



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'environnement, des
transports, de l'énergie et de la communication DETEC

Office fédéral de l'énergie OFEN
Section Force hydraulique

Potentiel hydroélectrique de la Suisse

Évaluation du potentiel de développement de la force hydraulique
dans le cadre de la Stratégie énergétique 2050

Août 2019

Office fédéral de l'énergie OFEN

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen; adresse postale: CH-3003 Berne

Tél. +41 58 462 56 11 · Fax +41 58 463 25 00 · contact@bfe.admin.ch · www.bfe.admin.ch

Résumé

La force hydraulique constitue la colonne vertébrale de l'approvisionnement en électricité de la Suisse. Elle représente environ 60 % de la production électrique annuelle en Suisse et contribue donc de manière décisive à la sécurité d'approvisionnement. Elle gagnera encore en importance à moyen et à long termes en raison de la sortie du nucléaire. En outre, le développement de nouvelles énergies renouvelables nécessitera une compensation accrue de la production intermittente d'électricité, et cette compensation reposera principalement sur l'hydroélectricité (stabilité du réseau).

À la suite de la Stratégie énergétique 2050 (SE 2050), le Parlement a fixé à l'article 2, alinéa 2, de la loi du 30 septembre 2016 sur l'énergie (LEne ; RS 730.0) l'objectif de production annuelle moyenne d'électricité d'origine hydraulique à 37 400 GWh en 2035. Cette valeur a été calculée sur la base d'une analyse du potentiel hydroélectrique réalisée en 2012 par l'Office fédéral de l'énergie (OFEN)¹. Pour l'atteindre, une augmentation nette d'environ 2000 GWh est nécessaire entre l'année de référence 2011 (35 350 GWh) et 2035. D'après le message relatif à la Stratégie énergétique 2050, le Conseil fédéral vise pour 2050 un développement de la production hydroélectrique annuelle moyenne à 38 600 GWh, requérant dès lors une augmentation nette de 3200 GWh. Cette augmentation constitue un défi, de même que les aspects financiers et technologiques de l'assainissement écologique de la force hydraulique, dont les effets sur la production doivent également être compensés.

Faisant appel aux services fédéraux concernés, aux services de l'énergie cantonaux, des milieux scientifiques, des associations environnementales et du secteur de l'électricité, l'OFEN a mis à jour l'évaluation du potentiel effectuée en 2012 pour vérifier la plausibilité des objectifs de développement relatifs à l'utilisation de la force hydraulique d'ici à 2050 qui sont visés dans le cadre de la SE 2050.

Modifications des conditions-cadres

Les conditions-cadres concernant la force hydraulique en Suisse ont changé depuis 2012.

Soutiens:

- Suite à l'adoption de la nouvelle loi sur l'énergie dans le cadre de la SE 2050, entrée en vigueur en janvier 2018, le soutien financier apporté à la production d'électricité d'origine hydraulique a été étendu à travers deux instruments: les contributions d'investissement destinées à la grande et à la petite hydrauliques ainsi que la prime de marché rétribuant l'électricité produite par de grandes installations hydroélectriques.
- La loi en vigueur précise également que plus aucune nouvelle installation n'intégrera le système de rétribution de l'injection à partir de 2023. Cela concerne surtout les nouvelles installations de petite hydraulique, puisqu'elles ne reçoivent pas de contribution d'investissement et ne peuvent entrer dans le système de rétribution de l'injection qu'à partir d'une puissance de 1 MW_{th}². Par conséquent, les nouvelles petites installations hydroélectriques dont la puissance est inférieure à 1 MW_{th} ne bénéficient plus de ce soutien depuis 2018 déjà.

¹ OFEN (2012)

² MW_{th} correspond à la puissance théorique moyenne conformément à l'article 51 de la loi sur les forces hydrauliques (LFH).

Conditions-cadres environnementales et relatives à l'aménagement du territoire:

- D'une part, en vertu de la nouvelle LEné, les installations hydroélectriques à partir d'une certaine production annuelle ou quantité stockable d'énergie, revêtent désormais un intérêt national au même titre que la protection de la nature et du paysage. Les autorités doivent fondamentalement donner un poids égal aux intérêts à la protection et à ceux à l'utilisation lors de l'autorisation de grandes installations hydroélectriques.
- D'autre part, la nouvelle LEné exclut dorénavant la construction de nouvelles installations dans les biotopes d'importance nationale ainsi que dans les réserves d'oiseaux d'eau et de migrateurs.

Désormais, les cantons doivent en outre, en vertu de l'article 10 LEné (et de l'article 8b de la loi du 22 juin 1979 sur l'aménagement du territoire [LAT ; RS 700]) veiller à ce que le plan directeur désigne les tronçons de cours d'eau qui se prêtent en particulier à l'exploitation de la force hydraulique. De la même manière, ils excluent les sites déjà exploités et peuvent désigner des tronçons de cours d'eau qui doivent en principe rester libres de toute exploitation. Le développement de la force hydraulique doit ainsi être simplifié et coordonné.

Contexte économique et technologie:

- Les prix de l'hydroélectricité sur le marché ont atteint leur plus bas niveau entre 2009 et 2016, à 4 centimes/kWh. Ils se sont redressés depuis et s'établissent à 6 centimes/kWh, soit à un niveau permettant aux centrales existantes de réaliser un rendement moyen des fonds propres conforme au marché et aux risques.
- Les conditions-cadres hydrologiques naturelles n'ont guère changé depuis 2012. En revanche les progrès techniques réalisés ces sept dernières années contribuent à une utilisation plus efficace du potentiel hydroélectrique existant.

Enseignements tirés de l'actualisation de l'étude

Il ressort du tableau 1 ci-après que le potentiel attendu d'ici à 2050 en cas de conditions d'utilisation optimisées³ a reculé d'environ 1600 GWh/a par rapport à l'étude de 2012. Compte tenu de la production supplémentaire⁴ de 640 GWh/a enregistrée entre 2012 et 2019, la différence effective est de 960 GWh. Le potentiel lié à des projets qui n'ont pas été dévoilés pour des raisons de confidentialité n'a toutefois pas pu être pris en compte dans l'évaluation. On peut ainsi supposer que le potentiel effectif de production pourrait être annuellement supérieur de plusieurs centaines de gigawattheures aux chiffres mentionnés dans le présent rapport

La diminution tient en premier lieu à une réduction du potentiel inhérent à la **petite hydraulique** ainsi qu'à une réévaluation des pertes de production dues aux dispositions sur les débits résiduels:

³ Par «conditions d'utilisation optimisées», l'OFEN entend des conditions générales modifiées de manière à autoriser un développement supplémentaire modéré de la force hydraulique sans atteinte aux exigences constitutionnelles relatives à la durabilité et la protection de l'environnement.

⁴ La production supplémentaire découle de travaux de rénovation et d'agrandissement dans les installations existantes ainsi que de la construction de nouvelles installations entre le 1^{er} janvier 2012 et le 1^{er} janvier 2019.

- L'étude de 2012 estimait le potentiel de développement de la petite hydraulique à 1600 GWh/a d'ici à 2050. L'OFEN pense désormais qu'il équivaut à 770 GWh/a dans des conditions d'utilisation optimisées en raison de la durée limitée du système de rétribution de l'injection. Par conséquent, de nombreux projets de petites installations hydroélectriques qui figurent aujourd'hui sur liste d'attente à cause de la quantité limitée des aides disponibles chaque année (plafonnement à 2,3 centimes/kWh) ne verront probablement pas le jour. De plus, les nouvelles petites installations hydroélectriques d'une puissance inférieure à 1 MW ne bénéficient plus de soutien depuis le 1^{er} janvier 2018.
- Les pertes de production extrapolées sur la base des dispositions relatives aux débits résiduels ont augmenté de 500 GWh/a, passant ainsi de 1400 GWh/a en 2012 à 1900 GWh/a en 2019. Comme la base de données utilisée pour l'analyse actuelle ne comprend, avec 107 concessions, qu'une petite partie des concessions expirant d'ici à 2050, une prochaine analyse permettra d'avancer des affirmations plus solides concernant la baisse de production.
- En outre, l'OFEN estime qu'à l'issue de la durée de versement de la rétribution de l'injection ainsi que des contributions d'investissement pour la petite hydraulique, 220 GWh/a supplémentaires disparaîtront d'ici à 2050, car l'exploitation de ces ouvrages n'est pas rentable sans subvention. Ceux-ci ne disposent notamment pas des ressources nécessaires pour financer de grands travaux de rénovation.

Concernant la **grande hydraulique**, la situation est la suivante:

- Le potentiel de développement des nouvelles grandes centrales hydrauliques a été estimé à l'aide d'une liste de 27 projets concrets qui étaient déjà connus en 2012. Pour le calculer dans des conditions d'utilisation optimisées, la probabilité de réalisation de chaque projet de la liste a été augmentée de 25 points de pourcentage en tenant compte du feed-back des acteurs concernés (cantons, associations écologistes, gestion des eaux). Au total, le potentiel identifié jusqu'en 2050 dans des conditions d'utilisation optimisées équivaut à peu près à celui de l'étude de 2012 (2012: 1430 GWh/a; 2019: 1380 GWh/a).
- Le potentiel lié aux agrandissements et aux rénovations des grandes centrales hydrauliques existantes n'a pas changé depuis 2012 (1530 GWh/a).

	Conditions d'utilisation optimisées (2012)	Conditions d'utilisation optimisées (2019)
Nouvelles grandes centrales	1430	1380
Rénovations et agrandissements des grandes centrales	1530	1530
Petite hydraulique (constructions, rénovations et agrandissements)	1600	770
Disparition de petites centrales	0	-220
Débits résiduels	-1400	-1900
Potentiel total	3160	1560
Augmentation de la production hydroélectrique entre le 1.1.2012 et le 1.1.2019	640	
Nouveaux lacs glaciaires ⁵		700

Tableau 1: Comparaison du potentiel total jusqu'en 2050 dans les études de 2012 et de 2019 (en GWh/a). En tenant compte de l'augmentation de production depuis le 1^{er} janvier 2012, il en résulte une diminution de 960 GWh/a. De plus, il convient de noter que le potentiel des nouveaux lacs glaciaires (cf. le chap. 7.8 Changement climatique et nouveaux lacs glaciaires) d'environ 700 GWh/a n'a pas été pris en compte dans les «conditions d'utilisation optimisées (2019)». Le potentiel issu des projets n'ayant pas été dévoilés pour des raisons de confidentialité n'a pas non plus été pris en compte. On peut donc supposer que le potentiel de production 2019 présenté ci-dessus pourrait être annuellement supérieur de plusieurs centaines de gigawattheures.

Eu égard aux explications précédentes et sous réserve du potentiel qui n'aurait pas été identifié par la branche, on peut en tirer la conclusion suivante:

1. *Des mesures supplémentaires sont impérativement requises.*

Pour atteindre la valeur indicative de développement il faut, d'une part, que la branche de l'électricité assume ses responsabilités en matière de sécurité de l'approvisionnement et qu'elle apporte sa contribution à la transformation du système énergétique suisse en investissant dans de nouveaux projets et en modernisant les installations existantes. Le développement durable de la force hydraulique requiert d'autre part que des mesures supplémentaires soient prises pour résoudre les conflits d'intérêts entre l'utilisation de la force hydraulique et la protection des eaux.

2. *La valeur indicative fixée à l'art. 2 LEnE à atteindre d'ici à 2035 est réaliste en l'état actuel des choses.*

Pour ce faire, il faut cependant que le potentiel identifié soit presque entièrement réalisé d'ici à 2035 déjà. D'après le rapport de monitoring de l'OFEN concernant la Stratégie énergétique 2050, le développement net par rapport à l'année précédente s'établissait en 2017 à 55 GWh, soit une moyenne de 87 GWh par an depuis 2011. Pour atteindre la valeur indicative en 2035, un développement net moyen de 85 GWh par an est nécessaire ces prochaines années.

⁵ Nouveaux sites en raison du recul des glaciers, parfois situés dans des zones protégées.

3. *Le développement de la force hydraulique jusqu'en 2050 préconisé dans le rapport sur la Stratégie énergétique 2050 comporte, selon la présente analyse, quelques incertitudes.*

Ne sont pas pris en compte dans l'analyse, le potentiel des nouveaux lacs glaciaires (env. 700 GWh/a), d'une part, ainsi que celui des projets qui n'ont pas été dévoilés pour des raisons de confidentialité, d'autre part. Le potentiel de production annuelle identifié à l'horizon 2050 pourrait ainsi être supérieur de plusieurs centaines de gigawattheures. Le développement de ce potentiel dépendra toutefois beaucoup de l'évolution des conditions-cadres économiques applicables à la force hydraulique indigène. La hausse du prix de l'électricité et du CO₂ sur les places boursières internationales ainsi que dans le système d'échange de quotas d'émission augmentent la rentabilité des installations hydroélectriques et permettent de procéder aux investissements nécessaires à l'augmentation et au développement des capacités de production. La hausse des prix du marché enregistrée pour la force hydraulique depuis 2016 ainsi que les contributions d'investissement à hauteur de 700 millions de francs suisses disponibles jusqu'en 2030 pour le développement de la force hydraulique suisse ont également eu un effet positif dans ce domaine.

4. *Par rapport à l'étude de 2012, la réduction du potentiel concerne la petite hydraulique*

Cette diminution résulte de la nouvelle configuration du système d'aide mis en place depuis l'entrée en vigueur de la version révisée de la LEne en 2018. En l'espèce, il incombe aux cantons, aux communes et à la branche de proposer des solutions et de réaliser les investissements requis pour pouvoir réaliser le potentiel de la petite hydraulique.

5. *Les pertes de production attendues en raison des exigences en matière de débits résiduels ont augmenté par rapport à l'étude de 2012.*

L'évaluation des données, plus importantes qu'en 2012, montre que les pertes de production extrapolées ont augmenté de 500 GWh/a. Les pertes de production potentielles résultant de l'assainissement de la force hydraulique (éclusées, migration des poissons, régime de charriage) ne sont en outre pas encore prises en compte dans l'évaluation.

Table des matières

Table des matières	8
Liste des abréviations.....	9
1 Situation	10
1.1 Stratégie énergétique 2050.....	10
1.2 Perspectives énergétiques.....	10
1.3 Objectifs, délimitation.....	11
1.4 Notion de potentiel.....	11
2 Évaluations antérieures du potentiel.....	12
3 Conditions-cadres	13
3.1 Modification des conditions-cadres depuis 2012.....	13
3.2 Conditions-cadres de la force hydraulique en 2019 et leurs révisions à court terme.....	15
4 Collecte des données.....	16
5 Réponses	17
6 Évolution de la production depuis 2012.....	18
7 Évaluation du potentiel en 2019.....	18
7.1 Introduction	18
7.2 Nouvelles grandes centrales.....	19
7.3 Rénovations et agrandissements des grandes centrales existantes.....	20
7.4 Petite hydraulique	21
7.5 Débits résiduels	22
7.6 Assainissement de la force hydraulique (migration des poissons, éclusées et charriage) ...	25
7.7 Volumes de stockage, sédimentation	25
7.8 Changement climatique et nouveaux lacs glaciaires.....	26
7.9 Stockage à fins multiples	27
7.10 Vue d'ensemble des potentiels	28
8 Conclusion.....	28
9 Bibliographie	32

Liste des abréviations

OFEV	Office fédéral de l'environnement
OFEN	Office fédéral de l'énergie
OFEFP	Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage
Cst.	Constitution fédérale
EPFL	École polytechnique fédérale de Lausanne
LEne	Loi sur l'énergie
SRI	Système de rétribution de l'injection
LEaux	Loi fédérale sur la protection des eaux
GWh	Gigawattheure
GCHE	Grande centrale hydroélectrique
kWh	Kilowatttheure
PCHE	Petite centrale hydroélectrique
FFS	Financement des frais supplémentaires
MW	Megawatt
SSH	Swiss Small Hydro (association suisse pour la petite hydraulique)
LApEI	Loi sur l'approvisionnement en électricité
ASAE	Association suisse pour l'aménagement des eaux
AES	Association des entreprises électriques suisses
SAHE	Statistique des aménagements hydroélectriques en Suisse
LFH	Loi sur les forces hydrauliques
WSL	Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage
RCP	Regroupements de consommation propre
RPC	Rétribution à prix coûtant

1 Situation

1.1 Stratégie énergétique 2050

Le 21 mai 2017, le peuple suisse a accepté la révision de la loi sur l'énergie (LEne), qui est entrée en vigueur le 1^{er} janvier 2018. Celle-ci vise notamment à réduire la consommation d'énergie, à accroître l'efficacité énergétique et à promouvoir les énergies renouvelables. Grâce à la Stratégie énergétique 2050, la Suisse entend réduire sa dépendance vis-à-vis des énergies fossiles importées et renforcer les énergies renouvelables indigènes. La force hydraulique joue un rôle important en la matière.

À la suite de la Stratégie énergétique 2050 (SE 2050), le Parlement a fixé dans la loi sur l'énergie (art. 2, al. 2, LEne) la valeur indicative de la production annuelle moyenne d'électricité d'origine hydraulique pour 2035 à 37 400 GWh. Cette valeur a été calculée sur la base d'une analyse du potentiel hydroélectrique réalisée en 2012 par l'Office fédéral de l'énergie (OFEN)⁶. Pour l'atteindre, un accroissement net d'environ 2000 GWh est nécessaire entre l'année de référence 2011 (35 350 GWh) et 2035. D'après le message relatif à la Stratégie énergétique 2050, le Conseil fédéral prévoit en 2050 une production hydroélectrique annuelle moyenne de 38 600 GWh. Pour atteindre ce but, une augmentation de la production de l'ordre de 3200 GWh est nécessaire.

1.2 Perspectives énergétiques

Depuis les années 1970, les Perspectives énergétiques de l'OFEN constituent une base quantitative importante dans la politique énergétique. Entièrement mises à jour pour la dernière fois en 2007, elles ont été actualisées et étendues en 2012 en vue de la Stratégie énergétique 2050. Depuis, des données économiques majeures telles que la population ou le produit intérieur brut ont changé et la nouvelle LEne est entrée en vigueur début 2018. De plus, la Suisse a ratifié en 2017 l'Accord de Paris sur le climat, s'engageant à prendre des mesures correspondantes pour réduire ses émissions de CO₂. Un projet de révision totale de la loi sur le CO₂ pour la période postérieure à 2020 est en cours d'examen au Parlement. Par ailleurs, l'Office fédéral de l'environnement doit communiquer au niveau international, d'ici à la fin 2020, sa stratégie climatique à long terme. Afin de disposer d'une base pour ces travaux et d'intégrer les évolutions actuelles du système énergétique dans les Perspectives énergétiques, l'OFEN a décidé de les actualiser et de les réviser.

Les Perspectives énergétiques présentent le secteur de la transformation (production d'électricité, production de chauffage à distance, raffineries) et une modélisation des secteurs liés à la demande. L'OFEN a choisi deux scénarios de base pour la modélisation: un scénario de référence qui reproduit les mesures en vigueur de la politique énergétique et climatique ainsi qu'un scénario reposant sur les objectifs climatiques, qui illustre les émissions de CO₂ visées sur le long terme, conformément aux engagements pris dans le cadre de l'Accord de Paris.

⁶ OFEN (2012)

La production suisse d'électricité doit être modélisée dans tous les scénarios. Le potentiel de développement de la force hydraulique est une valeur importante qui est prise en compte de manière exogène dans ces travaux et influe sur le développement du parc de centrales.

1.3 Objectifs, délimitation

L'étude de 2012 sur le potentiel de développement de la force hydraulique a été mise à jour afin d'actualiser les Perspectives énergétiques. Le présent rapport expose les résultats de cette actualisation et l'évolution possible de la production annuelle indigène d'électricité d'origine hydraulique d'ici à 2050. Deux scénarios délimitent la fourchette dans laquelle le développement pourrait se situer: le premier, à savoir l'augmentation de la production réalisable compte tenu des conditions actuelles se situe dans la limite inférieure de cette fourchette, tandis que le second scénario correspond au potentiel possible dans des conditions d'utilisation optimisées et se situe dès lors à la limite supérieure de la fourchette. On entend par conditions d'utilisation optimisées un meilleur contexte économique pour la force hydraulique suisse, une meilleure prise en compte des intérêts liés à l'utilisation de la force hydraulique ainsi qu'une mise en œuvre équilibrée des prescriptions environnementales conforme à la pratique actuelle. Le potentiel inhérent aux conditions d'utilisation optimisées est intégré dans le scénario climatique modélisé pour les Perspectives énergétiques, le potentiel lié aux conditions actuelles faisant partie du scénario de référence.

Le point de départ de l'évaluation se situe au 1^{er} janvier 2019. Les capacités de production figurant dans la statistique des aménagements hydroélectriques à ce moment-là (production nette renouvelable moyenne escomptée issue de la force hydraulique: 35990 TWh/a⁷) constituent la référence pour déterminer les potentiels de développement. Ceux-ci se rapportent à l'horizon 2050, sans référence à leur échelonnement dans le temps.

On notera par ailleurs que la Confédération se borne à fixer les conditions-cadres de l'approvisionnement en électricité, la réalisation de centrales sur des sites appropriés incombant à la branche électrique. Bien que la détermination du potentiel se réfère autant que possible à des projets et chiffres concrets, les projets individuels ne figurent pas au premier plan.

1.4 Notion de potentiel

Dans cette étude, le potentiel est compris de la façon suivante⁸: le *potentiel théorique* est l'offre physique totale d'un type d'énergie renouvelable dans la région considérée, sans égard aux restrictions réelles imposées à l'exploitation. Le *potentiel technique* est la part du potentiel théorique réalisable dans les limites des contraintes techniques. Le *potentiel attendu* est la part du potentiel technique répondant aux critères d'économie, d'écologie et d'acceptabilité sociale. Ce dernier potentiel est évalué ici.

⁷ Statistique des aménagements hydroélectriques de la Suisse, état au 1^{er} janvier 2019, et production escomptée des plus petites installations hydroélectriques, après déduction des besoins moyens en électricité des pompes d'alimentation (en tenant compte du rendement moyen de ces pompes).

⁸ OFEN (2007)

2 Évaluations antérieures du potentiel

Dans le cadre des Perspectives énergétiques 2035, l'OFEN a évalué en 2007 le potentiel de développement de la force hydraulique jusqu'en 2035⁹. Ces perspectives faisaient état d'un potentiel attendu compris entre 3400 et 4100 GWh/a (production moyenne escomptée en 2007: 35 300 GWh/a).

Dans le cadre des travaux relatifs à la Stratégie énergétique 2050 réalisés au printemps 2011, l'OFEN a réévalué le potentiel de développement de la force hydraulique selon des conditions-cadres modifiées. Au final, les Perspectives énergétiques 2050 indiquaient un potentiel de développement d'environ 4000 GWh/a d'ici à 2050.

En 2012, l'OFEN a étudié ce potentiel de développement¹⁰ pour vérifier la croissance de référence de 4000 GWh/a postulée par le Conseil fédéral. Selon cette étude, le potentiel est compris entre 1530 et 3160 GWh/a en Suisse. En se basant sur les prévisions de production de 2012 (35 350 GWh/a), on obtient une production escomptée allant de 36 880 à 38 510 GWh/a. Le tableau 2 présente un aperçu des potentiels déterminés en 2012 dans l'étude susmentionnée.

	Conditions d'utilisation actuelles (2012)	Conditions d'utilisation optimisées (2012)
Nouvelles grandes centrales	770	1430
Rénovations et agrandissements des grandes centrales existantes	870	1530
Petite hydraulique	1290	1600
Impact des débits résiduels	-1400	-1400
Potentiel total	1530	3160

Tableau 2: Potentiel total d'ici à 2050, état au 1^{er} janvier 2012, en GWh/a

⁹ OFEN (2007)

¹⁰ OFEN (2012)

3 Conditions-cadres

L'utilisation de la force hydraulique est soumise à plusieurs conditions-cadres. La modification de ces dernières depuis l'étude de 2012, les conditions-cadres en vigueur en 2019 et leurs futures révisions à court terme sont exposées ci-après. La présente analyse opère la distinction suivante:

- conditions-cadres hydrologiques naturelles;
- conditions-cadres techniques;
- conditions-cadres sociopolitiques;
- conditions-cadres environnementales;
- conditions-cadres économiques.

3.1 Modification des conditions-cadres depuis 2012

Par essence, les conditions-cadres hydrologiques naturelles n'ont guère changé depuis la dernière étude du potentiel. La production hydroélectrique varie fortement d'une région et d'une année à l'autre en fonction du volume et du type de précipitations ainsi que des températures. La période allant de 2012 à 2015 a été plutôt humide, affichant une production hydroélectrique élevée, tandis que les années 2016 et 2017 ont été, en moyenne, plutôt sèches. Au printemps 2018, de grandes quantités de neige étaient recensées dans les Alpes, leur fonte entraînant des débits importants des cours d'eau alpins. La forte sécheresse enregistrée au second semestre 2018 s'est traduite par une baisse de la production et des problèmes correspondants pour les centrales qui ne sont pas alimentées par les glaciers. Les effets du changement climatique sont de plus en plus visibles au niveau de la force hydraulique. Ces dernières années, la hausse des températures et certains records de chaleur ont donné lieu à des hivers davantage pluvieux et à des débits accrus dans les centrales au fil de l'eau, ainsi qu'à des étés plus chauds et plus secs. La production se décale donc dans le temps.

Le progrès technique a également eu une incidence sur la force hydraulique ces sept dernières années. Même s'il est difficile d'en décrire les effets sur cette brève période, il a permis d'exploiter plus efficacement le potentiel hydroélectrique existant. On peut notamment citer les pompes à vitesse variable, la modélisation de la transmission de puissance des turbines, qui nécessite de nombreux calculs, l'efficacité accrue des processus opérationnels grâce à la numérisation ou la réduction de l'empreinte écologique liée aux dispositifs modernes de franchissement des poissons (montaison et dévalaison).

Concernant les conditions-cadres sociopolitiques, la force hydraulique était déjà controversée en 2012. Source d'énergie propre et indigène, elle constitue un facteur économique et une source de valeur ajoutée qui crée souvent une identité dans les vallées alpines, mais porte également atteinte au paysage et à l'environnement. Le rapport entre la protection et l'utilisation est constamment d'actualité en la matière. La Stratégie énergétique 2050 est la principale modification des conditions-cadres sociopolitiques. Lors de la votation populaire de mai 2017, le peuple suisse s'est clairement exprimé en faveur d'une transformation à long terme du système énergétique, et donc de la nécessité du développement supplémentaire de la force hydraulique indigène. Les nouveautés apportées à la LEne portent en partie sur l'aménagement du territoire. Par exemple, en vertu de l'art. 10 LEne, les cantons doivent veiller à ce que le plan directeur désigne les zones et tronçons de cours d'eau qui se prêtent à l'exploitation de l'énergie hydraulique. Ils y incluent les sites déjà exploités et peuvent aussi indiquer les zones et tronçons de cours d'eau qui doivent en règle générale être préservés, facilitant ainsi le développement

coordonné de la force hydraulique. Les Chambres fédérales ont toutefois refusé de contraindre les cantons à harmoniser ce développement entre eux tout en tenant compte de l'objectif de développement énoncé dans la LENE.

Les conditions-cadres environnementales ont également subi des modifications. D'une part, le Conseil fédéral a approuvé en 2012 la Stratégie Biodiversité Suisse. Le premier objectif de la stratégie consiste à exploiter les ressources naturelles «de manière à préserver les écosystèmes et les services écosystémiques ainsi que les espèces et la diversité génétique». D'autre part, la Stratégie énergétique 2050 a elle aussi entraîné des modifications. Le rapport entre la protection et l'utilisation a été modifié. À partir d'une certaine production annuelle ou quantité stockable d'énergie, les installations hydroélectriques revêtent désormais un intérêt national. Ceci signifie toutefois seulement qu'une pesée des intérêts doit être menée dans les inventaires d'importance nationale¹¹, sans toutefois supprimer d'emblée cette pesée d'intérêts. De plus, le Parlement a introduit une interdiction absolue à la construction de nouvelles installations dans les biotopes d'importance nationale et les réserves d'oiseaux d'eau et de migrateurs. Il convient encore de mentionner les dispositions relatives à l'assainissement du charriage, de la migration des poissons et des éclusées, mais qui demeurent inchangées par rapport à 2012.

Sur le plan économique, la force hydraulique a vécu une période mouvementée depuis 2012. Après des années fastes pour la branche dans les années 2000 (prix élevés et bénéfiques exprimés en milliards), les prix sur le marché de l'électricité ont baissé entre 2009 et 2016, atteignant un plancher à environ 4 centimes/kWh. Dans ce contexte, les Chambres fédérales ont adopté de nouvelles aides destinées à la force hydraulique lors des débats sur la réorientation de la politique énergétique suisse, dont une prime de marché de quelque 100 millions de francs par an jusqu'en 2022 pour les grandes installations hydroélectriques existantes et des contributions d'investissement annuelles de près de 50 millions pour promouvoir le développement de la grande hydraulique jusqu'en 2030. Dans l'intervalle, les prix du marché se sont redressés et avoisinent de nouveau les 6 centimes/kWh, ce qui permet aux centrales actuelles de réaliser un rendement moyen des fonds propres conforme au marché et aux risques d'environ 8 %. S'élevant au plus à 35 % des coûts d'investissement imputables, les contributions d'investissement continuent de stimuler les investissements dans de nouvelles centrales hydrauliques. La disparition de la rétribution de l'injection pour les nouvelles petites centrales hydrauliques en 2022 a l'effet inverse. Dès 2023, plus aucune nouvelle installation ne bénéficiera de ce système d'aide. En outre, la plupart des ressources du fonds alimenté par le supplément étant déjà affectées, la rétribution de l'injection ne peut encore soutenir que quelques rares nouvelles installations de petite hydraulique. Jusqu'en 2030, les rénovations et les agrandissements d'installations existantes, tant pour la petite que pour la grande hydraulique seront soutenues par le biais des contributions d'investissement.

¹¹ Inventaire fédéral des paysages, sites et monuments naturels d'importance nationale (OIFP; RS 451.11), inventaire fédéral des sites construits d'importance nationale à protéger en Suisse (ISOS; RS 451.12), inventaire fédéral des voies de communication historiques de la Suisse (OIVS; RS 451.13)

3.2 Conditions-cadres de la force hydraulique en 2019 et leurs révisions à court terme

La modification des conditions-cadres hydrologiques naturelles dépendra du rythme du changement climatique. Comme l'ont révélé plusieurs études scientifiques, on s'achemine assez clairement vers des étés plus secs et des hivers plus humides et pluvieux. Une politique climatique ambitieuse pourrait ralentir, voir retarder cette évolution, mais cela nécessite des efforts importants en Suisse et dans le monde. Les glaciers présents en Suisse ont, en leur qualité de réservoirs d'eau, une influence essentielle sur le régime hydrologique. Leur fonte engendre déjà aujourd'hui, et probablement encore durant les prochaines décennies, des débits plus élevés dans les cours d'eau alpins et, dès lors, une production hydroélectrique accrue. Après leur disparition, leur fonction de réservoir naturel ne bénéficiera toutefois plus aux précipitations. Cet effet pourra néanmoins être compensé partiellement si les dépressions de terrain ainsi libérées servent de lacs d'accumulation.

Le progrès technique engendrera également des gains d'efficacité supplémentaires dans la production hydroélectrique. Les nouveaux matériaux et processus et les nouvelles techniques auront des effets sur la force hydraulique:

- hausses de production malgré une puissance brute disponible demeurant identique, en cas de rénovations complètes des centrales;
- gains d'efficience en cas de remplacement des machines;
- réduction des coûts de construction et d'exploitation;
- efficacité accrue du pompage;
- réduction de l'empreinte écologique du potentiel de production existant.

La production hydroélectrique actuelle peut être augmentée au fil des ans de quelques points de pourcentage grâce au seul progrès technique autonome.

Sur le plan sociopolitique, les débats relatifs à la force hydraulique se poursuivent en Suisse. La consultation concernant la révision de la loi sur l'approvisionnement en électricité (LApEI) s'est achevée fin janvier 2019. Les Chambres fédérales ont approuvé en mars 2019 la révision partielle de la loi sur les forces hydrauliques (LFH) et décidé de conserver dans le droit fédéral une redevance hydraulique maximale de 110 francs/kW_{th} jusqu'en 2024. Enfin, les concessions de plusieurs grandes centrales hydrauliques devront être renouvelées dans les années ou décennies à venir. Il conviendra alors de discuter des réglementations relatives au retour de concession et de fixer les conditions d'exploitation pour 80 ans supplémentaires au plus. Cela aura probablement un impact sur les rapports de propriété et d'exploitation de la force hydraulique suisse.

Conditions-cadres environnementales

Du point de vue écologique, il convient de relever que les conflits entre les intérêts de protection et ceux d'utilisation tendront à augmenter en Suisse à cause de la pression urbanistique. La force hydraulique est sans conteste l'une des formes de production d'électricité les plus durables, mais elle ne saurait voir le jour sans une atteinte au paysage et à l'environnement. Lors des renouvellements de concession, les captages d'eau devront respecter les dispositions relatives aux débits résiduels des art. 29 ss LEaux, ce qui aura des effets sur la production. En outre, d'autres assainissements concernant le charriage, la migration des poissons et les éclusées seront nécessaires à l'avenir. Ils auront eux aussi une incidence sur la production et engendreront des contraintes correspondantes. La mise en œuvre de ces mesures

permettra à l'avenir à la force hydraulique d'être non seulement renouvelable et respectueuse du climat mais aussi compatible avec la protection de l'environnement.

Conditions-cadres économiques

Compte tenu de la hausse des prix de l'électricité et des aides en vigueur, les conditions-cadres économiques de la force hydraulique suisse sont actuellement relativement favorables. Les prix actuels de l'électricité sur le marché permettent à la force hydraulique de réaliser un rendement moyen des fonds propres conforme au marché et aux risques d'environ 8 %. Il est, bien évidemment, difficile de prévoir leur évolution à long terme, mais l'OFEN table sur une progression des prix de l'électricité à l'avenir, notamment en raison de l'arrêt prévu ou envisagé de capacités de production conventionnelles dans toute l'Europe (p. ex. centrales nucléaires et centrales au charbon en Allemagne ou centrales nucléaires en France). Cela réduira les surcapacités et l'offre globale d'électricité, de sorte que les prix moyens et les pics de prix pourraient augmenter. La hausse supposée des prix est également étayée par les stratégies de décarbonisation des États membres de l'Union européenne, qui ont des effets sur le prix du CO₂ dans le système européen de négociation des émissions (le prix par tonne de CO₂ a ainsi progressé, passant de 10 à 22 euros en l'espace d'une année). Partiellement amorties, les centrales existantes peuvent réaliser un rendement moyen des fonds propres conforme au marché grâce aux prix de charge de base actuels d'environ 6 centimes/kWh ainsi qu'aux recettes supplémentaires liées à leur flexibilité, à leurs prestations de services-système et au négoce des garanties d'origine. En outre, près de 50 millions de francs par an, soit un total d'environ 700 millions, sont disponibles jusqu'en 2030 au titre des contributions d'investissement pour les nouvelles constructions et les transformations (rénovations et agrandissements) des grandes centrales hydrauliques, ces contributions représentant au plus 35 % des coûts d'investissement imputables. Concernant la petite hydraulique, des contributions d'investissement allant jusqu'à 60 % des coûts d'investissement imputables encourageront jusqu'en 2030 les rénovations et les agrandissements des installations existantes. Ces fonds devraient stimuler les investissements en conséquence. On ignore dans quelle mesure les petites centrales hydrauliques pourront se maintenir sur le marché à l'échéance des rétributions de l'injection fin 2022. Une partie de la petite hydraulique située dans des lieux favorables présente de faibles coûts de revient et pourra demeurer sur le marché grâce à des rétributions correspondantes relatives à la flexibilité et à la valeur ajoutée écologique. Il convient néanmoins de supposer qu'une certaine proportion de petites centrales hydrauliques ne sera pas rentable sans subvention et se déconnectera du réseau dès qu'une rénovation plus importante devra être réalisée. Les cantons et les communes, notamment, sont invités à rechercher ou à proposer des solutions correspondantes.

4 Collecte des données

Les données ont été recueillies dans le cadre d'une enquête menée fin 2018 et d'une discussion subséquente sur les résultats du sondage, qui a eu lieu lors d'une séance de travail le 30 janvier 2019. Un questionnaire a été envoyé aux services spécialisés concernés des cantons, à l'Association des entreprises électriques suisses (AES), à l'Association suisse pour l'aménagement des eaux (ASAE), à Swiss Small Hydro (SSH) et aux exploitants de grandes centrales. On a approché au total 36 participants. Les associations écologistes et les milieux scientifiques ont reçu les questionnaires à titre d'information. Ils y ont parfois répondu spontanément et ont profité de l'occasion pour discuter des résultats lors de la

séance de travail. Outre les sujets abordés en 2012 (construction de nouvelles grandes centrales hydrauliques, rénovations et agrandissements de grandes centrales hydrauliques, petite hydraulique, changement climatique, assainissements liés aux débits résiduels et conditions-cadres/entraves), l'enquête de 2018 portait sur l'impact de l'assainissement des centrales hydrauliques (migration des poissons, charriage, éclusées), la modification du volume de stockage (sédimentation, nouveaux lacs d'accumulation provenant p. ex. de lacs glaciaires) et une éventuelle utilisation multi-usages des lacs d'accumulation. Aucune question n'a été posée sur les débits résiduels et l'assainissement de la centrale, ces sujets étant traités par l'OFEN en collaboration avec l'OFEV. Début novembre 2018, il a été fait appel aux universités de Berne, de Bâle, de Lausanne et de Zurich, à l'Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL) et à la Plateforme de constructions hydrauliques de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) au sujet du changement climatique, des lacs glaciaires et du stockage à fins multiples.

5 Réponses

Le taux de réponse est élevé, puisqu'il dépasse 80 %.

Les résultats de l'enquête montrent clairement que le développement de la force hydraulique en Suisse continue de diviser fortement. Dans de nombreux cas, les exigences environnementales mettent le feu aux poudres. On note toutefois que la protection de l'environnement n'est pas le seul obstacle à ce développement. Eu égard à l'urbanisation dense en Suisse, les eaux sont soumises à des demandes d'usage diverses. Enfin, certains projets ne sont pas rentables en dépit des contributions d'investissement.

Il s'avère que le potentiel hydroélectrique dépend très fortement du cadre réglementaire et de son interprétation (intérêt national, mesures de protection des eaux, structure du marché et évolution des prix de l'électricité et du CO₂): le projet Trift est tributaire des aides à l'investissement en raison des prix actuels de l'électricité; le projet Lagobianco ne peut être réalisé que si les conditions-cadres relatives à la sécurité d'investissement s'améliorent; la surélévation du barrage de Göschenalp n'est pas rentable malgré les contributions d'investissement existantes; les conditions-cadres économiques sont défavorables pour les petites centrales.

Selon le WWF et Pro Natura, les conditions-cadres en matière de droit de l'environnement en vigueur doivent être prises en compte dans l'évaluation du potentiel hydroélectrique. Le WWF souligne également le besoin urgent d'écologisation de la force hydraulique suisse: de nombreuses installations anciennes ne répondent pas aux exigences légales ou aux critères scientifiques reconnus en matière de débits résiduels, de migration des poissons, de charriage et d'éclusées.

Du point de vue des milieux de la protection de l'environnement, il est relevé que l'utilisation de la force hydraulique a régulièrement progressé en Suisse depuis plus d'un siècle et qu'environ 90 à 95 % des ruisseaux sont déjà exploités. Un développement supplémentaire impliquerait des atteintes aux cours d'eau préservés et une nouvelle perte de la biodiversité. Un «développement total» de la force hydraulique au détriment de l'environnement est clairement refusé. Selon le WWF, il est évident que ce développement ne constitue pas le principal potentiel en vue de la transition énergétique.

Pour les exploitants de centrales, il convient globalement (et compte tenu des alternatives) de saluer un développement de la force hydraulique respectueux de l'environnement et économiquement viable. Eu

égard aux possibilités de développement restreintes et à la probabilité de réalisation très incertaine, ils estiment que le maintien aussi large que possible de la production hydroélectrique actuelle constitue le plus grand potentiel. Cela nécessiterait, d'une part, des conditions-cadres économiques favorables pour l'entretien des installations et, d'autre part, de réduire au minimum l'impact des assainissements écologiques sur la production.

La plupart des entreprises du secteur de l'électricité qui ont été contactées partagent l'avis de l'ASAE: *le potentiel hydroélectrique n'a pas changé de manière notable ces six dernières années; il est donc connu, tout comme l'adaptation nécessaire des conditions-cadres en vue de l'exploitation de ce potentiel. Eu égard aux possibilités de développement restreintes et à la probabilité de réalisation très incertaine, l'ASAE pense que le maintien aussi large que possible de la production hydroélectrique actuelle constitue le plus grand potentiel.* Deux entreprises ont remis des évaluations distinctes sur de nouveaux projets.

Le potentiel hydroélectrique a donc été évalué sur la base de l'étude de 2012 et des réponses fournies lors de l'enquête de 2018. Les participants à l'enquête ont évalué le potentiel au 1^{er} janvier 2018. Comme les travaux d'évaluation et l'élaboration du rapport se sont prolongés jusqu'au premier trimestre 2019, l'OFEN a adapté au 1^{er} janvier 2019 les réponses concernant le potentiel là où cela était nécessaire afin de présenter les informations les plus actuelles possibles.

6 Évolution de la production depuis 2012

Entre le 1^{er} janvier 2012 et le 1^{er} janvier 2019, soit les dates de référence respectives de l'enquête précédente et de la nouvelle, la production nette moyenne escomptée d'origine hydraulique a progressé dans l'ensemble d'environ 640 GWh/a.

Cette production correspond à la production moyenne escomptée d'après la statistique des aménagements hydroélectriques en Suisse (SAHE) plus la production escomptée des plus petites centrales hydrauliques¹², moins le besoin en électricité moyen de toutes les pompes d'alimentation (en tenant compte du rendement moyen des pompes). Elle s'inscrivait à 35 350 GWh/a au 1^{er} janvier 2012¹³ et à 35 990 GWh/a au 1^{er} janvier 2019.

7 Évaluation du potentiel en 2019

7.1 Introduction

Le potentiel de développement de la force hydraulique est évalué dans deux scénarios. Le premier montre dans quelle mesure il est possible d'accroître jusqu'en 2050 la production hydroélectrique annuelle indigène dans les conditions légales, économiques et sociales actuelles (cf. le chap. 3). On oppose à ce potentiel aux «conditions actuelles» une perspective avec des «conditions optimisées». Dans

¹² Centrales hydrauliques avec une puissance installée des générateurs < 300 kW

¹³ Dans le rapport «Le potentiel hydroélectrique de la Suisse» de juin 2012, la production moyenne escomptée selon la SAHE s'inscrivait à 35 820 GWh/a.

ce second cas aussi, une exploitation totale de la force hydraulique n'est pas envisagée. Par «conditions optimisées», le Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC) entend des conditions générales modifiées de manière à autoriser un développement modéré de la force hydraulique sans atteinte aux exigences constitutionnelles relatives à la durabilité et à la protection de l'environnement.

Outre les mesures inscrites dans la loi depuis 2018 (p. ex. contributions d'investissement allouées à la grande et à la petite hydrauliques, prime de marché pour la grande hydraulique, intérêt national à l'utilisation des énergies renouvelables et plans directeurs cantonaux indiquant les zones destinées à la force hydraulique), il existe d'autres façons d'optimiser les conditions d'exploitation de la force hydraulique:

- Les subventions pour la conservation et le développement de la force hydraulique pourraient être maintenues.
- Des aides supplémentaires permettraient d'exploiter d'autres potentiels.
- D'autres potentiels pourraient être exploités sans subvention si les prix de l'électricité augmentaient. Les Perspectives énergétiques 2050 de l'OFEN tablent de manière générale sur une hausse des prix de l'énergie.

7.2 Nouvelles grandes centrales

Comme dans l'étude de 2012, l'analyse détaillée du potentiel inhérent à la grande hydraulique a été réalisée dans la présente étude sur la base de projets concrets. La liste utilisée à cet effet comprend 30 projets éventuels de nouvelles installations d'une puissance supérieure à 10 MW_{th} (puissance mécanique brute). Les cantons et deux entreprises l'ont complétée en partie et ont évalué les projets (probabilité de réalisation, état de la procédure et entraves). Le produit de la production annuelle escomptée et de la probabilité de réalisation fournit une valeur estimative de production attendue pour chaque projet (cf. la liste corrigée à l'annexe 1). La somme de ces valeurs représente le potentiel total des nouvelles grandes centrales hydrauliques, qui s'élève à environ 760 GWh/a à l'horizon 2050, dans les conditions d'utilisation actuelles.

En tenant compte de toutes les réponses, la probabilité de réalisation de chaque projet a été augmentée de 25 points de pourcentage pour déterminer le potentiel dans des conditions d'utilisation optimisées. Contrairement à l'étude de 2012, le potentiel des projets encore très flous, soit 1000 GWh/a, n'a pas été pris en considération. Au total, le potentiel dans des conditions d'utilisation optimisées représente à l'horizon 2050 quelque 1380 GWh/a.

	Conditions d'utilisation actuelles (2019)	Conditions d'utilisation optimisées (2019)
Total des nouvelles grandes centrales	760	1380

Tableau 3: Potentiel en nouvelles grandes centrales hydrauliques à l'horizon 2050, calculé au 1^{er} janvier 2019, en GWh/a.

L'étude de 2012 indiquait un potentiel total en nouvelles grandes centrales hydrauliques à l'horizon 2050 de 770 GWh/a dans les conditions d'utilisation actuelles et de 1430 GWh/a dans des conditions d'utilisation optimisées. Le potentiel attendu des grandes centrales n'a donc guère changé malgré le développement supplémentaire de 220 GWh/a dans l'intervalle.

7.3 Rénovations et agrandissements des grandes centrales existantes

Selon les déclarations de l'ASAE et de la plupart des représentants du secteur, le potentiel inhérent aux rénovation et aux agrandissements des grandes centrales existantes n'a pas changé de manière significative depuis 2012. Comme l'OFEN n'a pas connaissance de nouvelles études réalisées depuis lors et ne dispose d'aucune autre information, le potentiel évalué en 2012 est repris ici, à l'exception des indications concernant l'agrandissement de galeries dans les conditions d'utilisation actuelles.

	Conditions d'utilisation actuelles (2019)	Conditions d'utilisation optimisées (2019)
Équipements neufs	500	500
Rehausse du niveau de retenue et dragage	200	200
Relèvement de barrages et nouveaux affluents	170	330
Agrandissement de galeries	100	500
Total des rénovations et agrandissements	970	1530

Tableau 4: Potentiel des rénovations et agrandissements des grandes centrales existantes d'ici à 2050, calculé au 1^{er} janvier 2019, en GWh/a

L'accroissement de la production hydroélectrique grâce à la rénovation et à l'agrandissement d'installations existantes est largement accepté, car il est moins problématique d'un point de vue écologique et s'accompagne parfois de revalorisations. Cela ne s'applique cependant pas aux surélévations de barrages et au captage de nouveaux affluents, qui impliquent généralement des atteintes supplémentaires à l'environnement. Ces rehaussements, outre la possibilité d'accroître la production d'électricité, sont également essentiels à l'augmentation de la production hivernale et, partant, à un approvisionnement sûr et autonome de la Suisse en électricité. Un rehaussement minime des barrages existants, c'est-à-dire inférieur à 10 % de la hauteur initiale, permettrait d'obtenir un volume de stockage supplémentaire d'environ 700 millions de m³ pour une vingtaine de projets. La production hivernale pourrait ainsi croître de 2000 GWh/a, soit de 10 % par rapport au niveau actuel. Si l'on tient compte du fait que la hauteur de certains barrages pourrait être augmentée davantage, la production hivernale pourrait même progresser d'environ 15 % par rapport à aujourd'hui¹⁴.

¹⁴ Schleiss (2012)

La rénovation – pour raison d'âge, en général – et le remplacement d'anciennes turbines et génératrices par de nouvelles unités se traduisent par un rendement accru. Les coûts spécifiques de ce gain de production sont modestes, certaines machines devant de toute manière être remplacées. Il n'y a pas d'impact négatif sur l'environnement.

Dans l'évaluation de 2012, l'augmentation de rendement au moyen de l'agrandissement de galeries¹⁵ n'était pas considéré comme rentable. Son potentiel dans les conditions d'utilisation de l'époque était donc nul. Un potentiel de 500 GWh/a dans des conditions d'utilisation optimisées était mentionné en 2012. Il serait réalisable si les prix de l'électricité augmentaient ou si la Confédération mettait en place un système d'aide basé sur des contributions d'investissement. Le régime actuellement en vigueur pour ces dernières étant également applicable à l'agrandissement de galeries, l'OFEN évalue le potentiel à 100 GWh/a. Dans des conditions d'utilisation optimisées, le potentiel reste identique à celui que l'ASAE avait estimé en 2012, soit 500 GWh/a.

7.4 Petite hydraulique

Le potentiel indiqué sous «Nouvelle petite hydraulique» englobe les nouvelles constructions ainsi que les rénovations et agrandissements d'installations d'une puissance inférieure à 10 MW_{th}.

Dans le cadre de cette étude, une enquête a été menée auprès des services spécialisés concernés des cantons pour obtenir des indications détaillées sur le potentiel de la petite hydraulique. Comme en 2012, les réponses s'appuient sur la liste d'inscription actuelle pour la rétribution à prix coûtant (RPC), jointe au questionnaire de chaque canton. Les projets ont été évalués principalement par les cantons en précisant l'état de la procédure, les entraves et, parfois, la probabilité de réalisation estimée. Lorsque des indications faisaient défaut, l'OFEN a fixé cette probabilité en se basant sur le statut RPC. Au total, le potentiel de développement de la petite hydraulique atteindrait près de 460 GWh/a jusqu'en 2050 dans les conditions d'utilisation actuelles, contre 1290 GWh/a dans l'étude de 2012. Concernant les nouvelles constructions, le potentiel a baissé en raison, d'une part, des installations réalisées depuis 2012 et, d'autre part, d'une estimation plus faible de la probabilité de réalisation des nouveaux équipements.

En comparaison, l'Association suisse pour la petite hydraulique (SSH) estime le potentiel de développement d'ici à 2050 à 400 GWh/a dans les conditions d'utilisation actuelles.

Comme pour la grande hydraulique, la probabilité de réalisation a été augmentée de 25 points de pourcentage pour déterminer le potentiel dans des conditions d'utilisation optimisées. Au total, celui-ci serait d'environ 770 GWh/a, contre 1600 GWh/a dans l'étude de 2012.

Cette dernière partait du principe que toutes les petites centrales hydrauliques existantes resteraient en service. Compte tenu de l'arrêt des aides en vigueur, à savoir dès fin 2022 pour le système de rétribution de l'injection axé sur les coûts¹⁶, fin 2030 pour les contributions d'investissement et fin 2035 pour le financement des frais supplémentaires (FFS), la SSH et l'OFEN ont également estimé la disparition éventuelle de la petite hydraulique actuelle. Eu égard aux conditions-cadres nouvelles ou en cours de

¹⁵ L'agrandissement de galeries accroît le rendement en réduisant les pertes par frottement. Cf. Molinari et al. (2011).

¹⁶ L'octroi d'aides dans le cadre du système de rétribution de l'injection axé sur les coûts est possible jusqu'en 2022. Compte tenu de la durée de ces aides (15 ans), les dernières contributions seront versées en 2037.

discussion, la SSH pense que la petite hydraulique pourra bénéficier d'opportunités (meilleures possibilités grâce aux regroupements de consommation propre, production hivernale avec une pondération accrue des composants de puissance, nouvelles recettes possibles en cas de capacités flexibles). Dans les conditions d'utilisation actuelles (pression exercée en vue d'un assainissement de la force hydraulique et arrêt des subventions), la SSH considère toutefois que des mises hors service équivalant à quelque 500 GWh/a surviendront d'ici à 2050. L'OFEN est d'accord avec cette estimation mais pour une période allant jusqu'en 2060. Il évalue les disparitions éventuelles à l'horizon 2050 à environ 350 GWh/a dans les conditions actuelles et à 220 GWh/a dans des conditions d'utilisation optimisées (p. ex. prolongation de certaines aides).

Le potentiel de la petite hydraulique est présenté dans le tableau 5.

	Conditions d'utilisation actuelles (2019)	Conditions d'utilisation optimisées (2019)
Nouvelle petite hydraulique	460	770
Disparition de petite hydraulique	-350	-220
Total petite hydraulique	110	550

Tableau 5: Potentiel de la petite hydraulique jusqu'en 2050, calculé au 1^{er} janvier 2019, en GWh/a

L'étude de 2012 indiquait un potentiel total de développement de la petite hydraulique d'ici à 2050 de 1290 GWh/a dans les conditions alors en vigueur et de 1600 GWh/a dans des conditions optimisées.

7.5 Débits résiduels

La biodiversité requiert des débits résiduels suffisants. L'habitat de nombreuses espèces animales et végétales dépend d'une quantité d'eau suffisante. La plupart des installations hydroélectriques existantes ont été construites alors qu'il n'existait encore aucune disposition légale sur les débits résiduels.

La Constitution fédérale (Cst.) énonce que la Confédération légifère sur le maintien de débits résiduels appropriés¹⁷. Ce mandat a été mis en œuvre dans les art. 31 à 33 de la loi fédérale sur la protection des eaux (LEaux). L'art. 31 fixe des débits résiduels minimaux, que les cantons peuvent réduire dans les cas énumérés à l'art. 32. L'art. 33 exige une pesée des intérêts pour examiner si les minimaux définis doivent être augmentés afin d'assurer des débits suffisants (p. ex. lorsque des zones protégées sont concernées). Les débits résiduels selon les art. 31 à 33 doivent être respectés depuis le 1^{er} novembre 1992, date de l'entrée en vigueur de la LEaux, lors de l'octroi de concessions ou de leur renouvellement, ce qui affecte la production d'électricité des centrales concernées. La révision de la LEaux, le 1^{er} janvier 2011, a introduit de nouvelles exceptions possibles aux débits minimaux; cela devrait atténuer quelque peu les effets sur la production. Les dispositions relatives aux débits résiduels ont été confirmées en tant que compromis entre l'utilisation de la force hydraulique et les intérêts environnementaux. Une grande partie des concessions en vigueur échoira entre 2030 et 2050.

¹⁷ Art. 76, al. 3, Cst.

Lors de la votation fédérale du 17 mai 1992 sur cette même loi, le Conseil fédéral avait déclaré que la production hydraulique, d'environ 33 000 GWh/a à l'époque, diminuerait de près de 6 % (env. 2000 GWh/a) d'ici à 2070 du fait des prescriptions de l'art. 31 LEaux. Un recul du même ordre était escompté à cause des mesures prises par les cantons après la pesée des intérêts au sens de l'art. 33 LEaux¹⁸.

Au total, cela engendrerait une perte de production de quelque 4000 GWh/a à l'horizon 2070. Entre 1992 (entrée en vigueur de la LEaux) et 2002, 56 concessions ont été octroyées pour des centrales hydrauliques. Une analyse de l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP) avait alors révélé que la perte de production effective de ces centrales avoisinait 3,5 %.

Ce chiffre modeste en comparaison des hypothèses de 1992 (12 %) s'explique, d'une part, par le fait que jusqu'en 2012, les nouvelles concessions accordées à des centrales au fil de l'eau sur le Plateau suisse ont été relativement nombreuses, contrairement à celles concernant de grandes centrales dans l'arc alpin¹⁹. D'autre part, les résultats de l'analyse laissent à penser que les débits résiduels minimaux ne sont que rarement augmentés dans le cadre de la pesée des intérêts visée à l'art. 33, car les cantons ont manifestement accordé plus d'importance aux intérêts économiques qu'aux préoccupations environnementales. Par ailleurs, des dérogations selon l'art. 32 ont souvent été appliquées, la baisse de production imputable à la pesée des intérêts au sens de l'art. 33 étant là encore globalement compensée. Au vu de ces résultats, le Conseil fédéral concluait en 2003 que les effets sur la production d'électricité liés aux dispositions relatives aux débits résiduels ne dépasseraient vraisemblablement guère 2000 GWh/a ou 6 % en 2070²⁰.

L'étude de 2012 mentionnait une perte de production totale de 1400 GWh/a d'ici à 2050 tant dans les conditions alors en vigueur que dans des conditions d'utilisation optimisées. Une analyse récente menée sur 107 concessions octroyées jusqu'à fin 2017 montre que les cantons continuent d'appliquer les dispositions sur les débits résiduels de manière modérée²¹. Sur la base de ces chiffres, on peut dès lors supposer que les pertes de production se situeront autour de 7 %, soit 2900 GWh/a entre 1992 et 2070 (7 % de 41 500 GWh/a, qui correspondent à la production brute, c'est-à-dire à la valeur-cible de 38 600 GWh/a plus 7% des pertes de production dues aux dispositions sur les débits résiduels) ou 2700 GWh/a entre 1992 et 2050. Les dérogations supplémentaires introduites par la révision de la LEaux pourront réduire ces chiffres de 200 GWh/a²². En outre, le recul de la production enregistré depuis fin 1992 au titre des débits résiduels selon les art. 31 ss (300 GWh/a) et de l'assainissement au sens des art. 80 ss (300 GWh/a) peut être ajouté au potentiel, car il figure déjà dans la SAHE. Au total, on obtient une perte de production estimée de 1900 GWh/a jusqu'en 2050. Dans la mesure où l'analyse portant sur 107 concessions ne concerne qu'une petite partie des concessions qui viendront à échéance

¹⁸ Kummer (2002)

¹⁹ L'obligation de conserver des débits résiduels minimaux ne restreint guère les possibilités d'une centrale au fil de l'eau sans dérivation. Si l'échantillon se limite aux centrales à dérivation, la perte de production est un peu plus élevée (7,3 %).

²⁰ Réponse du Conseil fédéral à la motion Speck du 20 mars 2003

²¹ OFEV (2019)

²² CEATE-E (2008), p. 21

d'ici à 2050, une analyse future portant sur la perte de production permettra de tirer des conclusions plus solides.

Le tableau 6 résume les effets de la LEaux sur le potentiel hydroélectrique (en GWh/a).

Impact des débits résiduels sur la production	Conditions d'utilisation actuelles (2019)	Conditions d'utilisation optimisées (2019)
De 1992 à 2070	-2900	-2900
De 1992 à 2050	-2700	-2700
Révision LEaux 2011 (dérogations supplémentaires à l'art. 32)	200	200
Art. 31 ss LEaux, de 1992 à 2018	300	300
Art. 80 LEaux, de 1992 à 2018	300	300
Total de 2019 à 2050	-1900	-1900

Tableau 6: Effets de la LEaux au 1^{er} janvier 2019, en GWh/a

Dans son étude de 2018²³, l'ASAE obtient une baisse de la production escomptée plus importante à l'horizon 2050: 2280 GWh/a si le scénario avec les conditions actuelles est mis en œuvre. Selon d'autres scénarios de l'ASAE tablant sur une application plus stricte des dispositions sur les débits résiduels, les pertes oscilleraient entre 2520 GWh/a et 6410 GWh/a.

Le débit Q_{347} ²⁴ est l'une des bases utilisées pour fixer les débits résiduels minimaux. L'Université de Berne estime que le Q_{347} augmentera à l'avenir en raison du climat, principalement dans l'arc alpin, et que des débits résiduels plus élevés découleront des prescriptions légales en vigueur. Les Q_{347} diminueront sur le Plateau suisse. L'estimation du recul de la production au tableau 5 ne tient pas encore compte de ces changements éventuels.

L'EPFL estime qu'une analyse fondée sur l'observation du passé est certes judicieuse pour effectuer des prévisions jusqu'en 2050, mais qu'il ne suffit pas de s'appuyer exclusivement sur les chiffres précédents.

Le canton de Berne constate que l'OFEV, les associations et les services de l'environnement considérablement augmenté leurs exigences concernant le niveau des débits résiduels ces cinq dernières années.

²³ R. Pfammatter, N. Semadeni Wicki (2018)

²⁴ Il s'agit du débit d'un cours d'eau atteint ou dépassé pendant 347 jours par année, dont la moyenne est calculée sur une période de dix ans et qui n'est pas influencé sensiblement par des retenues, des prélèvements ou des apports d'eau (art. 4 LEaux).

Selon Alpiq, de nombreuses études scientifiques ont montré qu'il était possible de définir des débits résiduels variables, optimaux sur le plan environnemental, tout en minimisant les pertes d'énergie (situation gagnant-gagnant). Alpiq souligne que ce type d'approche scientifique devrait être suivi de manière systématique compte tenu des défis à relever²⁵.

7.6 Assainissement de la force hydraulique (migration des poissons, éclusées et charriage)

Entrée en vigueur en 2011, la version révisée de la LEaux exige que la migration des poissons soit rétablie, que les effets négatifs des éclusées soient éliminés et que le charriage soit réactivé. Les cantons étaient tenus de désigner jusqu'à fin 2014, dans le cadre de la planification stratégique, les centrales devant être assainies. Les décisions concernant l'obligation d'assainissement ont commencé à être notifiées aux exploitants après que l'OFEV a approuvé ces planifications stratégiques. Ces décisions imposent en général aux exploitants d'analyser plusieurs variantes, la meilleure pouvant ensuite être planifiée, approuvée et mise en œuvre. Peu de centrales ont donc réalisé les mesures correspondantes jusqu'à la fin 2018, de sorte que l'impact éventuel sur la production ne saurait être déterminé avec une certitude suffisante.

Les baisses de production dues à l'assainissement de la force hydraulique peuvent notamment résulter de crues artificielles et de baisses de niveau des lacs d'accumulation en vue de la réactivation du charriage et des débits de dotation nécessaires aux dispositifs de franchissement pour les poissons (montaison et dévalaison).

Le canton de Berne s'est exprimé sur les pertes potentielles dans le cadre de l'enquête et estime à 30 GWh/a les pertes attendues sur son territoire en relation l'assainissement de la force hydraulique.

Selon l'OFEV et l'OFEN, les pertes de production éventuelles résultant des mesures d'assainissement de la force hydraulique ne peuvent pas encore être estimées sur le plan national en raison du nombre relativement faible de projets concrets. Des entretiens menés avec plusieurs experts et la séance de travail susmentionnée viennent étayer cette position.

7.7 Volumes de stockage, sédimentation

Les rares réponses concernant les volumes de stockage étaient exclusivement d'ordre général. Aucune réponse ne comportait d'informations concrètes sur les taux de sédimentation respectivement les pertes d'énergie liées à la réduction du volume des différents lacs d'accumulation.

Le canton de Fribourg renvoie à l'étude de l'EPFL, selon laquelle la sédimentation des lacs de retenue en Suisse s'élève en moyenne à 0,2 % par an. Il convient d'insister sur le fait que les effets dépendent fortement des caractéristiques du lac artificiel concerné (taille, débit, propriétés des matériaux, etc.) et que les déclarations ne sauraient avoir une valeur générale.

Le canton de Vaud mentionne l'existence de trois lacs d'accumulation sur son territoire et indique que la sédimentation touche fortement le lac du Vernex.

Le canton du Valais ne dispose pas des bases nécessaires pour s'exprimer à ce sujet.

²⁵ Prof. Stuart Lane, Université de Lausanne

Le canton de Schwyz estime que la modification de la production d'énergie découlant de la sédimentation n'est pas significative, en particulier pour la grande hydraulique. Les petits lacs d'accumulation (intermédiaires) ou bassins de rétention sont régulièrement purgés, de sorte que l'influence de la sédimentation sur la production est minime.

Quelques ouvrages font référence à des études sur la sédimentation de lacs d'accumulation concrets. Ils indiquent un taux de sédimentation moyen de 0,2 % par an, les volumes de sédiments annuels variant entre 108 et 2200 m³/km² en fonction des caractéristiques spécifiques du bassin versant.

Selon plusieurs exploitants, des mesures contre la sédimentation sont en général prises uniquement lorsque le fonctionnement des vannes de fond ou de la prise d'eau industrielle sont affectés. Les mesures destinées à conserver le volume d'accumulation ne semblent pas rentables pour le moment. Ce point de vue a été confirmé au cours de la séance de travail susmentionnée.

L'OFEN part du principe que la sédimentation des lacs d'accumulation n'entraîne aucune perte d'énergie. La réduction des volumes de stockage devrait toutefois se traduire par une baisse de la capacité de stockage saisonnière d'environ 7 % à l'horizon 2050.

7.8 Changement climatique et nouveaux lacs glaciaires

Le changement climatique affecte fortement l'exploitation de la force hydraulique, car il modifie le cycle des eaux et entraîne une recrudescence des événements extrêmes.

L'étude de 2012 supposait que le changement climatique n'affecterait pas de manière significative la production annuelle moyenne d'électricité jusqu'en 2050. Cette hypothèse reposait sur une extrapolation des effets du changement climatique sur l'exploitation de la force hydraulique en Suisse entre 2021 et 2050, réalisée par Hänggi et al. (2011). Les résultats de cette étude restent d'actualité, comme l'ont confirmé des représentants du monde scientifique lors de la séance de travail. La prise en compte de la production annuelle *moyenne* d'électricité est cependant trompeuse, car les variations saisonnières peuvent être très importantes et les résultats fluctuer d'un bassin versant à un autre. Si l'on considère de manière distincte la production attendue durant les mois d'hiver et durant les mois d'été, le bilan est plus mitigé. Par rapport à la période allant de 1980 à 2009, la production moyenne entre 2021 et 2050 devrait reculer de 4 à 6 % en été, mais croître de 10 % en hiver²⁶. La hausse de la production d'électricité en hiver constitue une évolution favorable du point de vue de la sécurité d'approvisionnement.

Ces résultats peuvent cependant varier en fonction du taux de glaciation des bassins versants des centrales hydrauliques. Une nouvelle étude relative aux conséquences du recul des glaciers sur la force hydraulique suisse révèle qu'entre 1980 et l'an 2000, 3 % de la production hydroélectrique nationale (ou 4 % entre 1980 et 2010) étaient directement imputables à la perte nette de la masse des glaciers. Cette part devrait fléchir et s'établir à 2,5 % pour la période allant de 2040 à 2060²⁷. Plus l'altitude des glaciers est élevée, plus leur recul sera tardif dans les bassins versants correspondants.

Les lieux de retrait des glaciers représentent toutefois autant de nouveaux sites éventuels pour ériger des installations hydroélectriques. Les nouveaux lacs glaciaires doivent parfois être renforcés pour des raisons de sécurité et un barrage permettrait une accumulation artificielle supplémentaire. Une autre

²⁶ Hänggi et al. (2011)

²⁷ Schaefli et al. (2019)

étude a examiné le potentiel hydroélectrique dans l'environnement périglaciaire de la Suisse à l'aune du changement climatique et évalué des sites possibles à l'aide de 16 critères dans trois catégories: «économie», «environnement» et «société»²⁸. Les sept sites affichant les meilleurs résultats ont un potentiel total de 1076 GWh/a. Des projets sont déjà prévus sur deux sites potentiels (Trift et glacier du Gorner); ils sont pris en compte dans cette évaluation du potentiel à la rubrique «Nouvelles grandes centrales». Les autres sites présentent encore un potentiel global de quelque 700 GWh/a. D'après les discussions concernant l'analyse actuelle du potentiel qui ont été menées lors de la séance de travail, tous les participants reconnaissent le fort potentiel des nouveaux lacs glaciaires ou des installations hydroélectriques sur les lieux de retrait des glaciers. Ces sites se trouvent parfois dans des zones protégées, de sorte qu'une planification proactive de la protection et de l'utilisation serait judicieuse.

7.9 Stockage à fins multiples

Le stockage à fins multiples n'avait pas encore été pris en compte dans l'étude de 2012. Cette notion englobe des installations de stockage qui ne servent pas uniquement à la production d'énergie, mais ont d'autres fonctions destinées à l'agriculture, à l'approvisionnement en eau potable et en eau industrielle (enneigement artificiel, extinction d'incendie) ou à la protection contre les crues. Certains lacs d'accumulation sont déjà gérés de cette manière (en particulier pour la protection contre les crues) et quelques concessions sont liées à d'autres prestations, telles que la dérivation de l'eau pour l'irrigation. Le changement climatique accroîtra encore la pression relative aux autres utilisations possibles des ressources en eau, raison pour laquelle ce sujet fait partie de la présente enquête. D'après les quelques réponses reçues en la matière, une utilisation polyvalente ne devrait avoir qu'un impact minime sur la production hydroélectrique. Situés pour la plupart dans les Alpes, les lacs d'accumulation sont souvent trop éloignés pour permettre une irrigation des surfaces agricoles et ils sont sensiblement plus petits que les lacs naturels (p. ex. lac du Grimsel par rapport au lac de Brienz ou à celui de Thoune). Le stockage à fins multiples offre également des opportunités aux projets de nouvelles installations, car l'exploitation des synergies avec les autres usages possibles peut augmenter l'acceptation et donc la probabilité de réalisation.

²⁸ Ehrbar et al. (2018)

7.10 Vue d'ensemble des potentiels

Il ressort des chapitres précédents que la Suisse dispose d'un potentiel de développement total de sa production d'électricité d'origine hydraulique se situant entre -60 et 1560 GWh/a d'ici à 2050. Si l'on se base sur la production nette moyenne de 35 990 GWh/a au 1^{er} janvier 2019, la production attendue en 2050 oscille entre 35 930 et 37 550 GWh/a. Le tableau 6 donne une vue d'ensemble des potentiels.

	Conditions d'utilisation actuelles (2019)	Conditions d'utilisation optimisées (2019)
Nouvelles grandes centrales	760	1380
Rénovations et agrandissements des grandes centrales	970	1530
Petite hydraulique (constructions, rénovations et agrandissements)	460	770
Disparition de petites centrales	-350	-220
Débits résiduels	-1900	-1900
Potentiel total	-60	1560

Tableau 7: Potentiel total de la force hydraulique d'ici à 2050, calculé au 1^{er} janvier 2019, en GWh/a

Dans l'étude de 2012, le potentiel hydroélectrique total à l'horizon 2050 était compris entre 1530 et 3160 GWh/a. Si l'on considère la production moyenne alors escomptée (35 350 GWh/a), la production attendue allait de 36 880 à 38 510 GWh/a.

8 Conclusion

Il ressort du tableau 1 ci-après que le potentiel attendu d'ici à 2050 en cas de conditions d'utilisation optimisées a reculé d'environ 1600 GWh/a par rapport à l'étude de 2012. Compte tenu de la production supplémentaire²⁹ de 640 GWh/a enregistrée entre 2012 et 2019, la différence effective est de 360 GWh/a. Le potentiel lié à des projets qui n'ont pas été dévoilés pour des raisons de confidentialité n'a toutefois pas pu être pris en compte dans l'évaluation. On peut ainsi supposer que le potentiel effectif de production pourrait être annuellement supérieur de plusieurs centaines de gigawattheures aux chiffres mentionnés dans le présent rapport.

La diminution tient en premier lieu à une réduction du potentiel inhérent à la **petite hydraulique** ainsi qu'à une réévaluation des pertes de production dues aux dispositions sur les débits résiduels:

- L'étude de 2012 estimait le potentiel de développement de la petite hydraulique à 1600 GWh/a d'ici à 2050. L'OFEN pense désormais qu'il équivaut à 770 GWh/a dans des conditions d'utilisation optimisées en raison de la durée limitée du système de rétribution de l'injection. Par conséquent, de nombreux projets de petites installations hydroélectriques qui figurent aujourd'hui sur liste d'attente à cause de la quantité limitée des aides disponibles chaque année (plafonnement

²⁹ La production supplémentaire découle de travaux de rénovation et d'agrandissement dans les installations existantes ainsi que de la construction de nouvelles installations entre le 1^{er} janvier 2012 et le 1 janvier 2019.

à 2,3 centimes/kWh) ne verront probablement pas le jour. De plus, les nouvelles petites installations hydroélectriques d'une puissance inférieure à 1 MW ne bénéficient plus de soutien depuis le 1^{er} janvier 2018.

- Les pertes de production extrapolées sur la base des dispositions relatives aux débits résiduels ont augmenté de 500 GWh/a, passant ainsi de 1400 GWh/a en 2012 à 1900 GWh/a en 2019. Comme la base de données utilisée pour l'analyse actuelle ne comprend, avec 107 concessions, qu'une petite partie des concessions expirant d'ici à 2050, une prochaine analyse permettra d'avancer des affirmations plus solides concernant la baisse de production.
- En outre, l'OFEN estime qu'à l'issue de la durée de versement de la rétribution de l'injection ainsi que des contributions d'investissement pour la petite hydraulique, 220 GWh/a supplémentaires disparaîtront d'ici à 2050, car l'exploitation de ces ouvrages n'est pas rentable sans subvention. Ceux-ci ne disposent notamment pas des ressources nécessaires pour financer de grands travaux de rénovation.

Concernant la **grande hydraulique**, la situation est la suivante:

- Le potentiel de développement des nouvelles grandes centrales hydrauliques a été estimé à l'aide d'une liste de 27 projets concrets qui étaient déjà connus en 2012. Pour le calculer dans des conditions d'utilisation optimisées, la probabilité de réalisation de chaque projet de la liste a été augmentée de 25 points de pourcentage en tenant compte du feed-back des acteurs concernés (cantons, associations écologistes, gestion des eaux). Au total, le potentiel identifié jusqu'en 2050 dans des conditions d'utilisation optimisées équivaut à peu près à celui de l'étude de 2012 (2012: 1430 GWh/a; 2019: 1380 GWh/a).
- Le potentiel lié aux agrandissements et aux rénovations des grandes centrales hydrauliques existantes n'a pas changé depuis 2012 (1530 GWh/a).

	Conditions d'utilisation optimisées (2012)	Conditions d'utilisation optimisées (2019)
Nouvelles grandes centrales)	1430	1380
Petite hydraulique (constructions, rénovations et agrandissements)	1530	1530
Petite hydraulique (constructions, rénovations et agrandissements)	1600	770
Disparition de petites centrales	0	-220
Débits résiduels	-1400	-1900
Potentiel total	3160	1560
Augmentation de la production hydroélectrique entre le 1.1.2012 et le 1.1.2019	640	
Nouveaux lacs glaciaires ³⁰		700

Tableau 8: Comparaison du potentiel total jusqu'en 2050 dans les études de 2012 et de 2019 (en GWh/a). En tenant compte de l'augmentation de production depuis le 1^{er} janvier 2012, il en résulte une diminution de 960 GWh/a. De plus, il convient de noter que le potentiel des nouveaux lacs glaciaires (cf. le chap. 7.8 Changement climatique et nouveaux lacs glaciaires) d'environ 700 GWh/a n'a pas été pris en compte dans les «conditions d'utilisation optimisées (2019)». Le potentiel issu des projets n'ayant pas été dévoilés pour des raisons de confidentialité n'a pas non plus été pris en compte. On peut donc supposer que le potentiel de production 2019 présenté ci-dessus pourrait être annuellement supérieur de plusieurs centaines de gigawattheures.

Eu égard aux explications précédentes et sous réserve du potentiel qui n'aurait pas été identifié par la branche, on peut en tirer la conclusion suivante:

1. *Des mesures supplémentaires sont impérativement requises.*

Pour atteindre la valeur indicative de développement il faut, d'une part, que la branche de l'électricité assume ses responsabilités en matière de sécurité de l'approvisionnement et qu'elle apporte sa contribution à la transformation du système énergétique suisse en investissant dans de nouveaux projets et en modernisant les installations existantes. Le développement durable de la force hydraulique requiert d'autre part que des mesures supplémentaires soient prises pour résoudre les conflits d'intérêts entre l'utilisation de la force hydraulique et la protection des eaux.

2. *La valeur indicative fixée à l'art. 2 LEnE à atteindre d'ici à 2035 est réaliste en l'état actuel des choses.*

Cela nécessite cependant que le potentiel identifié à l'horizon 2050 soit presque entièrement réalisé en 2035 déjà. D'après le rapport de monitoring de l'OFEN concernant la Stratégie énergétique 2050, le développement net par rapport à l'année précédente s'établissait en 2017 à

³⁰ Si l'on tient également compte des lacs glaciaires les plus appropriés pour le moment ou des installations hydroélectriques situées sur des lieux de retrait des glaciers, le potentiel augmente encore de quelque 700 GWh/a. Ces sites se trouvent cependant parfois dans des zones protégées, de sorte qu'une planification proactive de la protection et de l'utilisation serait judicieuse.

55 GWh, soit une moyenne de 87 GWh par an depuis 2011. Pour atteindre la valeur indicative en 2035, un développement net moyen de 85 GWh par an est nécessaire ces prochaines années.

3. *Le développement de la force hydraulique préconisé à l'horizon 2050 dans le message relatif à la Stratégie énergétique 2050 comporte, selon la présente analyse, quelques incertitudes.*

Ne sont pas pris en compte dans l'analyse, le potentiel des nouveaux lacs glaciaires (env. 700 GWh/a), d'une part, ainsi que celui des projets qui n'ont pas été dévoilés pour des raisons de confidentialité, d'autre part. Le potentiel de production annuelle identifié à l'horizon 2050 pourrait ainsi être supérieur de plusieurs centaines de gigawattheures. Le développement de ce potentiel dépend beaucoup de l'évolution des conditions-cadres économiques pour la force hydraulique indigène. La hausse du prix de l'électricité et du CO₂ sur les places boursières internationales et dans le système d'échange de quotas d'émission augmentent la rentabilité des installations hydroélectriques et permettent de procéder aux investissements nécessaires à l'augmentation et au développement des capacités de production.

La hausse des prix du marché enregistrée pour la force hydraulique depuis 2016 ainsi que les contributions d'investissement à hauteur de 700 millions de francs suisses disponibles jusqu'en 2030 pour le développement de la force hydraulique suisse ont également eu un effet positif dans ce domaine.

4. *Par rapport à l'étude de 2012, la réduction du potentiel concerne la petite hydraulique.*

Cette diminution résulte du nouveau système d'aide mis en place depuis l'entrée en vigueur de la version révisée de la LEn en 2018. En l'espèce, il incombe aux cantons, aux communes et à la branche de proposer des solutions et de réaliser les investissements requis pour pouvoir réaliser le potentiel de la petite hydraulique.

5. *Les pertes de production attendues en raison des exigences en matière de débits résiduels ont augmenté par rapport à l'étude de 2012.*

L'évaluation du jeu de données, plus important qu'en 2012, montre que les pertes de production extrapolées ont augmenté de 500 GWh/a. Les pertes de production potentielles résultant de l'assainissement de la force hydraulique (éclusées, migration des poissons, régime de charriage) ne sont en outre pas prises en compte dans l'évaluation.

9 Bibliographie

- OFEV (2019, en cours d'élaboration): Effektive Auswirkungen 1992 – 2017 der Restwasservorschriften auf die Produktion.
- OFEN (2007). Elektrizität aus Wasserkraft. Dans: Die Energieperspektiven 2035 – tome 4, Exkurse, p. 101-115.
- OFEN (2012). Le potentiel hydroélectrique de la Suisse, Potentiel de développement de la force hydraulique au titre de la Stratégie énergétique 2050.
- Ehrbar, D., Schmockler, L., Vetsch, D., & Boes, R. (2018). Hydropower potential in the periglacial environment of Switzerland under climate change. *Sustainability*, 10(8), 2794.
- Hänggi, P., Weingartner, R. (2011). Auswirkungen der Klimaänderung auf die Wasserkraftnutzung in der Schweiz 2021-2050-Hochrechnung. *Eau énergie air*, 103(4), p. 300-307.
- Kummer, M. (2002). Energieminderproduktion bei Wasserkraftwerken aufgrund der Restwasserbestimmungen im Gewässerschutzgesetz/GSchG.
- Molinari, P., Bernegger, W. (2011). Alternative Wege zur Erhöhung der Produktion aus Wasserkraft: Überlegungen zu Potenzial und Kosten einer Vergrößerung von Druckstollen am Beispiel von Ova Spin – Pradella. Dans: Bulletin SEV/VSE, 12/2011, p. 8-11.
- Pfammatter, R., Semadeni Wicki, N. (2018) Energieeinbussen aus Restwasserbestimmungen – Stand und Ausblick. ASAE, *Eau énergie air* – 110(4), p. 233-246.
- Schaeffli, B., Manso, P., Fischer, M., Huss, M. & Farinotti, D. (2019). The role of glacier retreat for Swiss hydropower production. *Renewable energy*, 132, 615-627.
- Schleiss, A. (2012). Talsperreenerhöhungen in der Schweiz: energiewirtschaftliche Bedeutung und Randbedingungen.
- CEATE-E (2008). Initiative parlementaire. Protection et utilisation des eaux. Avant-projet et rapport explicatif du 18 avril 2008 de la Commission de l'environnement, de l'aménagement du territoire et de l'énergie du Conseil des États (07.492).

Annexe:

Liste des projets de grandes centrales

	Désignation du projet	Canton	GWh/a	Conditions d'utilisation actuelles (2018)		Conditions d'utilisation optimisées (2018)	
				Prob.	Production estimée	Prob.	Production estimée
1	Wynau 2 ^e étape	AG/BE/SO	44	31 %	14	56 %	25
2	KW Koblenz*	AG/D	155	0 %	0	25 %	39
3	Jaberg-Kiesen / Aare Thun-Bern	BE	58	0 %	0	25 %	15
4	Trift	BE	145	50 %	73	75 %	109
5	Schiffenen–Murten	FR	158	25 %	40	50 %	79
6	Barrage de Conflan*	GE	60	13 %	8	38 %	23
7	(Sils)-Rothenbrunnen-Reichenau	GR	150	13 %	19	38 %	56
8	Ilanz-Reichenau	GR	150	13 %	19	38 %	56
9	Küblis-Landquart (Chlus)	GR	214	88 %	187	100 %	214
10	Litzirüti-Pradapunt	GR	63	38 %	24	63 %	39
11	Martina-Prutz*	GR	58	100 %	58	100 %	58
12	Naz-Bergün	GR	64	13 %	8	38 %	24
13	Roveredo	GR	101	13 %	13	38 %	38
14	Überleitung Lugnez	GR	80	38 %	30	63 %	50
15	Val Curciosa	GR	34	13 %	4	38 %	13
16	Ems-Mastrils	GR/SG	150	13 %	19	38 %	56
17	Rhein-KW Oberriet-Widnau*	SG (A)	115	0 %	0	25 %	29
18	KW am Alpenrhein*	SG/FL	81	13 %	10	38 %	30
19	Rheinfallkraftwerk Neuhausen*	SH/ZH	60	38 %	23	63 %	38
20	Val d'Ambra	TI	135	63 %	84	88 %	118
21	Massongex-Bex-Rhône	VD/VS	75	63 %	47	88 %	66
22	Adduction de Zinal	VS	90	0 %	0	25 %	23
23	Palier d'Illarsaz	VS	90	0 %	0	25 %	23
24	Oberaletsch / Gebidem	VS	103	38 %	39	63 %	64
25	Lavey+	VS	75	38 %	28	63 %	47
26	EES+	VS	35	13 %	4	38 %	13
27	GD – Gornera supérieure	VS	100	13 %	13	38 %	38
	Total des projets		2643		761		1380

Prob. = probabilité de réalisation

* Centrales frontières: seule figure ici la part de production revenant à la Suisse.