La petite hydraulique en Suisse

Autor(en): **Choulot, Aline**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin.ch : Fachzeitschrift und Verbandsinformationen von Electrosuisse, VSE = revue spécialisée et informations des associations Electrosuisse, AES**

Band (Jahr): **105 (2014)**

Heft 2

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-856190

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

La petite hydraulique en Suisse

Définition, technologie et perspectives

La petite hydro-électricité ne se résume plus à des moulins le long des cours d'eau. Aujourd'hui, c'est sur les réseaux d'eau qu'elle se développe, et ce, grâce à des technologies, souvent suisses, dont la définition peut être digne de la grande hydraulique : une transition des rivières vers les infrastructures existantes d'autant plus accentuée qu'elle est encouragée par le contexte politique avec la nouvelle Ordonnance sur l'énergie et la Stratégie énergétique 2050.

Aline Choulot

L'histoire de la petite hydro-électricité (PH) en Suisse pourrait être contée à partir des années 1900. Plus de 7000 roues à eau faisaient alors tourner scieries, forges et autres moulins à céréales. Si la PH se distingue de la grande hydraulique par sa puissance, de nombreux points communs les rapprochent : les bases théoriques, le dimensionnement des turbines et les sites de dotation. Toutefois, la PH est souvent plus diversifiée, que ce soit pour les types de turbines, de sites ou d'acteurs. Et enfin, outre la loi sur l'utilisation des forces hydrauliques, c'est par des lois juridiques qui lui sont propres qu'elle est régie.

Les bases théoriques

L'hydro-électricité pourrait se résumer à une seule équation, celle de la puissance. Puissance hydraulique, installée, équivalente, électrique ? Il est facile de se perdre parmi les diverses notions de puissance qu'utilisent les documents officiels. La première à définir serait celle de la limite entre la petite et la grande hydraulique. Ainsi, officiellement en Suisse, une centrale sera « petite » si sa puissance théorique moyenne P_b est inférieure à 10 000 kW [1,2]. Elle est calculée sur la base de la formule suivante, d'ordre plutôt administratif :

$$P_b = 9{,}81 \cdot \frac{\sum_i Q_i \cdot H_i \cdot t_i}{\sum_i t_i} \qquad (1)$$

avec Q_i (en m³/s) correspondant au débit moyen utilisable pendant l'intervalle de temps t_i (en général donné en heures), H_i étant la chute théorique utilisable (en m) correspondant à Q_i et 9,81, l'accélération (arrondie) de la pesanteur en m/s².

Cette notion de puissance est également utilisée pour le calcul de la redevance hydraulique (taxe sur l'utilisation de la force hydraulique), dont les aménagements de moins de 1000 kW sont exonérés.

Sur le terrain, la puissance électrique P_e (en W) est plus usitée :

$$P_e = \eta \cdot \rho \cdot g \cdot Q \cdot \Delta Z \qquad (2)$$

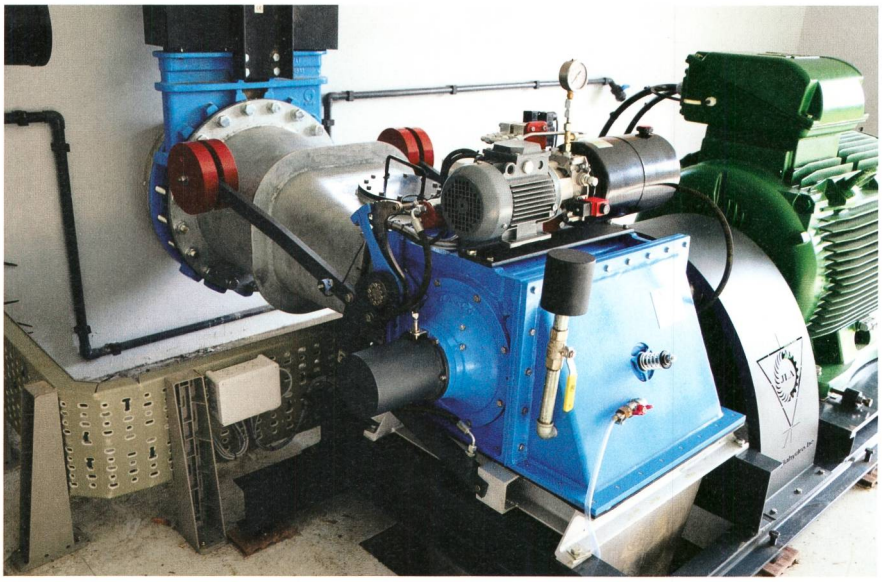
avec η le rendement de la centrale, ρ la masse volumique de l'eau, soit environ 1000 kg/m³, g l'accélération de la pesanteur, soit environ 9,81 m/s², Q le débit turbiné en m³/s et ΔZ la dénivellation ou chute brute ou, plus précisément, la différence de niveaux d'eau entre l'amont et l'aval de la centrale.

Cette équation comprend la notion de rendement, de plus en plus essentielle en petite hydraulique, car elle reflète la notion d'utilisation optimale de la ressource en eau. En effet, dans le contexte actuel de protection de l'environnement, il est devenu primordial que l'énergie de l'eau soutirée soit valorisée au maximum sous forme électrique avant restitution, en quantité et en qualité, à la rivière. Le terme correspond donc à la diminution du niveau d'eau dans l'aménagement d'amenée d'eau, aux pertes de charge dans la conduite, aux pertes dans la turbine, dans l'alternateur, ainsi que dans les éventuels multiplicateur de vitesse, convertisseur de fréquence et/ou transformateur. Aujourd'hui, les rendements objectifs au débit nominal des projets sont supérieurs à 90 % pour la conduite forcée, à 89 % pour la turbine et à 93 % pour l'alternateur.

En plus de ces notions de puissance, l'hydraulique regorge de coefficients adimensionnels, comme évoqué plus loin pour le dimensionnement des turbines.

Les petites turbines

Si la petite hydraulique a commencé avec les roues à eau, nombreuses sont aujourd'hui les techniques disponibles



JLA & Co sprl

Figure 1 Turbine à flux traversant à Saint-Denis, sur l'île de la Réunion (débit : 530 l/s, chute : 31 m, puissance électrique : 130 kW).

Blue Water Power SA

Figure 2 Pompe inversée sur l'eau potable de la ville de Morges (débit : 76 l/s, chute : 43 m, puissance électrique : 23 kW, production électrique : 125 000 kWh/an, mise en service en 2011).

sur le marché pour satisfaire aux critères de variabilité des chutes et des débits, de simplicité de construction, de réduction des investissements, d'implantation et de maximisation de la production. Par conséquent, des équipements exclusivement utilisés pour la PH se sont développés, dont quelques exemples sont décrits ci-après.

Turbines spécifiques à la petite hydraulique

Pour les chutes de moins de 10 m environ, la vis d'Archimède, initialement utilisée pour remonter les boues dans les stations d'épuration, est une option intéressante pour les sites en rivière. Robuste, elle peut fonctionner tout en laissant passer les poissons et les détritus flottants et ne nécessite donc pas de dégrilleur, équipement souvent coûteux. Vu son avantage économique, la turbine à flux traversant (figure 1), aussi appelée Cross Flow ou Banki, est couramment utilisée en petite hydraulique sous toute sorte de dénivellation, bien que théoriquement conçue pour les hautes chutes. Pour les sites où le débit et la chute disponibles sont particulièrement stables, c'est la pompe inversée (figure 2) qui sera souvent privilégiée, vu son faible coût.

Turbines communes à la petite et à la grande hydraulique

Au côté de ces techniques propres à la petite hydraulique, les ingénieurs et constructeurs du domaine ont su décliner les techniques et savoir-faire de la grande. Ainsi, parmi les turbines en commun, on retrouve la turbine Kaplan pour les basses chutes (entre 1,5 et 30 m), la turbine Francis pour les chutes moyennes (entre 30 et 100 m) et la turbine Pelton pour les hautes chutes (plus de 60 m). La turbine Diagonale, également appelée Deriaz, (figure 3) commence à se répandre en petite hydraulique pour les moyennes chutes car elle est plus apte à s'adapter aux variations de débit et de chutes que la turbine Francis.

Ce passage de la grande à la petite hydraulique ne se résume pas à un simple facteur d'échelle. Car pour être adaptée à la PH, une turbine doit être performante sur une large plage de débits et de chutes – il est rare que plusieurs machines se justifient financièrement –, tout en étant simple de construction et en conduisant à des investissements et des frais de maintenance limités.

Turbines standardisées ou systématisées

Pour atteindre ces objectifs, une des clefs de réussite repose sur l'identification des éléments qui ont peu d'impact sur le rendement et qui peuvent être standardisés ou systématisés.

La standardisation consiste à partager le domaine de la petite hydraulique en famille de turbines, produites en série, qui s'adapteront avec plus ou moins de bonheur au site.

La systématisation passe, elle, par un développement en laboratoire de turbines suivant un principe de similitude qui permettra de passer des modèles réduits aux turbines spécialement conçues pour le site. Ainsi, pour une Pelton issue d'un développement par systématisation, le répartiteur, qui distribue les débits aux différents injecteurs et qui a été identifié comme ayant un impact moindre sur le rendement, pourra être composé de coudes et tés standard, tandis que les augets composant la roue seront usinés par commande numérique (figure 4) sur la base d'un profil hydraulique défini en laboratoire, et ce, spécialement pour le site.

Pour cette systématisation, la petite hydraulique rejoint la grande hydraulique avec le dimensionnement de turbines sur la base de collines représentant les iso-rendements, tracées selon les coef-

Mhylab

Figure 3 Turbine Diagonale sur stand d'essais.

Jacquier Luisier SA

Figure 4 Usinage d'un auget.

Groupe E

Figure 5 Seuil réhabilité sur la Tzintre, dans le canton de Fribourg, lors de la fusion de deux centrales (débit : 5 m³/s, chute : 11 m, puissance électrique : 450 kW, mise en service en 2013).

Romande Energie SA

Figure 6 Chantier du forage dirigé de la réhabilitation du site de Rivaz/VD, au bord du lac Léman (débit : 500 l/s, chute : 178 m, puissance électrique : 730 kW, mise en service prévue en 2014).

ficients adimensionnels évoqués précédemment. Certains concepteurs de turbine seront familiers, par exemple, avec l'utilisation des coefficients φ et ψ, φ représentant le débit et ψ la chute turbinée. Derrière ces coefficients se cachent les notions de vitesse de rotation et de paramètres définissant la turbine comme le diamètre de roue ou la largeur des aubes.

Et les pompes-turbines ?

Par conséquent, tous les types de turbines de la grande hydraulique tendraient à être utilisés dans la petite hydro-électricité, à l'exception toutefois des pompes-turbines, et ce, pour une raison simple : jusqu'à présent, la PH bénéficie d'un tarif généralement constant sur l'année, ce qui ne lui permet pas de jouer sur des tarifs d'achat bas pour faire du pompage et des tarifs de vente élevés pour faire du turbinage. Ainsi, la plupart des petites centrales sont au fil de l'eau et ne sont pratiquement jamais en accumulation (à l'exception de certains sites équipés de pompes inversées). Toutefois, étant donné les changements politiques actuels, le développement de l'électricité d'origine solaire et éolienne et les potentiels encore non valorisés, des projets de petits pompages-turbinages sont à l'étude.

Les sites

Comme mentionné en introduction, historiquement, la petite hydraulique s'est développée le long des cours d'eau. Si quelques projets de réhabilitations se réalisent encore actuellement – comme celui de la Tzintre **(figure 5)** ou celui de Rivaz **(figure 6)** –, le contexte politique favorise plutôt une valorisation des réseaux d'eau potable **(figure 7)** ou d'eaux usées, domaines pour lesquels les sites de plus de 1 MW sont rares. À noter que le turbinage de l'eau potable n'est pas chose nouvelle, celle de Lausanne étant turbinée depuis 1901 dans les hauts de Montreux, à la centrale de Sonzier d'une puissance électrique de 1,6 MW.

Ce turbinage consiste le plus souvent, pour les sources en altitude, à remplacer le dissipateur d'énergie intégré au réseau d'eau par un turbogroupe. La turbine sera en général placée sur un réservoir, de manière à dissocier le turbinage de la consommation. Ainsi, la turbine n'est pas immédiatement régulée par la consommation en eau potable, mais par le niveau d'eau dans la chambre de captage de la source. Cette turbine, entière-

Premel SA

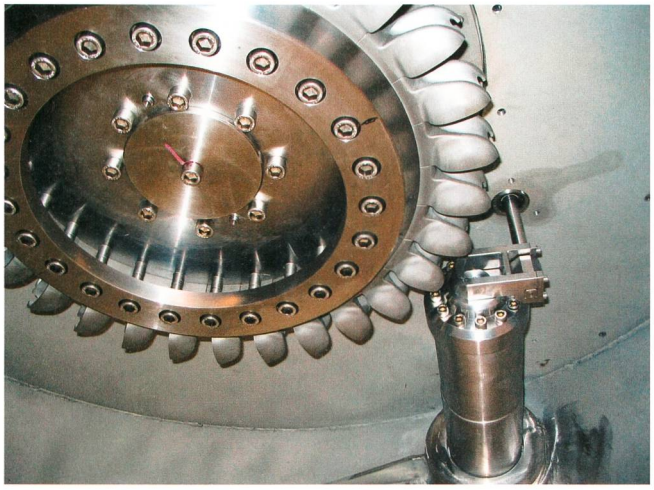


Figure 7 Roue de la turbine Pelton sur l'eau potable de la commune de Haut Intyamon/FR (débit : 40 l/s, chute : 502 m, puissance électrique : 160 kW, mise en service en 2007).

ment en acier inoxydable et dépourvue de commande à huile, est toujours accompagnée d'un by-pass pour assurer la fonction première du réseau en cas d'arrêt de la turbine pour maintenance [3].

En Suisse, seules les eaux brutes de Verbier sont turbinées (figure 8). L'expression « eaux brutes » se réfère ici aux eaux usées débarrassées des plus gros déchets. La turbine Pelton a été conçue de manière à éviter le plus d'obstacles possibles dans l'écoulement où les déchets pourraient s'accumuler (l'étoile de guidage du pointeau dans l'injecteur a ainsi été supprimée) [4].

Un autre domaine de développement des petites centrales est celui de la valorisation des débits de dotation. Ici, la petite hydraulique rejoint la grande. En effet, les barrages de la grande hydraulique doivent restituer aux cours d'eau sur lesquels ils ont été construits un débit dit « de dotation », défini dans leurs concessions respectives. L'idée est de turbiner ce débit de dotation en pied de barrage avant restitution à la rivière et d'exploiter la chute entre le niveau d'eau dans la retenue et le pied du barrage. Par exemple, en ce moment, deux sites de dotation sont en construction : au pied des barrages du Day dans le canton de Vaud (figure 9) et de Montsalvens dans le canton de Fribourg.

Les acteurs

Comme évoqué précédemment, les acteurs de la petite hydraulique sont variés. Parmi les exploitants de petites centrales, on peut citer les communes et leurs services industriels (surtout pour les projets sur les réseaux), les distributeurs d'électricité et les héritiers de concessions. La plupart des petits exploitants font partie de l'association suisse ISKB/ADUR [5].

Mhylab

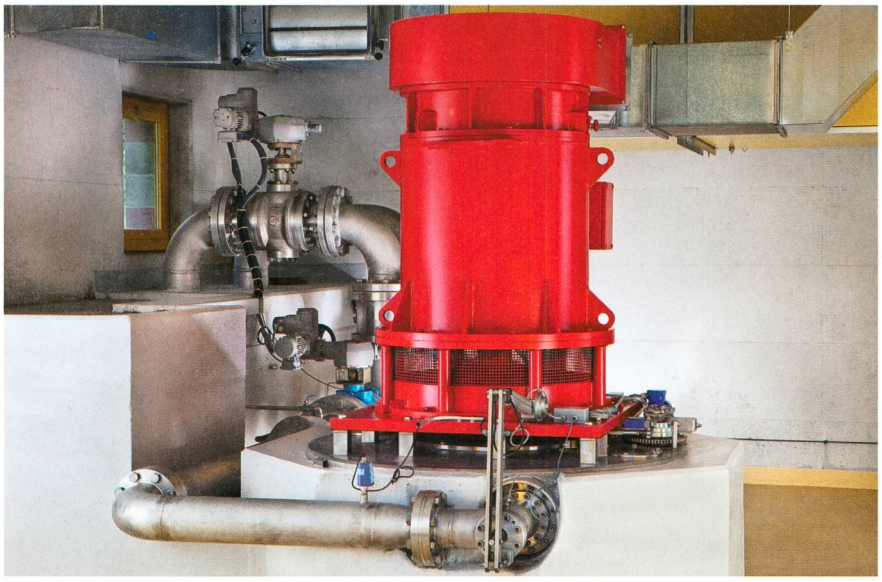


Figure 8 Turbogroupe Pelton sur les eaux usées de Verbier/VS, centrale du Profray (débit : 100 l/s, chute : 430 m, puissance électrique : 350 kW, mise en service en 2008).

De plus, la Suisse compte un certain nombre de bureaux d'ingénieurs spécialisés dans l'électromécanique et dans le génie civil de la PH, de même que de nombreux constructeurs de turbines. Par contre, les constructeurs d'alternateurs sont rares.

Outre ces entreprises spécialisées, gravitent autour de la PH un nombre non négligeable de fournisseurs d'équipements, artisans, entreprises de génie civil et ateliers mécaniques.

Enfin, SuisseEnergie comprend un volet « Petite hydraulique » [6] qui, notamment, met à disposition des aides financières pour les études sommaires des projets de PH.

Les conditions-cadres en Suisse

Actuellement, le développement de la petite hydraulique est étroitement lié à la rétribution à prix coûtant (RPC). À fin novembre 2013, la statistique générale de la RPC [7], établie par Swissgrid, répertorie un potentiel total pour la petite hydraulique de 3,45 TWh/an (en incluant les sites en service, ceux ayant obtenu une décision positive pour la RPC, mais pas encore en service et ceux sur liste d'attente), ce qui en fait la technologie la plus productive parmi les sources d'électricité renouvelable (éolien : 3,32 TWh/an ; biomasse : 2,05 TWh/an ; solaire : 1,66 TWh/an et géothermie : 0,03 TWh/an) [8].

Malgré ce bon chiffre, la Confédération montre une certaine volonté à freiner ce développement notamment dans le but de protéger de plus en plus les cours d'eau. Depuis le 1er janvier 2014, une nouvelle ordonnance sur l'énergie (OEne) [9] est en vigueur, définissant une nouvelle RPC qui s'applique aux petites centrales hydrauliques mises en service après le 1er janvier 2014 et qui obtiennent une réponse positive pour la RPC après cette date. Cette nouvelle RPC définit deux catégories de centrales :

- catégorie 1 : les installations construites sur des cours d'eau naturels ;
- catégorie 2 : les installations construites sur des parties de cours d'eau déjà utilisées (centrales de dotation et centrales sur des canaux de fuite), ainsi que les installations dites « d'exploitation accessoire », telles que les installations turbinant l'eau potable, les eaux usées ou l'eau d'irrigation, et les centrales liées à des installations d'enneigement ou aux tunnels.

Mhylab

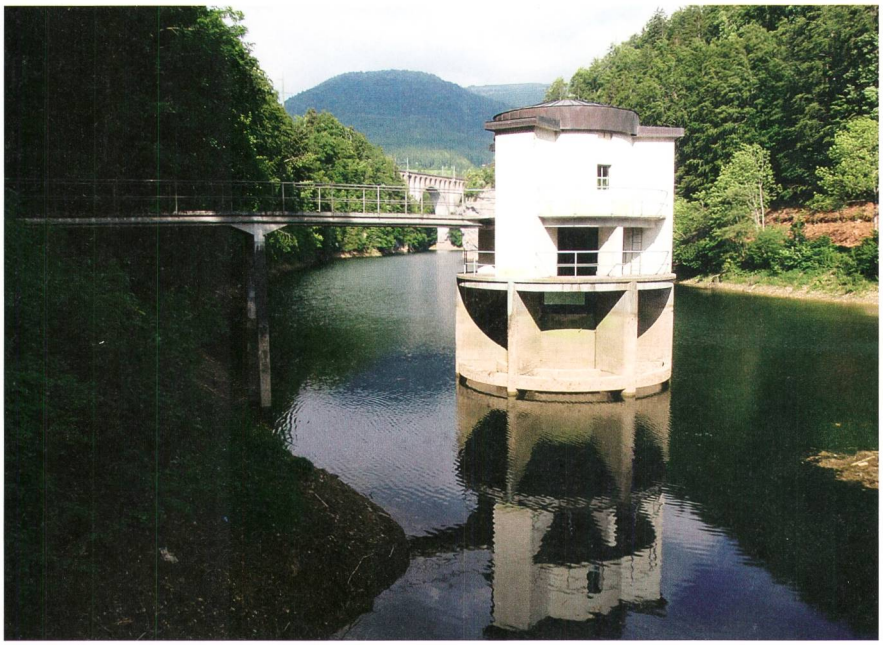


Figure 9 Retenue du Day sur l'Orbe dans le canton de Vaud, site d'un projet de turbinage du débit de dotation (débit : 600 l/s, chute : 28 m, puissance électrique : 130 kW, mise en service en 2014).

De plus, la durée de rétribution est réduite de 25 à 20 ans, tandis que les tarifs sont révisés en conséquence, de telle sorte qu'au final, le montant total de la rétribution devrait rester inchangé.

Ce principe s'applique à toutes les installations, à l'exception des sites de la catégorie 1 dont la puissance équivalente est inférieure à 300 kW. La puissance équivalente est une notion de production électrique, créée pour le calcul de la RPC. Elle est obtenue en général en divisant la production électrique annuelle par 8760 h (nombre d'heures dans une année). Par exemple, un site de 300 kW de puissance équivalente correspond à une production électrique annuelle de 300 kW x 8760 h/an, soit 2628 MWh/an. Pour ces sites de moins de 300 kW de puissance équivalente, la rétribution de base est limitée à 16,1 cts/kWh et le bonus d'aménagement des eaux à 3,6 cts/kWh. La Confédération justifie ces baisses par une volonté de limiter les sites correspondant à des coûts élevés et des effets négatifs a priori trop importants sur les cours d'eau.

La Stratégie énergétique 2050 [10] viendra également modifier le développement de la PH. Elle appuiera la tendance exprimée dans l'OEne en supprimant la RPC pour les sites de la catégorie 1 de moins de 300 kW de puissance théorique moyenne. Ainsi, la réalisation de nouveaux sites en rivière de moins de 300 kW de puissance théorique moyenne est rendue pratiquement impossible faute de rentabilité, tandis que la réhabilitation des sites existants hors service se fera en fonction d'un prix de vente défini par le marché. La Confédération a ainsi transformé la RPC en un outil de contrôle environnemental.

Conclusion

Malgré sa maturité, la petite hydraulique continue de se développer au niveau technique et au niveau des potentiels valorisés grâce à des compétences locales confirmées. Si le contexte politique continue sur cette lancée, l'augmentation des puissances installées en Suisse pour la petite hydraulique devrait peu à peu ralentir, de même que les emplois qui y sont liés. La PH rejoindrait alors le contexte de la grande hydraulique, où la création de nouveaux sites serait pratiquement impossible et les efforts se concentreraient sur l'amélioration des sites existants, toutefois, ici, à moindre coût. L'avenir de la petite hydraulique se resserre donc sur le potentiel des installations dites « d'exploitation accessoire », c'est-à-dire les réseaux d'eau potable principalement.

Références

[1] Loi fédérale sur l'utilisation des forces hydraulique, LFH, 721.80, du 22 décembre 1916 (État au 1er janvier 2008).
[2] La redevance hydraulique – principale taxe frappant l'utilisation de la force hydraulique en Suisse. Rapports de l'Office fédéral des eaux et de la géologie, OFEG, Série Eaux nº 3, Berne 2002, ISSN 1660-0746.
[3] A. Choulot, V. Denis and P. Punys : Integration of small hydro turbines into existing water infrastructures. Hydropower - Practice and Application, Dr. Hossein Samadi-Boroujeni (Ed.), ISBN : 978-953-51-0164-2, InTech, 2012. www.intechopen.com/books/hydropower-practice-and-application/integration-of-small-turbines-into-water-infrastructure.
[4] Newsletter Petites centrales hydrauliques, nº 20/2013, SuisseEnergie. www.petitehydraulique.ch -> le programme -> travail médiatique et newsletter ou www.bfe.admin.ch/kleinwasserkraft/03870/03872/index.html?lang=fr.
[5] ISKB : Interessenverband Schweizerischer Kleinkraftwerk-Besitzer ; ADUR : Association des Usiniers Romands. www.iskb.ch.
[6] Programme « Petites centrales hydrauliques » de SuisseEnergie. www.petitehydraulique.ch.
[7] Statistique générale de RPC (Swissgrid). https://www.guarantee-of-origin.ch/default.asp.
[8] Newsletter Petites centrales hydrauliques, nº 21/2013, SuisseEnergie. www.petitehydraulique.ch -> le programme -> travail médiatique et newsletter ou www.bfe.admin.ch/kleinwasserkraft/03870/03872/index.html?lang=fr.
[9] Ordonnance sur l'énergie, état le 1er janvier 2014. www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/19983391/index.html.
[10] 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 (Initiative « Sortir du nucléaire ») ». www.news.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/31937.pdf.

Informations sur l'auteure

Aline Choulot est ingénieure en énergie de l'INSA (Institut National des Sciences Appliquées) de Lyon depuis 2000. Elle a obtenu un diplôme de postgrade en énergie de l'EPFL en 2003 (École polytechnique fédérale de Lausanne) et a rejoint Mhylab (Laboratoire de petite hydraulique de Montcherand) en 2004. Elle est en charge de mandats d'ingénierie et de la conception hydraulique de turbines (Pelton, Kaplan et Diagonales). Depuis 2011, elle est responsable du mandat InfoEnergie pour les petites centrales hydrauliques.

InfoEnergie c/o Mhylab, 1354 Montcherand, romandie@smallhydro.ch

Zusammenfassung **Kleinwasserkraft in der Schweiz**

Definition, Technologie und Perspektiven

Kleinwasserkraft ist nicht länger auf Mühlen entlang der Flussläufe beschränkt. Sie wird heute u.A. auch in der Trinkwasserversorgung und in der Kanalisation eingesetzt – oft mit Technologien aus der Schweiz, die mit gleicher Sorgfalt entwickelt werden wie die im Grosswasserkraftbereich. Von der politischen Debatte um die Energiestrategie 2050 motiviert, verlagert sich die Errichtung von Kleinwasserkraftwerken kontinuierlich von den Flüssen zu bestehenden Infrastrukturen der Wasserversorgung und der Kanalisation. CHe