

# TURBINAGE DES EAUX USÉES

## QUEL POTENTIEL POUR LA SUISSE?

Une évaluation du potentiel de turbinage sur les systèmes d'eaux usées en Suisse a été réalisée au Laboratoire de Constructions Hydrauliques (LCH) en collaboration avec le bureau e-dric.ch. Le potentiel hydroélectrique de chaque STEP a été calculé et complété par une analyse de rentabilité pour chacun des sites identifiés, ce qui a permis d'identifier 19 sites potentiellement rentables. L'étude de différents scénarios d'évolution de l'assainissement fait apparaître 31 nouveaux sites rentables dans le futur.

*Cécile Bousquet\*; Irene Samora; Pedro Manso; Anton Schleiss, LCH, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)  
Luca Rossi; Philippe Heller, e-dric.ch*

### ZUSAMMENFASSUNG

#### TURBINIERUNG VON ABWASSER: WELCHES POTENZIAL BESTEHT FÜR DIE SCHWEIZ?

Bei der Abwasserturbinierung wird aus Kanalisationswasser Strom erzeugt. Ziel der Studie war eine Beurteilung des hydroelektrischen Potenzials der Kanalisationsnetze in der Schweiz, insbesondere vor und nach der Aufbereitung in einer Abwasserreinigungsanlage (ARA). Ausgehend von den geografischen Daten und den ARA-Durchflussdaten des Bundesamts für Umwelt (BAFU) [2] wurden Energiepotenziale ausgewertet und 106 mögliche Standorte für eine potenzielle Gesamtproduktion von 31,3 GWh/Jahr bestimmt.

Mit einem Instrument zur wirtschaftlichen Bewertung der so bestimmten Standorte wurde anschliessend die potenziellen Rentabilität aller Standorte berechnet, wobei für jeden Standort die den optimalen Gestehungskosten entsprechende Auslegung bestimmt wurde. Im Rahmen der wirtschaftlichen Untersuchung wurden 19 rentable Standorte ermittelt. Meistens waren dies Standorte in den Bergen mit sehr hoher Fallhöhe oder Standorte mit geringer Fallhöhe in Agglomerationen. Die Turbinenanlagen vor der Aufbereitung in der ARA scheinen weniger rentabel zu sein als Anlagen in aufbereitetem Wasser, was auf die Erforderlichkeit eines Vorbehandlungsbeckens zurückzuführen ist. Die Studie untersuchte zudem die Auswirkungen eines Szenarios, in dem die ARA zentralisiert werden. Dadurch liesse sich mit 31 rentablen Standorten eine

### INTRODUCTION

La Stratégie énergétique 2050 de la Suisse [1], qui prévoit de sortir du nucléaire tout en gardant une indépendance énergétique forte, oblige collectivités et entreprises à repenser l'organisation du parc électrique suisse, et à chercher de nouvelles sources de production. Dans ce contexte, la petite hydroélectricité sur les réseaux se développe rapidement: ces projets, qui peuvent bénéficier de la rétribution à prix coûtant, présentent l'avantage de ne pas être soumis à un régime de concession et de ne générer aucun impact sur l'environnement, ce qui en facilite la réalisation. Parmi les installations de petite hydroélectricité figurent les installations de turbinage des eaux usées, qui consistent à produire de l'hydroélectricité à partir des eaux usées. Bien qu'encore peu développées, il existe déjà quelques installations en Suisse (cf. *fig. 1* et *encadrés 1-3*). Ce type de production est d'autant plus intéressant dans un contexte où le coût énergétique et financier important des stations d'épuration (STEP) est régulièrement pointé du doigt: La consommation électrique totale des STEP en Suisse est en effet estimée à 0,5 TWh par année (l'équivalent de la consommation de 100 000 foyers; calcul effectué avec une moyenne de consommation de 5000 kWh/an par foyer), avec une augmentation de la consommation de 15% à prévoir pour le

\* Contact: [cecile.bousquet@epfl.ch](mailto:cecile.bousquet@epfl.ch)

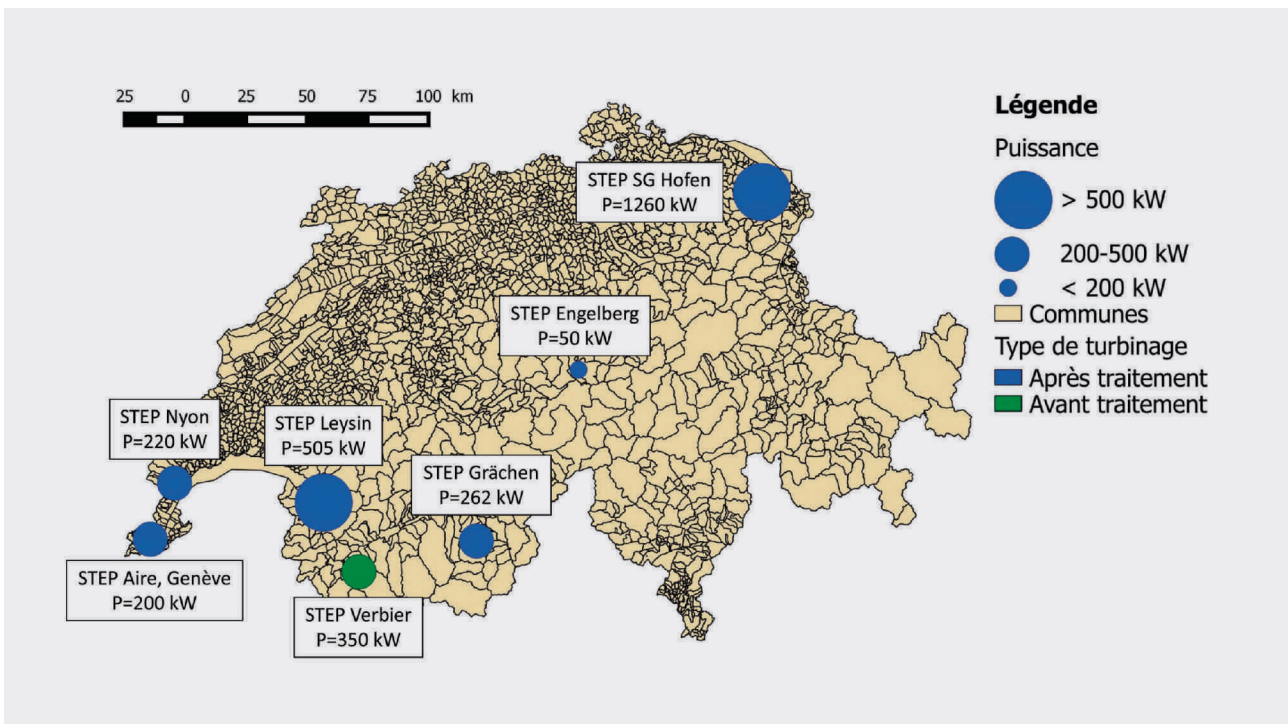


Fig. 1 Carte des sites de turbinage des eaux usées existants répertoriés à ce jour en Suisse en fonction du type de production (avant ou après traitement) et de la puissance installée, établie à partir de données fournies par l'OFEV [2]

Karte der bisher in der Schweiz bestehenden Anlagen zur Abwasserturbinierung, unterschieden nach Produktionsart (vor bzw. nach Aufbereitung) und installierter Leistung auf der Grundlage von Daten des BAFU [2]

traitement les micropolluants [3]. Récupérer l'énergie hydraulique des eaux usées permettrait alors de réduire la facture énergétique et de favoriser une indépendance énergétique des STEP.

Il existe plusieurs possibilités de production hydroélectrique sur les réseaux d'eaux usées (fig. 2):

- Turbiner les eaux usées avant qu'elles ne soient traitées à la station d'épuration
- Turbiner les eaux usées traitées avant leur rejet dans un milieu naturel.

Comparé aux installations hydroélectriques classiques, le turbinage sur les eaux usées possède certaines particularités:

- Qualité des eaux: la présence de matières grossières dans les eaux brutes non traitées, qui risquent d'obstruer la conduite et la turbine, rend obligatoire la présence d'un tamiseur/dégrilleur et d'un bassin en amont de la conduite forcée. De plus, la concentration élevée en matières en suspension peut endommager la turbine (cf. fig. 3), et engendre donc une maintenance et un remplacement plus fréquents de la turbine. Ce problème ne se pose a priori pas pour le turbinage des eaux traitées, dont la qualité est similaire aux eaux de rivière.

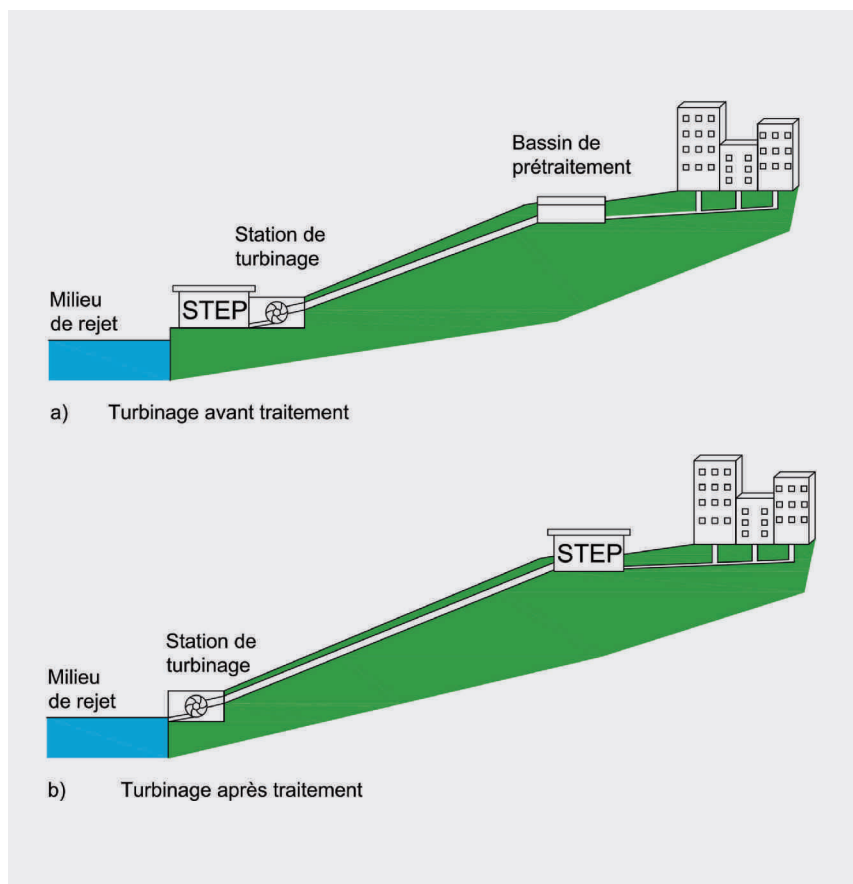


Fig. 2 Possibilités d'installation de turbinage des eaux usées: a) Schéma type de turbinage avant traitement, b) Schéma type de turbinage après traitement

Installationsmöglichkeiten für die Abwasserturbinierung:

a) Modell Turbinierung vor Aufbereitung, b) Modell Turbinierung nach Aufbereitung



Fig. 3 Photo de l'abrasion de la turbine Pelton à la station d'épuration de Profay après 14 années d'exploitation [4], (cf. encadré 2)

Foto der Abnutzung der Pelton-Turbine in der Abwasserreinigungsanlage von Profay nach 14 Jahren Nutzung [4], (siehe Kasten 2)

### CAS EXISTANT: STEP DE L'AÏRE, GENÈVE

#### Caractéristiques

Chute brute	7 m
Débit nominal	3200 l/s
Puissance	200 kW
Production	260 MWh/a
Turbine	Kaplan

L'installation de la STEP de l'Aïre à Genève est un exemple de turbinage des eaux après traitement. Elle correspond à un cas typique d'une installation à faible chute et débit important dans une agglomération.



Encadré 1

### CAS EXISTANT: STEP DE PROFAY, BAGNES

#### Caractéristiques

Chute brute	449 m
Débit nominal	100 l/s
Puissance	350 kW
Production	851 MWh/a
Turbine	Pelton

L'installation de la STEP de Profay est le seul exemple de turbinage sur les eaux avant traitement en Suisse. Une partie des eaux de la zone urbaine de Verbier est prétraitée puis turbinée 450 mètres plus bas au niveau de la station d'épuration de Profay.



Encadré 2

- Mise en charge du réseau: les réseaux d'eaux usées étant à surface libre, une nouvelle conduite forcée devra être construite pour le transport des eaux entre la prise d'eau et la turbine.

La topographie montagneuse de la Suisse ainsi que l'encouragement fort de ce type d'installations laissent penser qu'il existe un potentiel encore non exploité dans le pays. De plus, aucune étude de potentiel à l'échelle de la Suisse n'a été réalisée depuis l'étude DIANE [5] qui date de 1995.

Dans l'étude présentée dans cet article, une méthode globale pour le cas de la Suisse a été développée pour évaluer le potentiel hydroélectrique des réseaux d'assainissement [6]. Une étude géographique et hydraulique a tout d'abord été réalisée pour déterminer le potentiel énergétique global, puis une analyse de rentabilité économique a été faite pour les sites potentiels. Enfin, un scénario d'évolution de l'organisation des STEP a été étudié. La méthode développée se veut applicable à d'autres zones (régions, pays) si les données sont disponibles.

## MÉTHODOLOGIE

### POTENTIEL ÉNERGÉTIQUE

L'étude s'est focalisée sur le potentiel énergétique autour des STEP, c'est-à-dire le turbinage avant traitement et le turbinage après traitement. Le potentiel énergétique disponible a été défini selon l'équation 1, où  $E_{prod}$  (kWh/a) désigne l'électricité produite,  $\rho$  (kg/m<sup>3</sup>) la masse volumique des eaux usées,  $H_{nette}$  (m) la chute nette,  $V_{eaux\_usées}$  (m<sup>3</sup>/a) le volume d'eaux usées traitées annuellement et  $\eta$  (-) le rendement global de l'installation.

$$E_{prod} = \eta \times \rho \times g \times H_{nette} \times V_{eaux\_usées} \quad (1)$$

Il a été supposé pour les calculs que  $\eta=0,7$ , valeur moyenne de rendements de petite centrale hydroélectrique [7], et que les pertes de charges seraient à hauteur de 10% de la chute brute. Pour le turbinage après traitement, la chute brute a été calculée entre la STEP et le point de rejet dans un milieu naturel proche: les coordonnées de ces deux points, disponibles dans la base de données de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), ont été utilisées [2]. En ce qui concerne le turbinage avant traitement à la STEP, la chute est localisée entre le point de collection principal de toutes les eaux du système d'assainissement et la STEP. La base de données existante pour la Suisse ne fournissant pas le point de collection des eaux, celui-ci a été déterminé par une étude sur les zones urbaines reliées aux STEP. Finalement, le volume d'eaux usées traitées annuellement a été calculé grâce aux données de débits moyens journaliers des STEP, présents dans la base de données de l'OFEV [2]. Seuls les sites dont le potentiel énergétique était supérieur à 50 MWh par an ont été considérés.

### RENTABILITÉ DES AMÉNAGEMENTS

Une fois les sites potentiels identifiés, la rentabilité de chaque site a été évaluée. Pour cela, un outil a été créé pour calculer le dimensionnement optimal permettant de maximiser la rentabilité. Les variables d'optimisation suivantes ont été retenues dans le calcul:

- Le débit de dimensionnement de l'installation, sélectionné à partir des courbes de débits classés;
- La vitesse de l'eau dans la conduite (entre 1 et 6 m/s), qui influence le diamètre de la conduite et les pertes de charge;
- Les technologies possibles pour le site: 4 types de turbine ont été considérés (turbine *Pelton*, turbine *Kaplan*, pompe inversée et vis hydraulique), correspondant à des technologies utilisables dans la mini-hydraulique [7], et permettant de couvrir toutes les plages de puissance.

Toutes les possibilités de dimensionnement de chaque site potentiel ont été calculées en fonction de ces trois variables. Puis, pour chaque dimensionnement, l'investissement total nécessaire à la réalisation de l'aménagement a été évalué en fonction des différents composants de l'installation. La prise en compte des différents coûts est présentée dans le *tableau 1*.

La rentabilité a ensuite été déterminée grâce à la valeur actuelle nette (VAN) au bout de 25 ans (période d'amortissement choisie du projet). Les revenus annuels de l'installation potentielle, présents dans le calcul de la VAN, ont été calculés avec la rétribution à prix coûtant, dont le calcul est défini dans l'Ordonnance sur l'énergie [8], et qui dépend de la puissance équivalente, de la chute, et de la part du coût relié à l'aménagement des eaux dans le coût total du projet.

Pour cette étude, l'optimisation du dimensionnement est basée sur le prix de revient, c'est-à-dire que le dimensionnement optimal choisi est celui qui permet d'obtenir le prix de revient minimum (en cts/kWh). C'est cependant le calcul de la VAN qui permet de déterminer si un site est rentable.

Élément	Après traitement	Avant traitement	Coût fonction de ...
Conduite	✓	✓	Diamètre et longueur
Turbo-alternateur	✓	✓	Puissance installée
Bassin de prétraitement	✗	✓	Puissance installée
Raccordement	✓	✗	Coût fixe
Route d'accès	✓	✗	Coût fixe
Local	✓	✗	Coût fixe

Tab. 1 Répartition des coûts entre le turbinage après traitement à la STEP et le turbinage avant traitement à la STEP

Verteilung der Kosten bei Turbinierung nach Aufbereitung in der ARA im Vergleich mit der Turbinierung vor Aufbereitung in der ARA

## RÉSULTATS

### POTENTIEL ÉNERGÉTIQUE

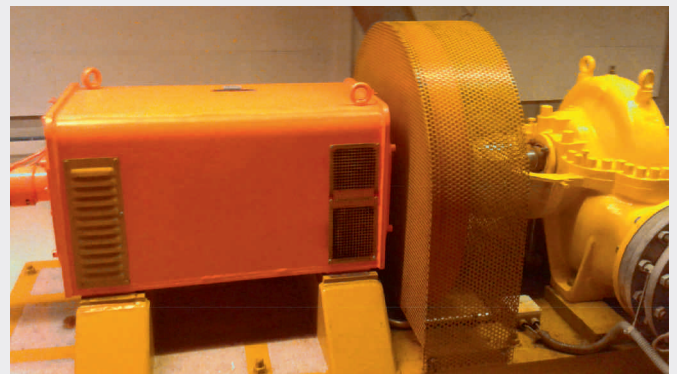
Le potentiel de production total en termes énergétiques pour le turbinage après traitement à la STEP a été estimé à 9,6 GWh/a dont 3,5 GWh/a d'installations existantes, pour 41 sites potentiels dont 6 existants (les résultats peuvent être visualisés sous forme de carte dans la *figure 5*). La *figure 4* met en évidence la répartition du potentiel en fonction des cantons: les cantons urbains où se trouvent d'importantes zones d'agglomérations (par exemple les cantons du Vaud, de Zurich et de Saint Gall) possèdent un potentiel significatif. En effet, 20 sites possèdent une chute inférieure à 10 m pour un débit moyen de 485 l/s tous sites confondus: ces sites totalisent 35% du potentiel, soit 3,4 GWh/a.

### CAS EXISTANT: STEP DE NYON

#### Caractéristiques

Chute brute	94 m
Débit nominal	293 l/s
Puissance	220 kW
Production	510 MWh/a
Turbine	Pompe inversée

L'installation de la STEP de Nyon est atypique. Les eaux de Nyon sont tout d'abord pompées sur 100 mètres de dénivelé pour être traitées en haut de la ville. Après traitement, elles doivent être rejetées au niveau du lac, car il n'existe pas de cours d'eau suffisamment robuste à proximité. Les eaux usées sont donc turbinées avant leur rejet dans le lac.



Encadré 3

Au total, 6 sites possèdent un potentiel de plus de 500 MWh/a, totalisant la moitié du potentiel. Parmi ceux-ci, 3 sont déjà en fonction (les sites de Saint Gall, Leysin et l'Aire à Genève), ce qui valide la méthode.

Pour le turbinage avant traitement à la station d'épuration, 65 sites ont été identifiés avec un potentiel de production total de 21,7 GWh/a, soit plus de deux fois plus élevé que le potentiel après traitement. Les potentiels de montagne sont ici clairement mis en évidence. Les zones d'agglomérations possèdent peu de potentiel: seuls 4 sites potentiels sont identifiés avec une chute inférieure à 10 m, totalisant uniquement 2,5% du potentiel. La chute est souvent négative pour les zones d'agglomérations en Suisse qui se situent plutôt au bord des lacs: en effet, les eaux sont récoltées au niveau du lac, puis sont relevées vers la station d'épuration située soit au bord du lac, soit légèrement plus en hauteur (*cf. encadré 3*). Les potentiels sont donc plutôt des sites de haute chute: les 4 potentiels les plus importants possèdent des chutes de plus de 400 m, pour un débit moyen de 601 l/s tous sites confondus. Les cantons montagneux possèdent le plus de potentiel (*fig. 4*): 80% du potentiel se répartit entre les cantons du Valais, de Berne et des Grisons. Le reste du potentiel est présent dans la plaine suisse, correspondant à des chutes moyennes.

### RENTABILITÉ DES AMÉNAGEMENTS

La *figure 5* présente en vert les sites rentables parmi les sites potentiels identifiés pour le turbinage après traitement. Parmi tous les sites, 14 ont une VAN supérieure à 0 au bout de 25 ans,

donc sont rentables selon les hypothèses du modèle établi. D'après les calculs de prix de revient, seuls 2 sites ont un prix inférieur à 10 cts/kWh. Ces deux sites correspondent aux stations d'épuration

de l'Aire, dans le canton de Genève (8,8 cts/kWh) et de Zurich (9,4 cts/kWh). Une vis hydraulique serait envisageable pour une puissance d'environ 80 kW pour chaque site. La rentabilité de l'installation

de la STEP de l'Aire (cf. encadré 1), qui existe déjà, est donc ici validée. En ce qui concerne le turbinage avant traitement, parmi les 65 sites possédant un potentiel énergétique, seuls 5 seraient cependant

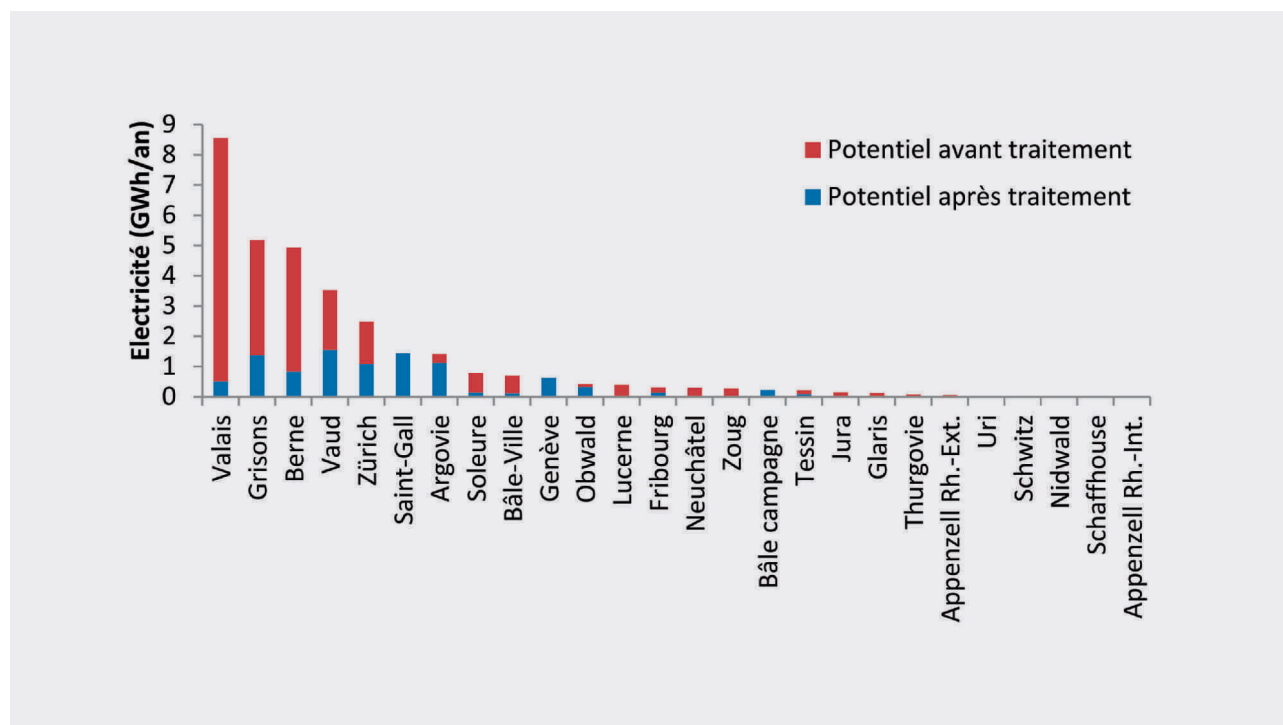


Fig. 4 Répartition du potentiel hydroélectrique des eaux usées en Suisse par canton et par type de turbinage  
Verteilung des hydroelektrischen Potenzials von Abwasser in der Schweiz nach Kanton und Art der Turbinierung

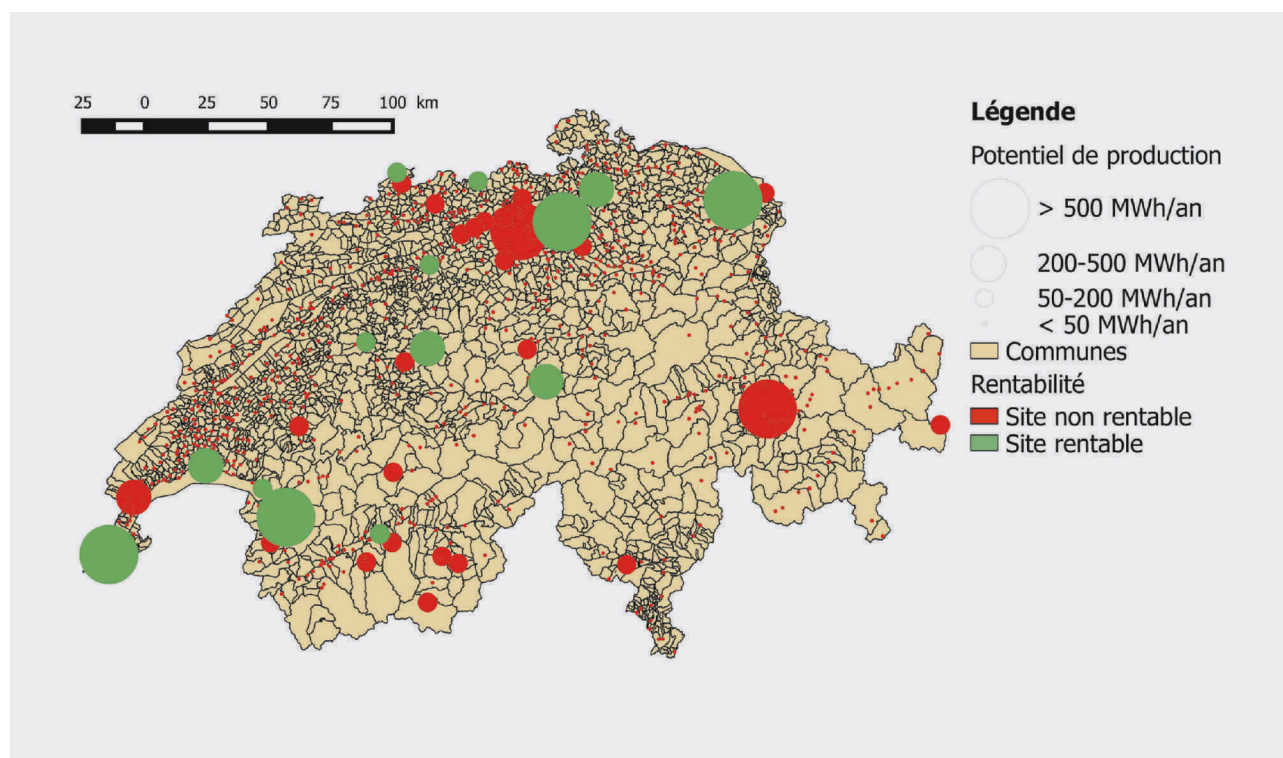


Fig. 5 Résultats de l'évaluation du potentiel de production hydroélectrique sur les eaux usées après traitement en Suisse, sur la base de données fournies par l'OFEV [2]

Ergebnisse der Bewertung des Potenzials der Stromerzeugung mit Abwasser nach Aufbereitung in der Schweiz, die auf der Grundlage von Daten des BAFU [2] ermittelt wurden

rentables (fig. 6). Les sites les plus rentables sont les sites possédant les plus grandes puissances ou bien les sites de petite chute où il serait possible d'installer une vis hydraulique, technologie bon marché (cf. encadré 4). Le peu de sites rentables peut ici s'expliquer par le coût important du bassin de prétraitement, qui représente entre 3 et 8 cts/kWh du prix de revient pour les sites potentiels, ainsi que le coût important de la conduite. En effet, la longueur de cette conduite forcée à construire pour les sites potentiels étant en moyenne de 3000 m, sa part dans le coût est donc importante (en moyenne 40% du coût total). La figure 7 illustre la répartition des prix de revient parmi les sites rentables: certains sites dont le prix de revient est supérieur à 30 cts/kWh peuvent être rentables, grâce à la rétribution à prix coûtant qui peut s'élever jusqu'à 35 cts/kWh.

Tous types d'installations confondus, 19 sites rentables ont été identifiés. La puissance installée totale de ces sites serait de 1,25 MW, pour une production de 9,27 GWh/a, soit un tiers du potentiel total de production. La répartition de la puissance installée et de l'électricité produite entre le turbinage avant et après traitement est sensiblement la

#### EXEMPLE DE TECHNOLOGIE UTILISABLE POUR LE TURBINAGE DES EAUX USÉES: LA VIS HYDRAULIQUE



Vis hydraulique d'une STEP en Angleterre

La vis hydraulique inverse le principe des vis d'Archimède, qui existent depuis l'Antiquité, pour produire de l'électricité. Ces technologies sont déjà utilisées sur

quelques cours d'eau, et sur un site de turbinage des eaux usées avant traitement en Angleterre [11]. Les vis d'Archimède étant déjà communément utilisées pour pomper les eaux vers la STEP ou entre les différentes étapes du traitement, ce type d'installations pourrait facilement s'intégrer aux STEP. Elles sont robustes et donc particulièrement adaptées au turbinage avant traitement, car elles laissent passer les déchets grossiers. Dimensionnées pour des puissances jusqu'à 500 kW [10], elles sont adaptées pour de faibles chutes (de l'ordre de quelques mètres) et des débits importants, ce qui pourrait les rendre particulièrement intéressantes pour les STEP d'agglomérations.

#### Encadré 4

même. Le turbinage après traitement pourrait produire 4,64 GWh/a contre 4,63 GWh/a pour le turbinage avant traitement. La figure 8 présente la répartition de l'investissement et des revenus entre le turbinage après et le turbinage avant traitement. L'investissement total

si tous ces sites étaient réalisés serait de 15,9 millions de CHF, pour des revenus attendus de 1,8 millions de CHF par an (fig. 8). Les coûts d'investissement pour les sites hydroélectriques sur les eaux usées non traitées sont 25% supérieurs aux coûts des sites sur les

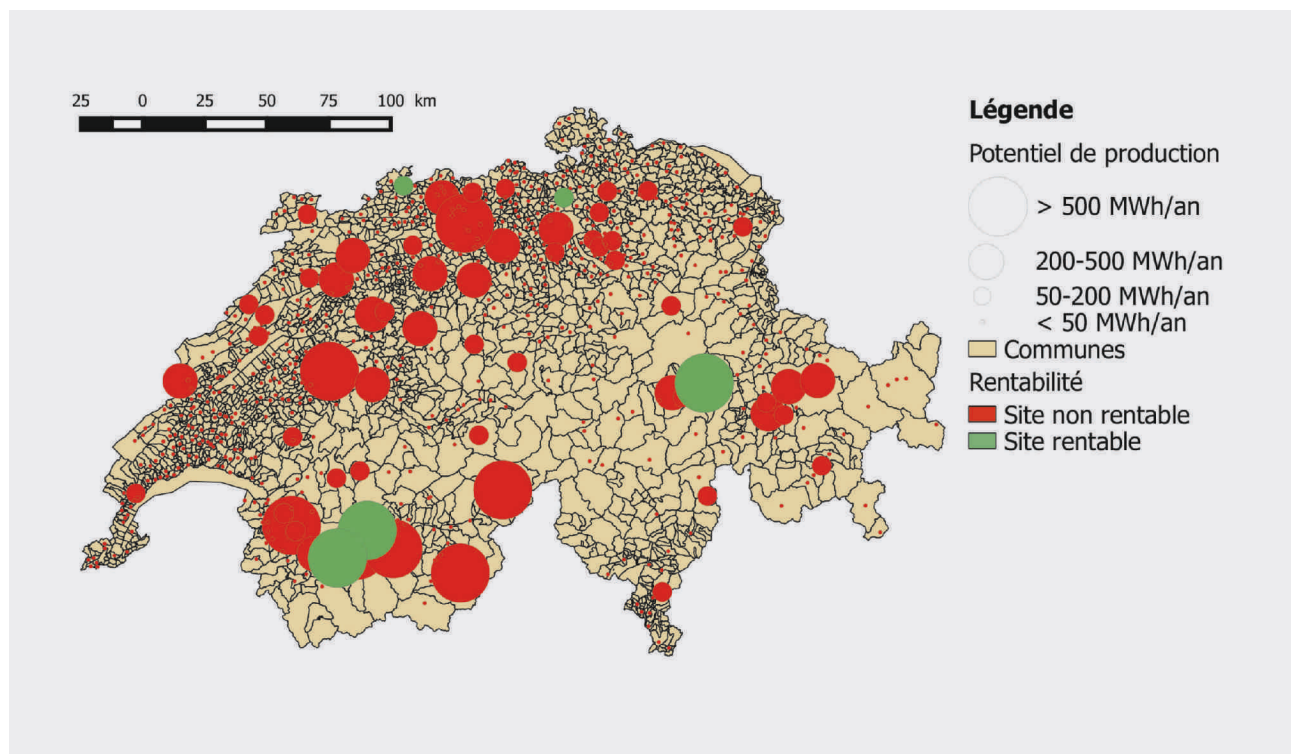


Fig. 6 Résultats de l'évaluation du potentiel de production hydroélectrique sur les eaux usées avant traitement en Suisse, sur la base de données fournies par l'OFEV [2]

Ergebnisse der Bewertung des Potenzials der Stromerzeugung mit Abwasser vor Aufbereitung in der Schweiz, die auf der Grundlage von Daten des BAFU [2] ermittelt wurden

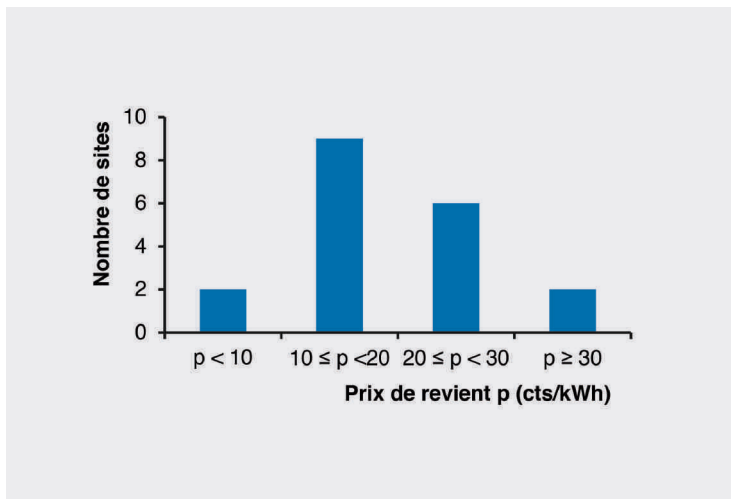


Fig. 7 Répartition du prix de revient pour les sites rentables identifiés dans l'étude  
Gestehungskosten für die in der Studie bestimmten rentablen Standorte

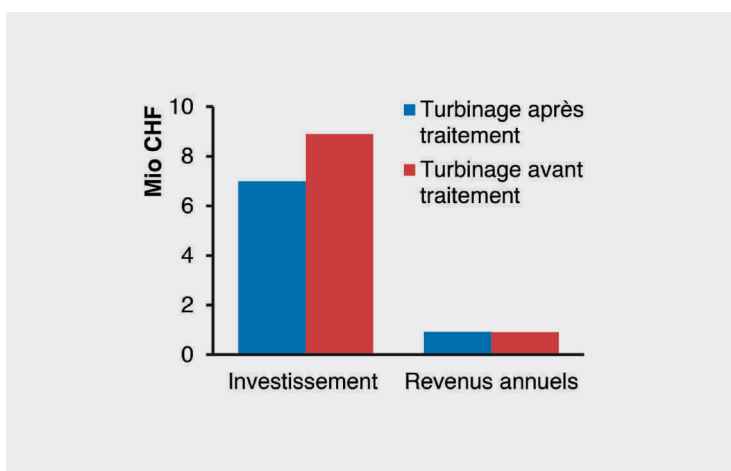


Fig. 8 Répartition de l'investissement total et des revenus annuels entre le turbinage après et avant traitement  
Gesamtinvestitionen und Jahreserträge bei der Turbinierung nach Aufbereitung im Vergleich mit der Turbinierung vor Aufbereitung

eaux usées traitées, pour des revenus similaires par an, ce qui est principalement dû au coût du bassin de prétraitement. Les résultats de l'étude peuvent différer de la réalité pour certains sites existants. L'approche proposée se basant sur des données globales et pas nécessairement à jour, il est possible que certains facteurs propres au site n'aient pas été pris en compte. Cela montre l'importance de la réalisation d'études spécifiques pour chaque site permettant d'optimiser chaque projet sur la base de données plus précises et de modèles économiques plus spécifiques à la réalité du terrain.

### REGROUPEMENT FUTUR DES STEP

Le regroupement des petites STEP vers des STEP de plus grande taille est une tendance actuelle en Suisse [9]. En effet, de nombreuses petites STEP construites dans les années 1970 arrivent en fin de vie et plusieurs études ont montré que de plus grandes STEP seraient plus efficaces et permettraient une meilleure gestion du traitement des eaux, notamment pour le traitement des micropolluants [9]. Ce regroupement implique la construction de conduites de raccordement pour transporter les eaux usées

entre l'ancienne station d'épuration et la nouvelle: s'il existe une chute et un débit suffisant, exploiter le potentiel hydroélectrique entre les deux stations d'épuration serait alors possible. Pour évaluer ce potentiel futur, le scénario de centralisation des STEP «Vision 2050», développé lors d'une étude sur les réformes possibles de l'organisation de l'assainissement en Suisse [9], a été choisi. Sur les 751 STEP considérées dans cette étude, 439 seraient présentes dans le futur, avec les anciennes STEP raccordées à la STEP la plus proche. Dans le cadre de l'étude, la chute a été calculée entre l'emplacement de l'ancienne STEP et celui de la future STEP, et le potentiel a été calculé avec le débit de l'ancienne STEP, car toutes les eaux de celles-ci seront transportées pour être traitées dans la nouvelle STEP. Pour l'évaluation économique, les coûts du bassin de prétraitement et de la conduite n'ont pas été pris en compte: l'ancien bassin de prétraitement de la STEP pourrait être utilisé et la conduite est à prendre en compte dans les travaux de regroupement.

Parmi les 312 STEP devant se centraliser, 214 sont situées plus en amont de la future nouvelle STEP. La chute moyenne entre les deux stations est de 130 m, avec 9 sites dont la chute serait supérieure à 400 m. Le débit moyen des STEP à centraliser est cependant de seulement 16 l/s car ce sont les plus petites stations qui viennent se raccorder aux nouvelles. Finalement, 44 STEP possèderaient un potentiel hydroélectrique en se raccordant à de plus grandes STEP, totalisant un potentiel de 10,5 GWh/a (fig. 9). Les potentiels les plus importants apparaissent lorsque la centralisation se fait sur des STEP en bord de lac. Les alentours du lac étant souvent bordés par des zones de plus haute altitude, il existe des chutes entre les STEP situées dans les terres et les STEP de bord de lac.

Parmi les 44 installations, 31 seraient rentables, et pourraient produire au total 6 GWh/a, soit 60% du potentiel (cf. fig. 9). Cela pourrait générer des revenus supplémentaires de 1,6 millions de CHF par an.

### CONCLUSION

Cette étude évalue le potentiel hydroélectrique sur les eaux usées, ainsi que la rentabilité économique de ces installations. Sur la base des résultats, la Suisse possède un potentiel de 31,3 GWh/a (dont seuls 3,5 GWh/a sont actuellement exploités), avec 106 sites potentiels dont 19 rentables qui correspondent à un potentiel de 9,3 GWh/a. Certains sites identifiés existent déjà, ce qui permet de valider la méthodologie adoptée. Le potentiel encore inexploité, et rentable selon les hypothèses de modélisation, est de 6,5 GWh/a, mais pourrait s'avérer supérieur. En effet, les hypothèses utilisées dans ce travail se basent sur les données globales centralisées par l'OFEV. Cependant, les conditions locales (par exemple les caractéristiques détaillées des réseaux de collectes ou les données de débits) peuvent influencer les résultats obtenus, ce qui montre l'importance d'études plus détaillées pour prendre en compte les spécificités propres à chaque installation.

L'analyse du regroupement futur des STEP montre que les transformations au niveau des stations d'épuration offrent un potentiel intéressant: la centralisation programmée des STEP permettrait de produire de façon rentable 6 GWh/a supplémentaires et d'amortir partiellement le coût des regroupements. En ce qui concerne le turbinage après traitement, les transformations au niveau des STEP pourront aussi faire intervenir des

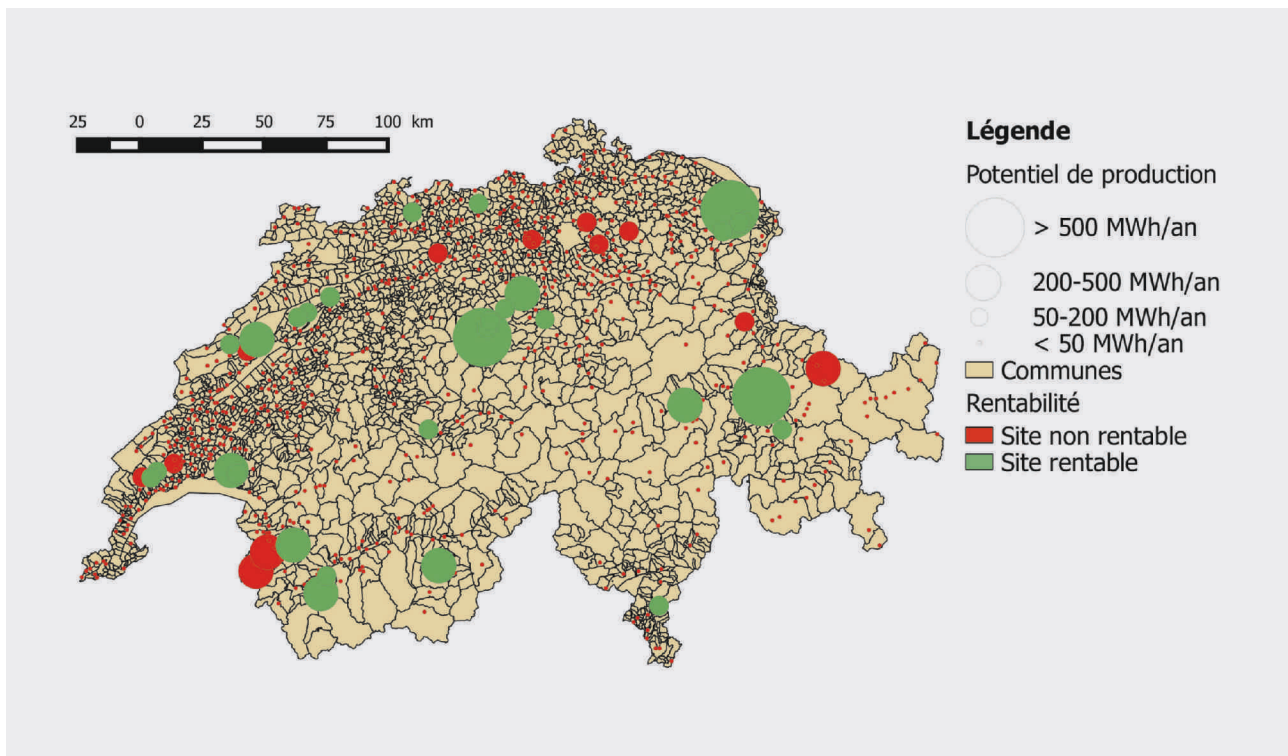


Fig. 9 Résultats de l'évaluation du potentiel de production hydroélectrique du regroupement des STEP's de Suisse, sur la base de données fournies par l'OFEV [2]

Ergebnisse der Bewertung des Potenzials der Stromerzeugung durch die Zusammenlegung der Schweizer ARA, die auf der Grundlage von Daten des BAFU [2] ermittelt wurden

changements du point de rejet vers des milieux moins sensibles aux contaminants et pourraient faire apparaître de nouvelles opportunités de récupération d'énergie. Finalement, les évolutions futures technologiques sont à surveiller: de nouvelles turbines hydrauliques adaptées aux petites puissances pourraient rendre rentables des sites jusqu'à présent non considérés, et rendre la récupération d'énergie hydraulique des eaux usées plus courante. Dans le cadre de la transition énergétique, la production d'hydroélectricité sur la base des eaux usées offre ainsi un potentiel intéressant, non seulement économique, mais également en termes de communication avec la population en mettant en place une production locale, pratiquement sans impact sur l'environnement.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] Office Fédéral de l'Énergie (2013): *Message relatif au premier paquet de mesures de la Stratégie énergétique 2050 (Révisions du droit de l'énergie)*. Rapport OFEN n° 13.074, Berne
- [2] Office Fédéral de l'Environnement (2015): *Banque de données des stations d'épuration (ARA-DB)*. <http://www.bafu.admin.ch/wasser/13465/13486/14119/index.html?lang=fr>; accédé le 09/08/2015
- [3] Bryner, A. (2011): *L'eau et l'énergie - Fiche d'information*. Rapport technique, EAWAG
- [4] Shapes project (2010): *Energy Recovery in Existing Infrastructures with Small Hydropower Plants - Multipurpose schemes - Overview and examples*. [http://www.esha.be/fileadmin/esha\\_files/documents/SHAPES/Multipurpose%20schemes%20brochure%20SHAPES.pdf](http://www.esha.be/fileadmin/esha_files/documents/SHAPES/Multipurpose%20schemes%20brochure%20SHAPES.pdf); accédé le 04/08/2015
- [5] Chenal, R.; Vuillerait, C.A.; Roduit, J. (1995): *L'eau usée génératrice d'électricité*. DIANE 10. Concept, réalisation, potentiel. Rapport n° 805.209, Office Fédéral de l'Énergie (OFEN), Berne
- [6] Bousquet, C. (2015). *Évaluation du potentiel hydroélectrique des eaux usées en Suisse*. EPFL, Laboratoire de constructions hydrauliques (LCH) et e-dric.ch, Travail de Master EPFL, 108 pp, Lausanne, Suisse
- [7] Chapallaz, J.M.; Eichenberger, P. (1992): *Guide pratique pour la réalisation de petites centrales hydrauliques*. Rapport OFEN n° 724.244, Programme d'action PACER, Office fédéral des questions conjoncturelles, Berne
- [8] Conseil Fédéral Suisse (1998): *Ordonnance sur l'énergie (OEn)*, RS 730.01, état le 1<sup>er</sup> juin 2015
- [9] Chaix, O.; Schweizer, J.; Wehse, H. (2008): *Proposition de réforme de l'organisation de l'assainissement en Suisse*. Doc n° 6419.01-RN022a/Chx, BG Ingénieurs conseil, Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne
- [10] Andritz Hydro: *Vis hydrodynamique*, <http://www.andritz.com/en/pf-detail?productid=8775>; accédé le 04/08/2015
- [11] ABB (2010): *First screw generator for water industry saves £127,000 a year*, <http://www.abb.com/cawp/seitp202/127f0af46a404513c1257791005323dd.aspx>; accédé le 04/08/2015

L'étude a été réalisée dans le cadre d'un projet de master [6] par Cécile Bousquet (étudiante en section Sciences et Ingénierie de l'Environnement à l'EPFL), suivi par le Laboratoire de Constructions Hydrauliques (LCH) et e-dric.ch, Le Mont-sur-Lausanne.

## > FORTSETZUNG DER ZUSAMMENFASSUNG

Produktionssteigerung um 6 GWh/Jahr erzielen. Die künftigen Veränderungen der ARA könnten somit interessante Perspektiven im Hinblick auf die städtische Wasserkraft eröffnen.