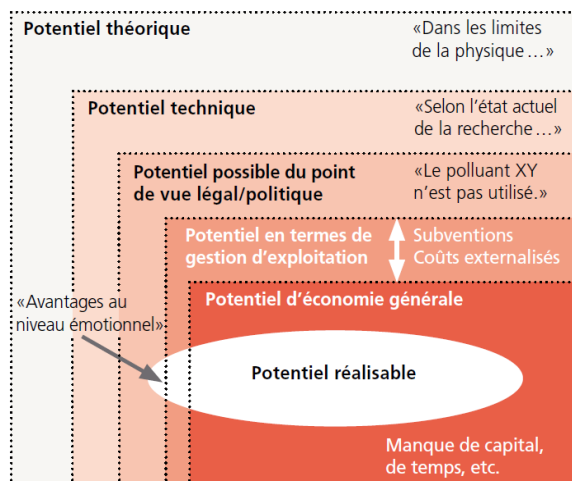


Illustration 1. Les différents potentiels. Source: AES 2009.

Le potentiel de développement réalisable est pertinent pour les considérations suivantes, dans la mesure où il peut être exploité de façon réaliste à l'échelle macro-économique en tenant compte des facteurs limitants comme la protection du paysage ou des eaux. Le parc de centrales hydroélectriques existant exploite déjà actuellement la quasi-totalité des ressources hydriques disponibles pour la production électrique<sup>5</sup>. Une étude du potentiel réalisée par la Confédération en 2012 chiffre la hausse potentielle de la production de toutes les centrales hydroélectriques (y compris la petite hydraulique) à 1,5 à 3 TWh, selon l'assouplissement des dispositions de protection<sup>7</sup>.

L'Association suisse pour l'aménagement des eaux évalue le supplément net de production issu de la grande et de la petite hydraulique à 0 à 5 TWh d'ici 2050, déduction faite de la diminution de la production résultant des dispositions relatives aux débits résiduels<sup>8</sup>. Du point de vue de la gestion des eaux, il est probable que la réalisation de ce potentiel nécessite impérativement des compromis en matière de protection du climat, des eaux et du paysage. Selon les estimations du secteur, le potentiel de développement futur des installations hydroélectriques réside avant tout dans l'extension des installations existantes et dans la construction de nouvelles installations triées sur le volet. Par ailleurs, une interprétation modérée des dispositions relatives aux débits résiduels pourrait permettre d'éviter les pertes futures<sup>9</sup>.

L'Association suisse pour l'aménagement des eaux considère l'objectif évoqué comme extrêmement ambitieux et table sur les observations suivantes en ce qui concerne le potentiel. Celles-ci sont formulées en fonction des conditions-cadre plus ou moins favorables au développement des centrales hydroélectriques (grande et petite hydraulique):

<sup>7</sup> 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, 2012

<sup>8</sup> R. Pfammatter, Ausbaupotenzial der Wasserkraft. In: Bulletin SEV/AES 2/2012, Fehraltorf/Aarau, 2012

<sup>9</sup> Ausbaupotenzial Wasserkraft Schweiz, Association suisse pour l'aménagement des eaux 2012, fiche de juillet 2012

<b>Modification nette des conditions-cadre</b>	<b>Oui</b>	<b>Non</b>
Amélioration de l'efficacité des installations existantes	+1 TWh	+0,5 TWh
Agrandissement / transformation des installations existantes	+1 à +2 TWh	+0,5 à +1,5 TWh
Construction de nouvelles centrales hydroélectriques (grande et petite hydraulique)	+3 à +4 TWh	+1 TWh
<b>Potentiel brut</b>	<b>+ 5 à +7 TWh</b>	<b>(+2 à +3 TWh)</b>
Pertes liées au débit résiduel	-1 à -2 TWh	(-2 à -4 TWh)
Pertes liées au changement climatique	0 TWh	(0 TWh)
<b>Modification de la production nette</b>	<b>+4 à +5 TWh</b>	<b>(0 à -1 TWh)</b>

D'autres incertitudes persistent quant à l'exploitation des centrales hydroélectriques. Les droits d'exploitation des cours d'eau vont revenir en grand nombre aux cantons au cours de la période observée. Les exploitants des centrales ne disposent globalement d'aucune certitude quant au renouvellement des concessions et à leur aménagement, par exemple en termes de débits résiduels. L'expiration des concessions hydrauliques peut donc non seulement conduire dans certains cas à des modifications juridiques et financières, mais tend également à entraîner une restriction la production hydroélectrique<sup>10</sup>.

Si l'on part de l'hypothèse que les conditions-cadre s'assoupliront ou que les impacts du changement climatique seront limités, ces considérations permettent de tabler sur un potentiel de construction brut à moyen et long terme de 2 à 3 TWh, ce qui implique le potentiel global suivant:

Potentiel (TWh)	2012	2035	2050
théorique	100-150	100-150	100-150
technique	40	40	40
réalisable	36	38	39

Tableau 2. Potentiel de la production hydroélectrique d'ici 2050

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

La grande hydraulique constitue l'épine dorsale de l'approvisionnement énergétique suisse du fait de sa grande capacité de puissance (près de 16 500 MW de puissance installée) et de sa flexibilité d'utilisation. Les centrales au fil de l'eau fournissent la charge de base, tandis que les centrales à accumulation et les centrales de pompage-turbinage sont utilisées pour produire la charge de pointe et pour les phases de transfert saisonnières. La force hydraulique représente par conséquent une ressource d'énergie et de puissance très précieuse.

En 2005/2006, l'OFEN et l'AES ont effectué conjointement un relevé empirique de la puissance produite par les centrales >300 kWh en période de pénurie. Ils ont ainsi mesuré le rapport entre la puissance en période de pénurie et la puissance installée lors d'une vague de froid d'une durée de 72 heures au mois de janvier:

<sup>10</sup> Prévission 2006 sur l'approvisionnement de la Suisse en électricité jusqu'en 2035/2050, Association des entreprises électriques suisses, Aarau, 2006

- Centrales au fil de l'eau: env. 25%
- Centrales à accumulation: env. 65%
- Centrales de pompage-turbinage: env. 81%

Les résultats montrent notamment que dans le cadre d'une vague de froid de ce type, les centrales peuvent à peine couvrir les besoins de puissance de la Suisse.

La force hydraulique constitue également le complément indispensable aux énergies renouvelables stochastiques, telles que le photovoltaïque ou l'éolien, pour adapter la production d'électricité à la demande en l'espace de quelques minutes à quelques semaines. Cela ne concerne pas uniquement les (grandes) centrales de pompage-turbinage classiques. En effet, des modifications correspondantes du mode d'exploitation et éventuellement des investissements de diverses natures sont également prévisibles pour les ouvrages conçus comme des centrales à accumulation.

Une étude de l'OFEN sur les caractéristiques d'utilisation a permis de déterminer la puissance disponible suivante<sup>11</sup>. Il s'agit là d'une approche différente de celle adoptée pour l'observation de la vague de froid décrite précédemment.

Rapport entre la puissance disponible et la puissance installée pendant le semestre d'hiver	Aujourd'hui et d'ici 2050
Charge de base	25% centrales au fil de l'eau
Charge de pointe	81% centrales à accumulation 61% centrales de pompage-turbinage

Tableau 3. Puissance disponible pendant la saison d'hiver d'ici 2050. Source: OFEN 2007.

## 6. Prix de revient

Etant donnée la grande influence des conditions naturelles, chaque centrale hydroélectrique est conçue «sur mesure» pour chaque site, avec les conséquences financières que cela implique, tant en termes d'investissement que de prix de revient énergétique. Il est ainsi impossible de définir les «coûts standard» d'une centrale hydroélectrique. Les chiffres reflètent donc généralement une moyenne des différentes centrales existantes.

Bloc de coûts	Fourchette
Coûts variables	15 à 50%
Redevances hydrauliques, impôts	20 à 45%
Coûts de capital	5 à 45%
Dividendes	5 à 10%

Tableau 4 Répartition par blocs de prix de revient de l'électricité (la somme de l'ensemble des coûts correspond à 100%)

<sup>11</sup> Perspectives énergétiques pour 2035 - tome 5, Analyse et évaluation de l'offre d'électricité, Office fédéral de l'énergie OFEN, Berne, juin 2007



Le prix de revient moyen des centrales à accumulation et des centrales au fil de l'eau en Suisse s'élève à environ 5-6 ct./kWh<sup>12</sup>. Le prix de revient des centrales hydroélectriques existantes aura tendance à augmenter. Les facteurs de cette hausse, sur lesquels les exploitants n'ont aucune influence, sont nombreux. En voici quelques exemples:

- Certaines dispositions législatives, comme la loi sur la protection des eaux, qui induit une baisse de la production, ou le règlement concernant les barrages, qui entraîne des frais d'assurance plus élevés.
- Redevances hydrauliques: leur évolution depuis leur introduction en 1918 montre une augmentation continue et substantielle. Compte tenu des nouvelles concessions en place sur de nombreux sites, il est probable que cette tendance à la hausse se poursuive.
- La création de nouvelles concessions ou la reconduction de concessions existantes entraîne le versement d'un dédommagement de l'exploitant au concessionnaire.
- Le raccourcissement de la durée des concessions réduit la durée d'utilisation du point de vue des investissements et, par conséquent, la durée de l'amortissement.
- Après la catastrophe de Fukushima, de nouveaux critères de sécurité antisismiques seront peut-être adoptés également pour les centrales hydroélectriques (à accumulation).
- La rentabilité sera mise à rude épreuve par d'autres dispositions relatives à l'environnement, plus onéreuses (débits résiduels, assainissement des passes à poissons).
- Les coûts d'exploitation vont augmenter en raison du raccourcissement des cycles des pompes et des turbines dans les centrales de pompage-turbinage.

Les estimations de l'AES concernant le prix de revient des nouvelles constructions et des transformations sont présentées dans le tableau 5. Les coûts d'investissement ont été estimés sur la base d'un mélange proportionnel des deux types d'aménagement. Le prix de revient de l'électricité a été calculé avec un taux d'intérêt de 5% et 10%, et une durée de vie de 40 ans, ce qui donne la fourchette indiquée ci-dessus. Les estimations ont été effectuées sur la base de 4400 heures de pleine charge d'exploitation pour les centrales au fil de l'eau, et de 2200 heures pour les centrales à accumulation et les centrales de pompage-turbinage.

---

<sup>12</sup> OFEN, «Perspektiven für die Grosswasserkraft in der Schweiz», Office fédéral de l'énergie, Berne, 12.12.2013

Coûts des constructions et des transformations	2015	2035	2050
<b>Centrale à accumulation</b>			
Coûts d'investissement (CHF/kW)	4750		
Exploitation et entretien, coûts fixes	0,5% des coûts d'investissement chaque année		
Redevance hydraulique* (ct./kWh)	1,1		
Prix de revient (ct./kWh)	17-32		
<b>Centrale au fil de l'eau</b>			
Coûts d'investissement (CHF/kW)	5300		
Exploitation et entretien, coûts fixes	1% des coûts d'investissement chaque année		
Redevance hydraulique* (ct./kWh)	1,1		
Prix de revient (ct./kWh)	10-19		

Tableau 5. Coûts des nouvelles constructions et des transformations d'ici 2050 d'après les estimations de l'AES.

## 7. Compétitivité et opportunités de développement de la grande hydraulique et de construction de nouvelles centrales dans l'environnement de marché actuel

En raison du niveau peu élevé des prix du CO<sub>2</sub>, du gaz et du charbon en Europe et aux Etats-Unis, des surcapacités sur le marché et des distorsions liées aux subventions, l'électricité est actuellement fournie à un tarif bon marché. Au cours des dernières années, les prix de l'électricité sur les marchés européens ont chuté de plus de 70 euros/MWh à environ 30 euros/MWh. Les taux à terme sur les bourses de l'électricité européennes ne laissent présager aucun redressement majeur des prix d'ici 2019. Une étude de l'OFEN relative à la rentabilité de 25 projets de grande hydraulique prévus montre que les coûts de revient des constructions nouvelles atteignent actuellement 14,1ct./kWh en moyenne, et sont ainsi plus élevés que ceux des installations de grande hydraulique existantes (5 à 6 ct./kWh)<sup>13</sup>. Ces derniers se situent eux aussi au-dessus des prix actuels du marché de gros (près de 3-4 ct./kWh). Cela signifie que la compétitivité de la grande hydraulique pâtit fortement de la situation actuelle sur le marché, non seulement en Suisse, mais également dans les pays voisins. Il est par conséquent légitime de se demander si des investissements dans ce domaine pourront malgré tout être réalisés à court terme dans l'environnement de marché actuellement défavorable et quelles mesures de soutien appropriées pourraient être mises en œuvre.

## 8. Environnement/climat

Le bilan environnemental des centrales hydroélectriques est positif. La quantité d'énergie grise nécessaire à la construction et à l'exploitation est très faible, notamment en raison de la durée de vie extrêmement longue

<sup>13</sup> OFEN, «Perspektiven für die Grosswasserkraft in der Schweiz», Office fédéral de l'énergie, Berne, 12.12.2013

des installations. Avec un niveau d'émissions de gaz à effet de serre de 11 à 20 grammes de CO<sub>2</sub> par kWh pour l'ensemble du cycle de vie (équivalents CO<sub>2</sub> par kWh), la force hydraulique obtient les meilleurs résultats parmi toutes les techniques de production.<sup>14</sup>

La force hydraulique est globalement bien acceptée par la société. Toutefois, le potentiel étant déjà largement exploité, on voit émerger des oppositions aux nouvelles constructions et des dispositions relatives au développement et aux transformations, visant par exemple à réduire l'impact des éclusées sur l'environnement ou à garantir des débits résiduels. Chaque centrale hydroélectrique influe sur la gestion des eaux locales et altère le paysage et la nature environnantes, notamment les stocks de poissons. Une hausse des débits résiduels et une multiplication des bassins de compensation, qui homogénéifient la restitution de l'eau, limitent ces effets. Cela engendre en retour une réduction de la production électrique allant jusqu'à 2 TWh<sup>15</sup>, ainsi que certaines conséquences financières.

Les impacts du changement climatique sur la production hydroélectrique sont difficiles à quantifier et une évolution négative n'est pas à exclure. En raison des températures croissantes, l'évaporation va s'accroître et la quantité d'eau disponible diminuera. Par ailleurs, l'action compensatrice des glaciers, qui fournissaient jusqu'à présent une certaine quantité d'eau pendant la seconde moitié de l'été, devrait également s'amoinrir petit à petit. En revanche, les températures plus élevées en hiver réduiront l'écart saisonnier.

L'OcCC, l'organe fédéral consultatif sur les changements climatiques, prévoit d'ici 2050 une hausse des températures d'environ 2°C en hiver et de 2,5°C en été en Suisse<sup>16</sup>. Toutefois, certaines incertitudes subsistent quant à cette évolution, dans la mesure où les futures émissions de gaz à effet de serre dépendent de facteurs économiques et techniques, et où les connaissances relatives à l'évolution du système climatique sur un territoire aussi petit que la Suisse sont limitées. Par ailleurs, l'OcCC indique que l'été sera nettement plus sec et l'hiver plus humide: pour un niveau de précipitations moyen, il prévoit une hausse d'environ 8% en hiver et une baisse d'au moins 15% en été d'ici 2050 dans notre pays.

Les incertitudes relatives aux conséquences du changement climatique dans les différentes régions suisses sont toutefois de l'ordre de 10%, d'après une étude de swisselectric research<sup>17</sup>. A long terme, l'étude aboutit aussi bien à des résultats positifs pour les territoires situés en basse altitude qu'à des pertes moyennes de 4 à 8% pour les zones situées en haute altitude. Par ailleurs, il est difficile d'établir un constat valable pour l'ensemble de la Suisse, du fait de sa situation géographique. En effet, le nord du pays pourrait par exemple voir une tendance à la hausse de ses précipitations moyennes, tandis que le sud pourrait essuyer une baisse.

D'après l'OcCC, les changements climatiques (moins de précipitations en été) pourraient entraîner une réduction de la production allant jusqu'à 7% d'ici 2050<sup>18</sup>, ce qui correspond à une baisse de la production suite au réchauffement climatique d'environ 2,5 TWh. L'Association suisse pour l'aménagement des eaux prévoit

<sup>14</sup> ESU-services, PSI, Umweltauswirkungen der Stromerzeugung in der Schweiz, Office fédéral de l'énergie OFEN, Berne, 2012

<sup>15</sup> Ausbaupotenzial Wasserkraft Schweiz, Association suisse pour l'aménagement des eaux 2011, fiche du 10 juin 2011 (état au: 17 octobre 2011), Baden, 2011

<sup>16</sup> Le climat change – que faire? Organe consultatif sur les changements climatiques OcCC, Berne, 2008

<sup>17</sup> Les effets du changement climatique sur l'utilisation de la force hydraulique, Rapport de synthèse, Swisselectric Research, Berne, 2011

<sup>18</sup> Les changements climatiques et la Suisse en 2050, Organe consultatif sur les changements climatiques OcCC, Berne, 2007

que le réchauffement climatique n'engendrera aucune perte de production globale à travers l'ensemble du pays<sup>19</sup>. Ces prévisions sont compatibles avec les résultats de swisselectric research.

## 9. Conditions-cadre

Afin d'atteindre l'objectif de développement du Conseil fédéral en matière de force hydraulique décrit précédemment, des efforts considérables sont nécessaires. Dans ce contexte, plusieurs défis subsistent et nécessitent à leur tour la mise en place de certaines conditions-cadre:

- Chaque centrale hydroélectrique a un impact sur la gestion des eaux locales et altère le paysage et la nature environnants, notamment les stocks de poissons. Des compromis en matière de protection du climat, des eaux et du paysage seront nécessaires afin d'atteindre les ambitieux objectifs fixés.
- Dans la mesure où les droits d'exploitation des cours d'eau reviendront aux cantons au cours de la période d'observation, il émerge des incertitudes concernant les débits résiduels et les conditions économiques des nouvelles concessions. L'expiration des concessions hydrauliques peut donc conduire dans certains cas non seulement à des modifications juridiques et financières, mais tend également à entraîner une restriction de la production hydroélectrique.
- A long terme, le réchauffement climatique a tendance à entraîner une baisse de la production hydroélectrique, avec des différences et des incertitudes régionales quant aux conséquences prévues. Le rôle des centrales hydroélectriques dans la protection contre les crues pourrait encore gagner en importance du fait du changement climatique.

---

<sup>19</sup> Ausbaupotenzial Wasserkraft Schweiz, Association suisse pour l'aménagement des eaux 2011, fiche du 10 juin 2011 (état au: 17 octobre 2011), Baden, 2011

## 10. Evaluation et analyse SWOT

Critère d'évaluation	2016	2035	2050
<b>Prix de revient et de production</b>	Centrales existantes: étude au cas par cas; Nouvelles constructions: présence claire de limitations plutôt dissuasives dans l'environnement de marché actuel	Centrales existantes: attractifs Nouvelles constructions: étude au cas par cas; présence claire de limitations	Centrales existantes: attractifs Nouvelles constructions: étude au cas par cas; présence claire de limitations
<b>Compatibilité avec l'environnement</b>	Pas d'émissions de CO <sub>2</sub> , mais impact sur la gestion des eaux locales, le paysage, la nature, les stocks de poissons	Pas d'émissions de CO <sub>2</sub> , mais impact sur la gestion des eaux locales, le paysage, la nature, les stocks de poissons	Pas d'émissions de CO <sub>2</sub> , mais impact sur la gestion des eaux locales, le paysage, la nature, les stocks de poissons
<b>Disponibilité de l'énergie</b>	Centrales au fil de l'eau: charge de base. Centrales à accumulation: charge de pointe, flexibilité, «batterie» également pour les énergies renouvelables stochastiques. Dépendantes des précipitations, de la saison	Centrales au fil de l'eau: charge de base. Centrales à accumulation: charge de pointe, flexibilité, «batterie» également pour les énergies renouvelables stochastiques. Dépendantes des précipitations, de la saison	Centrales au fil de l'eau: charge de base. Centrales à accumulation: charge de pointe, flexibilité, «batterie» également pour les énergies renouvelables stochastiques. Dépendantes des précipitations, de la saison
<b>Potentiel de production</b>	Production énergétique: 38,5 TWh, puissance: 16 500 MW	Presque aucun potentiel supplémentaire. En cas de bonnes conditions-cadre: env. 2 TWh net; potentiel pour de nouvelles constructions	Presque aucun potentiel supplémentaire. En cas de bonnes conditions-cadre: env. -3 TWh net; potentiel pour de nouvelles constructions
<b>Acceptation sociale</b>	Bonne, malgré des oppositions et des résistances locales.	Bonne, malgré des oppositions et des résistances locales.	Bonne, malgré des oppositions et des résistances locales.
<b>Acceptation politique</b>	Bonne; défi croissant: contradiction entre une bonne acceptation de l'hydraulique sur le principe et une mauvaise acceptation de son impact sur la gestion des eaux, le paysage, la nature et les stocks de poissons	Bonne; défi croissant: contradiction entre une bonne acceptation de l'hydraulique sur le principe et une mauvaise acceptation de son impact sur la gestion des eaux, le paysage, la nature et les stocks de poissons	Bonne; défi croissant: contradiction entre une bonne acceptation de l'hydraulique sur le principe et une mauvaise acceptation de son impact sur la gestion des eaux, le paysage, la nature et les stocks de poissons

Tableau 6. Evaluation de la grande hydraulique suivant différents critères en 2016, en 2035 et en 2050. Vert: bon niveau, orange: niveau satisfaisant.

<p><b>Opportunités</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Acceptation relativement bonne par la population</li> <li>- Energie de pointe, énergie de réglage</li> <li>- Charge continue</li> <li>- Possibilité de planification relativement bonne</li> <li>- Possibilité d'accumulation</li> </ul>	<p><b>Risques</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prix de revient élevé dans l'environnement de marché actuel, dissuasif pour les nouvelles constructions</li> <li>- Développement fortement dépendant de la gestion du conflit entre la sécurité d'approvisionnement désirée et l'acceptation de l'impact sur la gestion de l'eau, le paysage, la nature, les poissons</li> <li>- Loi interdisant la construction selon les projets établis (par ex. dispositions relatives aux débits résiduels)</li> </ul>
<p><b>Points forts</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Production énergétique réglable</li> <li>- Bilan environnemental positif</li> </ul>	<p><b>Points faibles</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Emplacements limités, peu de nouvelles constructions de grande ampleur possibles</li> <li>- Dépendance vis-à-vis du changement climatique</li> <li>- Potentiel de développement avant tout limité par les lacs de retenue</li> </ul>

Tableau 7. Analyse SWOT.

## 11. Sources

AES 2006	Prévision 2006 sur l'approvisionnement de la Suisse en électricité jusqu'en 2035/2050, Association des entreprises électriques suisses, Aarau, 2006
AES 2009	Stromversorgung der Zukunft sichern. Mise à jour 2009 de la prévision 2006. In: Bulletin SEV/AES 10s/2009, Fehraltorf/Aarau, 2009
ASAE 2012	Ausbaupotenzial Wasserkraft Schweiz, Association suisse pour l'aménagement des eaux 2012, fiche de juillet 2012
OcCC 2007	Les changements climatiques et la Suisse en 2050, Organe consultatif sur les changements climatiques OcCC, Berne, 2007
OcCC 2008	Le climat change – que faire? Organe consultatif sur les changements climatiques OcCC, Berne, 2008
OFEN 2004	Ausbaupotenzial der Wasserkraft, Office fédéral de l'énergie OFEN, Berne, 2004
OFEN 2007	Perspectives énergétiques pour 2035 - tome 5, Analyse et évaluation de l'offre d'électricité, Office fédéral de l'énergie OFEN, Berne, juin 2007
OFEN 2011	Programme de recherche Force hydraulique – Rapport de synthèse 2010, Office fédéral de l'énergie OFEN, Berne, 2011
OFEN 2012	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, 2012
OFEN 2012a	ESU-services, PSI, Umweltauswirkungen der Stromerzeugung in der Schweiz, Office fédéral de l'énergie OFEN, Berne, 2012
OFEN 2013b	Perspektiven für die Grosswasserkraft in der Schweiz, décembre 2013
OFEN 2015	Statistique des aménagements hydroélectriques de la Suisse, état au 01.01.2015, Office fédéral de l'énergie OFEN, Berne, 2015
OFEN 2015a	Statistique suisse de l'électricité 2014, Office fédéral de l'énergie OFEN, Berne, 2015
OFEV 2009	Ernst Basler + Partner, Überblick finanzielle Kenngrössen der Schweizer Wasserwirtschaft, Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne, 2009
Pfammatter 2012	R. Pfammatter, Ausbaupotenzial der Wasserkraft. In: Bulletin SEV/AES 2/2012, Fehraltorf/Aarau, 2012
Swisselectric 2011	Les effets du changement climatique sur l'utilisation de la force hydraulique, Rapport de synthèse, Swisselectric Research, Berne, 2011