

Petite hydraulique

Module I

Vue d'ensemble de la petite hydraulique et de ses acteurs



Mandant

SuisseEnergie, 3003 Berne

Mandataire

Skat Consulting AG, Vadianstrasse 42, 9000 St. Gallen, www.skat.ch

Auteurs

Hedi Feibel, Martin Bölli

+41 71 228 54 54

hedi.feibel@skat.ch

martin.boelli@skat.ch

Accompagnement

Benno Frauchiger et Regula Petersen Office fédéral de l'énergie OFEN

Traduction

Olivier Blanc, Clarens, avec le concours de Jean-Baptiste Blanc, Baulmes

Relecture et mise à jour de la version en français

Mhylab, Aline Choulot (janvier 2020)

Avertissements

- Les conditions-cadre concernant la petite hydroélectricité évoluant régulièrement (de même que les liens Internet), il est conseillé de se référer au site de l'OFEN.
- Les termes désignant des personnes s'appliquant également aux femmes et aux hommes.

Table des matières

1.	Histoire et importance de la petite hydraulique en Suisse	5
1.1	Développements pionniers au XIX ^e siècle	5
1.2	L'ère de la production et du transport de l'électricité	8
1.3	Décisions essentielles au niveau politique et juridique	10
1.4	Le rôle des banques	12
1.5	Profit persistant pour les régions de montagne défavorisées	14
2.	La petite hydraulique aujourd'hui	15
2.1	Aspects techniques et état de la recherche	15
2.2	Potentiel de développement et défis	18
2.3	Contribution à la Stratégie énergétique 2050 et à la réduction du CO ₂	20
2.4	Conditions-cadre juridiques et politiques	24
2.5	Aperçu des options de soutien actuelles	25
3.	Définition des termes	26
3.1	Types d'installations	26
3.2	Glossaire	28
4.	Acteurs et organisations	30
4.1	Secteur public	30
4.2	Secteur privé	32
4.3	ONG, associations et autres organisations pertinentes	32
5.	Bibliographie	38

Liste des illustrations

Ill. 1:	Tableau d'un manège à chevaux (vers 1770) [1]	5
Ill. 2:	Tableau d'un moulin à Montreux [2].....	5
Ill. 3:	Conche à chocolat vers 1900 [3]	6
Ill. 4:	Route du col du Splügen vers 1810, aquatinte de Johann Jakob Meyer [4]	6
Ill. 5:	Viaduc de Landwasser en construction, vers 1900 [6]	7
Ill. 6:	Salle de tissage supérieure à la fabrique Bleiche à Wald (canton de Zurich), 1913 [7].....	7
Ill. 7:	Moteur synchrone biphasé à pôles externes de la fabrique de papier de Cham en Suisse; fabricant BBC, 1893; puissance de 88 kW [9]	8
Ill. 8:	Premier barrage-poids bétonné d'Europe sur la Maigrauge, près de Pérolles, au sud de Fribourg, construit en 1869–1872 et agrandi en 1910 [10].....	8
Ill. 9:	Affiche de campagne pour l'initiative populaire « Les forces hydrauliques suisses au peuple suisse », 1906 [16]	10
Ill. 10:	Installation de turbinage historique, construite en 1899 [17]	11
Ill. 11:	Centrale électrique au pied du barrage du lac de Zervreila (construit avant 1957) [18].....	11
Ill. 12:	Mix de la production de la Suisse, par catégorie de centrales électriques (selon la Statistique suisse de l'électricité 2018) [20]	12
Ill. 13:	Usine de Hagneck, salle des machines (1914) [22]	13
Ill. 14:	Petite centrale hydraulique réhabilitée sur l'Engstligenalp; prise d'eau à 1927 mètres d'altitude [31]; puissance installée de 600 kW (précédemment 60 kW)	15
Ill. 15:	Echelle à poissons de la centrale électrique de Soor (construite en 2001/2002) [33].....	16
Ill. 16:	Représentation schématique d'une centrale en dérivation	16
Ill. 17:	Représentation schématique des pertes de pression	17
Ill. 18:	Production annuelle en comparaison de diverses technologies renouvelables [32]	19
Ill. 19:	Conduite forcée de la centrale de 1,8 MW Tambobach, Splügen, en exploitation depuis 2012 [51]	24

Liste des tableaux

Tab. 1:	Recul massif du nombre de petites installations hydroélectriques (Pfammatter & Plot) [19]	11
Tab. 2:	Production d'électricité annuelle moyenne des installations hydroélectriques des différentes gammes de puissance, sans pompage-turbinage et en comptant seulement la part suisse des centrales frontalières (état au 31.12.2018) [32], [39], [40].	18
Tab. 3:	Objectifs de développement de l'énergie hydraulique et des énergies renouvelables jusqu'en 2050	20
Tab. 4:	Potentiel de développement de l'énergie hydraulique compte tenu de la faisabilité technique, économique, sociale et écologique, d'ici (2019) à 2050 [42], [43], [45].....	20

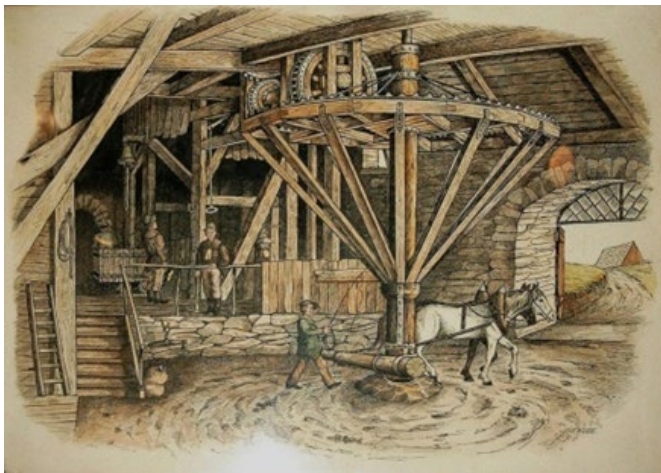
1. Histoire et importance de la petite hydraulique en Suisse

1.1 Développements pionniers au XIX^e siècle

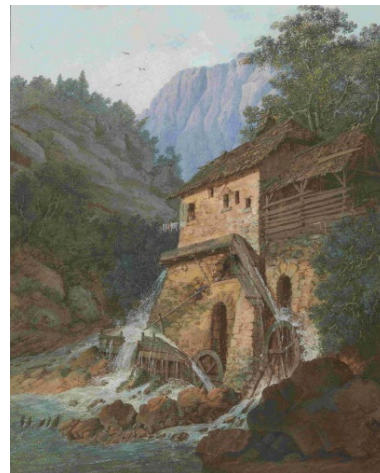
L'énergie hydraulique a joué en Suisse un rôle remarquable dans la transition d'une société agraire à une société fondée sur le petit commerce, puis à une société urbanisée et industrialisée. Le **changement structurel** que la Suisse a connu au XIX^e siècle et au début du XX^e a été beaucoup plus radical et profond que les développements des huit siècles précédents. Avant 1820, seules étaient utilisées des énergies renouvelables localement disponibles (bois, énergie humaine et animale, eau, vent, tourbe). Le recours au charbon indigène (utilisé depuis le XIII^e siècle), seule source d'énergie fossile, est resté très limité, son transport n'étant pas rentable. La rotation mécanique a été facilitée par l'utilisation de moulins à vent, de manèges à chevaux et par les roues à eau.

Les **roues à eau**, qui ne constituaient qu'environ 1 % du bilan énergétique total de la société agraire, étaient la seule source d'énergie mécanique disponible presque sans interruption. L'énergie hydraulique n'était pas seulement utilisée par les moulins à farine et à huile, les scieries, les broyeurs à marteaux, les forges, les fabriques de draps ou de poteries, mais permettait également la fabrication et la transformation d'autres produits (lait, café, tabac, bois, métal, cuir, savon, poudre à canon et engrais notamment). L'agriculture, l'artisanat et le commerce étaient alors intimement liés. La population exerçait en général plusieurs activités parallèlement à l'agriculture, à domicile ou dans les fabriques. Elle entendait de cette façon :

1. Se procurer un **revenu « externe »** pour l'achat de denrées alimentaires et améliorer ainsi son alimentation, que l'agriculture n'assurait parfois que de manière insuffisante;
2. réduire l'exposition aux **fluctuations des prix**;
3. réduire le **risque économique global** au niveau individuel.



III. 1: Tableau d'un manège à chevaux (vers 1770) [1]



III. 2: Tableau d'un moulin à Montreux [2]

Peu à peu, le travail manuel traditionnel, perçu comme une « activité rurale visant à l'autosuffisance », s'est transformé en « une activité spécialisée axée sur le marché », qui, comme elle s'appuyait sur des matières premières localement disponibles, restait le plus souvent étroitement liée à l'agriculture. Les produits étaient vendus également sur des marchés éloignés, nationaux ou internationaux, par des commerçants spécialisés. Pendant le XVIII^e siècle, le travail en fabrique progresse en Suisse à un rythme très lent et on ne distingue à cette époque guère de « réelles régions industrielles ». A l'inverse de l'Angleterre, ce sont en Suisse les petites et moyennes entreprises familiales qui ont formé la base de l'industrialisation ultérieure. L'énergie hydraulique, nécessaire à de nombreux **processus de fabrication**, n'étant disponible que **le long des cours d'eau**, les fabriques étaient largement disséminées à travers le pays, ce qui a conduit à un **développement** relativement

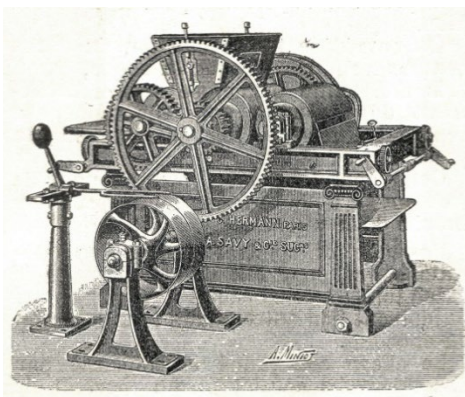
décentralisé. Ainsi, l'industrialisation s'est développée pendant la plus grande partie du XIX^e siècle en dehors des villes. Par exemple, la plupart des filatures de coton mécanisées, dépendantes de l'énergie hydraulique, se sont établies en milieu rural. L'implantation de fabriques dans les villages explique ce processus de croissance organique, qui va de pair avec l'augmentation du nombre de villes de petite et de moyenne taille.

A cette époque, l'exode rural était limité par le lien étroit unissant travail en fabrique, travail à domicile et agriculture (à temps partiel), avec les restrictions de mobilité et de libertés en dehors du canton d'origine. Les excédents dégagés par la modernisation de l'agriculture et ces « activités patchwork » ont souvent constitué le capital de départ pour la fondation de nouvelles fabriques. A noter que seul le perfectionnement continu du traitement mécanique, par exemple pour le filage, le tissage, le tricot et la teinture, a réduit progressivement le nombre d'emplois.

L'exemple de la filature de coton d'Uznaberg

Des entrepreneurs du canton de Saint-Gall ont construit le long des cours d'eau dans le Gaster, le Toggenburg et le Fürstenland des fabriques modernes, dont la filature de coton d'Uznaberg (1833–1836). Bien que le nombre de broches ait doublé entre 1814 et 1853, seules 15 % des broches suisses se trouvaient dans le canton de Saint-Gall (45 % dans le canton de Zurich). La mécanisation de la filature a accru l'importance du tissage. A partir de 1835, le tissage en couleur du Toggenburg s'est développé jusqu'à devenir l'une des industries d'exportation les plus importantes de Suisse, produisant notamment des tissus de confection pour l'Empire ottoman. Quelque 60 fabriques, de Wildhaus jusqu'à Mörschwil, employaient alors plus de 15'000 personnes.

En Suisse, la première phase d'industrialisation s'est concentrée sur la production de chocolat et la sidérurgie, mais également sur des secteurs à forte densité de main-d'œuvre, mais peu gourmands en matière tels que l'horlogerie et l'industrie textile, qui avaient besoin de la force hydraulique et n'engendraient que de faibles coûts de transport.



III. 3: Conche à chocolat vers 1900 [3]



III. 4: Route du col du Splügen vers 1810, aquatinte de Johann Jakob Meyer [4]

Vers 1800, l'économie agricole et forestière n'occupait plus qu'environ 75 % de la population alpine. Dans les régions de plaine, ce chiffre ne s'élevait plus qu'à 50 % environ. De nombreuses villes avaient acquis une importance considérable bien que leur taille fût relativement modeste et que leur périphérie se limitât à une étroite bande de territoire dans la vallée. Comme la plupart des processus de traitement restaient dépendants de l'énergie hydraulique localement disponible, le processus de développement a été décentralisé. Ce fut également le cas dans le domaine des transports. Vers 1800, on comptait dans les Alpes environ 300 routes de transit, chacune offrant une capacité limitée.

Ainsi, la décentralisation des unités d'approvisionnement et de vie s'est-elle calquée sur celle liée à la disponibilité de l'énergie hydraulique.

Dans le courant du XIX^e siècle, la Suisse a subi des transformations politiques et économiques radicales. Au rang des évolutions négatives, on citera le recul de l'activité minière préindustrielle et de la sidérurgie et le déclin des traditionnels sentiers muletiers, consécutif à la construction de nouvelles routes [5] (par exemple celle de la route du col du Gothard en 1830, qui a mis fin à la concurrence

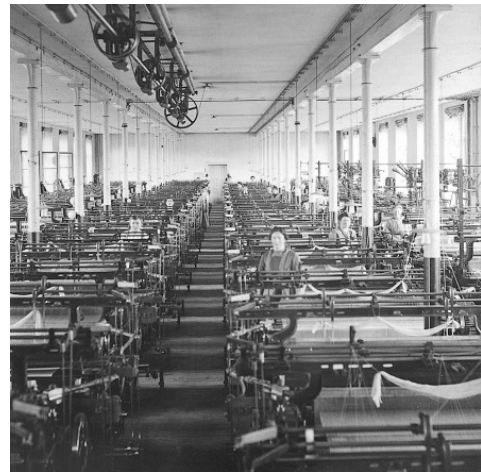
entre les routes de San Bernardino, de Splügen et du Simplon) et, plus tard, de chemins de fer. Autres reculs : celui de l'artisanat et du commerce traditionnels ruraux, jusque-là omniprésents, et la dévalorisation de l'agriculture traditionnelle.

Une représentation romantique des Alpes au-dessus de 1000 m et l'opposition supposée entre « Alpes » et « industrialisation » ont souvent conduit à une forte sous-estimation de **l'industrie dans les Alpes**. Pourtant, son importance a été décisive, et, parallèlement aux reculs mentionnés précédemment, de nouvelles entreprises ont vu le jour en de nombreux lieux. Rétrospectivement, la liste des « jeunes pousses » se lit comme le « who's who » d'entreprises aujourd'hui célèbres. Une « véritable industrialisation » a eu lieu, en comparaison de laquelle les développements du XX^e siècle pourraient apparaître peu spectaculaires. Cette industrialisation s'est appuyée sur :

1. la transformation des structures héritées de l'époque préindustrielle, par exemple par **l'agrandissement et la modernisation**, à partir de 1850, **des installations hydroélectriques** au moyen de turbines performantes;
2. le développement du **réseau de chemin de fer** (1830–1900);
3. le début de **l'importation de charbon**.



III. 5: Viaduc de Landwasser en construction, vers 1900 [6]



III. 6: Salle de tissage supérieure à la fabrique Bleiche à Wald (canton de Zurich), 1913 [7]

Les chemins de fer ont rendu possible le transport du charbon (ce qui, en même temps, a ruiné la petite activité minière indigène). Cela dit, l'utilisation du charbon est restée pendant les 30 premières années limitée à l'industrie (aux processus qui nécessitaient beaucoup de chaleur), aux usines à gaz et aux chemins de fer. On notera que c'est précisément **l'énergie du charbon utilisée pour la production d'acier et de ciment** qui a permis l'extension de l'hydraulique. Malgré l'avènement de l'ère des énergies fossiles, l'énergie hydraulique, décentralisée, est restée le **pilier fondamental** de l'approvisionnement en énergie et un **facteur d'implantation** critique pour l'industrialisation. Dominaient des fabriques dotées de machines complexes, auxquelles un système de courroies de transmission et de roues dentées transmettait l'énergie produite par une installation centrale performante. L'industrie légère existante (montres et textiles) continuait quant à elle à utiliser l'énergie hydraulique. C'est seulement dans les lieux où le potentiel hydroélectrique était déjà entièrement exploité, ou lors de périodes d'étiage, que le charbon (l'énergie de la vapeur) était utilisé comme second pilier énergétique. En particulier dans les centres de modernisation comme Berne, Bienne et Berthoud, les besoins en énergie étaient couverts, vers 1890, en parallèle à l'énergie hydraulique (60 %), par le charbon (40 %). La filature du coton et le tissage du lin, notamment, ont vécu un boom au milieu du siècle. Le déclenchement de la guerre civile américaine et l'augmentation des prix du coton qui s'en est suivie ont en outre accru la demande indigène en tissus de lin.

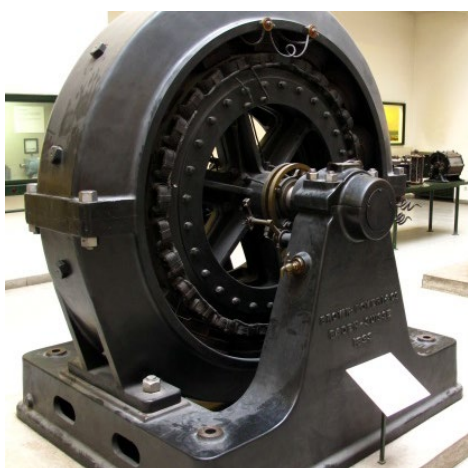
L'industrie horlogère a encouragé la production de machines de précision et de machines-outils. La production de papier et de carton s'est également développée. Ce développement industriel a surpassé de loin le nombre d'implantations préindustrielles, particulièrement en Valais, mais aussi

dans le reste du territoire alpin. Les deux facteurs d'implantation les plus importants étaient la **disponibilité de l'énergie hydraulique et l'accessibilité**.

Alors que l'ancien modèle de production, encore fortement marqué par les habitudes transmises et le travail à domicile, a perduré jusqu'au début du XX^e siècle, la Suisse a réussi, grâce au réveil de sa force d'innovation, à conquérir une position forte dans les secteurs de pointe de la **deuxième « révolution industrielle »** (production d'électricité par la force hydraulique, électrotechnique, construction de machines et chimie de synthèse). Il s'agit là d'une percée technologique remarquable, comparable à celle de l'Allemagne et de la Suède, et que révèlent les statistiques de brevets déposés par les Suisses à l'étranger, aux Etats-Unis notamment, entre 1880 et 1914 [8].

1.2 L'ère de la production et du transport de l'électricité

Bien que, au début des années 1890, les ressources hydrauliques disponibles aient été entièrement exploitées en maints endroits, nombre d'industries ont renoncé à remplacer davantage l'hydraulique par le charbon, attitude imputable à des coûts de transport encore relativement élevés. L'exploitation du charbon pour la production d'énergie mécanique n'a jamais atteint en Suisse la même importance que dans les autres pays. C'est bien plutôt l'électricité qui a fourni une issue aux pénuries énergétiques. De nombreuses fabriques sont passées directement de **l'utilisation directe de la force mécanique de l'eau à l'énergie électrique**. L'invention **du transport du courant électrique** en 1891 et le développement **du générateur triphasé** (1890–1900) ont été à l'origine d'une nouvelle percée technologique et, en Suisse, d'une nouvelle conception de l'énergie hydraulique. « S'il est vrai que la puissance énorme de nos rivières alpines peut être captée par des turbines, transformée en électricité par des dynamos et ensuite transportée en des lieux éloignés pour actionner des machines dans des fabriques, voire faire avancer des locomotives, [...] notre pays deviendra d'un seul coup l'un des plus riches du monde » (citation d'avril 1891). La Suisse a commencé à **produire de l'électricité** avant tout pour l'éclairage domestique et urbain, puis dans un deuxième temps, pour produire de l'énergie mécanique en vue de l'entraînement de machines. Et c'est en 1879, dans les Grisons, qu'était mise en service la première turbine hydraulique destinée à la production d'électricité, notamment pour l'éclairage d'un grand hôtel de St. Moritz.



III. 7 : Moteur synchrone biphasé à pôles externes de la fabrique de papier de Cham en Suisse; fabricant BBC, 1893; puissance de 88 kW [9]



III. 8 : Premier barrage-poids bétonné d'Europe sur la Maigrauge, près de Pérolles, au sud de Fribourg, construit en 1869–1872 et agrandi en 1910 [10]

Entre 1880 et 1914 encore, alors que la force hydraulique pouvait être transformée en électricité, le transport de celle-ci sur de longues distances restait compliqué en raison des pertes. De ce fait, les industries sont restées dans un premier temps liées aux rives des cours d'eau. Lors de cette phase pionnière de l'électrification, quelques-uns des petits moulins, qui avaient perdu leur rentabilité à la

fin du XIX^e siècle, ont été équipés de turbines et transformés en **petites centrales hydrauliques**. C'est ainsi que sont apparues en Suisse, mais aussi dans le Wurtemberg, en Allemagne, des centrales décentralisées destinées à l'approvisionnement en électricité des ménages et artisans des zones rurales. Toutefois, le processus de transport s'est rapidement amélioré et, vers 1900, il était techniquement possible d'approvisionner les foyers de la plupart des villes suisses d'une certaine importance en les reliant à une centrale électrique locale. Ainsi, les années 1890 ont vu la mise en service des centrales électriques communales d'Aarau (17 MW) en 1893, de Montbovon (31 MW) en 1896 et de Rheinfelden (100 MW) en 1898.

Parallèlement a débuté l'électrification des chemins de fer¹. Les **pointes de charge élevées qu'entraînait l'éclairage en soirée** et la **charge journalière des chemins de fer** se complétaient parfaitement.

Au début des années 1890, des milliers de nouveaux emplois sont apparus dans l'industrie, avant tout dans la transformation et l'affinage de matières premières indigènes (denrées alimentaires, machines électriques de précision, etc.). De petites et moyennes entreprises se sont agrandies et sont devenues des entreprises industrielles (Tobler, Wander, Hasler). Par ailleurs, certaines nouvelles entreprises ont été créées. La fabrique de machines Amman, créée comme atelier mécanique de construction de moulins et de scies, s'est mise à **fabriquer des turbines**. Bien qu'au milieu du XVIII^e siècle déjà, les deux scientifiques suisses Daniel Bernoulli et Leonard Euler aient posé les bases physiques des turbines, il a fallu attendre le début du XIX^e siècle pour que l'ingénieur français Benoît Fourneyron invente la première turbine destinée à l'utilisation industrielle [11].

Module II	Aspects techniques
Chapitre II-2	Composantes des centrales et types de centrales

La construction de barrages pour les centrales hydrauliques a fait émerger vers 1890 un nouveau marché en croissance rapide, prenant appui sur **l'industrie du ciment**.

L'essor du secteur de l'électricité a offert à la Suisse de grandes opportunités dont l'absence de gisements de charbon l'avait précédemment privée. Forcée de se pencher sur les possibilités de mécanisation sans traction à vapeur, en particulier dans le secteur textile, la Suisse a trouvé dans l'énergie hydraulique un moyen de compenser son handicap énergétique. « **La houille blanche** » est devenue à la fin du XIX^e siècle une **source d'innovations** inépuisable dans d'autres domaines en lien avec l'eau: dans le génie hydraulique (rectification du tracé des cours d'eau et système de distribution d'eau) et l'utilisation mécanique de la force hydraulique, dans la production de courant électrique et dans l'électrotechnique (électromécanique, électrometallurgie et électrochimie). Ces nouvelles techniques se sont appliquées conjointement à la réalisation des grandes centrales électriques et des barrages [8].

La percée provoquée par l'électricité a conduit également à une forte mécanisation de l'industrie suisse, qui a doublé sa puissance mécanique installée entre 1900 et 1914, alors que le personnel spécialisé dans le domaine n'augmentait que de 20 %. Cependant, les besoins croissants en électricité ont dans l'ensemble été à l'origine de nombreux effets positifs, tels que la construction de nouvelles centrales électriques, l'exploitation d'économies d'échelle et le développement de réseaux intégrés, et ont stimulé ce faisant un **développement endogène**. Jusque vers 1910, la Suisse a présenté la production d'électricité par habitant la plus élevée du monde (81.3 kWh en 1902, 165.7 kWh en 1907), comparable à celle des Etats-Unis. Jusqu'au milieu des années 1960, l'utilisation de l'énergie hydraulique pour l'électrification a revêtu une importance centrale. Au début du processus d'électrification, le courant électrique était avant tout utilisé, outre pour l'éclairage, comme force motrice dans les fabriques (moteurs électriques) et pour la traction des chemins de fer, des chemins de fer à voie étroite, ou à crémaillère et des funiculaires ainsi que pour le réseau de tram. En 1939 déjà, 77 % du réseau total suisse de chemin de fer était électrifié, alors que la moyenne européenne se situait autour de 5 %. Dans son livre « Redeströme » [12], David Gugerli démontre, en se fondant sur de nombreux articles datant de la période 1880–1914, que l'introduction d'une nouvelle technique, en l'occurrence l'électrotechnique, n'est pas un processus automatique découlant en lui-

¹ En particulier les centrales hydroélectriques de Barberine et l'Eitzelwerk ont été construites dans ce but.

même des nouvelles possibilités techniques. Au contraire, il nécessite, selon lui, une **confrontation** longue et étendue de la société **avec l'innovation**, ses champs d'application et ses conséquences potentielles. Certains ont par exemple déploré « le côté arriéré de certaines villes et même de la Suisse entière », affirmant que seule une électrification pourrait y remédier. Souvent, des notions religieuses ont été projetées sur la technique (description de tableaux de commande des centrales électriques comme des « autels », de la lumière électrique comme « lumière éternelle », etc.), dans le but d'intégrer linguistiquement la nouvelle forme d'énergie au monde traditionnel.

[Dictionnaire historique de la Suisse](#) [8]

[Histoire de la Suisse, chapitre industrialisation](#) [13]

[Statistique historique de la Suisse](#) [14]

[Histoire des Alpes 2007/1: Electricité et progrès](#)

(article en allemand avec résumé en français) [15]

1.3 Décisions essentielles au niveau politique et juridique

En 1885, la production d'électricité à partir d'énergie fossile s'élevait encore à environ 20 %, un taux qui allait chuter d'ici 1910 à moins de 5 % et devenir négligeable au début de la Première Guerre mondiale. La généralisation progressive de l'électrification, le manque d'autres sources d'énergie pendant les deux guerres mondiales et la dépendance sensible aux importations de charbon d'Allemagne et de France ont conduit la Suisse à prendre conscience de ses propres ressources. La **loi fédérale sur l'utilisation des forces hydrauliques (1916)**, premier pas vers une politique fédérale de l'énergie, a nettement stimulé le développement de l'énergie hydraulique et la construction de grands barrages. La pénurie de charbon que la Suisse a connue pendant la Première Guerre Mondiale a donné une forte impulsion à l'électrification des chemins de fer et, plus tard, à la diffusion d'appareils de chauffage électriques (cuisson à l'électricité, chauffe-eau, etc.). L'utilisation précoce de l'énergie hydraulique a ainsi favorisé l'industrie de la construction des machines et des appareils. La part de marché de l'énergie hydraulique dans la consommation énergétique était désormais en croissance rapide.

A la fin du XIX^e siècle (1886–1900), les communes et les villes ont racheté la plupart des usines à gaz et des usines hydrauliques, qui jusqu'ici se trouvaient en mains privées et bénéficiaient de contrats de concession résiliables. En 1906, a été déposée une initiative populaire sous le slogan « Les forces hydrauliques suisses au peuple suisse » (en référence au slogan « Les chemins de fer suisses au peuple suisse », victorieux en 1898), qui a eu pour effet d'attribuer au Conseil fédéral la haute surveillance sur la force hydraulique et de déboucher in fine sur la loi fédérale susmentionnée.



III. 9: Affiche de campagne pour l'initiative populaire « Les forces hydrauliques suisses au peuple suisse », 1906 [16]

Simultanément et avec l'objectif d'exercer leur souveraineté sur l'approvisionnement en électricité, la plupart des cantons ont fondé des entreprises d'électricité cantonales, organisé des interconnexions électriques et créé, ensemble, des sociétés communes de production et de distribution. La **renonciation au « credo libéral »** n'a pas été uniquement provoquée par les nombreux conflits opposant les cantons aux monopolistes au sujet des tarifs, de la qualité du gaz et de l'eau ou du raccordement de nouveaux territoires, mais aussi par les attentes des communes, désireuses de s'assurer des sources de revenus fiables. En raison **d'expériences négatives avec la propriété privée des infrastructures**, la plupart des entreprises de distribution d'électricité se trouvaient dès le début en mains publiques sous la forme de **services industriels**. Ces services étaient tenus de justifier leurs investissements dans la distribution d'électricité devant les électeurs. Même la construction de centrales électriques, qui a connu un boom au début des années 1890, a été largement financée par de petits **actionnaires de la classe moyenne ou par des communes**. En outre, des manifestations publiques comme l'Exposition nationale suisse de Zurich (1883) ou le Salon international de l'électricité de Francfort (1891) avaient mobilisé des milliers d'enthousiastes, posant ainsi les bases politiques et économiques du premier boom des centrales électriques du début des années 1890. C'était donc plusieurs années avant que les banques du pays commencent à simplement envisager d'investir dans l'industrie suisse de l'électricité. Malgré les étonnantes réticences des banques, la Suisse comptait, en 1895 déjà, plus de 70 centrales électriques en activité, avec le plus haut taux d'accroissement annuel jamais réalisé en termes de capacité de production.

La multiplicité initiale des fournisseurs (environ 1000 entreprises de distribution d'électricité en 1913; environ deux tiers de la production d'électricité était, en 1920, sous influence majoritairement publique) a pourtant rapidement cédé le pas à l'impératif de **coopération** et **d'interconnexion des réseaux d'électricité**, nécessaires à l'élimination des goulets d'étranglement et à l'augmentation de la rentabilité.

Les **cantons** pouvaient, grâce à la loi fédérale susmentionnée, **tirer profit de leur droit d'attribuer des concessions pour l'utilisation de la force hydraulique** et, grâce au soutien de leurs banques cantonales, acquérir des compagnies de distribution.

Après la crise économique mondiale de 1930, de **nombreuses centrales hydrauliques isolées de taille relativement modeste, qui approvisionnaient de petites communes de montagne, ont fermé au profit de plus grandes installations hydroélectriques dotées de barrages et de retenues imposantes.**



III. 10: Installation de turbinage historique, construite en 1899 [17]



III. 11 : Centrale électrique au pied du barrage du lac de Zervreila (construit avant 1957) [18]

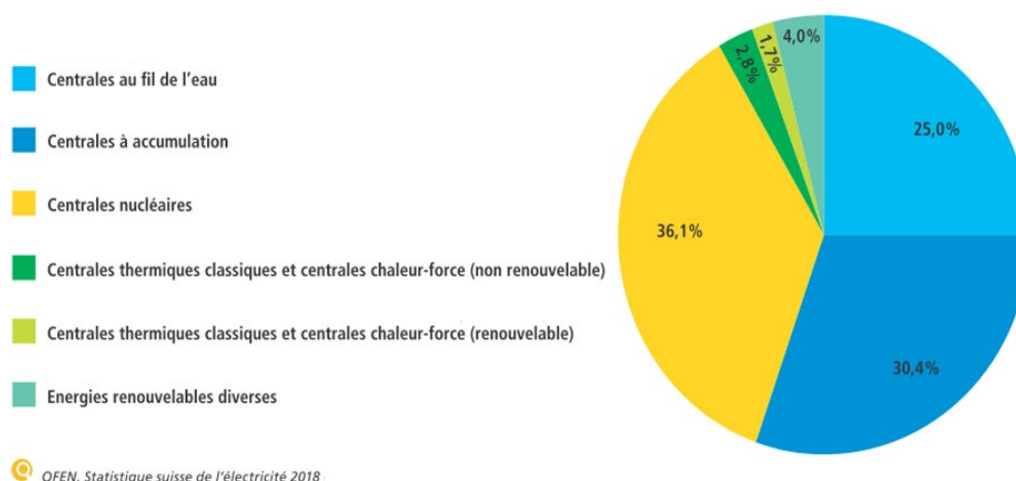
	Estimation du nombre de centrales en 1914	Nombre de centrales en 1973
Centrales hydrauliques < 300 kW	6'700	1'900
Centrales hydrauliques > 10 MW	14	163

Tab. 1 : Recul massif du nombre de petites installations hydroélectriques (Pfammatter & Plot) [19]

L'abandon de nombreuses installations de taille relativement modeste s'explique, d'une part, par le fait que les grandes centrales produisaient de l'électricité à meilleur marché et, d'autre part, une production suffisante face aux besoins.

Dès les années 1920, dans les régions alpines et préalpines, sont construites les premières **centrales hydrauliques à accumulation**, utilisant des lacs naturels ou des bassins créés par des digues construites en rivière. La plupart des grands lacs de retenue artificiels ne sont apparus qu'après la Seconde Guerre mondiale (par exemple Grimsel ou Dixence). Certes, ce sont ici la Confédération et sa régie, les Chemins de fer fédéraux, ainsi que les cantons et les villes du plateau qui, outre les collectivités directement concernées, en étaient les mandants. Mais, ces projets ont aussi bénéficié aux cantons alpins structurellement défavorisés, à travers l'encaissement des taxes de concession, des redevances hydrauliques et des impôts sur les bénéfices des exploitants.

En Suisse, la plupart des centrales à accumulation ont été construites dans les années 1950–1975². En 1966/67, la part de la production d'électricité d'origine hydraulique s'élevait à 97 % environ, pour atteindre une certaine stabilité en 1980. Toutefois, le développement massif de l'énergie nucléaire dans les années 1970 et 1980 a entraîné une diminution de la part de l'énergie hydraulique dans la production totale. Comme le montre le graphique ci-dessous, cette part s'élève aujourd'hui à environ 55 %.



III. 12 : Mix de la production de la Suisse, par catégorie de centrales électriques (selon la Statistique suisse de l'électricité 2018) [20]

1.4 Le rôle des banques

Les banques ont soutenu à la fin du XIX^e siècle « l'essor industriel » et, en particulier, le développement des chemins de fer. On dispose encore de peu d'informations sur la contribution concrète des banques de l'époque aux investissements dans l'énergie hydraulique. On sait que, par exemple, le Crédit suisse (CS) (la première grande banque suisse), fondé en 1856 par le conseiller national libéral zurichois et « roi des chemins de fer », Alfred Escher, a joué un rôle important dans le financement des chemins de fer privés (jusqu'à leur étatisation en 1902).

Au milieu du XIX^e siècle, il existait, outre des banquiers privés, avant tout des caisses d'épargne organisées de façon décentralisée. C'est avec la vague croissante d'industrialisation de la seconde partie du XIX^e et avec les besoins en capitaux y relatifs, que **de grandes banques ont été créées** (comme le Crédit suisse mentionné précédemment). Les années 1870 ont vu une deuxième vague de créations de banques cantonales, qui visaient à libérer le marché des capitaux de la tutelle du grand capital. Les nombreux instituts locaux fondés (« la banque du peuple contre la banque des maîtres »)

² Augmentation de la puissance installée de 8'120 MW à environ 11'500 MW.

répondaient dans une large mesure aux besoins de l'artisanat et des entreprises de taille moyenne, ce qui a probablement aidé les petits et moyens entrepreneurs du secteur de l'énergie hydraulique.

De toute évidence, ce n'est que vers la fin du XIX^e siècle que les **banques cantonales** ont renforcé leurs investissements dans le secteur de l'énergie, c'est-à-dire au moment où se posait la question de la propriété des centrales électriques. C'est ainsi par exemple qu'en 1905/1906, la Banque cantonale bernoise achète, à l'émission ou à des particuliers, des actions de la Société anonyme des usines réunies de la Kander et du Hagneck, qui deviendra plus tard les Forces Motrices Bernoises SA. La banque cède alors un grand nombre d'actions au Canton de Berne. Ainsi, après 1906, le Canton et la banque possédaient quasiment toutes les actions de l'entreprise d'électricité [21]. Cependant, il y a eu d'autres acteurs dans les initiatives précédentes, la production d'études et également, par exemple, dans la construction de l'usine de Hagneck: les industriels du Seeland, les communes locales et également, la Aktiengesellschaft für angewandte Elektrizität Motor de Baden [22].



III. 13 : Usine de Hagneck, salle des machines (1914) [22]

Les **grandes banques** ont vécu un essor dès leur libération du marché déficitaire des chemins de fer (rachat des chemins de fer par la Confédération en 1898 pour environ 1.5 milliard de francs). Dorénavant, elles allaient se concentrer sur le financement de branches de la « seconde révolution industrielle »: l'industrie chimique, la construction des machines, la production d'électricité par la force hydraulique et l'électrotechnique.

L'économie électrique, encore jeune, et l'industrie des machines ont en outre commencé à se lier avec les banques en fondant **des sociétés de financement** (telles que la société « Elektrizität Motor AG » de Baden citée ci-dessus) [23]. Ces sociétés ont émergé à partir de 1890 à l'initiative de grandes banques, la plupart du temps pour le financement de l'économie électrique en Suisse et à l'étranger. Les importants besoins en capital et le risque entrepreneurial élevé, propres à cette phase d'industrialisation, ont incité quelques entreprises à fonder, en lien avec des banques et d'autres bailleurs de fonds, des filiales sans activités opérationnelles, destinées exclusivement à la participation à d'autres entreprises (le plus souvent via des obligations). Exemple classique d'une telle société : Elektrowatt ([24], [25]), fondée en 1895 sous le nom de Bank für Elektrische Unternehmungen (en bref « Elektrobank ») par la société allemande Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft (AEG) en lien avec un consortium bancaire sous la direction du Crédit Suisse. Il s'agissait alors d'une société de financement typique de l'industrie électrique de la fin du XIX^e siècle.

Aujourd'hui encore, le rôle joué par les banques dans la croissance économique de l'époque reste à analyser en détail. Certains instruments tels que les crédits en compte courant répondaient certes aux besoins du commerce et de l'industrie, mais dans quelle mesure ont-ils été utilisés par l'industrie ? Cependant, le fait est que, en Suisse comme ailleurs, **l'autofinancement** a été un facteur essentiel de la croissance industrielle. Les banques d'affaires se chargeaient, sur le mandat et pour le compte des sociétés industrielles, des opérations d'émission, lesquelles incluaient la transformation

d'entreprises privées en sociétés anonymes, des augmentations de capital et des restructurations d'entreprises déficitaires [26].

1.5 Profit persistant pour les régions de montagne défavorisées

Les cantons possèdent toujours les droits sur la force hydraulique, droits qu'ils peuvent conférer aux communes ainsi qu'à d'autres collectivités. Si les cantons sont libres de prélever des « **redevances hydrauliques** », c'est le Conseil fédéral qui en détermine la méthode de calcul et le montant maximal. Lors de son introduction, au début de 1918, la redevance hydraulique maximale s'élevait à 8,16 francs par kW (6 francs par CV). Depuis 2015 et jusqu'à fin 2024, elle est fixée à 110 francs par kW (« kilowatts théoriques ») [27]. Les centrales dont la puissance installée est inférieure à 1 MW sont exemptées de la redevance hydraulique.

Un canton, ou une commune, dispose donc de deux possibilités de tirer des revenus supplémentaires de ses ressources hydrauliques:

1. **conférer les droits d'eau** à des tiers (par exemple à des fournisseurs privés) et utiliser les revenus des redevances hydrauliques;
2. **exploiter eux-mêmes** les droits d'eau (gains sur les ventes d'électricité).

La plupart du temps, les cantons et les communes n'exercent pas les droits d'eau eux-mêmes, mais les confèrent à des concessionnaires privés.

[La redevance hydraulique – principale taxe frappant l'utilisation de la force hydraulique en Suisse](#), Office fédéral des eaux et de la géologie (OFEG) [28]
[Article Wikipédia « Wasserzins »](#) (en allemand) [29]

C'est ainsi que l'énergie hydraulique continue à offrir, en plus des avantages écologiques, des **avantages économiques décisifs** via les droits d'eau. Les cantons de montagne bénéficient de 1'000 millions de francs de recettes issues des redevances hydrauliques, des impôts correspondants, des compensations, des investissements et des salaires. La redevance hydraulique à elle seule rapportait, en 2014, aux cantons et aux communes quelque 515 millions de francs (ce qui correspond en moyenne à 0.012 franc par kWh) [30]. Ainsi, environ 25 % des recettes publiques totales du canton d'Uri proviennent de l'énergie hydraulique. Il faut noter, dans ce contexte que, si une part significative des impôts des groupes d'électricité est prélevée sur le Plateau, où se trouvent leurs sièges, la plus grande partie de leur production provient, au vu de la topographie, des cantons de montagne, qui profitent ainsi de la redevance hydraulique. En plus des revenus directs, le secteur de l'énergie hydraulique assure de **nombreux emplois**, qui revêtent une importance particulière dans les régions de montagne plutôt faibles économiquement.

Les installations hydroélectriques contribuent à la protection contre les crues, à une **création de valeur élevée** et aux infrastructures routières. Elles servent ainsi en première ligne à la population locale, qui profite en général, lors de la réalisation des centrales électriques, de l'amélioration des routes (notamment des routes d'accès) et de l'approvisionnement en eau, mais aussi d'autres mesures d'accompagnement, notamment du raccordement au réseau pour les vallées isolées. La plupart des centrales électriques sont soumises au **droit de retour**, ce qui signifie, qu'après expiration de la concession, les droits sur l'ensemble de l'installation, y compris ses machines, reviennent pour moitié au canton et pour moitié aux communes. En plus de ses obligations financières, le concessionnaire peut être tenu de fournir une certaine quantité d'électricité **gratuitement ou à un prix préférentiel** à la commune qui lui confère le droit d'eau. Cette énergie à prix préférentiel peut servir à une promotion économique ciblée ou à l'alimentation des caisses communales. Bien que les coûts d'utilisation de la force hydraulique mentionnés ci-dessus soient, du point de vue de la société exploitante, jusqu'à cinq fois plus élevés que dans les pays voisins, cette législation profite en définitive au grand public. Même les communes qui n'ont pas de concessions à attribuer, profitent

indirectement de cet état de fait via la péréquation intercommunale, un fonds dans lequel les communes délivrant des concessions versent une participation de solidarité. Les avantages liés aux recettes issues de la redevance hydraulique et de l'électricité à prix préférentiel, mais aussi la garantie d'une rétribution à prix coûtant du courant injecté (RPC³) offrent des sources de revenus intéressantes pour les communes et les cantons, qu'ils exploitent eux-mêmes leurs droits d'eau ou qu'ils les octroient à des concessionnaires.



III. 14 : Petite centrale hydraulique réhabilitée sur l'Engstligenalp; prise d'eau à 1927 mètres d'altitude [31]; puissance installée de 600 kW (précédemment 60 kW)

2. La petite hydraulique aujourd'hui

2.1 Aspects techniques et état de la recherche

En Suisse, on désigne par « **petites centrales hydrauliques** » des centrales d'une puissance **inférieure à 10 MW**. Actuellement (en 2019), on évalue à **1'400** le nombre de **petites centrales hydrauliques** en activité en Suisse, pour une puissance installée totale d'environ 980 MW et une production annuelle d'environ 4'000 GWh (**4.0 TWh**) [32]. Les **hauteurs de chute** possibles vont de 2 m à environ 2'000 m.

L'époque de la construction de nouvelles centrales électriques de grande ampleur nécessitant d'inonder des vallées entières est désormais révolue, car de tels ouvrages se heurteraient à une résistance politique beaucoup trop forte. Pourtant, la **grande hydraulique** recèle encore un **potentiel d'optimisation** de l'ordre de quelques pourcents, mais qui, dans l'absolu, présente des augmentations de puissance importantes. En revanche, les petites centrales, dont de nombreuses ont été mises hors service, présentent un **important potentiel de revitalisation**. Même l'écologie y gagnerait, dans la mesure où un tel processus permettrait de restaurer la libre migration des poissons par l'installation de dispositifs de dévalaison et de montaison.

Module V	Aspects écologiques et socio-économiques
Chapitre V-1	Aspects environnementaux
Module IV	Aspects juridiques et politiques
Chapitre IV-1	Conditions-cadres juridiques pour l'utilisation de la force hydraulique

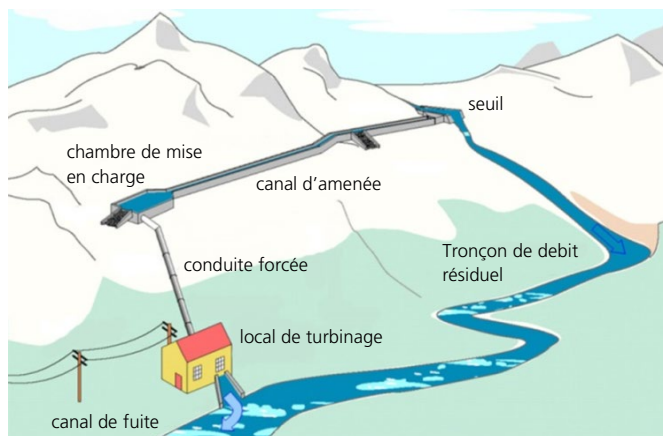
³ RPC : Rétribution à prix coûtant – par commodité, RPC peut désigner également le système de rétribution à l'injection, SRI, mis en vigueur le 01.01.2018



III. 15: Echelle à poissons de la centrale électrique de Soor (construite en 2001/2002) [33]

Les petites centrales hydrauliques sont la plupart du temps ce qu'on appelle des **centrales en dérivation**. D'autres types de centrales électriques sont décrits au chiffre 3.1 « Types de centrales ».

L'illustration suivante [34] présente le schéma d'une centrale en dérivation typique.



III. 16: Représentation schématique d'une centrale en dérivation

Pour une estimation grossière de la **puissance disponible** sur un site, on peut utiliser la formule ci-après:

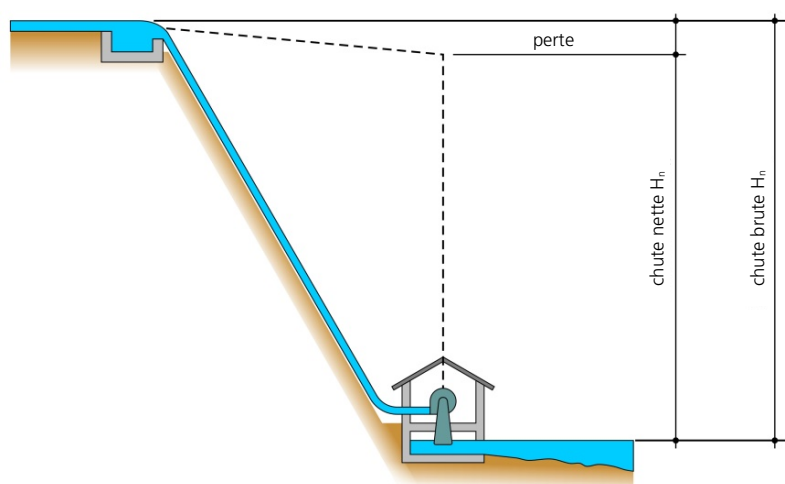
$$P = Q \times H_b \times 7.5$$

P = Puissance en kW

Q = Débit en m³/s

H_b = Hauteur de chute brute en mètres

Le **facteur 7.5** se compose des éléments suivants: accélération gravitationnelle, masse volumique de l'eau, pertes dans les aménagements hydrauliques, la conduite forcée (voir le graphique), la turbine, l'accouplement et le générateur.



III. 17 : Représentation schématique des pertes de pression

Coûts: Les investissements usuels sont compris entre 2'000 et 20'000 francs par kW. Les centrales de taille supérieure et celles situées dans des infrastructures existantes (par exemple les réseaux d'eau potable) présentent des investissements spécifiques plus faibles, notamment lorsqu'il est possible d'utiliser une conduite d'eau existante comme conduite forcée. De très petites centrales, des sites difficiles d'accès ou présentant de hautes exigences écologiques induisent des investissements spécifiques plus élevés.

Module III	Aspects économiques
Chapitre III-1	Coûts et durées d'amortissement
Module VI	Exemples

Durée de la planification et de la construction: Pour les installations nouvelles, il faut tabler sur cinq ans ou plus. Si par contre, on dispose déjà d'éléments de l'installation et des droits d'eau, on doit compter un an au minimum, en fonction des procédures d'autorisation y relatives.

Module II	Aspects techniques
Chapitre II-4	Planification et processus de planification

Dans le cadre des programmes [PACER](#) [35] (« Programme d'Action Energies Renouvelables », 1990-1996) et [DIANE 10](#) [36] (« Diffusion d'applications innovatrices de nouvelles techniques énergétiques », années 1990), financés par la Confédération, d'importantes **publications** ont vu le jour. Celles-ci sont disponibles sur le site internet de l'Office fédéral de l'énergie.

Module II	Aspects techniques
Modules III	Aspects économiques
Module IV	Aspects juridiques et politiques
Module V	Aspects écologiques et socio-économiques
Module VI	Etudes de cas

La **recherche** et le développement dans le domaine de la petite hydraulique s'orientent avant tout vers des solutions à la fois plus économiques, plus performantes et plus fiables, telles que [37]:

- Technique de construction: solutions sans local de turbinage, par exemple machines à basse pression en chambre d'eau ouverte et installations immergées.

- Matériaux, composants, technologie, exploitation: optimisation des turbines (par exemple des solutions pour les canalisations d'eau potable et les installations industrielles), amélioration des installations à ultra-basse chute, actionneurs sans maintenance, solutions pour l'optimisation de l'exploitation et pour la commande à distance, grilles et dégrilleurs sans maintenance, etc.
- Rentabilité, potentiels, changements climatiques: études de potentiel, en particulier au niveau de la valorisation de l'énergie des infrastructures existantes (réseaux d'eau notamment), petites centrales à pompage-turbinage décentralisées, évaluation des risques, etc.
- Ecologie: dévalaison et montaison, gestion du charriage des matériaux, solutions à basse chute (pour la suppression des tronçons à débit résiduel), grilles pour la protection des poissons, etc.

[Programme de recherche Force hydraulique](#) [38]

2.2 Potentiel de développement et défis

Au total, en 2018, l'énergie hydraulique couvre actuellement environ **55 %** (cf. Ill. 12) [20] de la production suisse d'électricité, dont environ **11 %** pour la petite hydraulique.

En moyenne, la production totale d'énergie hydraulique se répartit comme suit entre les différentes tailles d'installation:

Puissance (él.)	Nombre	Production annuelle moyenne d'électricité	Part
< 0,3 MW	>900	> 300 GWh	1 %
0,3 – 1 MW	243	669 GWh	2 %
1 – 10 MW	228	3'046 GWh	8 %
> 10 MW	187	32'734 GWh	89 %

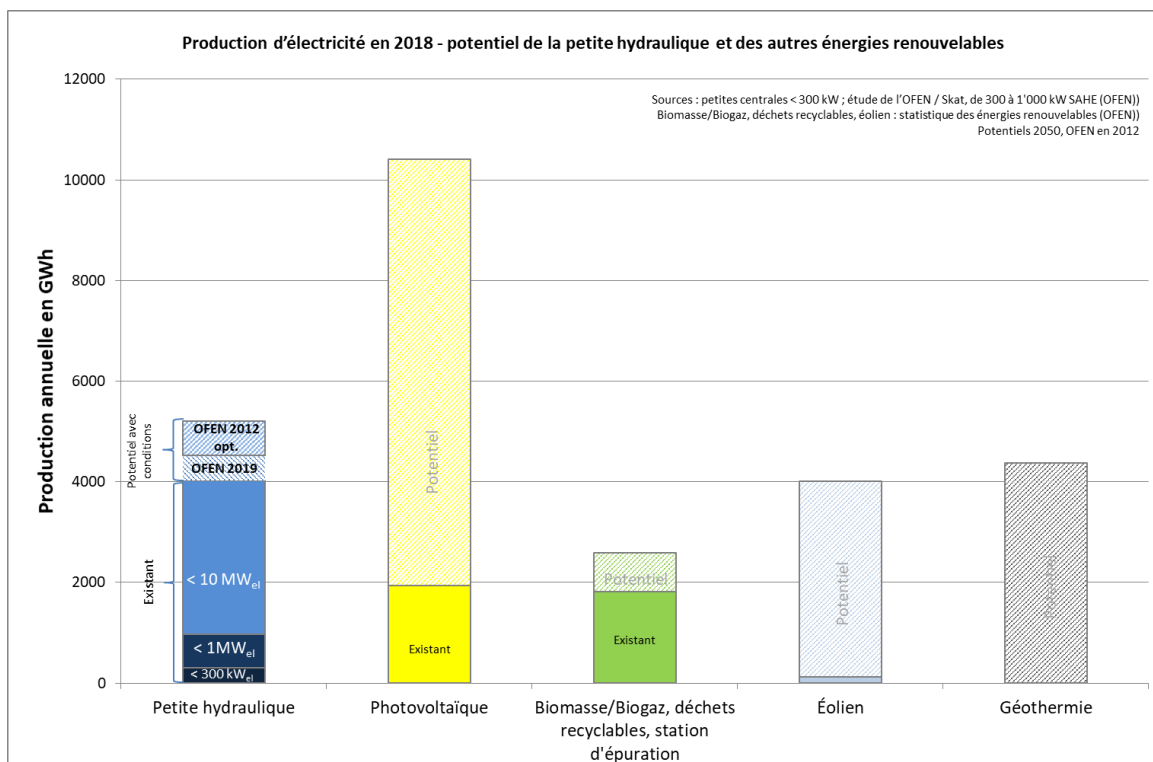
Tab. 2: Production d'électricité annuelle moyenne des installations hydroélectriques des différentes gammes de puissance, sans pompage-turbinage et en comptant seulement la part suisse des centrales frontalières (état au 31.12.2018) [32], [39], [40].

La **production totale d'électricité** issue de l'énergie hydraulique est aujourd'hui de l'ordre de **36'750 GWh** par an (après déduction du pompage-turbinage) ([32], [39], [41]) et pourrait - dans des conditions optimisées - être augmentée de **1 560 GWh au maximum** ([42], [43]). Dans les conditions actuelles, on peut même s'attendre à une baisse de la production à moyen terme d'environ 60 GWh par an, en raison de l'application des mesures sur les débits résiduels et de la suppression des petites centrales hydroélectriques. Il est donc actuellement assez peu probable d'atteindre les objectifs en matière d'énergie hydraulique formulés dans la stratégie énergétique pour 2050 sans améliorer les conditions cadres.

En sus des potentiels que présentent les rivières, il existe un important potentiel **de valorisation de l'énergie hydraulique dans les infrastructures**, notamment dans les réseaux d'eau potable, d'eau d'irrigation ou d'eaux usées, les tunnels, les installations d'enneigement et les bassins de rétention des crues. De tels aménagements offrent souvent des options de turbinage à la fois très économiques et dépourvues d'impacts pour l'environnement. En outre, les procédures d'autorisation pour la production d'électricité sont ici beaucoup plus simples [44].

Module II	Aspects techniques
Chapitre II-3	Les petites centrales comme installation d'exploitation accessoire
Module V	Aspects écologiques et socio-économiques
Module VI	Etudes de cas

Le graphique suivant de Swiss Small Hydro⁴ démontre l'importance de la petite hydraulique par rapport aux autres énergies renouvelables et compare la production à fin 2018 avec les potentiels de développement mis en évidence par une évaluation de l'OFEN de 2012 [45] et mise à jour en 2019 [43].



III. 18: Production annuelle en comparaison de diverses technologies renouvelables [32]

L'énergie hydraulique en Suisse devra faire face, à court ou à long terme, à de grands **défis**:

- la modification des conditions climatiques, qui exercent par exemple une influence sur les précipitations et l'écoulement des eaux,
- les nouvelles conditions-cadre résultant de la Stratégie énergétique 2050 qui excluent les petites centrales hydroélectriques <1000kW_{Br} de la participation au système de tarif de rachat et, dans le cas des centrales <300 kW_{Br}, ne prévoient pas de contributions aux investissements pour la rénovation ou l'agrandissement,
- le Tribunal fédéral s'est prononcé pour le remplacement des droits d'eau permanents par des concessions, et ce dans les meilleurs délais et sans compensation ; plus de 300 petites centrales seraient concernées,
- la libéralisation des marchés de l'électricité et
- l'assainissement des aménagements hydrauliques et les exigences de la loi sur la protection des eaux (notamment sur les débits résiduels et la migration des poissons)

La chute des prix européens de gros et l'incertitude sur leur évolution constituent à l'évidence d'autres difficultés [19].

⁴ Swiss Small Hydro – Association suisse pour la petite hydraulique (anciennement ADUR, Association des Usiniers Romands).

2.3 Contribution à la Stratégie énergétique 2050 et à la réduction du CO₂

La transition énergétique annoncée par les politiques et l'augmentation des besoins en énergies renouvelables exigent un accroissement de l'utilisation de la force hydraulique. La **Stratégie énergétique 2050** prévoit le remplacement de la part de presque 40 % de la production assurée par les centrales nucléaires par des énergies renouvelables. Cela implique notamment d'augmenter la production nationale moyenne d'électricité d'origine hydraulique de 3'160 GWh d'ici 2050.

Le tableau suivant récapitule **les objectifs de développement** de la production d'électricité annuelle moyenne pour l'énergie hydraulique et les autres énergies renouvelables :

En GWh	Production actuelle	Objectif 2035	Objectif 2050
Hydraulique (grosse et petite)	Env. 36'750 ⁵	Au moins 37'400	Au moins 38'600
Energies renouvelables (sans l'hydraulique)	Env. 2'708	Au moins 11'500	Au moins 24'200

Tab. 3: Objectifs de développement de l'énergie hydraulique et des énergies renouvelables jusqu'en 2050

Ces chiffres montrent clairement que l'énergie hydraulique demeure importante relativement aux autres énergies renouvelables.

[Stratégie énergétique 2050, OFEN](#) [41]

Une étude de l'OFEN publiée en août 2019 [43] indique, compte tenu de la faisabilité technique, économique, sociale et écologique, et des conditions cadre actuelles, les potentiels de développement suivants pour l'énergie hydraulique. Cette évaluation révisé drastiquement à la baisse les potentiels estimés en 2012. Dans le cas de la petite hydroélectricité, cette réduction est due aux nouvelles conditions résultant de la Stratégie énergétique 2050. Inversement, cela signifie que l'optimisation des conditions cadres se traduira par une augmentation importante du potentiel :

	Potentiel de développement en GWh:	
	dans les conditions d'utilisation actuelles	dans des conditions d'utilisation optimisées
Nouvelles grandes centrales	760	1'380
Rénovations et agrandissements des grandes centrales	970	1'530
Petite hydraulique (constructions, rénovations et agrandissement)	460	770
Disparition de petites centrales	-350	-220
Effets de la loi sur la protection des eaux (débits résiduels)	-1'900	-1'900
Potentiel total de l'énergie hydraulique d'ici à 2050	-60	1'560

Tab. 4: Potentiel de développement de l'énergie hydraulique compte tenu de la faisabilité technique, économique, sociale et écologique, d'ici (2019) à 2050 [42], [43], [45]

Le potentiel dans des « conditions d'utilisation optimisées » tient compte d'une adaptation des dispositions actuelles de protection de l'environnement et des eaux. Les pertes de production estimées (1'900 GWh) dues à la loi sur la protection des eaux sont issues des expériences de mise en œuvre de l'assainissement des débits résiduels par les cantons. Une augmentation de la production hydraulique totale de 1'560 GWh correspondrait à une croissance de 4 % par rapport à la production

⁵ La production nette annuelle moyenne tirée de l'énergie hydraulique fluctue fortement en fonction des conditions climatiques (précipitations et fonte des neiges). La production nette s'élevait par exemple à environ 31.3 TWh en 2011 et à presque 37.2 TWh en 2015. La valeur indiquée dans le tableau correspond à l'espérance de la production moyenne pour les dernières années.

de 2018. Les chiffres indiqués dans le tableau mettent également en évidence le **rôle fortement dévalorisé de la petite hydroélectricité** dans le cadre de la Stratégie énergétique 2050.

Module IV Aspects juridiques et politiques

Le tableau suivant récapitule les avantages techniques, économiques et écologiques de la petite hydraulique [46].

Avantages techniques	Conséquences
Production décentralisée, régulière et bien prévisible (jour et nuit, été et hiver)	- Ne requiert pas de développement du réseau électrique à haute tension. - Production d'électricité en ruban (ne requiert pas de développement des capacités de stockage).
Production hivernale relativement élevée	En particulier, les petites centrales hydrauliques du Plateau profitent d'hivers humides et de fréquentes fontes des neiges, et fournissent donc de l'électricité dans les périodes de forte demande.
Contribution à la stabilité du réseau	- Production de courant alternatif triphasé, avec possibilité de production de puissance réactive. - Les masses tournantes (générateur / turbine) facilitent, de par leur inertie, la régulation du réseau électrique et contribuent à la stabilité de la fréquence du réseau.
Possibilité d'un fonctionnement en îlot assurant la sécurité de l'approvisionnement	Les petites centrales hydrauliques sont à même d'approvisionner de façon indépendante des villages et des régions en cas de panne du réseau électrique à haute tension.
La réhabilitation, la modernisation et l'agrandissement de l'installation existante amènent généralement des améliorations globales	- La restauration de la migration des poissons et du charriage des alluvions et l'augmentation des débits résiduels exigées par la Loi sur la protection de l'eau améliorent souvent la situation écologique globale du site. - Un équipement moderne permet une utilisation optimale du potentiel existant, une amélioration de la rentabilité et un allongement de la durée de vie. - Dans de nombreux cas, maintien du patrimoine industriel (moulins, vieilles fabriques, etc.).
Avantages économiques	Conséquences
Prix de revient faibles en comparaison avec d'autres technologies encouragées par la RPC	L'encouragement de la petite hydraulique présente l'efficacité la plus élevée avec l'éolien (selon le résultat d'une évaluation du système de rétribution à prix coûtant et le système de rétribution de Pronovo)⁶, [47], [48].
Planification, construction et exploitation avec une création de valeur nationale de presque 95 % [49]	- Création d'emplois dans les régions périphériques. - Avec un quart des employés, l'hydroélectricité est le principal employeur du secteur des énergies renouvelables. En 2011, la petite hydraulique suisse employait 11'171 personnes [50].

⁶ Evaluation de la RPC, OFEN, 2012, citation de la page 7 [48]: « Compte-tenu des coûts d'exécution et de l'effet d'aubaine, un kilowattheure a coûté 13.5 centimes pour la petite hydraulique, 16 centimes pour l'éolien, 18.5 centimes pour la biomasse et 77 centimes pour le photovoltaïque. » Les coûts du photovoltaïque ont fortement baissé depuis 2012. Au 01.04.2019, selon le rapport Pronovo Cockpit [55], un kilowattheure coûte 10.4 centimes pour la petite hydraulique, 10.1 centimes pour l'éolien, 14.9 centimes pour la biomasse et 26.6 centimes pour le photovoltaïque.

Avantages écologiques	Conséquences
En général, pas d'accumulation	Pas de problèmes d'éclusées.
La petite hydraulique permet d'améliorer la migration des poissons	Dans les rivières suisses, quelque 100'000 ouvrages transversaux entravent la migration des poissons, mais seuls environ 1'500 d'entre eux sont liés à des centrales hydrauliques. Ainsi, la plus grande partie d'entre eux n'ont pas été créés pour le turbinage. Mais étant donné le potentiel énergétique de nombre de ces ouvrages, la réalisation d'une petite centrale hydraulique permettrait de financer la restauration de la migration des poissons (solution gagnant-gagnant).
Possibilité technique d'éviter les tronçons à débit résiduel	De nouveaux développements dans le domaine des turbines à basse chute incitent à transformer les centrales en dérivation existantes en centrales au fil de l'eau. De la sorte, le tronçon à débit résiduel n'a plus lieu d'être.
Il arrive souvent qu'après une pesée des intérêts complète, une centrale d'une certaine taille soit transformée en petite centrale	L'accroissement des débits résiduels et le renforcement de la protection du paysage (dans le cadre d'une procédure d'octroi de concession) impliquent certes une valorisation plus faible du potentiel du site (production d'électricité amoindrie), mais les conséquences sur l'environnement en sont également réduites.
La petite hydraulique présente le meilleur bilan énergétique global et les émissions de gaz à effet de serre les plus basses	L'émission de CO₂ des quelque 1'000 petites centrales hydrauliques existantes en Suisse est d'environ 3 % inférieure à celle d'une électricité qui serait importée. - De nombreuses petites centrales hydrauliques sont certifiées Naturemade Star (le label le plus exigeant au moins au niveau européen pour les centrales hydrauliques).

Le tableau de la page suivante démontre de façon explicite la quantité d'électricité que peut produire la petite hydraulique et le volume des émissions de CO₂ ainsi évitées.

Catégorie de puissance (puissance théorique moyenne de l'eau, selon art. 51 LFH)	1 seule centrale hydraulique de 300 kW	1 seule centrale hydraulique de 1'000 kW	L'ensemble des centrales hydrauliques de 300 kW	L'ensemble des centrales hydrauliques de 1'000 kW
Production annuelle d'électricité	2 millions de kWh	6.7 millions de kWh	475 millions de kWh	1'200 millions de kWh
Comparaison avec la consommation électrique annuelle des ménages suisses ⁷	450 ménages, par exemple Gsteig bei Gstaad 	1'500 ménages, par exemple Stein am Rhein (SH) 	> 105'000 ménages, par exemple Lucerne et Lausanne (40'000 + 64'000 ménages) 	> 266'000 ménages (ville de Zurich: 187'000 ménages) 
Comparaison avec le trafic ferroviaire suisse	Permet à un IC2000 de rouler plus de 150'000 km ⁸	Permet à un IC2000 de rouler plus de 500'000 km	18 % de la consommation électrique globale d'électricité des chemins de fer ⁹	45 % de la consommation globale des chemins de fer
Emissions de CO ₂ en cas de remplacement par le mix d'électricité européen ¹⁰	1'200 t CO ₂ , soit 511 vols aller-retour Zurich – New York ¹¹	4'000 t CO ₂ , soit 1'705 vols aller-retour Zurich – New York	283'000 t CO ₂ , soit 1.6 % des émissions globales de CO ₂ de la Suisse imputables aux combustibles ¹²	714'000 t CO ₂ , soit 4 % des émissions globales de CO ₂ de la Suisse imputables aux combustibles

⁷ Les estimations reposent sur une consommation annuelle moyenne de 4'500 kWh par ménage.

⁸ 10 voitures avec une occupation moyenne d'un tiers de leur capacité (508 tonnes); St.-Gall – Genève, 369 km, besoin en énergie de 4'900 kWh par trajet.

⁹ 2013: environ 235 GWh pour les gares, bureaux, ateliers, postes d'aiguillage, etc., et environ 2'442 GWh pour le trafic ferroviaire des CFF et de 13 chemins de fer privés, soit, au total 2'667 GWh par année.

¹⁰ Mix d'électricité selon l'Union pour la coordination du transport et de l'électricité (UCTE) : 595 g CO₂/kWh

¹¹ De Zurich (CH) à New York (USA), aller-retour en classe économique, environ 12'600 km, 1 voyageur: 2.345 tonnes de CO₂ (source myclimate.ch).

¹² 17.37million de tonnes de CO₂, 2013, Source: Office fédéral de l'environnement, <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/climat.html>

2.4 Conditions-cadre juridiques et politiques

Un tarif d'injection garanti de 15 ou 16 centimes par kWh a été introduit en 1992 pour la production de courant électrique issue des énergies renouvelables. Celui-ci a été financé par un fond de compensation des cantons jusqu'en 2005, puis, par la suite, par le **financement des frais supplémentaires (FFS)**. Les installations mises en service après le 1^{er} janvier 2006 ont bénéficié de la **rétribution à prix coûtant du courant injecté (RPC)**, qui, selon les installations, pouvait dépasser 15 centimes par kWh.

Après le 25 mai 2011, date à laquelle le Conseil fédéral a décidé de renoncer progressivement à l'énergie nucléaire, la RPC, pilier principal de la stratégie d'accroissement de la production d'électricité issue des énergies renouvelables, se devait, avec d'autres mesures de soutien, de compenser la différence entre les coûts de production et le prix actuel du marché. Le système de rétribution à prix coûtant prévoyait, pour chacune des technologies d'énergies renouvelables (centrales hydrauliques de moins de 10 MW) des tarifs de rétribution propres, définis par technologie et classe de puissance, sur la base d'installations de référence. La durée de rétribution, pendant laquelle le tarif reste constant, est actuellement de 15 ans pour la petite hydraulique.



III. 19: Conduite forcée de la centrale de 1,8 MW Tambobach, Splügen, en exploitation depuis 2012 [51]

Avec les conditions-cadre en vigueur depuis le 1^{er} janvier 2018, les nouvelles installations de moins de 1MW_{Br} n'ont **plus droit à un tarif de vente subventionné**. Seuls des nouveaux sites de type accessoires, quelles que soient leurs puissances, ou en rivière, de plus de 1MW_{Br}, peuvent entrer dans le **système de rétribution à l'injection, SRI**, et ce, pour une durée de 15 ans. Bien que ce financement existe légalement jusqu'en 2022, aucun fonds n'est actuellement disponible.

Toutefois, des fonds sont encore disponibles pour une **contribution à l'investissement** : les demandes d'aide pour des rénovations ou des agrandissements notables jusqu'en 2030 peuvent être soumises. Cela s'applique en particulier aux sites de type accessoire quelle que soit la puissance et pour les sites en rivière de plus de 300 kW_{Br} [52].

En outre, le **système de commercialisation** directe est également introduit et rendu obligatoire dans certains cas. Selon les statistiques de la RPC de fin 2018, 582 petites centrales hydrauliques présentant une puissance totale de 439 MW et une production annuelle de 1'587 GWh bénéficiaient déjà du système de subvention ([53] ¹³. La RPC a d'abord été à l'origine d'un boom: dans les 33 années qui séparent 1975 de 2008, seules quelque 200 nouvelles petites centrales hydrauliques ont été raccordées au réseau, alors que ce chiffre s'élève à 65 pour la courte période qui s'étend de 2009 à 2014 [54].

[Pronovo](#) [55], [56]

¹³ 97 centrales supplémentaires ont obtenu une décision positive, mais n'étaient cependant pas encore en service, et 296 se trouvaient sur la liste d'attente.

Les coûts de la RPC sont couverts par des **suppléments sur les coûts de transport du réseau à haute tension**. Pronovo (respectivement, pour la période 2006-2017, Swissgrid, Société nationale pour l'exploitation du réseau) assure la réception et la gestion des suppléments (depuis 2018, ce supplément s'élève à 2.3 centimes par kWh) au profit d'un fonds pour l'encouragement des énergies renouvelables et l'assainissement des cours d'eau [57].

Ainsi, comme on s'attendait à ce que le progrès technique induise une réduction des coûts de production, les tarifs de rétribution du RPC ont été abaissés depuis 2018. La force hydraulique étant considérée comme une « technologie arrivée à maturité » et les installations étant pratiquement produites à l'unité, des économies sur les coûts ne sont toutefois guère possibles. En outre, les sites potentiels deviennent tendanciellement moins favorables. Comme il ne faut pas escompter une réduction des prix de revient, l'abaissement des tarifs de rétribution exerce un effet négatif sur le développement de la petite hydraulique et se traduira également par une réduction du potentiel de développement (cf, aussi 2.2)

A noter qu'au lieu d'opter pour la RPC, les producteurs peuvent vendre l'électricité issue des énergies renouvelables comme « **courant vert** » (**avec garantie d'origine**) sur le marché de l'électricité écologique.

Module III	Aspects économiques
Chapitre III-2	Financement
Chapitre III-3	Modèles de revenus
Module IV	Aspects juridiques et politiques

2.5 Aperçu des options de soutien actuelles

Depuis 2008, la petite hydraulique était essentiellement soutenue par la rétribution de l'injection au prix coûtant (RPC). Aujourd'hui la RPC est remplacée par le système de rétribution à l'injection (SRI) [58], qui couvre l'écart entre le prix de revient et le prix du marché pour les producteurs (pour des installations de moins de 10 MW).

Les études sommaires de sites potentiels peuvent bénéficier d'une contribution du [Programme Petites centrales hydrauliques](#) [59] de SuisseEnergie. Cette contribution permet à un chef de projets de petites centrales hydrauliques expérimenté de visiter un site et d'établir des recommandations sur la marche à suivre.

Des [projets innovants, installations pilotes et de démonstration, programmes phare](#) peuvent en outre être soutenus financièrement par l'OFEN [60].

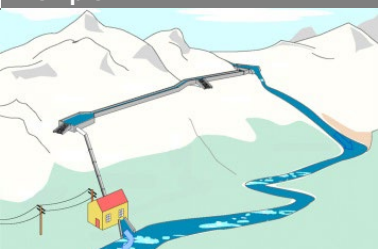
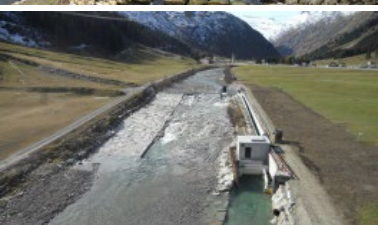
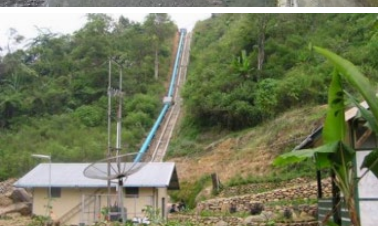
Module III	Aspects économiques
Chapitre III-2	Financement et III-3 . Modèles de revenus
Module IV	Aspects juridiques et politico-stratégiques
Chapitre IV-3	Aspects politico-stratégiques

[Programme petites centrales hydrauliques](#) [59]

3. Définition des termes

3.1 Types d'installations

Le tableau suivant présente les **différents types de centrales hydrauliques** en fonction du type général d'installation, de la hauteur de chute et du domaine d'application [61]:

Type de centrale	Définition / explication	Exemple
Centrale en dérivation	Centrale hydraulique qui prélève l'eau d'un cours d'eau au moyen d'un barrage ou d'un seuil et la restitue en aval. La portion de cours d'eau comprise entre le prélèvement et la restitution est appelée tronçon de débit résiduel.	
Centrale au fil de l'eau	Centrale hydraulique construite directement sur le cours d'eau et qui turbine en permanence l'eau qui afflue, sans la stocker (même si un petit reflux peut se produire). Les turbines sont la plupart du temps intégrées directement dans le corps du barrage, de sorte qu'il n'y a ni canal de dérivation ni tronçon de débit résiduel.	
Centrale à très basse chute	- Centrales hydrauliques présentant une hauteur de chute très faible (< 5 m). - La turbine est la plupart du temps intégrée directement dans le corps du barrage, de sorte qu'il n'y a pas de tronçon de débit résiduel.	
Centrale à basse chute	- Installations d'une hauteur de chute inférieure à 15 m environ. - Grand débit et hauteur de chute faible - La turbine est la plupart du temps intégrée directement dans le corps du barrage ; pas de tronçon de débit résiduel	
Centrale à chute moyenne	Hauteur de chute moyenne de plusieurs dizaines de mètres.	
Centrale à haute chute	- Hauteur de chute supérieure à 50 mètres (jusqu'à environ 2'000 m). - Souvent faible débit turbiné à haute pression - Ce sont toujours des centrales en dérivation.	

Centrale de dotation	• Ce type de centrale est en quelque sorte une « centrale dans la centrale ». Toujours directement intégrée dans le barrage d'une centrale en dérivation, elle utilise le débit résiduel prescrit par la loi. • L'utilisation du débit résiduel permet de récupérer une partie de l'énergie « perdue ».	
Centrale dans des infrastructures ou centrale de type-accessoire	• La turbine est intégrée à une infrastructure hydraulique existante (servant à un autre but que la production d'énergie) et en utilise le débit et la pression. • Exemples (voir ci-dessous): réseau d'eau potable, d'eaux usées, installation industrielle, système d'enneigement, etc.	
Centrale sur eau potable	• Centrale qui utilise la pression excédentaire d'un réseau d'eau potable.	
Centrale sur eaux usées	• Centrale qui utilise la pression excédentaire d'un réseau d'eaux usées.	
Centrale sur eaux d'irrigation	• Centrale qui utilise la pression excédentaire d'un réseau d'eau d'irrigation.	
Centrale à eaux de tunnel	• De l'eau captée dans un tunnel est dérivée et utilisée pour la production d'électricité.	

3.2 Glossaire

Le tableau suivant revient sur quelques définitions de base (par ordre alphabétique):

Terme	Définition / explication
Canal d'amenée	Canal en terre, en pierre ou en béton, permettant à l'eau de parcourir le tronçon séparant le barrage ou le seuil de l'arrivée à la centrale (ou au bassin de mise en charge de la conduite forcée).
Centrale exploitant la vitesse du courant d'eau	Centrale utilisant l'énergie cinétique du cours d'eau. Cette technologie, qui n'est pas encore utilisée – ou très peu - en Suisse, demande encore à être développée.
Conduite forcée	Conduite qui transporte l'eau sous pression de la prise d'eau à la turbine.
Débit	Volume d'eau qui s'écoule par unité de temps à un point de mesure donné. Le débit est exprimé en m ³ /s (mètres cubes par seconde).
Débit d'équipement ou débit nominal	Débit en fonction duquel une turbine est dimensionnée. Bien sûr, la turbine peut aussi turbiner de plus petits et parfois même de plus grands débits, mais le rendement se détériore rapidement. Le débit nominal est établi sur la base des données du cours d'eau (hydrologie) et du rapport investissements/production de l'installation.
Débit résiduel et tronçon à débit résiduel	Dans les centrales qui ne restituent pas l'eau immédiatement après le barrage ou le seuil (pour obtenir une chute plus importante et ainsi une production électrique plus élevée), on appelle tronçon de débit résiduel le tronçon situé entre le barrage/le seuil et la restitution de l'eau turbinée. Le tronçon de débit résiduel se voit, pour des raisons écologiques, doté d'un débit résiduel (minimal). Le débit résiduel est la part du débit qui n'est pas utilisée dans la centrale et doit rester dans le cours d'eau. Il est déterminé par la loi sur la protection des eaux et varie en fonction des centrales.
Dévalaison (dispositif de)	Installation qui permet aux poissons de migrer en contournant la centrale. La migration vers l'aval (dévalaison) peut se faire via des dispositifs spéciaux (toboggans) et pendant des épisodes de crue par-dessus le barrage/le seuil.
Droit d'eau ou concession	Acte officiel donnant le droit au propriétaire d'une centrale hydraulique de prélever sur une dénivellation déterminée une quantité d'eau fixée et d'en utiliser la force.
Hauteur de chute	Différence de hauteur entre le niveau de l'eau au-dessus de la turbine (niveau d'eau amont) et le niveau de l'eau en-dessous de la turbine (niveau d'eau aval).
Montaison (dispositif de)	Installation qui permet aux poissons de migrer en contournant la centrale. La migration vers l'amont (montaison) se fait via des dispositifs spéciaux tels que les chenaux de contournement, ou les échelles ou les ascenseurs à poissons.
Ouvrage de fuite	Canal, en terre, en pierre ou en béton, qui reconduit à la rivière l'eau turbinée.
Perte de pression	Pertes d'énergie résultant de modifications de direction dans l'écoulement de l'eau, de frottements contre les parois des conduites, d'obstacles (par exemple des grilles), etc.
Production électrique	La quantité d'électricité produite par une centrale. Elle est exprimée en kilowattheures (kWh). Une centrale électrique qui fonctionne 1 heure à une puissance de 50 kW produit 50 kWh. A l'inverse, une ampoule de 100 watts (0.1 kW) qui fonctionne pendant 10 heures consomme 1 kWh.

Puissance	La puissance électrique (totale) d'une centrale est égale au produit du débit disponible (en litres ou en mètres cubes par seconde), de la hauteur de chute (en mètres), des divers rendements des ouvrages et des équipements, des constantes de l'accélération gravitationnelle et de la masse volumique de l'eau. Dans une petite centrale hydraulique, plusieurs puissances peuvent être calculées: la puissance hydraulique, la puissance mécanique fournie par la turbine et la puissance électrique produite par le générateur. Toute conversion d'énergie implique des pertes. La puissance est exprimée en watts (W). Pour faciliter la lecture, on utilise souvent les unités kilowatt (1000 W) ou mégawatt (1000 kW).
Puissance nominale	La puissance à laquelle une centrale électrique est dimensionnée. En fonction du volume d'eau (débit nominal) et de la hauteur de chute
Puissance théorique moyenne de l'eau (ou puissance mécanique théorique moyenne)	Puissance annuelle moyenne disponible sur un site avec un débit d'eau équipé donné. Toutes les pertes (conduite forcée, turbine, etc.) sont négligées. Cette puissance est utilisée pour le calcul de la redevance hydraulique. Elle est définie dans l'article 51 dans la Loi sur l'utilisation de la force hydraulique (LFH).
Redevance hydraulique	Taxe à payer pour l'utilisation de l'eau d'un cours d'eau public. La redevance hydraulique s'applique seulement à des installations dont la puissance brute hydraulique moyenne dépasse 1 mégawatt.
Rendement	Ce mot exprime la quantité d'une énergie qui est convertie en une autre. Un rendement mécanique de 90 % d'une turbine signifie par exemple que 90 % de l'énergie fournie par l'eau est convertie en énergie mécanique.
Revitalisation	Centrales désaffectées qui sont assainies et remises en exploitation. En Suisse, il y a une multitude d'installations désaffectées. Dans de nombreux cas, la rénovation permet, par une adaptation des caractéristiques d'exploitation et un équipement plus moderne, d'atteindre une augmentation de production de 30 à 200 % et souvent une amélioration écologique significative.

4. Acteurs et organisations

4.1 Secteur public

Nom	Adresse	Interlocuteurs
Office fédéral de l'énergie OFEN	Office fédéral de l'énergie Mühlestrasse 4 3063 Ittigen www.ofen.admin.ch https://www.suisseenergie.ch Information et conseil sur la petite hydraulique	Services d'informations petite hydraulique: • Suisse romande Swiss Small Hydro, Aline Choulot, c/o MhyLab, Chemin du Bois Jolens 6, 1354 Montcherand Tél. 024 442 87 87 romandie@smallhydro.ch • Suisse alémanique Swiss Small Hydro, Martin Bölli c/o Skat, Vadianstrasse 42, 9000 St. Gallen Tél. 079 373 70 47 deutsch@smallhydro.ch • Ticino Swiss Small Hydro, Pasqualino Pansardi / Daniele de Patre, c/o Premel Sa, Via Riale Righetti 24, 6503 Bellinzona Tel. 091 873 48 00 italiano@smallhydro.ch https://swissmallhydro.ch/fr/infostelle-kleinwasserkraft-2/
Brève description		
Pertinence pour la petite hydraulique : <u>Programme Petites centrales hydrauliques:</u> Dans le cadre de ce programme, l'OFEN soutient directement et indirectement une utilisation rentable du potentiel de développement existant dans les installations d'une puissance inférieure à 1 MW. Cela comprend l'établissement d'analyses sommaires (par exemple sur le potentiel des centrales sur l'eau potable ou l'analyse des coûts), l'édition d'une newsletter (trois fois par année) et de nombreuses publications, travaux de recherche sur les petites centrales hydroélectriques, etc.. Domaine d'expérience (en particulier dans la petite hydraulique) et compétences : Point de contact pour les encouragements étatiques, l'OFEN organise et coordonne un certain nombre d'activités dans le domaine de la petite hydraulique. Informations / prestations : Information et conseil via les sites de « Information et conseil » (Swiss Small Hydro) et la Newsletter Petite Centrale Hydraulique Error! Reference source not found., la possibilité de télécharger de nombreuses publications, des statistiques, soutien financier pour la préparation d'analyses sommaires, etc. ; gestion du programme de recherche "Hydroélectricité" et du programme « suisseenergie ».		

Nom	Adresse	Interlocuteurs
Office fédéral de l'environnement OFEV	Office fédéral de l'environnement Papiermühlestrasse 172 3063 Ittigen Adresse postale: OFEV 3003 Bern www.ofev.admin.ch	Tél. 058 462 93 11 info@bafu.admin.ch Division hydrologie Division eaux
Brève description		
Pertinence pour la petite hydraulique En particulier, le système national d'information sur les cours d'eau GEWISS [62] peut être utile à la définition de la courbe des débits classés d'un cours d'eau pour les évaluations du potentiel hydraulique et le débit atteint ou dépassé 347 jours par année, Q_{347}, pour le calcul des débits résiduels. Ce paramètre fait également partie des évaluations statistiques régulières de l'OFEV. Domaine d'expérience (en particulier dans la petite hydraulique) et compétences L'OFEV gère un important réseau de mesures de débits dans toute la Suisse, dépouille toutes les données relevées, publie des analyses approfondies, des prévisions de crues, etc. Informations / prestations L'OFEV met à disposition des informations étendues sur les bassins versants en Suisse et des renseignements hydrologiques pertinents.		

Nom	Adresse	Interlocuteur
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC	Secrétariat général du DETEC Kochergasse 6 3003 Bern www.detec.admin.ch	Tél. 058 462 55 11 info@gs-uvek.admin.ch
Brève description		
Pertinence pour la petite hydraulique En sa qualité de département chapeautant l'OFEN, l'OFEV et d'autres offices, le DETEC est responsable de la coordination entre les offices, des stratégies politiques globales et des échanges avec l'étranger. Domaine d'expérience (en particulier dans la petite hydraulique) et compétences Formulation de buts politiques et de stratégies globales. Informations / prestations Le DETEC met notamment à disposition des renseignements sur les procédures législatives en cours (consultations), des informations aux médias et des documents officiels.		

Nom	Adresse	Interlocuteur
PRONOVO	Pronovo AG Dammstrasse 3, 5070 Frick www.pronovo.ch	Tél. 0848 014 014 info@pronovo.ch
Brève description		
Pertinence pour la petite hydraulique Issu d'une externalisation de Swissgrid liée à la nouvelle loi sur l'énergie en janvier 2018, Pronovo est en charge, sur mandat de la Confédération, de l'exécution de l'encaissement du supplément réseau, de la gestion des programmes d'encouragement (FFS, RPC, SRI) et de l'établissement des garanties d'origine. Domaine d'expérience (en particulier dans la petite hydraulique) et compétences Thèmes concernant le FFS, la RPC et le SRI. Informations / prestations Pronovo prépare tous les formulaires pour la RPC, du dépôt de la demande à la rétribution, et met à disposition d'autres informations.		

Nom	Adresse	Interlocuteur
Services cantonaux de l'énergie et services d'information en matière d'énergie		
Brève description		
Une liste des services de l'énergie et des services d'information en matière d'énergie (adresse, téléphone, courriel, adresse internet, etc.) de tous les cantons est disponible dans la base de données de l'OFEN : https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/actualites-et-medias/publications/_jcr_content/par/externalcontent.external.ext.url.pdf/aHR0cHM6Ly9wdWJkYi5iZmUuYWRTaW4uY2gyZnlvcHVibGljYX/Rpb24vZG93bmVvYWQvMTAwMS5wZGY=.pdf		

4.2 Secteur privé

Le site internet de Swiss Small Hydro propose une [liste étendue de fournisseurs de la branche de la petite hydraulique \(Fournisseurs principaux\)](#).

4.3 ONG, associations et autres organisations pertinentes

Nom	Adresse	Interlocuteurs
Swiss Small Hydro – Association suisse pour la petite hydraulique	Secrétariat Swiss Small Hydro c/o Skat Consulting Vadianstrasse 42 CH-9000 St. Gallen http://www.swissmallhydro.ch	Martin Bölli (Infostelle Kleinwasserkraft) Mobil 079 373 70 47 E-Mail info@swissmallhydro.ch
Brève description		
Pertinence pour la petite hydraulique Association professionnelle pour tous les acteurs de la petite hydraulique, dont le centre InfoEnergie, soutenu par la Confédération, fournit des conseils pour les questions techniques et politiques liées à la petite hydraulique. Domaine d'expérience (en particulier dans la petite hydraulique) et compétences Vaste expérience dans les questions techniques et juridiques et les questions en lien avec la politique d'encouragement. Fondée en 1982 (originellement sous les noms d'ISKB pour la section suisse-allemande et d'ADUR, association des Usiniers romands, pour la section romande ; réunis sous « Swiss Small Hydro » depuis 2016). Informations / prestations Informations et conseils pour des questions techniques et politiques (service d'information); informations sur les échéances actuelles; travail de lobbying politique; publication de la revue spécialisée « Kleinwasserkraft / Petite hydro » (trois fois par année); organisation de séminaires (deux fois par année); publication des « Fournisseurs principaux » pour la présentation des membres; coopération avec des associations partenaires (AEE SUISSE, Agenda 21 pour l'eau, etc.)		

Nom	Adresse	Interlocuteur
Association suisse pour l'aménagement des eaux ASAE	Rütistrasse 3a Postfach, CH-5401 Baden https://www.swv.ch/fr/	Tél. 056 222 50 69 info@swv.ch
Brève description		
Pertinence pour la petite hydraulique : Représentation des intérêts des exploitants d'installations hydrauliques d'une certaine taille; régit les deux domaines « force hydraulique » (commission technique « Hydrosuisse ») et « protection contre les crues et aménagements hydrauliques »; participation à la législation dans le domaine de la force hydraulique; échange d'informations et de connaissances; collaboration à des groupes de travail, à des études et à des projets. Domaine d'expérience (en particulier dans la petite hydraulique) et compétences : Large spectre d'expérience dans la grande hydraulique; informations étendues sur l'ensemble de l'utilisation de la force hydraulique en Suisse (parc de centrales, production d'électricité, etc.). Fondée en 1910 à Zurich. Informations / prestations : Publication de la revue spécialisée « Eau, énergie, air »; publications de travaux scientifiques et en lien avec la pratique; organisation de manifestations diverses (symposiums, etc.); organisation de cours de perfectionnement etc.		

Nom	Adresse	Interlocuteur
Association des entreprises électriques suisses AES	Bureau de Lausanne Avenue Louis Ruchonnet 2 1003 Lausanne https://www.strom.ch/fr	Tél. 062 825 25 25 info@electricite.ch
Brève description		
Pertinence pour la petite hydraulique Les membres de l'AES représentent plus de 90 % de l'approvisionnement en électricité en Suisse! Domaine d'expérience (en particulier dans la petite hydraulique) et compétences Participation à la conception des conditions-cadre politiques; plaque tournante pour les informations de la branche électrique (notamment sur le thème de la force hydraulique); formation de base et continue; office spécialisé pour les questions techniques, juridiques et politiques. Fondée en 1895. Informations / prestations Informations de qualité et étendues sur tous les thèmes pertinents et actuels de l'économie électrique; formation professionnelle; offre de congrès, de cours, de conseils, etc.		

Nom	Adresse	Interlocuteur
AEE Suisse, organisation faîtière de l'économie des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique	Falkenplatz 11 Postfach 3001 Bern www.aeesuisse.ch	Tél. 031 301 89 62 info@aeesuisse.ch
Brève description		
Pertinence pour la petite hydraulique Organisation faîtière représentant les intérêts de 30 associations de branche et de 15'000 entreprises et fournisseurs d'énergie du domaine des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique, l'AEE ne se préoccupe pas particulièrement de la petite hydraulique. Elle est toutefois un acteur important de la politique énergétique et encourage, via « l'intergroupe parlementaire Energies renouvelables », le dialogue entre l'économie et la politique. Via son conseil scientifique, l'AEE a des contacts avec les universités (également sur le plan international). Domaine d'expérience (en particulier dans la petite hydraulique) et compétences Domaine d'expérience plutôt large (énergies renouvelables et efficacité énergétique) dans la politique énergétique, la promotion économique, etc. Fondée en 2009. Informations / prestations: Organisation annuelle d'un congrès national sur les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique; publications de diverses brochures, communiqués de presse, études, etc., sur les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique.		

Nom	Adresse	Interlocuteur
Association Suisse des Amis des Moulins ASAM	Siège principal Sekretariat VSM/ASAM Spitzmüli 1087 9114 Hoffeld/SG http://www.muehlenfreunde.ch	info@muehlenfreunde.ch Autres possibilités de contact sous: https://www.muehlenfreunde.ch/fr/contacts/
Brève description		
Pertinence pour la petite hydraulique Association d'intérêts qui a pour but l'étude, la conservation et l'exploitation des moulins suisses en tant qu'éléments du patrimoine culturel. Elle mène à cet effet un travail de relations publiques et coopère avec des associations analogues aux niveaux national et international. Domaine d'expérience (en particulier dans la petite hydraulique) et compétences Vaste expérience sur toutes les questions en lien avec les moulins. Fondée en 2000. Informations / prestations Organisation annuelle de la Journée suisse des moulins et publication, à cette occasion, d'un guide des moulins; publication de la feuille d'information « Lettre du moulin »; organisation chaque année d'une excursion de deux jours; bourse aux pièces détachées (produits et services); base de données avec situation et description des moulins par canton; blog sur le thème des moulins; informations sur les publications pertinentes et recueil de liens sur le thème des moulins.		

Nom	Adresse	Interlocuteur
Schweizerischer Verein für Lehr- und Demonstrationskraftwerke SVLD (Organisation suisse pour l'enseignement et la démonstration des centrales électriques)	Adresse postale: SVLD Postfach 7075 Churwalden http://www.svld.ch	Président: Patrik Janett, Visio 11 GmbH Kirchbühlweg 5 7206 Igis Mobile: 079 305 72 55 patrik.janett@svld.ch Autre possibilité de contact sous: http://www.svld.ch/index.php/organisation Site en allemand uniquement
Brève description		
Pertinence pour la petite hydraulique Promotion de la compréhension de la production d'énergie électrique et sélection d'installations de production d'électricité de conception traditionnelle ou nouvelle à des fins de formation de base et continue scolaire et extra-scolaire. Domaine d'expérience (en particulier dans la petite hydraulique) et compétences Exploitation d'une micro-centrale hydraulique (2 kW, « centrale électrique à haute chute en "format de poche" en tant que centrale hydraulique de démonstration destinée en particulier aux écoles [des écoles primaires jusqu'aux écoles d'ingénieurs]). Fondée en 1988. Informations / prestations Offre de formations sur tous les composants techniques d'une installation hydroélectrique (y compris les principes de base de l'électricité) pour des groupes d'élèves, des associations, des entreprises, des étudiants et toute personne intéressée.		

Nom	Adresse	Interlocuteur
Interessengemeinschaft Kleinwasserkraft Glarnerland (Groupement d'intérêt de la PCH de Glarnerland)	IG Kleinwasserkraft Glarnerland Bahnhofstrasse 1, 8783 Linthal http://www.kleinwasserkraft-gl.ch (en allemand uniquement)	Tél. 055 653 6080 linthal@hacontex.ch
Brève description		
Pertinence pour la petite hydraulique Groupement (association) d'exploitants de centrales hydrauliques du canton de Glaris représentant les intérêts des petites centrales hydrauliques de Glaris dans les processus politiques et les litiges juridiques; met en lien les intérêts des membres et les soutient vis-à-vis des autorités, la société civile et les organisations de protection de l'environnement. Domaine d'expérience (en particulier dans la petite hydraulique) et compétences Représentation des intérêts des propriétaires et exploitants de petites centrales pour les questions techniques (par exemple la sécurité au travail), juridiques, économiques et politiques. Fondée en 2010. Informations / prestations: Représentation graphique de toutes les centrales électriques du canton de Glaris, avec spécifications techniques et descriptions détaillées.		

Nom	Adresse	Interlocuteurs
Association pour une énergie respectueuse de l'environnement VUE (label naturemade)	Association pour une énergie respectueuse de l'environnement Molkenstrasse 21 8004 Zürich https://www.naturemade.ch/fr/	Pascal Steingruber (responsable coordination spécialisée Energie hydraulique) pascal.steingruber@naturemade.ch Tél. 044 213 10 21
Brève description		
Pertinence pour la petite hydraulique Naturemade est un label de qualité pour une énergie issue à 100 % de sources renouvelables. Pour l'énergie hydraulique, il garantit la protection des cours d'eau et des espèces qui y vivent ainsi que des mesures d'amélioration écologiques financées par des fonds internes aux centrales hydrauliques certifiées « naturemade star »; contrôle du bilan énergétique; argument de vente vis-à-vis des clients finals. Domaine d'expérience (en particulier dans la petite hydraulique) et compétences Vaste expérience dans la certification d'installations et de produits; évaluation écologique des cours d'eau, assainissement des débits résiduels, etc. En septembre 2019, on comptait 65 certificats « naturemade star » et 15 certificats « naturemade basic » pour la petite hydraulique (y compris les turbinages d'eau potable). L'association a été fondée en 1999. Informations / prestations: L'association met notamment à disposition de la documentation générale sur la certification, des informations sur la certification de centrales hydrauliques, etc.. Le DETEC met à disposition des renseignements sur les procédures législatives (procédures de consultation), des informations aux médias, des documents officiels, etc., et propose des prestations nécessaires à l'obtention du label de qualité.		

Nom	Adresse	Interlocuteur
Bundesverband Deutscher Wasserkraftwerke e.V. BDW (Association fédérale des centrales hydroélectriques allemandes)	BDW Invalidenstrasse 91 D-10115 Berlin www.wasserkraft-deutschland.de (en allemand uniquement)	Tél. +49 30 275 825 05 info@wasserkraft-deutschland.de
Brève description		
Pertinence pour la petite hydraulique Représentation des intérêts des exploitants de centrales hydrauliques de toute l'Allemagne; soutien aux membres en matière juridique et technique et dans le domaine de l'économie énergétique; représente en tant qu'organisation faitière également les intérêts des associations des Länder (actuellement le BDW regroupe huit associations comptant 1'700 membres et entreprises) ; aucun accent particulier sur la petite hydroélectricité à l'heure actuelle. Domaine d'expérience (en particulier dans la petite hydraulique) et compétences Expérience dans la technique, le droit et la politique énergétique (sans accent particulier sur la petite hydraulique). Fondé en 1960. Informations / prestations Informations étendues sur les procédures d'autorisation, les thèmes de politique énergétique et les questions stratégiques, etc.; publication de la revue mensuelle « wassertriebwerk » (technique, droit et politique énergétique).		

Nom	Adresse	Interlocuteur
Verein Kleinwasserkraft Österreich (association autrichienne de la petite hydraulique)	Kleinwasserkraft Österreich Neubaugasse 4/1/7-9, A-1070 Vienne http://www.kleinwasserkraft.at (en allemand uniquement)	Tél. +43 1 522 07 66 office@kleinwasserkraft.at http://www.kleinwasserkraft.at/kontakt
Brève description		
Pertinence pour la petite hydraulique Défend les intérêts de la branche de la petite hydraulique (exploitants, planificateurs, fournisseurs), également jusqu'à 10 MW; soutient le développement de la petite hydraulique; conseils pour les membres (par exemple conduite de négociations avec les entreprises d'électricité, les exploitants de réseau, etc.); relations publiques; prises de position sur des projets de loi, réseautage au niveau européen, etc. Domaine d'expérience (en particulier dans la petite hydraulique) et compétences Expérience dans les aspects techniques et juridiques et dans la politique énergétique en lien avec la petite hydraulique. Fondé en 1978. Informations / prestations Informations sur la force hydraulique dans les différents Länder, aspects techniques, écologiques, juridiques, etc.; prises de position sur les questions juridiques et les problèmes de politique énergétique; lien vers des informations de presse; publication de la revue bimensuelle « Wasserkraft »; liste d'entreprises (planificateurs, construction, électrotechnique, turbines, technique de mesure, financement / assurances, commerce de l'électricité, etc.), d'associations professionnelles, etc. en Autriche; plate-forme achat-vente.		

Nom	Adresse	Interlocuteur
France Hydro Electricité	Syndicat national de la petite hydroélectricité 66, rue la Boétie F-75008 Paris https://www.france-hydro-electricite.fr	+33 1 56 59 91 24 francehydro@france-hydro-electricite.fr
Brève description		
Pertinence pour la petite hydraulique Le syndicat français de la petite hydraulique fédère en 2019 plus de 630 producteurs et porteurs de projets, ainsi que 170 fournisseurs au service de la filière hydraulique. Il a la capacité de suivre de façon professionnelle et méthodique tous les grands dossiers qui engagent la filière et ses adhérents grâce à une représentation régionale forte, et de plus en plus dans les Commissions Locales de l'Eau. Son action est décuplée par l'adhésion à des organisations professionnelles et associations tels que l'Union Française de l'Electricité (UFE), le Syndicat des Energies Renouvelables (SER), la Société Hydrotechnique de France (SHF), les associations des industriels de bassin, et au niveau européen, l'association EREF. Domaine d'expérience (en particulier dans la petite hydraulique) et compétences Forte expérience dans les aspects juridiques et dans la politique énergétique et environnementale en lien avec la petite hydraulique. Informations / prestations Chaque année, France hydro électricité organise de nombreux événements, comme les rencontres techniques qui se tiennent chaque année sur deux jours comprenant l'assemblée générale de l'association, des conférences et un salon d'exposants. Le syndicat a publié également un certain nombre de brochures de références.		

Nom	Adresse	Interlocuteur
EREF – European Renewable Energy Federation (fédération européenne des énergies renouvelables)	EREF Avenue Marnix 28 1000 Brussels Belgique http://www.eref-europe.org/ (en anglais uniquement)	+32 2 2044412 info@eref-europe.org
Brève description		
Pertinence pour la petite hydraulique EREF est la fédération des associations nationales d'énergies renouvelables de tous les États membres de l'Union européenne (UE), représentant toutes les technologies des énergies renouvelables. Depuis 20 ans, EREF est la seule association à représenter de manière globale toutes les énergies renouvelables dans les négociations sur la politique énergétique de l'UE. Son but est notamment de créer, maintenir et développer un cadre stable et fiable pour les producteurs d'énergie renouvelable, dont la petite hydroélectricité. EREF est membre de l'IEA (International Energy Agency), IRENA (International Renewable Energy Agency), REN21 (the global renewable energy policy multi-stakeholder network), Global 100% Renewable Energy Platform, ECEEE (the European Council for an Energy Efficient Economy). L'association est membre fondateur du World Alliance for Efficient Solutions. Domaine d'expérience (en particulier dans la petite hydraulique) et compétences Forte expérience dans les aspects juridiques et dans la politique énergétique et environnementale en lien avec la petite hydraulique. Informations / prestations Outre son rôle politique auprès des instances européennes, régulièrement EREF organise des journées techniques et émet des publications. ESHA, l'ancienne Association européenne des petites centrales hydroélectriques, n'est plus active actuellement !		

5. Bibliographie

- [1] <https://www.beckingen.de/content/beckingen/Tourismus/kupferbergwerk/Lageplan/pferdegoepel> [En ligne].
- [2] L. A. G. B. d'Albe, [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bf/CH-NB - Montreux - Collection Gugelmann - GS-GUGE-BACLER D%27ALBE-E-1.tif](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bf/CH-NB_-_Montreux_-_Collection_Gugelmann_-_GS-GUGE-BACLER_D%27ALBE-E-1.tif) [En ligne].
- [3] A. Seigneurie, Dictionnaire encyclopédique de l'épicerie et des industries annexes, L'Épicer, 1904, p. 182.
- [4] J. Meier, https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/10/Spl%C3%BCgenpass_um_1810.JPG [En ligne].
- [5] <https://de.wikipedia.org/wiki/Gotthardpass> [En ligne].
- [6] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/39/Landwasserviadukt_im_Bau.JPG [En ligne].
- [7] [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/55/Oberer Websaal in der Weberei Bleiche%2C Otto %26 Johannes Honegger AG%2C Wald ZH.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/55/Oberer_Websaal_in_der_Weberei_Bleiche%2C_Otto_%26_Johannes_Honegger_AG%2C_Wald_ZH.jpg) [En ligne].
- [8] <http://www.hls-dhs-dss.ch/textes/f/F13824.php> [En ligne].
Available: <http://www.hls-dhs-dss.ch/textes/f/F13824.php>
- [9] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e8/DMM_63561_Zweiphasen_Synchronmotor.jpg [En ligne].
- [10] [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/87/Mauer Magere Au_1.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/87/Mauer_Magere_Au_1.jpg) [En ligne].
- [11] OFEN, «Comment ça marche: Deux Suisses à l'origine des turbines hydrauliques modernes,» *energeia*, vol. 5, n° 1 https://issuu.com/energeianews/docs/2009_05_energeia_fr/19 pp. 14-16, 2009.
- [12] D. Gugerli, Redeströme. Zur Elektrifizierung der Schweiz 1880-1914, Chronos Verlag, David Gugerli.
- [13] <http://technik.geschichte-schweiz.ch/industrialisierung-schweiz.html> (allemand) [En ligne].
Available: <http://histoire-suisse.geschichte-schweiz.ch/industrialisation-suisse.html> (français).
- [14] <https://hssso.ch/fr> [En ligne]. Available: <https://hssso.ch/fr>
- [15] H. Gredig, «Elektrizität und "Fortschritt",» 2007. [En ligne]. Available: <http://doi.org/10.5169/seals-12748>
- [16] <http://www.eso.uzh.ch/> [En ligne].
- [17] <http://revita.ch/www/gletsch2.htm> [En ligne].
- [18] <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0f/Zervreilamauer.jpg> [En ligne].
- [19] R. Pfammatter et M. Plot, «Situation und Perspektiven der Schweizer Wasserkraft,» n° 1 Wasser Energie Luft - 106. Jahrgang, 2014, Heft 1.
- [20] OFEN, «Statistiques suisse de l'électricité 2018,» 2018. [En ligne]. Available: https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/approvisionnement/statistiques-et-geodonnees/statistiques-de-lenergie/statistique-de-l-electricite/_jcr_content/par/tabs/items/tab/tabpar/externalcontent.external.exturl.pdf/aHROcHM6Ly9wdWJkYi5iZmUuYWRTaW4uY2gvZnlvcHVl [Accès le 2020].
- [21] P. F. Leuenberger, «Geschichte der Kantonalbank von Bern [microform],» Internet Archive, 1912. [En ligne]. Available: <https://archive.org/details/geschichtederkan00leue/mode/2up> [Accès le 2020].
- [22] «Das Elektrizitätswerk Hagneck,» Die Berner Woche, [En ligne]. Available: <http://doi.org/10.5169/seals-644835> [Accès le 2020].
- [23] M. Lüpold, «Zurich Open Repository Archive: Der Ausbau der "Festung Schweiz": Aktienrecht und Corporate Governance in der Schweiz, 1881-1961,» 2008. [En ligne]. Available: <https://doi.org/10.5167/uzh-46634> [Accès le 2020].
- [24] <https://de.wikipedia.org/wiki/Elektrowatt> [En ligne].
- [25] <http://www.hls-dhs-dss.ch/textes/d/D41791.php> [En ligne].
- [26] <http://www.hls-dhs-dss.ch/textes/d/D14061.php> [En ligne]. [Accès le 2020].
- [27] OFEN, www.admin.ch [En ligne]. Available: <https://www.admin.ch/gov/fr/accueil/documentation/communiques/communiques-conseil-federal.msg-id-70763.html> [Accès le 2020].
- [28] R. Sigg et W. Röthlisberger, «Der Wasserzins - die wichtigste Abgabe auf der Wasserkraftnutzung in der Schweiz, Berichte des Bundesamt für Wasser und Geologie,» 2002. [En ligne]. Available: <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/news-und-medien/publikationen.html> [Accès le 2020].
- [29] <https://de.wikipedia.org/wiki/Wasserzins> [En ligne].

- [30] OFEN, «Encouragement de la construction de nouvelles centrales hydrauliques (augmentation de la production), Rapport à l'intention de la CEATE-N,» 2014. [En ligne]. Available: https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/politique/strategie-energetique-2050/documentation/jcr_content/par/tabs/items/tab/tabpar/externalcontent.external.exturl.pdf/aHR0cHM6Ly9wdWJkYi5iZmUuYWRTaW4uY2gyZnlvcHVibGljYX/Rpb24vZG93bmXvYWQvNzU1MS5wZGY=.pdf
- [31] <http://www.ee-news.ch/de/article/23077/kleinwasserkraft-gelungene-anlagenerneuerung-im-landschaftsschutzgebiet> [En ligne].
- [32] Swiss Small Hydro. [En ligne]. Available: <https://swissmallhydro.ch/wp-content/uploads/2019/09/Fiche-technique-PCH-2019-v190903.pdf>
- [33] <http://www.hydroelectra.ch/24-statisch/buetschwil.html> [En ligne].
- [34] R. E. S. P. f. A. (ASEAN-RESP), Mini Hydropower Dictionary.
- [35] OFEN, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/news-und-medien/publikationen.exturl.html/aHR0cHM6Ly9wdWJkYi5iZmUuYWRTaW4uY2gyZnlvc3VjaGU=.html?keywords=&q=PACER&from=&to=&nr=> [En ligne].
- [36] OFEN, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/news-und-medien/publikationen.exturl.html/aHR0cHM6Ly9wdWJkYi5iZmUuYWRTaW4uY2gyZGUvc3VjaGU=.html?keywords=&q=DIANE+10&from=&to=&nr=> [En ligne].
- [37] D. K. Jorde, Forschungskonzept 2013-2016, Wasserkraft, BfE, Skat Consulting AG, 2013.
- [38] OFEN, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/recherche-et-cleantech/programmes-de-recherche/force-hydraulique.html> [En ligne].
- [39] OFEN, «Statistique des aménagements hydroélectriques,» 2019. [En ligne]. Available: <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/approvisionnement/statistiques-et-geodonnees/geoinformation/geodonnees/eau/statistique-des-amenagements-hydroelectriques.html>
- [40] C. f. suisse, «Message relatif au premier paquet de mesures de la Stratégie énergétique 2050 (Révision du droit de l'énergie) et à l'initiative populaire fédérale "Pour la sortie programmée de l'énergie nucléaire" » 04 09 2013. [En ligne]. Available: <https://www.admin.ch/opc/fr/federal-gazette/2013/6771.pdf> [Accès le 2020].
- [41] OFEN, «Stratégie énergétique 2050,» [En ligne]. Available: <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/politique/strategie-energetique-2050.html>
- [42] OFEN, «Étude concernant le potentiel de développement hydroélectrique en Suisse» 02 09 2019. [En ligne]. Available: <https://www.admin.ch/gov/fr/accueil/documentation/communiques.msg-id-76258.html> [Accès le 2020].
- [43] OFEN, «Potentiel hydroélectrique de la Suisse; Évaluation du potentiel de développement de la force hydraulique dans le cadre de la Stratégie énergétique 2050,» 08 2019. [En ligne]. Available: <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/versorgung/erneuerbare-energien/wasserkraft.exturl.html/aHR0cHM6Ly9wdWJkYi5iZmUuYWRTaW4uY2gyZnlvcHVibGljYX/Rpb24vZG93bmXvYWQvOTgxNQ==.html> [Accès le 2020].
- [44] Kleinwasserkraft Pressemappe, Programm Kleinwasserkraftwerke, S.5.
- [45] OFEN, «Potentiel des énergies renouvelables dans la production d'électricité» 08 2012. [En ligne]. Available: <https://www.newsd.admin.ch/newsd/message/attachments/27930.pdf>
- [46] Swiss Small Hydro, «Argumentation en faveur des Petites Centrales Hydroélectriques,» [En ligne]. Available: <https://swissmallhydro.ch/wp-content/uploads/2016/06/Argumentation-Kleinwasserkraft-F-2016.pdf> [Accès le 2020].
- [47] s. énergie, «Newsletter Petites Centrales Hydrauliques,» 2019 (39). [En ligne]. Available: <https://pubdb.bfe.admin.ch/fr/publication/download/9900> [Accès le 2020].
- [48] OFEN, «La rétribution à prix coûtant du courant injecté (RPC) se révèle efficace,» 2012. [En ligne]. Available: <https://www.admin.ch/gov/fr/accueil/documentation/communiques.msg-id-46401.html> [Accès le 2020].
- [49] F. Ribí, B. Buser, N. von Felten, R. Walther et K. Bernath, «Regionalökonomische Potenziale und Erfolgsfaktoren für den Aufbau und Betrieb von Energieregionen (résumé français),» Bundesamt für Raumentwicklung ARE, 2012. [En ligne]. Available: <https://www.aren.admin.ch/dam/aren/fr/dokumente/grundlagen/publikationen/Regional%C3%B6konomische%20Potenziale%20und%20Erfolgsfaktoren%20f%C3%BCr%20den%20Aufbau%20und%20Betrieb%20von%20Energieregionen.pdf.download.pdf/regionalokonomische-potenziale-und-erfo>
- [50] OFEN, <https://www.admin.ch/gov/fr/accueil/documentation/communiques.msg-id-53416.html> [En ligne].

- [51] «Alpiq Wasserkraft,» [En ligne]. Available: <http://www.alpiq.ch/unser-angebot/unsere-anlagen/wasserkraft/kleinwasserkraftwerke/splgen-small-hydro-power-station.jsp>
- [52] OFEN, «Rétribution de l'injection (RPC) pour petites installations hydrauliques et installations éoliennes, géothermiques et de biomasse» 2 11 2017. [En ligne]. Available: <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/news-und-medien/publikationen.exturl.html/aHR0cHM6Ly9wdWJkYi5iZmUuYWRTaW4uY2gvZnVcHVibGljYX/Rpb24vZG93bmxvYWQvODE3MA==.html> [Accès le 2020].
- [53] pronovo, «Pronovo Cockpit RPC 2018-Q4,» 18 01 2019. [En ligne]. Available: <https://pronovo.ch/fr/services/rapports-et-publications/> [Accès le 2020].
- [54] OFEN, «energeia, Newsletter OFEN,» 2015 (5). [En ligne]. Available: <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/news-und-medien/publikationen.exturl.html/aHR0cHM6Ly9wdWJkYi5iZmUuYWRTaW4uY2gvZnVcHVibGljYX/Rpb24vZG93bmxvYWQvODAxNg==.html>
- [55] pronovo, «Rapports et publications» [En ligne]. Available: <https://pronovo.ch/fr/services/rapports-et-publications/> [Accès le 2020].
- [56] swissgrid, «L'organe d'exécution pour les programmes d'encouragement des énergies renouvelables s'appelle Pronovo,» 08 11 2017. [En ligne]. Available: <https://www.swissgrid.ch/fr/home/about-us/newsroom/newsfeed/20171108-01.html> [Accès le 2020].
- [57] Pronovo, «Origine des fonds,» 2019. [En ligne]. Available: <https://pronovo.ch/fr/financement/systeme-de-retribution-de-linjection-sri-2/origine-des-subsidations/> [Accès le 2020].
- [58] OFEN, «Rétribution de l'injection,» 2019. [En ligne]. Available: <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/mesures-d-encouragement/energies-renouvelables/retribution-de-linjection.html> [Accès le 2020].
- [59] OFEN, «Programme Petites centrales hydrauliques,» [En ligne]. Available: <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/approvisionnement/energies-renouvelables/force-hydraulique/programme-petites-centrales-hydrauliques.html>
- [60] OFEN, «Recherche et développement,» [En ligne]. Available: <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/mesures-d-encouragement/recherche-et-developpement.html>
- [61] Bilder Internet und zVg..
- [62] https://map.geo.admin.ch/?X=190000.00&Y=660000.00&zoom=1&lang=fr&topic=gewiss&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-grau&layers_opacity=0.75,1,1&layers=ch.bafu.hydrologischer-atlas_flussgebiete,ch.bafu.vec25-seen,ch.bafu.vec25-gewaessernetz_2000 [En ligne].

SuisseEnergie

Office fédéral de l'énergie, Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen; adresse postale: CH-3003 Berne
Tél. 058 462 56 11, fax 058 463 25 00; contact@bfe.admin.ch; www.suisseenergie.ch