



Berne, le 13 juin 2025

Potentiel de rénovation et d'agrandissement des grandes centrales hydroélectriques

Rapport du Conseil fédéral

en réponse au postulat 23.3006 de la Commission de l'environnement, de l'aménagement du territoire et de l'énergie du Conseil national (CEATE-N) du 24 janvier 2023



Table des matières

Résumé	3
Sintesi	4
1 Contenu du postulat 23.3006	5
2 Introduction	5
2.1 Centrales hydroélectriques en Suisse.....	5
2.2 Importance des rénovations et des agrandissements	6
2.3 Procédure choisie en réponse au postulat.....	7
2.4 Études précédentes	10
2.5 Objets apparentés	11
3 Potentiel de rénovation et d'agrandissement	11
3.1 Potentiel de la production annuelle	11
3.2 Potentiel de la production hivernale et du stockage saisonnier	11
3.3 Potentiel d'après le type de mesure	13
3.4 Rentabilité des mesures	14
3.5 Répartition des potentiels par cantons	16
3.6 Raisons d'une non-réalisation	17
4 Conclusions	18
5 Annexe	20
Tour d'horizon des mesures de rénovation et d'agrandissement possibles.....	20

Résumé

Une enquête de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) et de l'Association suisse pour l'aménagement des eaux (ASAE) a montré qu'un grand potentiel théorique de rénovation et d'agrandissement des centrales hydroélectriques existantes subsiste encore. Les nouvelles installations n'ont pas été prises en considération dans la présente étude, raison pour laquelle le potentiel de stockage hivernal est moins important que, p. ex., lors de la table ronde consacrée à l'énergie hydraulique.

Selon l'enquête, ce potentiel est en tout de 1'351 GWh par an pour la production annuelle. Sur ce nombre, 1254 GWh par an sont des agrandissements. Toutefois, 361 GWh par an concernent des projets d'agrandissement qui ont déjà été analysés dans le cadre de la table ronde sur l'énergie hydraulique. Le potentiel des rénovations n'est en revanche que de 97 GWh par an. Il existe par ailleurs un potentiel de 1'816 GWh par an de stockage hivernal supplémentaire, qui pourrait surtout être réalisé par les relèvements de barrages. Sur ce potentiel, 1'626 GWh étaient déjà connus de la table ronde sur l'énergie hydraulique. Les relèvements de barrages, le captage de nouveaux affluents ainsi que l'accroissement du débit équipé et de la puissance présentent un potentiel de 942 GWh par an. Cependant, ces mesures sont aussi celles qui ont le plus grand impact sur l'environnement. Quant aux mesures visant à augmenter l'efficacité, leur potentiel total est de 409 GWh par an.

Selon les réponses des exploitants recueillies lors de l'enquête, sans encouragement, seule une très petite partie des mesures, présentant un potentiel de 24 GWh par an, serait rentable. Il s'agit pour la majeure partie de mesures d'entretien ou de l'utilisation d'eau de dotation. Un peu moins de la moitié de la production annuelle de l'ordre de 792 GWh par an peut être réalisée avec les instruments de soutien existants. Les projets avec une production annuelle de 431 GWh par an ne pourraient être réalisés que si les mesures d'encouragement étaient développées ou si les conditions du marché s'amélioraient. On ne dispose pas d'informations sur la rentabilité des autres projets.

Les obstacles à la réalisation du potentiel existant relevés par les exploitants sont les incertitudes liées à l'échéance des concessions, les débits résiduels, les recours et les oppositions, l'adaptation du seuil de notabilité pour l'encouragement, les conventions sur la valeur résiduelle ainsi que d'autres thèmes liés à la législation environnementale comme les mesures de compensation et les zones protégées présentant un intérêt national, de même que l'absence de rentabilité.

Le rapport parvient à la conclusion que les centrales hydroélectriques existantes présentent encore un potentiel de développement considérable. Ce potentiel réside en premier lieu dans les agrandissements, qui sont toutefois liés à des incertitudes en matière de droit des concessions et à des interventions supplémentaires dans la nature. Le potentiel des rénovations et de

l'amélioration de l'efficacité est en revanche très limitée. Différentes mesures ont déjà été prises pour encourager leur réalisation. Une obligation d'efficacité serait une mesure supplémentaire envisageable. Le dimensionnement des installations les plus anciennes n'est en particulier pas toujours optimal. Une obligation d'optimiser l'installation lors du renouvellement de la concession permettrait de surmonter ce problème.

Sintesi

Da un sondaggio svolto dall'Ufficio federale dell'energia (UFE) e dall'Associazione svizzera di economia delle acque (ASEA) è emerso che le centrali idroelettriche esistenti presentano ancora un grande potenziale teorico di rinnovamento e di ampliamento. Il presente studio non prende in considerazione i nuovi impianti, motivo per cui, ad esempio, il potenziale di accumulo invernale risulta inferiore rispetto a quello indicato in occasione della Tavola rotonda sull'energia idroelettrica.

Stando al sondaggio, in termini di produzione annua, questo potenziale ammonta complessivamente a 1351 GWh all'anno, di cui 1254 GWh sono relativi all'ampliamento. 361 GWh all'anno riguardano però progetti già esaminati nell'ambito della Tavola rotonda sull'energia idroelettrica. I rinnovamenti hanno invece un potenziale annuo di soli 97 GWh. Esiste inoltre un potenziale di accumulo invernale supplementare pari a 1816 GWh all'anno, che potrebbe essere realizzato soprattutto con l'innalzamento delle dighe. Di questi, 1626 GWh erano già risultati dalla Tavola rotonda sull'energia idroelettrica. L'innalzamento delle dighe, la captazione di nuovi afflussi nonché l'aumento della portata massima dell'acqua e della potenza hanno un potenziale annuo di 942 GWh. Queste misure hanno però anche un impatto maggiore sull'ambiente. Inoltre il potenziale complessivo annuo delle misure volte ad aumentare l'efficienza ammonta a 409 GWh.

Soltanto un'esigua parte delle misure con un potenziale di 24 GWh all'anno è, senza promozione, economicamente vantaggiosa per i gestori. Si tratta prevalentemente di misure di manutenzione o di utilizzo di acqua di dotazione. Poco meno della metà della produzione annua, pari a 792 GWh all'anno, può essere realizzata con gli strumenti di promozione esistenti. I progetti con una produzione annua di 431 GWh possono essere realizzati soltanto se viene potenziata la promozione o se migliorano le condizioni di mercato. Per gli altri progetti non sono disponibili dati sulla redditività.

I gestori hanno indicato come ostacoli alla realizzazione del potenziale esistente le incertezze legate alla scadenza delle concessioni, gli aspetti di diritto ambientale quali i deflussi residuali, le misure di compensazione e le zone protette di interesse nazionale, i ricorsi e le opposizioni, nonché la mancanza di redditività.

Il rapporto giunge alla conclusione che le centrali idroelettriche esistenti presentano ancora un notevole potenziale di sviluppo, soprattutto in termini di ampliamento che, tuttavia, comporta

un ulteriore impatto sull'ambiente. Il potenziale di rinnovamento e di aumento dell'efficienza è invece molto limitato. Per promuoverne la realizzazione sono già state adottate diverse misure. Come misura supplementare si potrebbe prevedere un obbligo di efficienza. Specialmente gli impianti più datati non sempre hanno il dimensionamento ottimale, circostanza a cui si potrebbe ovviare introducendo l'obbligo di ottimizzazione dell'impianto in sede di rinnovo delle concessioni.

1 Contenu du postulat 23.3006

Le postulat « Potentiel de rénovation et d'agrandissement des grandes centrales hydroélectriques » a été déposé le 24 janvier 2023 par la Commission de l'environnement, de l'aménagement du territoire et de l'énergie du Conseil national (CEATE-N). Le 15 février 2023, le Conseil fédéral a proposé de l'accepter. Le Conseil national a adopté le postulat le 15 mars 2023.

Texte déposé

Le Conseil fédéral est chargé de concrétiser, dans un rapport, le potentiel de rénovation et d'agrandissement des grandes centrales hydroélectriques. Le potentiel des équipements neufs, de la rehausse du niveau de retenue et du dragage, de l'agrandissement des galeries ou de la construction de galeries parallèles, du relèvement des barrages et du captage de nouveaux affluents doit être analysé pour l'ensemble du pays. Le Conseil fédéral associe à l'élaboration de son rapport les services spécialisés des cantons et les exploitants des centrales existantes.

2 Introduction

2.1 Centrales hydroélectriques en Suisse

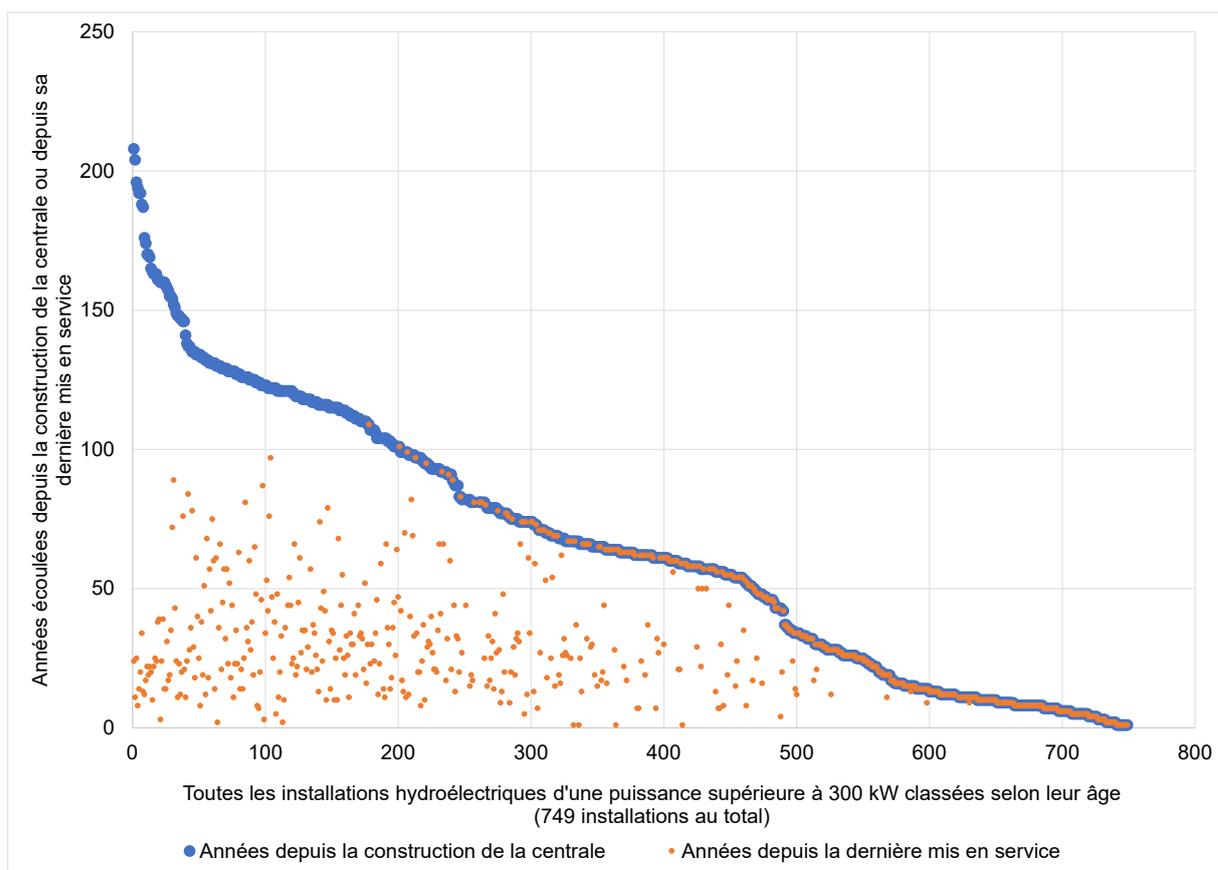
En 2024, selon la statistique des aménagements hydroélectriques (SAHEA¹), il y avait en Suisse en tout 704 centrales hydroélectriques en exploitation, avec une puissance maximale possible totale de 16'533 MW et une production moyenne attendue totale de 37'350 GWh par an.

À la figure 1, toutes les centrales de la SAHE sont énumérées par ordre chronologique de leur mise en service (points bleus). Les points orange marquent la dernière mise en service des centrales, p. ex. après transformation. Le chevauchement des deux points d'une même installation indique que celle-ci n'a pas connu de grande transformation depuis sa construction. De nombreuses installations construites depuis plusieurs décennies n'ont probablement encore jamais été entièrement rénovées. Il existe p. ex. des centrales d'une puissance de 4'551 MW, qui ont été construites il y a plus de 40 ans, et dont l'année de la première mise en service

¹ Office fédéral de l'énergie (2023) : statistique des aménagements hydroélectriques de la Suisse, état au 1.1.2024.

coïncide avec l'année de la dernière mise en service. La production de ces centrales est de 10'900 GWh par an, ce qui représente 25 % des centrales hydroélectriques de la Suisse. En conséquence, il devrait exister un certain potentiel de rénovation et d'agrandissement. La force hydraulique est toutefois une technologie parvenue à maturité et les progrès en matière d'efficacité d'utilisation sont relativement faibles. La figure 1 ne donne pas d'informations sur la taille des installations concernées. La tendance est toutefois que les installations qui n'ont pas encore été rénovées sont plutôt de petites centrales.

Figure 1: Installations hydroélectriques en Suisse : période depuis la construction et depuis la dernière mise en service



2.2 Importance des rénovations et des agrandissements

L'augmentation de la production hydroélectrique grâce aux rénovations et à l'amélioration de l'efficacité des installations existantes est largement acceptée, car elle est comparativement moins problématique d'un point de vue écologique ou même potentiellement liée à des mesures de valorisation. Dans de nombreux cas, les agrandissements comme le relèvement des murs des barrages ou le captage de nouveaux affluents sont mieux acceptés que la construction de nouvelles installations, mais impliquent généralement des interventions supplémentaires dans l'environnement. Pour cette raison, une revendication fréquente est de procéder à des rénovations et à des agrandissements avant de construire de nouvelles installations. Dans la discussion relative à la construction de nouvelles centrales et celle relative à l'atteignabilité

des objectifs de développement, connaître le potentiel des rénovations et des agrandissements revêt donc une importance capitale.

2.3 Procédure choisie en réponse au postulat

La planification des installations hydroélectriques prend en compte l'emplacement spécifique avec ses caractéristiques hydrologiques ainsi que les conditions-cadres en vigueur au moment de la construction (p. ex. perspectives économiques). Les installations existantes ont été construites sur plusieurs décennies et ont été entretenues et modernisées de manière très différente par les entreprises qui les exploitent. Pour ces raisons, elles présentent des niveaux de développement et des états d'entretien différents. Il est donc très difficile d'estimer avec précision le potentiel général des mesures de rénovation et d'agrandissement des centrales hydroélectriques existantes.

En raison de la diversité des possibilités de rénovation et d'agrandissement, une enquête a été réalisée auprès des différentes installations afin de relever le potentiel existant. Cette enquête a été effectuée par l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) avec le concours de l'Association suisse pour l'aménagement des eaux (ASAE). Conformément au mandat formulé dans le postulat, l'enquête n'a porté que sur le potentiel de la grande hydraulique (puissance installée supérieure à 10 MW). Néanmoins, le potentiel de la petite hydraulique a en partie aussi été déclaré. Ce potentiel figure aussi dans les chapitres ci-après, mais n'est toutefois pas complet. Les résultats de l'enquête ont également été examinés avec les services cantonaux compétents en matière d'utilisation de l'eau. Les raisons pour lesquelles le potentiel n'a pas encore été réalisé à ce jour ou les conditions qui doivent être réalisées pour que cela soit le cas à l'avenir ont par ailleurs aussi été examinées. Les résultats obtenus ont été analysés et résumés, de manière à pouvoir présenter le potentiel total et le potentiel partiel des différentes catégories de mesures.

La grande hydraulique couvre, en Suisse, environ 90 % de toute la production hydroélectrique. L'enquête a permis de collecter des informations sur les différentes installations, sur les rénovations et les agrandissements déjà réalisés ainsi que sur les mesures de rénovation et d'agrandissement possibles. Outre le potentiel énergétique des mesures, elle a aussi servi à identifier les coûts d'investissement ainsi qu'à estimer la rentabilité de l'installation. Par ailleurs, après l'estimation de la probabilité de la réalisation, l'enquête a aussi porté sur les conditions qui devraient être réunies pour qu'une mesure soit réalisée.

En 2024, il y avait en Suisse environ 190 centrales hydroélectriques avec une puissance maximale au générateur supérieure à 10 MW. Ensemble, elles avaient une puissance maximale au générateur d'environ 15'700 MW. Dans le cadre de l'enquête, l'OFEN a reçu des réponses relatives à 82 centrales hydroélectriques avec une puissance au générateur d'environ 6'924 MW. Sur ce nombre, des mesures possibles ont été identifiées pour 61 centrales hydroé-

lectriques avec une puissance de 5'644 MW. Il existe ainsi un potentiel en matière de rénovation et d'agrandissement pour environ un tiers des centrales hydroélectriques. Pour 21 centrales hydroélectriques avec une puissance installée de 1'280 MW, aucune mesure n'a été jugée possible. Pour les 108 centrales hydroélectriques restantes, avec une puissance installée de 10'173 MW, des rénovations ou des agrandissements ne sont pas possibles ou n'ont pas été annoncés comme étant possibles. Au vu de cette situation initiale, on peut partir du principe que les potentiels indiqués sont plutôt conservateurs.

2.3.1 Consultation des cantons et autres projets

Les services cantonaux spécialisés ont aussi été interrogés sur le potentiel disponible dans leur canton. Les résultats de l'enquête – pour autant qu'ils n'aient pas été jugés confidentiels par les exploitants – ont été envoyés aux cantons concernés en les priant d'en vérifier la plausibilité et d'indiquer les potentiels connus supplémentaires. Les estimations des services spécialisés cantonaux ont également été prises en compte dans l'estimation du potentiel total.

Pour obtenir une vue d'ensemble du potentiel des rénovations et des agrandissements, les projets d'agrandissement analysés dans le cadre de la table ronde consacrée à l'énergie hydraulique ont été intégrés à l'évaluation. Les potentiels que l'OFEN connaît de sources publiques, mais qui n'ont été annoncés ni par les exploitants ni par les cantons, ont aussi été pris en compte. Il s'agit toutefois d'une part proportionnellement faible du potentiel total identifié.

2.3.2 Mesures de rénovation et d'agrandissement

Conformément au postulat, l'enquête doit analyser le potentiel des équipements neufs, de la rehausse du niveau de retenue et du dragage, de l'agrandissement des galeries ou de la construction de galeries parallèles, du relèvement des barrages et du captage de nouveaux affluents. Il existe en outre d'autres mesures possibles comme l'augmentation du degré de développement, la restauration du volume de retenue, la réalisation de centrales de dotation, les augmentations de puissance ou l'amélioration du rendement à charge partielle, qui ont aussi été prises en compte dans le cadre de l'enquête².

La question de la distinction entre rénovations et agrandissements se pose également. Dans le présent rapport, les définitions suivantes sont utilisées :

- **Rénovation** : remplacement des éléments obsolètes des installations hydrauliques, mécaniques ou électriques par des composants ne modifiant pas de manière significative la hauteur de chute brute, le débit capté, le débit équipé ou la capacité de stockage. Les rénovations entraînent une augmentation de la production en premier lieu grâce aux gains d'efficacité.
- **Agrandissement** : augmentation de la puissance, de la production moyenne attendue ou de la capacité de stockage grâce à l'extension des composants hydrauliques et

² Les différentes catégories de mesures sont décrites en annexe.

électromécaniques de la centrale hydroélectrique, avec une augmentation significative de la hauteur de chute brute, du débit équipé, de la capacité de stockage ou de l'apport d'eau supplémentaire. Le remplacement complet d'une installation existante est aussi considéré comme un agrandissement, car cette mesure implique généralement un développement de l'installation.

Le présent rapport ne porte pas sur le potentiel résiduel des nouvelles installations. Les projets classés comme étant de nouvelles installations sont ceux pour lesquels tous les éléments importants de l'installation (captage, éventuellement stockage, apports d'eau, centrale) sont nouvellement construits et qui exploitent un potentiel hydraulique entièrement nouveau.

D'après les dispositions en matière d'encouragement en vigueur, seuls les rénovations et agrandissements **notables** peuvent être soutenus. Pour cette raison, les mesures doivent atteindre une certaine valeur seuil par rapport à la taille de l'installation existante. L'enquête portait aussi sur les mesures qui n'atteignent pas ce seuil et qui ne peuvent donc pas être encouragées. Dans l'évaluation des résultats de l'enquête, ces mesures sont représentées comme des « mesures en dessous du seuil ».

2.3.3 Définition du potentiel

Les exploitants ont été priés de déclarer toutes les mesures possibles et pas seulement celles qui pourraient être autorisées et qui seraient rentables. Le potentiel avéré correspond ainsi au potentiel technique. Les exploitants devaient également indiquer les conditions dans lesquelles les mesures sont rentables (notamment sans ou avec mesures d'encouragement). Ces indications n'ont toutefois pas été fournies pour toutes les mesures. L'évaluation du potentiel économique est donc limitée. Les exploitants devaient par ailleurs indiquer les raisons s'opposant à la réalisation des mesures. Leurs réponses ont aussi été représentées dans l'évaluation. Il n'est toutefois pas possible d'indiquer un potentiel susceptible d'être autorisé étant donné que les effets des motifs pour lesquels un projet ne peut pas être autorisé sont difficilement quantifiables.

2.3.4 Livraison des données et présentation des résultats

Il n'existe pas de base légale spécifique obligeant les exploitants de mettre à disposition des informations sur le potentiel de rénovation et d'agrandissement de leurs installations. Les discussions menées avec des représentantes et des représentants de la branche en amont de l'enquête ont montré qu'il existait des réserves, du côté des exploitants, quant à l'analyse du potentiel de rénovation. Aux termes de l'art. 67, al. 3, de la loi sur les forces hydrauliques (LFH, RS 721.80), le concessionnaire est tenu de maintenir en état d'être exploitées, les installations soumises au droit de retour. Différentes lois cantonales évoquent un « bon état d'être exploitées ». Les dépenses nécessaires pour assurer cet état jusqu'à l'échéance de la concession sont à la charge de l'exploitant. Différentes procédures de renouvellement des concessions ont montré que les concédants et les exploitants ne définissaient pas de la même manière l'état

d'être exploité ni la nature des mesures à prendre par l'exploitant pour atteindre cet état. Les acteurs de la branche craignent que compte tenu de l'expiration des concessions, les concédants exigent sans compensation des mesures de renouvellement s'ils ont connaissance de leur existence. Pour obtenir néanmoins suffisamment de réponses dans le cadre de l'enquête, les indications relatives aux différentes installations sont traitées de manière confidentielle, de sorte que seules des indications agrégées relatives aux potentiels sont présentées dans ce rapport.

2.4 Études précédentes

En 1997 et en 2000, l'ancien Office fédéral de l'économie des eaux (OFEE) et l'ancien Office fédéral des eaux et de la géologie (OFEG) ont publié chacun une étude sur le potentiel de rénovation et d'agrandissement des centrales hydroélectriques pour les cantons des Grisons³ et du Valais⁴. Les potentiels au niveau des différentes centrales y ont été évalués au moyen d'enquêtes et de visites d'installations. Dans le canton du Valais, un potentiel de rénovation et d'agrandissement de 417 GWh par an a été évalué et, dans celui des Grisons, un potentiel de 290 GWh par an. Il n'existe pas d'études comparables pour l'ensemble de la Suisse. On ignore également quelle part du potentiel identifié alors dans les deux cantons a été réalisée depuis.

Le potentiel total des rénovations et des agrandissements en Suisse a, pour la dernière fois, été estimé dans le cadre d'une étude réalisée par l'OFEN en 2012⁵. L'estimation reposait en premier lieu sur les indications de la branche, l'évaluation ayant été effectuée à l'aide de pourcentages généraux, puis d'une extrapolation. Le potentiel des rénovations et des agrandissements a alors été estimé entre 870 et 1'530 GWh par an de production annuelle supplémentaire. Dans le cadre de l'actualisation de l'étude en 2019⁶, cette estimation a été reprise telle quelle en raison de l'absence de nouvelles informations. Le potentiel de l'étude de 2012 correspond bien au potentiel avéré de 1'351 GWh par an de la présente étude. Les deux études ne reposent toutefois pas sur la même méthode ; on ignore par ailleurs aussi quelle partie du potentiel identifié en 2012 a déjà été réalisée depuis. En outre, il faut s'attendre à ce que les exploitants n'envisagent concrètement des rénovations et des extensions possibles qu'à l'approche du renouvellement des concessions, ce qui pourrait encore accroître le potentiel à l'avenir.

³ Office fédéral de l'économie des eaux OFE (1997) : Erneuerungs- und Erweiterungspotential der Wasserkraftwerke in Graubünden.

⁴ Office fédéral des eaux et de la géologie OFEG (2000) : Erneuerungs- und Erweiterungspotential der Wasserkraftwerke im Kanton Wallis

⁵ Office fédéral de l'énergie OFEN (2012) : Estimation du potentiel de développement de l'utilisation de la force hydraulique dans le cadre de la Stratégie énergétique 2050.

⁶ Office fédéral de l'énergie OFEN (2019) : Estimation du potentiel de développement de l'utilisation de la force hydraulique dans le cadre de la Stratégie énergétique 2050.

2.5 Objets apparentés

Le potentiel hydraulique dans les zones périglaciaires a été analysé dans le rapport en réponse au postulat 21.3974 CEATE-N « Analyse du potentiel hydraulique lié au retrait des glaciers ». Ce potentiel comprend en grande partie de nouvelles installations, mais aussi l'agrandissement de centrales existantes. Les potentiels avérés dans ce rapport se recoupent donc avec ceux de la présente étude et ne doivent donc pas être additionnés.

3 Potentiel de rénovation et d'agrandissement

3.1 Potentiel de la production annuelle

Le total du potentiel de rénovation et d'agrandissement annoncé pour la grande hydraulique – par rapport à la production annuelle attendue – atteint 1'351 GWh par an. Les valeurs pour la production annuelle, la répartition entre production estivale et hivernale ainsi que l'augmentation du stockage saisonnier sont visibles dans le tableau 1 et dans la figure 2.

Le potentiel des rénovations d'environ 97 GWh par an est modeste. La plus grande part du potentiel résiduel, à savoir 1'254 GWh par an, est le fait des agrandissements. Sur ce nombre, 270 GWh par an sont attribués à des projets de centrales déjà contenus dans l'annexe 2 LApEI. De plus, 91 GWh par an supplémentaires figurent dans la liste longue de la table ronde pour l'énergie hydraulique (cf. Tableau 1).

Le potentiel de la grande hydraulique est, pour moins de 10 % (85 GWh par an), constitué de mesures qui n'atteindront probablement pas le seuil de notabilité et qui ne pourront donc pas être soutenues. Une partie de ces mesures devrait toutefois aussi être réalisée sans encouragement dans le cadre de mesures de rénovation périodiques (p. ex. remplacement des machines), la poursuite de l'exploitation de l'installation étant sinon compromise.

Un potentiel de 254 GWh par an a par ailleurs été annoncé pour la petite hydraulique, dont 67 GWh par an relèvent des rénovations et 180 GWh par an des agrandissements. Le reste est également constitué de mesures en dessous du seuil de notabilité.

3.2 Potentiel de la production hivernale et du stockage saisonnier

Les projets existants présentent un potentiel de 2'096 GWh par an de production hivernale supplémentaire. Il s'agit, pour la majorité d'entre eux, de projets de relèvement de barrages. Comme il s'agit en majeure partie de simples déplacements de la production, ces projets entraînent aussi une réduction correspondante de la production estivale (cf. Figure 2). Dans une moindre mesure, un supplément d'eau peut aussi être capté en hiver et en partie utilisé, de sorte que le potentiel de la production hivernale supplémentaire est plus élevé que celui du stockage saisonnier supplémentaire (1'816 GWh par an).

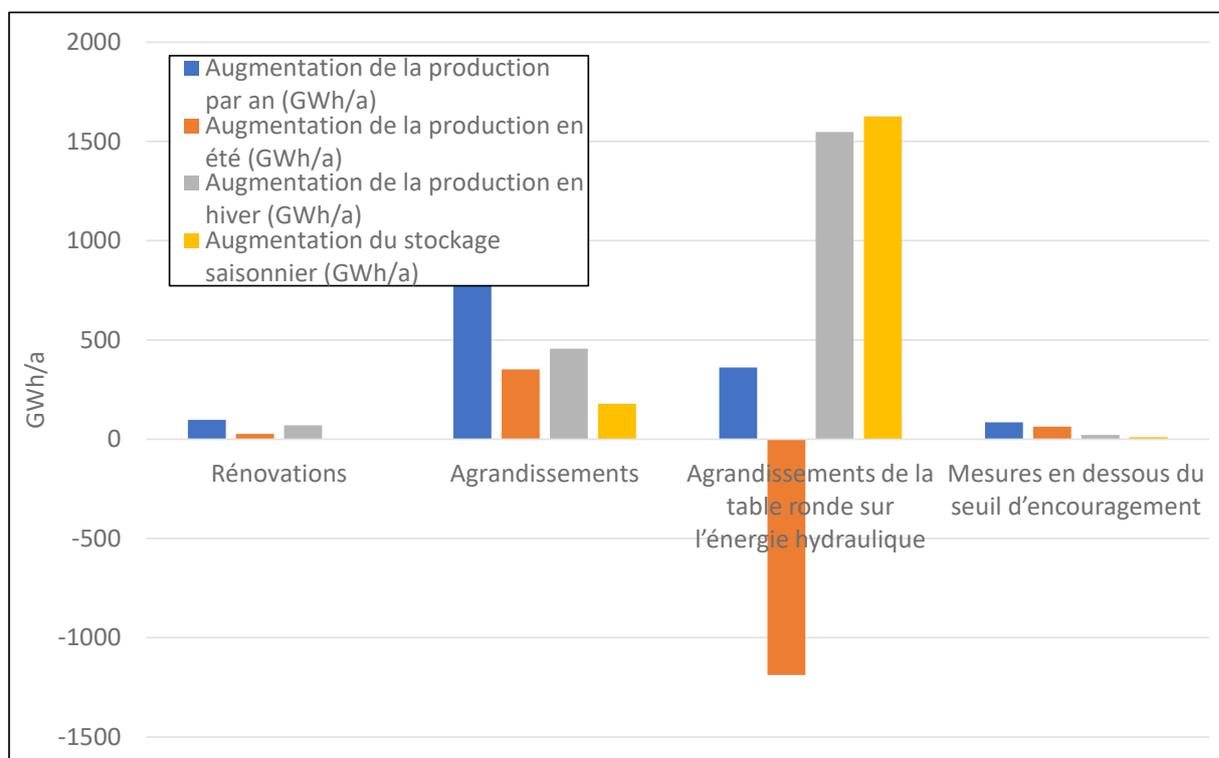
En ce qui concerne les deux critères de la production hivernale supplémentaire et du stockage hivernal supplémentaire, la part du potentiel de développement total qui pourrait être réalisée par les projets déjà connus de la table ronde consacrée à l'énergie hydraulique (catégorie Table ronde dans le tableau 1 ou la figure 2) est, avec 1'548 GWh par an (production hivernale) et 1'626 GWh par an (stockage saisonnier), nettement supérieure à la production annuelle. En d'autres termes, sans le potentiel de la table ronde, le potentiel existant serait nettement moindre.

Le potentiel avéré ici pour le stockage saisonnier est inférieur à celui présenté lors de la table ronde sur l'énergie hydraulique, car aucune nouvelle installation n'a été prise en compte.

Tableau 1: Potentiel de rénovation et d'agrandissement (GWh par an) par catégorie

	Augmentation de la production par an (GWh/a)	Augmentation de la production en été (GWh/a)	Augmentation de la production en hiver (GWh/a)	Augmentation du stockage saisonnier (GWh/a)
Rénovations	98	27	70	1
Agrandissements	807	352	456	178
Agrandissements de la table ronde sur l'énergie hydraulique	361	-1187	1548	1626
Mesures en dessous du seuil d'encouragement	85	63	22	11
Total grande hydraulique	1351	-745	2096	1816

Figure 2: Potentiel de rénovation et d'agrandissement (GWh par an)



3.3 Potentiel d'après le type de mesure

Dans le tableau 2 et la figure 3, le potentiel de la grande hydraulique est réparti d'après le type de mesure. Il apparaît que ce sont surtout les relèvements de barrages, le captage de nouveaux affluents ainsi que l'augmentation du débit capté et de la puissance qui, avec un total de 942 GWh par an, contribuent de manière déterminante au potentiel disponible. Il s'agit toutefois aussi des mesures ayant le plus grand impact potentiel sur l'environnement, puisque l'utilisation est étendue à de nouvelles ressources. À cela s'ajoute un grand nombre de mesures comme les galeries parallèles, les agrandissements des galeries, les équipements neufs ou la hausse du dragage, qui visent en premier lieu à améliorer l'efficacité. Le potentiel de ces catégories est de 409 GWh par an au total.

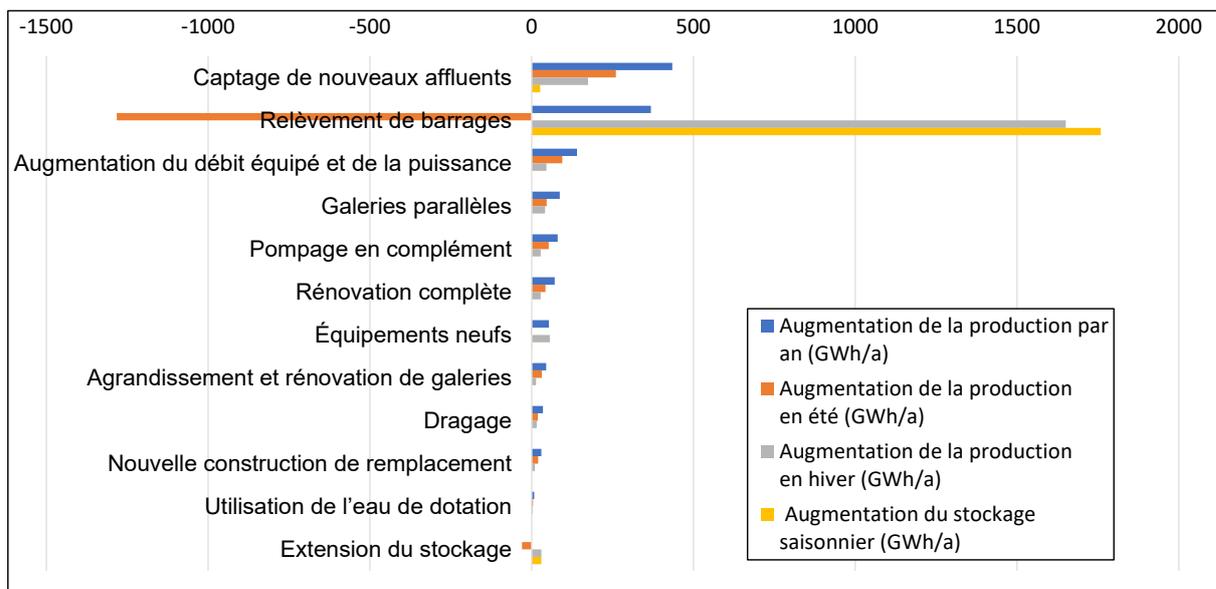
Les relèvements des barrages sont la seule mesure qui contribue à une augmentation notable du stockage saisonnier et, partant, à l'augmentation de la production hivernale. Comme la production de ces projets n'est souvent que très faible, la production hivernale est certes augmentée, mais la production estivale réduite en contrepartie. Le captage de nouveaux affluents, l'augmentation du débit capté et de la puissance ainsi que les équipements neufs contribuent aussi plus modestement à accroître la production hivernale.

Tableau 2: Potentiel de la grande hydraulique d'après le type de mesure (GWh par an), y compris projets de la table ronde pour l'énergie hydraulique⁷

	Augmentation de la production par an (GWh/a)	Augmentation de la production en été (GWh/a)	Augmentation de la production en hiver (GWh/a)	Augmentation du stockage saisonnier (GWh/a)
Captage de nouveaux affluents	434	260	174	26
Relèvement de barrages	368	-1283	1651	1759
Augmentation du débit équipé et de la puissance	140	94	46	0
Galeries parallèles	87	46	41	0
Pompage en complément	80	53	28	0
Rénovation complète	71	43	28	0
Équipements neufs	53	-3	56	1
Agrandissement et rénovation de galeries	45	32	13	0
Dragage	35	19	16	0
Nouvelle construction de remplacement	30	20	10	0
Utilisation de l'eau de dotation	7	4	4	0
Extension du stockage	0	-30	30	30
Total grande hydraulique	1351	-745	2096	1816

⁷ Il résulte des projets qui étaient déjà connus dans le cadre de la table ronde pour l'énergie hydraulique, un potentiel de 1'602 GWh par an de production hivernale supplémentaire et de 1'626 GWh par an de stockage saisonnier.

Figure 3: Potentiel de la grande hydraulique d'après le type de mesure



3.4 Rentabilité des mesures

En tout, un potentiel de production annuelle de 816 GWh par an a été annoncé pour la grande hydraulique, qui serait probablement rentable dans les conditions actuelles. Cela correspond à environ 60 % du potentiel total annoncé. Selon les résultats de l'enquête, pour les exploitants, seule une très petite partie (24 GWh par an) est rentable sans mesure d'encouragement. Il s'agit avant tout de mesures comme le remplacement de turbines et de générateurs (remplacement de l'équipement), qui devraient de toute manière être réalisées pour que les installations puissent continuer de fonctionner, ou de dotations. Selon les estimations des exploitants, le potentiel résiduel (792 GWh par an) n'est pas réalisable de manière rentable compte tenu des recettes du marché attendues. Il peut toutefois être réalisé avec les instruments d'encouragement existants (pour autant que l'encouragement correspondant soit accordé). La répartition des projets rentables ainsi que leurs effets sur la production saisonnière et le stockage saisonnier sont présentés dans le tableau 3.

Tableau 3: Mesures de rénovation et d'agrandissement rentables

	Augmentation de la production par an (GWh/a)	Augmentation de la production en été (GWh/a)	Augmentation de la production en hiver (GWh/a)	Augmentation du stockage saisonnier (GWh/a)
Rénovations	67	3	64	1
Agrandissements	390	156	233	32
Agrandissements de la table ronde sur l'énergie hydraulique	345	-893	1238	1316
Mesures en dessous du seuil d'encouragement	14	10	5	0
Total grande hydraulique	816	-724	1540	1349

Selon les indications des exploitants, les projets avec une production annuelle de 431 GWh par an ne seraient réalisés que si l'encouragement est développé ou si les conditions du marché s'améliorent (cf. Tableau 4). Cela concerne avant tout les projets d'agrandissement des galeries et de construction de galeries parallèles ainsi que, en partie, les projets de relèvement des barrages.

Tableau 4: Mesures de rénovation et d'agrandissement non rentables

	Augmentation de la production par an (GWh/a)	Augmentation de la production en été (GWh/a)	Augmentation de la production en hiver (GWh/a)	Augmentation du stockage saisonnier (GWh/a)
Rénovations	20	15	5	0
Agrandissements	327	168	159	100
Agrandissements de la table ronde sur l'énergie hydraulique	16	-294	310	310
Mesures en dessous du seuil d'encouragement	68	52	16	11
Total des projets non rentables	431	-59	490	422

Par rapport à la production annuelle supplémentaire, aucune indication n'a été donnée sur la rentabilité de projets équivalents à 105 GWh par an. Il devrait s'agir en premier lieu de projets à des stades de planification précoces, pour lesquels aucun chiffre fiable n'est encore disponible.

Les indications relatives à la rentabilité, réparties par types de mesures, sont présentées dans le tableau 5.

Tableau 5: Rentabilité des rénovations et des agrandissements par rapport à la production annuelle supplémentaire et répartie d'après la catégorie de mesure (les projets sans indication ne sont pas pris en compte)

	oui (sans encouragement)	oui (avec les instruments d'encouragement actuels)	non (pas non plus avec les taux d'encouragement actuels)
Équipements neufs	17	37	
Utilisation de l'eau de dotation	1	7	
Pompage en complément		55	25
Augmentation du débit équipé et de la puissance		60	80
Nouvelle construction de remplacement		30	
Captage de nouveaux affluents	6	257	90
Rénovation complète		35	26
Galeries parallèles		87	
Relèvement de barrages		225	130
Agrandissement et rénovation de galeries			45
Dragage			35
Total grande hydraulique	24	792	431

3.5 Répartition des potentiels par cantons

Les potentiels de rénovation et d'agrandissement répartis par canton sont présentés dans le tableau 6. Le potentiel se concentre sur les cantons de montagne, étant donné qu'ils abritent aussi une grande partie de la production hydroélectrique. Dans certains cantons, il n'existe en revanche aucun potentiel en matière de rénovation et d'agrandissement. Le plus grand potentiel en matière de stockage saisonnier supplémentaire se trouve dans les cantons de Berne, des Grisons et du Valais.

Tableau 6: Potentiel de rénovation et d'agrandissement par canton

	Augmentation de la production par an (GWh/a)	Augmentation de la production en été (GWh/a)	Augmentation de la production en hiver (GWh/a)	Augmentation du stockage saisonnier (GWh/a)
Argovie	71	41	31	0
Bâle-Campagne	25	14	12	0
Berne	120	-228	348	319
Fribourg	14	7	7	0
Genève				
Glaris	56	11	45	18
Grisons	234	-36	269	207
Neuchâtel	12	5	7	0
Nidwald	7	5	2	0
Obwald	7	5	3	0
Schaffhouse				
Schwyz	0			
Soleure				
Saint-Gall	7	5	2	0
Tessin	91	-9	100	78
Uri	44	-16	60	60
Vaud	95	12	83	40
Valais	562	-563	1125	1094
Zürich	6	3	3	0
Bâle-Ville				
Total grande hydraulique	1351	-745	2096	1816

3.6 Raisons d'une non-réalisation

Dans le cadre de l'enquête, les obstacles ou les raisons empêchant la réalisation du potentiel ont aussi été analysés (cf. Figure 4).

Les raisons les plus fréquemment évoquées sont liées à l'échéance prochaine d'une concession. Dans le cas des centrales dont la concession arrive prochainement à échéance, il n'est souvent pas clair si et sous quelle forme les exploitants actuels seront encore impliqués après le renouvellement de la concession. Dans ce contexte, la nécessité d'une convention sur la valeur résiduelle a souvent été mentionnée.

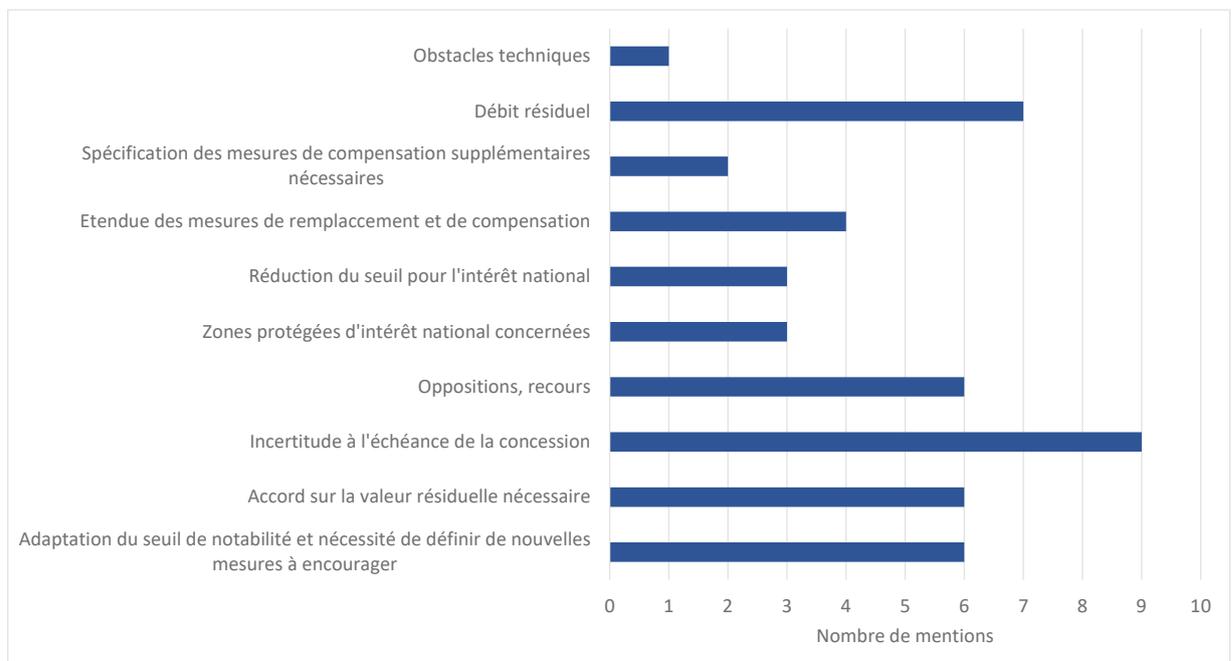
Les thèmes relatifs à l'environnement forment un deuxième groupe de raisons fréquemment évoquées. Le débit résiduel, la nécessité de fixer des mesures de compensation supplémentaires ainsi que les zones protégées d'intérêt national ont été citées explicitement. On mentionnera toutefois que dans le cas des rénovations et des agrandissements – et contrairement aux

nouvelles installations –, il n'existe pas de critère d'exclusion général⁸. Les recours et les oppositions ont aussi souvent été cités au nombre des obstacles.

L'absence de rentabilité a été indiquée comme obstacle supplémentaire. En lien avec la rentabilité, ce sont en premier lieu l'adaptation du seuil de notabilité – seules les rénovations et seuls les agrandissements notables peuvent être encouragés – et la nécessité de définir de nouvelles mesures à encourager (p. ex. l'agrandissement d'installations avec des pompes) qui ont été mentionnées.

Les obstacles techniques ne jouent qu'un rôle très marginal. Il faut toutefois partir du principe que les projets qui ne sont pas réalisables du point de vue technique n'ont pas non plus été annoncés.

Figure 4: Raisons d'empêchement de la réalisation de rénovations et d'agrandissements (n=47)



4 Conclusions

Le potentiel de développement des centrales hydroélectriques existantes est encore considérable. Ce potentiel réside en premier lieu dans les agrandissements (relèvements de barrages, captage de nouveaux affluents, augmentation du débit équipé et de la puissance), qui sont toutefois liés à des atteintes supplémentaires à l'environnement. Le potentiel des rénovations et de l'amélioration de l'efficacité est en revanche très limité. Les incertitudes concernant l'échéance de la concession sont l'obstacle à la réalisation le plus fréquemment cité.

⁸ Conformément à l'art. 12, al. 2, de la loi sur l'énergie (LEne, RS 730.0), les nouvelles installations destinées à utiliser les énergies renouvelables sont interdites dans les biotopes d'importance nationale et les réserves de sauvagine et d'oiseaux migrateurs.

Le potentiel existant devrait être exploité dans le cadre d'une approche globale, en particulier si, par rapport à d'autres sources d'énergie, il présente un rapport coût-efficacité positif. Différentes mesures ont déjà été prises pour encourager leur réalisation. Une obligation d'efficacité serait une mesure supplémentaire envisageable. Le dimensionnement des installations les plus anciennes n'est en particulier pas toujours optimal. Une obligation d'optimiser l'installation lors du renouvellement de la concession permettrait de surmonter ce problème. Conformément à l'art. 5, LFH, l'OFEN a déjà le droit d'examiner si les projets d'usines assurent, dans leur plan d'ensemble, l'utilisation rationnelle des forces hydrauliques. La loi sur la protection des eaux pourrait être complétée en précisant que les installations doivent atteindre un certain degré d'efficacité (degré de développement, rendement, adéquation énergétique) après le renouvellement de la concession.

5 Annexe

Tour d'horizon des mesures de rénovation et d'agrandissement possibles

Installation de stockage

- **Rehaussement de barrages:** surélévation du mur d'un barrage existant afin d'augmenter le volume de stockage. Même si cette mesure ne permet, en règle générale, qu'une augmentation relativement modeste de la production annuelle, elle entraîne un déplacement supplémentaire considérable de la production estivale vers la production hivernale.
- **Extension du stockage :** création d'un nouveau lac d'accumulation raccordé à une centrale hydroélectrique existante. D'un point de vue énergétique, cette mesure présente des caractéristiques très similaires à celles du relèvement de barrage.
- **Rétablissement et maintien des volumes de stockage:** au fil des ans, l'accumulation de sédiments réduit le volume de stockage disponible. D'ici 2100, ce phénomène devrait entraîner la perte de capacité de stockage pour plus de 300 GWh⁹. La capacité de stockage pourrait être restaurée par le dragage des sédiments ou préservée à long terme par des mesures de gestion du stockage. Dans le cadre de l'enquête, aucune mesure de cet ordre n'a été annoncée.

Captage de nouveaux affluents

Soit les eaux provenant de bassins versants jusqu'alors inutilisés sont déversées dans les conduites d'amenée des centrales hydroélectriques situées à proximité, soit la capacité des captages existants est augmentée, ce qui permet d'augmenter la production. Dans la mesure où les possibilités de stockage ne sont pas étendues elles aussi, la production supplémentaire a généralement lieu en été.

Système d'amenée d'eau

L'amenée d'eau désigne l'ensemble de l'installation entre le captage de l'eau ou le lac d'accumulation et la centrale. En font par exemple partie les galeries à écoulement libre, les conduites forcées, les puits en charge, le château d'eau et la salle des machines. Toutes les mesures prises au niveau du système d'amenée d'eau visent à réduire les pertes d'énergie entre le captage ou le stockage de l'eau et son traitement dans la centrale, en diminuant pour cela la vitesse d'écoulement ou le frottement. Cela permet d'augmenter l'énergie produite par m³ d'eau utilisée (équivalent énergétique). Ce résultat peut être obtenu par la réalisation d'une amenée d'eau parallèle (galerie parallèle) ou par l'agrandissement et la rénovation de la galerie

⁹ Dahal, S. (2025) : Reservoir sedimentation management in Switzerland for sustainable hydropower under climate change. Thèse de doctorat, ETH Zurich (en révision).

(p. ex. réparation des défauts à la surface de la galerie) de l'amenée d'eau existante. Parfois, les galeries à écoulement libre sont remplacées par une conduite forcée, ce qui permet d'utiliser une pente supplémentaire.

Centrale

- **Augmentation du débit équipé et de la puissance** : par l'installation de turbines et de générateurs supplémentaires ou plus grands.
- **Équipements neufs** : en fait partie le remplacement des équipements obsolètes de la centrale comme les turbines et les générateurs. Cela peut permettre d'augmenter le rendement ou d'améliorer le comportement à charge partielle et donc de réduire les pertes.

Utilisation de l'eau de dotation

Lors du renouvellement des concessions, les débits résiduels doivent être respectés conformément aux art. 29 ss de la loi sur la protection des eaux (LEaux, RS 814.20), ce qui entraîne en général une dotation supplémentaire. Des centrales de dotation peuvent être construites pour utiliser la différence de hauteur jusqu'au pied d'un ouvrage d'accumulation ou d'un captage.

Dragage

Le dragage du lit de la rivière sous les centrales au fil de l'eau permet d'augmenter la pente utilisable et, de fait, aussi la production d'énergie.

Installation complète

- **Rénovation complète** : cette notion regroupe les projets pour lesquels différentes parties de l'installation, p. ex. le captage, le système d'amenée d'eau, les machines ou la technique de commande sont renouvelées en même temps.
- **Nouvelle construction de remplacement** : certaines installations anciennes n'ont pas encore été mises à niveau pour répondre au degré de développement possible et courant aujourd'hui. Le remplacement complet de la centrale existante incluant toutes les parties de l'installation pertinente, peut permettre d'augmenter notablement, en partie du moins, la production.

Pompage en complément

L'installation de pompes permet le stockage intermédiaire de l'eau d'un bassin versant partiel dans un lac d'accumulation situé plus haut. Si l'eau peut ensuite être turbinée avec une hauteur de chute plus importante, la production augmente de manière significative.