

Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 114 (1988)
Heft: 8

Artikel: Développements récents dans le domaine des microcentrales hydrauliques en Suisse
Autor: Chapallaz, Jean-Marc
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-76799>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 29.01.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Développements récents dans le domaine des microcentrales hydrauliques en Suisse



Les articles accompagnés du sigle ci-dessus sont des contributions suscitées ou rédigées par des membres du Groupe romand des ingénieurs de l'industrie.

Introduction

De nombreuses petites centrales hydrauliques, d'une puissance de quelques dizaines à quelques centaines de kilowatts ont été construites en Suisse durant la première moitié de ce siècle. Les turbines étaient utilisées pour entraîner directement des machines ou pour produire de l'électricité. Les années cinquante ont été marquées, en Suisse comme à l'étranger,

PAR JEAN-MARC CHAPALLAZ,
SAINTE-CROIX

par la construction de grands ouvrages hydro-électriques qui produisaient de l'électricité à meilleur compte, ainsi que par l'abondance de pétrole bon marché. En comparaison, les frais d'entretien des microcentrales étaient élevés, ce qui a conduit à leur abandon progressif. Parallèlement, faute de clientèle, les fabricants de petites turbines ont fermé leurs portes ou se sont tournés vers d'autres fabrications plus rémunératrices.

Deux facteurs ont provoqué une inversion de cette tendance et un regain d'intérêt pour la mini- et la microhydraulique : d'une part la hausse du prix du pétrole, qui a entraîné avec elle celle du prix des autres énergies, d'autre part le coût plus élevé que prévu de l'électricité nucléaire, dont l'impact sur le prix de l'électricité en Suisse est important, puisqu'elle représente environ 40% de la production totale.

Critères économiques

Pour assurer la rentabilité d'une microcentrale hydraulique, les revenus tirés de l'énergie produite doivent couvrir les frais d'entretien et les charges financières de l'investissement. Ce dernier est déterminé par :

- la production énergétique annuelle moyenne, qui est une grandeur fixée par les données du site (chute et débits), donc pratiquement stable ;
- le prix auquel peut être valorisée l'énergie électrique produite, qui va varier selon les impératifs du marché.

La Suisse dispose d'un réseau de distribution électrique très dense, qui des-

Résumé

Après un déclin, durant la période où l'énergie était bon marché, on peut constater un regain d'intérêt pour la modernisation et la construction de microcentrales hydro-électriques en Suisse.

Cette évolution est étroitement liée à l'augmentation du prix de l'électricité. Elle est plus particulièrement favorisée par une politique tarifaire des distributeurs d'électricité qui assure de meilleures conditions pour le rachat de l'énergie produite par les microcentrales.

Cette situation nouvelle a conduit de petites entreprises et bureaux d'étude du pays à développer des équipements conçus spécialement pour les petites puissances. La standardisation des turbines et l'utilisation de l'électronique pour la régulation ont permis d'obtenir des solutions techniques fiables et économiques, qui sont également bien adaptées aux besoins du tiers monde. Trois exemples d'installations récentes sont présentés en conclusion de cet article.

sert pratiquement l'ensemble de son territoire. En conséquence, la majorité des microcentrales lui sont raccordées et leur rentabilité est étroitement liée à la politique tarifaire appliquée à leur égard par les compagnies électriques. Cette politique suit actuellement, bien que lentement, une tendance favorable au développement de la microhydraulique. Il y a quelques années, les distributeurs acceptaient avec réticence le fonctionnement en parallèle sur leur réseau de petites unités de production et rétribuaient peu ou pas du tout l'électricité réinjectée. Actuellement, la situation s'est nettement améliorée, bien que les disparités régionales, dues à la multiplicité des distributeurs, restent importantes. Plusieurs compagnies rachètent maintenant le courant à des prix compris entre 50 et 75% du prix de vente au consommateur.

Cette évolution réjouissante a déjà permis la rénovation de nombreuses petites centrales et a incité des constructeurs à développer des équipements électromécaniques (turbines, régulation) adaptés pour les petites puissances.

Evolution technique

La Suisse n'a pas de politique de subventionnement systématique pour favoriser la renaissance de la microhydraulique, à l'exception de secteurs particuliers (agriculture, régions de montagne, etc.). En conséquence, l'évolution technique a suivi celle du prix de l'électricité, en particulier celle du prix de rachat par les distributeurs qui, à chaque augmentation, a permis des investissements plus importants. Il est possible de dissocier grosso modo l'évolution technique observée en Suisse en trois catégories :

1. Prix de rachat de l'électricité inférieur à 50% du prix de vente au consommateur :

L'investissement admissible est suffisant pour assurer le renouvellement de la partie électrique (générateur, régulation) et la révision des turbines de microcentrales existantes dont l'infrastructure est en bon état.

La retombée principale de cette étape a été la mise au point de systèmes de régulation électroniques permettant le fonctionnement automatique en parallèle sur le réseau de générateurs synchrones et asynchrones de faible puissance (fig. 1).

De cette époque date l'apparition sur le marché du régulateur électronique charge/fréquence, dont plus de 30 exemplaires sont actuellement en service dans le pays (fig. 3) ; il a remplacé les régulateurs mécaniques vitesse/débit dans les microcentrales au fil de l'eau (fig. 2).

2. Au moment où le prix de rachat de l'électricité atteint et dépasse 50% du prix de vente, il est possible de rentabiliser un investissement équivalant au coût de l'équipement électromécanique complet (turbine-générateur-régulation). Dans les régions où ce seuil tarifaire a été constaté, deux types de projets ont vu le jour :

- remplacement d'anciennes turbines par du matériel moderne sur des sites existants dont l'infrastructure de génie civil est dans un état satisfaisant ;
- adductions d'eau potable équipées de turbines fonctionnant comme coupe-pression (fig. 7).

3. A l'exception de cas particuliers, le niveau actuel du prix de rachat du courant électrique par les distributeurs ne

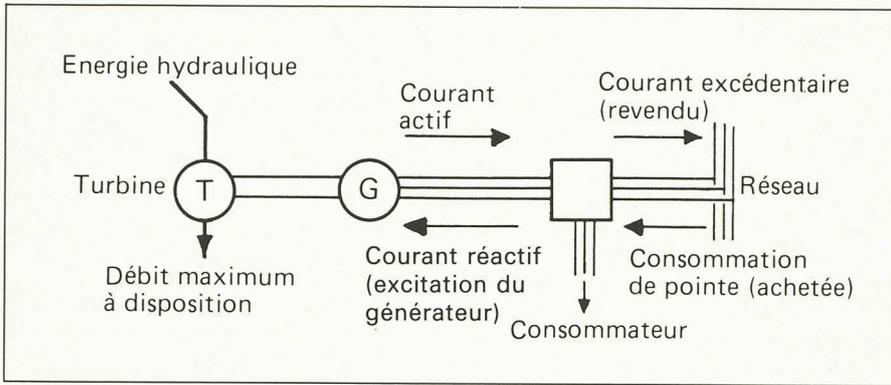


Fig. 1. - Fonctionnement en parallèle sur le réseau.

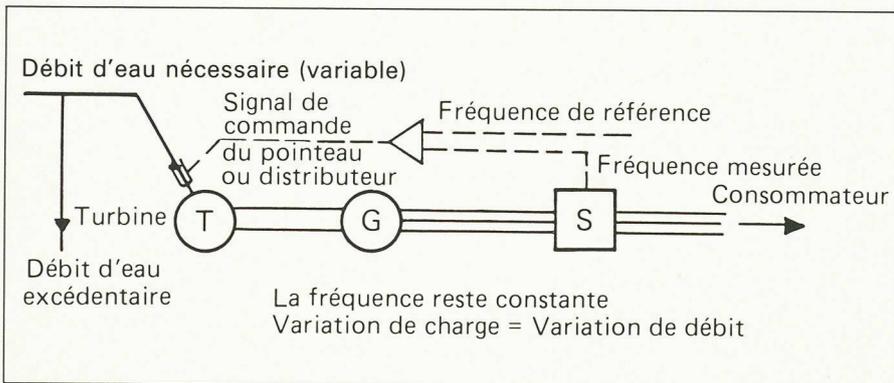


Fig. 2. - Fonctionnement en îlot, avec régulation fréquence/débit.

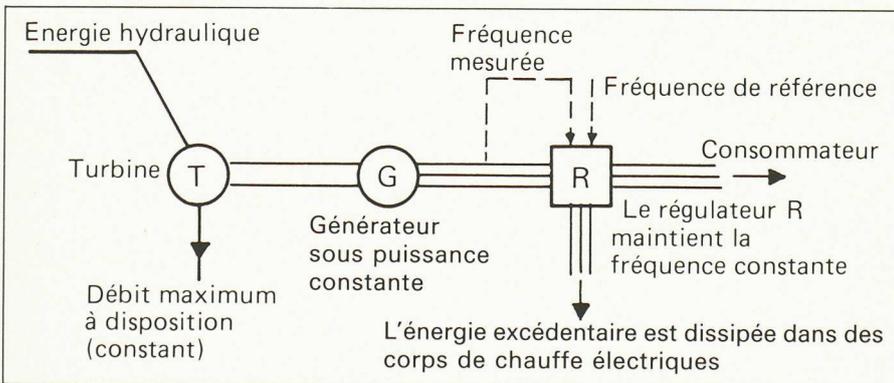


Fig. 3. - Fonctionnement en îlot, avec régulation charge/fréquence.

permet pas encore la réalisation de microcentrales complètes, bien que le prix de revient de l'électricité produite par celles-ci soit comparable à celui des centrales nucléaires récentes. Cette étape pourra être franchie lorsque le prix de rachat du courant atteindra ou dépassera 75 % du prix de vente au consommateur.

Développements techniques et ingénierie

Il est intéressant de constater que le développement et la réalisation d'équipements pour les microcentrales hydrauliques de puissance inférieure à 300 kW ne sont le fait ni des écoles techniques et universitaires, ni des industries de renom traditionnellement actives dans le domaine de l'hydro-électricité. Ce sont au contraire des entreprises ou bureaux d'ingénieurs de petites dimensions qui sont actifs dans ce secteur spécialisé et qui ont apporté des solutions originales pour simplifier et abaisser le coût des installations.

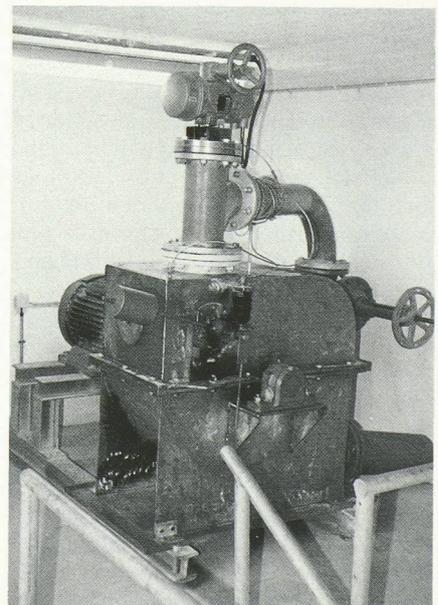


Fig. 4. - Site 1: Turbine Pelton de 50 kW.

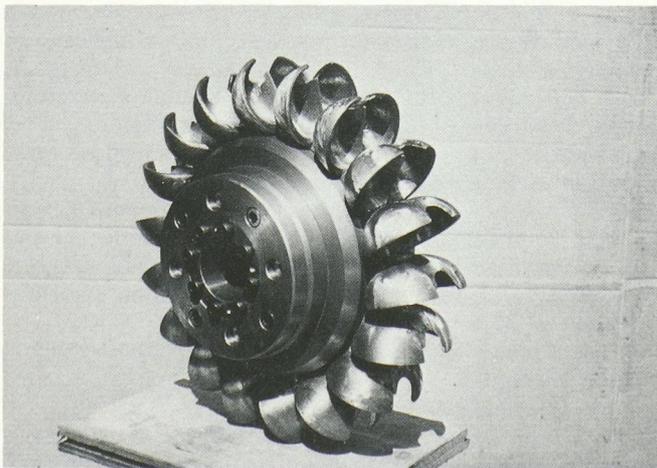


Fig. 5. - Turbine Pelton de 50 kW dans une adduction d'eau potable.

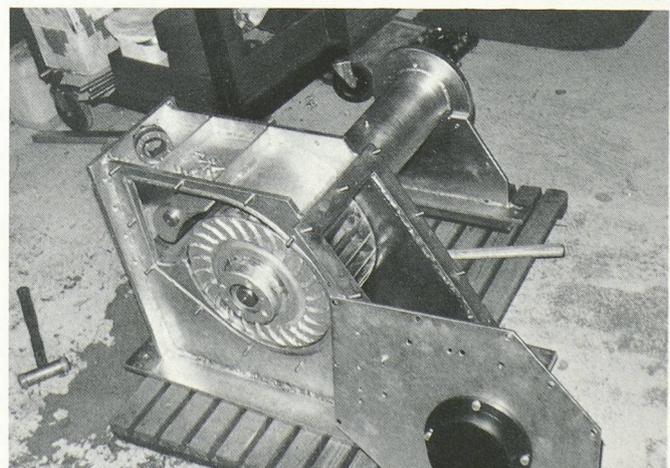


Fig. 6. - Turbine à flux traversant de 30 kW en atelier.

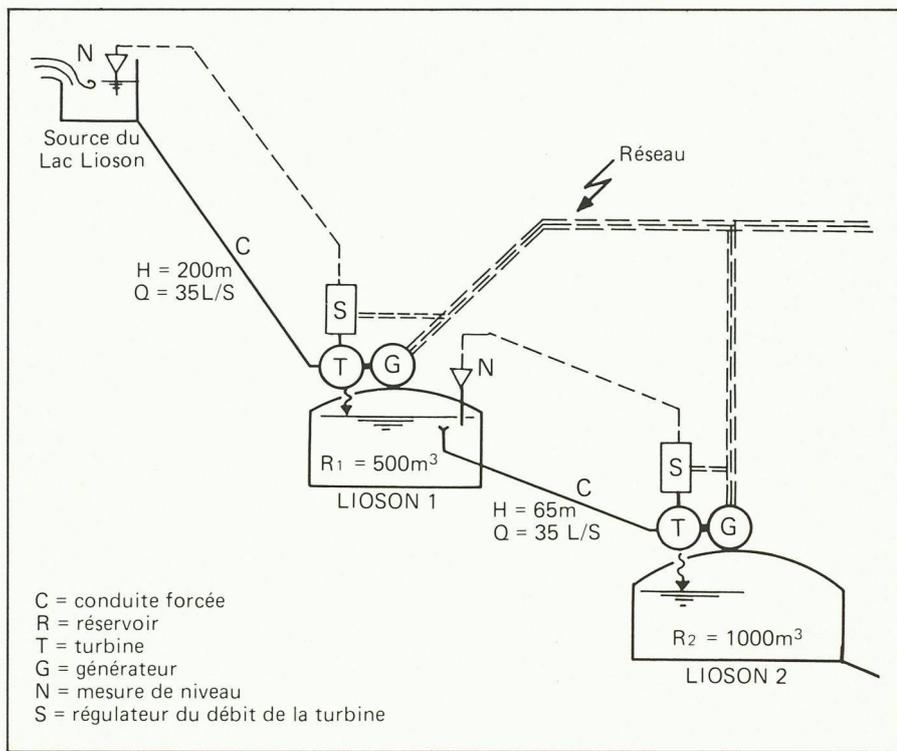


Fig. 7. - Microcentrale sur adduction d'eau potable.

A titre d'exemple, nous citons ci-après quelques équipements fabriqués en Suisse et qui sont en service dans des microcentrales du pays :

- régulateurs électroniques charge/fréquence pour générateurs synchrones jusqu'à 150 kW, assurant un fonctionnement automatique en parallèle et en réseau isolé ;
- régulateurs de tension, permettant le fonctionnement en réseau isolé de générateurs asynchrones excités par condensateurs ;
- turbines miniatures ;
- turbines Pelton normalisées ;
- turbines à flux traversant ;
- turbines Kaplan simplifiées.

Ces équipements, de par leur simplicité, sont également bien adaptés pour être installés dans les pays du tiers monde. Le fait qu'ils soient utilisés en Suisse permet de s'assurer de leur fiabilité avant de les exporter ou d'en transférer la technique outre-mer. Les microcentrales construites ici peuvent ainsi utilement servir d'exemples, voire de banc d'essai pour des projets de développement.

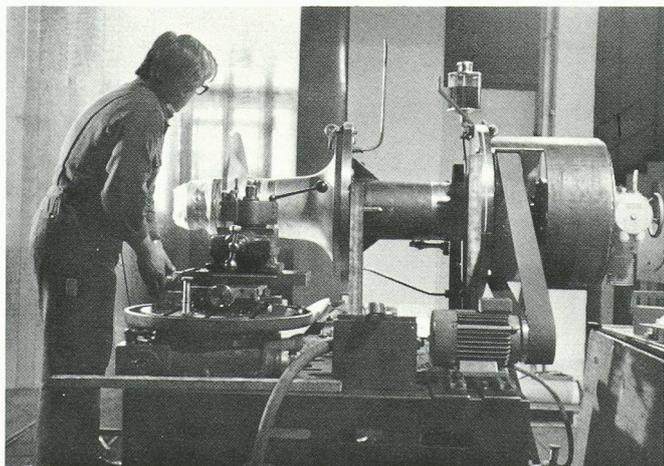


Fig. 8. - Turbine Kaplan simplifiée de 40 kW en atelier.

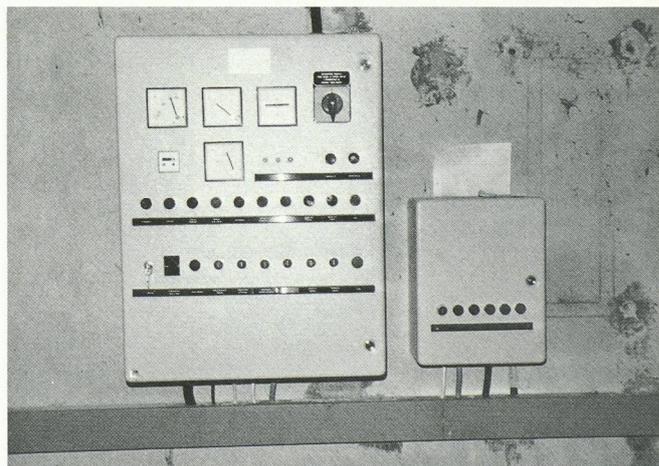


Fig. 9. - Tableau électrique normalisé pour fonctionnement automatique en parallèle sur le réseau.

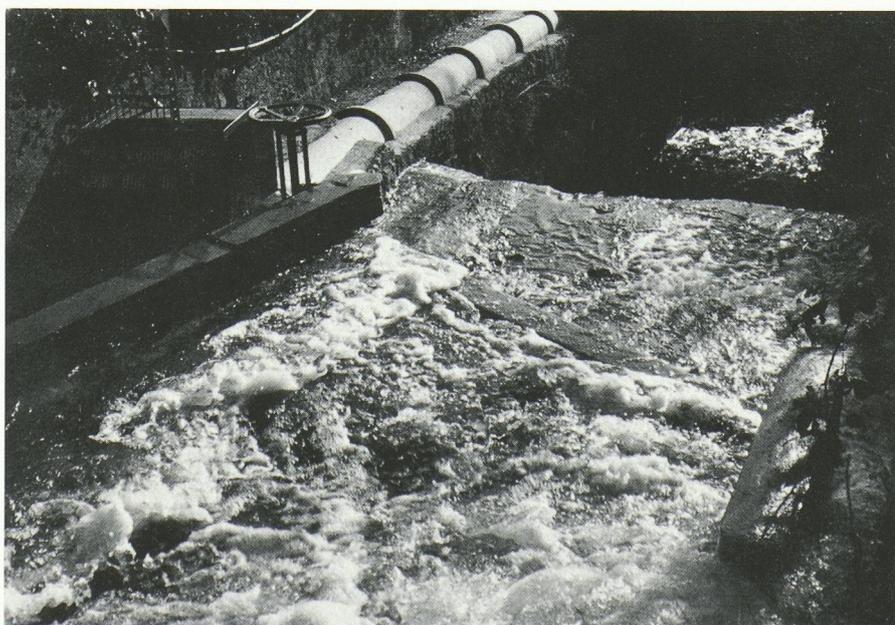


Fig. 10. - Site 2 - Prise d'eau à grille horizontale autonettoyante.

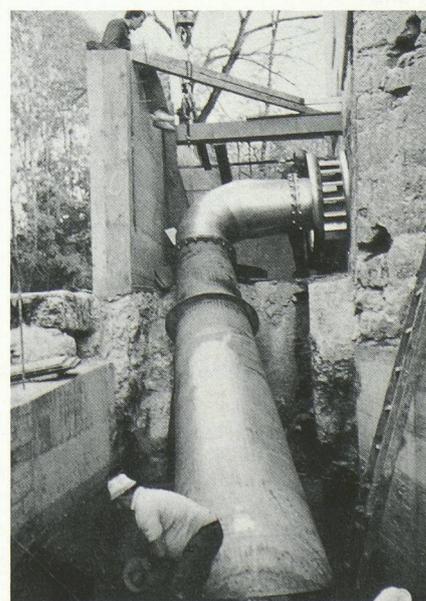


Fig. 11. - Site 3 - Montage de l'ensemble distributeur-aspirateur de la turbine Kaplan.



Fig. 12. - Site 3 - Vue générale avant rénovation.

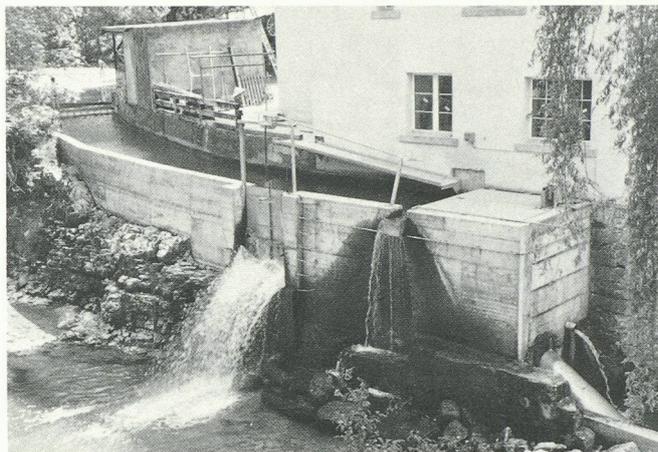


Fig. 13. - Site 3 - Vue générale après rénovation.

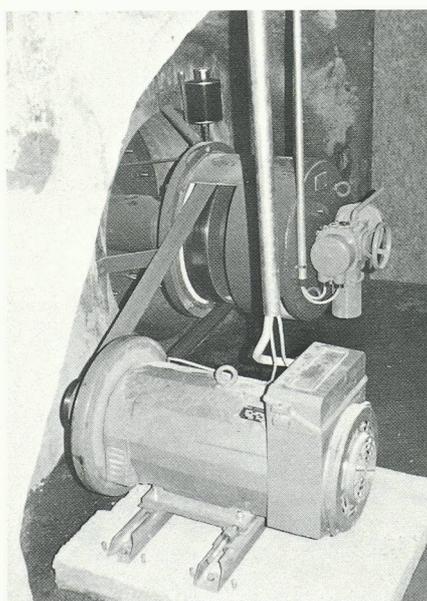


Fig. 14. - Site 3 - Vue de la turbine et du générateur en fonctionnement.

Données techniques et financières des trois installations.

Site N°	1	2	3
Propriétaire	Commune	Privé	Moulin agricole
Type	Adduction d'eau potable	Nouvelle installation	Ancien site remis en état et modernisé
<i>Caractéristiques techniques</i>			
Chute H(m)	200 et 65	9	3,8
Débit Q(l/s)	35	200	1300
Turbine	2 x Pelton	Cross flow	Kaplan simplifiée
Puissance électrique (kW)	44 + 14	11	32
Générateur	asynchrone	asynchrone	synchrone
Fonctionnement	parallèle automatique revente	parallèle automatique revente et autoconsommation	parallèle et filot automatique revente et autoconsom.
Utilisation du courant			
<i>Investissements</i>			
Génie civil (Fr.)	—	40 000.—	140 000.—
Electromécanique (Fr.)	150 000.—	30 000.—	120 000.—
Total (Fr.)	150 000.—	70 000.—	260 000.—
Prix unitaire (Fr./kW)	2 600.—	6 400.—	8 200.—
Production prévisible (kWh/année)	350 000.—	50 000.—	200 000.—
Prix de revient du courant électrique (Fr./kWh)	0,045	0,14	0,13

Exigences pratiques

A la lecture des publications concernant les microcentrales hydro-électriques, il apparaît que l'attention se porte surtout sur la partie électromécanique, en particulier les turbines. Parmi celles-ci, la turbine à flux traversant connaît un regain d'intérêt, spécialement parce qu'il est possible de la construire avec des moyens limités dans les pays du tiers monde. L'impression reste cependant que microcentrale rime avec simple, facile, bon marché, impression accentuée par l'imagerie d'Epinal que certains milieux créent autour de cette technique.

Cette manière de voir est rapidement démentie par la réalité, lorsque des exploitants se trouvent confrontés avec des difficultés pratiques telles que prises d'eau inadaptées aux crues, usure des turbines par absence de dessablage, dégrilleurs trop souvent colmatés ou aubages bouchés par feuilles et débris.

La pratique a démontré l'importance des facteurs suivants :

- étude sérieuse du potentiel du site, en particulier l'estimation de la courbe des débits classés qui est souvent rendue difficile par l'absence de données statistiques ;
- conception adéquate des ouvrages de génie civil, en particulier de la prise d'eau, du dessablage et du dégrillage. Les techniques utilisées doivent être simples, économiques, fiables et bien intégrées à l'environnement ; on ne peut pas simplement reproduire les grandes centrales à une échelle réduite, mais des solutions originales sont à chercher ;
- qualité des turbines, autant par la robustesse de leur construction que par leur rendement élevé, spécialement à charge partielle.

Du point de vue de la sécurité, les installations électriques sont soumises aux mêmes prescriptions et contrôles que les grandes centrales. C'est parfaitement normal, si l'on tient compte du fait qu'une microcentrale n'est souvent pas conduite par du personnel techniquement spécialisé.

Exemples

En conclusion, nous présentons ci-après trois microcentrales récentes équipées avec du matériel développé et fabriqué en Suisse.

Site 1: Adduction d'eau du lac Lioson

Deux turbines Pelton ont été installées dans les locaux de service des réservoirs d'eau potable, à la sortie des

conduites d'adduction (fig. 7). Il n'a pas été nécessaire de construire des ouvrages de génie civil et l'électromécanique constitue la totalité de l'investissement. La rentabilité est par conséquent excellente à un prix de rachat du courant par le distributeur local atteignant 60% du prix de vente au consommateur.

Site 2 : Microcentrale sur la Baumine

Il s'agit d'une installation de faible puissance, pour laquelle des solutions simples et économiques ont été cherchées, en particulier :

- prise d'eau autonettoyante à grille horizontale
- conduite forcée partiellement en béton
- turbine à flux traversant, dont

l'étude et la réalisation ont bénéficié d'un appui de l'Etat de Vaud.

Cette microcentrale est un bon exemple d'une technique simple et fiable qui peut être implantée dans le tiers monde.

Site 3 : Moulin de Vicques

Ce moulin agricole, initialement équipé d'une turbine Francis en chambre d'eau ouverte, était hors service depuis quinze ans. Les ouvrages de génie civil ont été reconstruits et la turbine Francis a été remplacée par une turbine Kaplan à pales variables et distributeur fixe. Cette installation a reçu un soutien financier de l'administration fédérale des blés, pour son utilité dans le cadre de l'économie de guerre (fonctionnement du moulin assuré en cas de défaillance du réseau).

Données financières

Les calculs financiers présentés dans le tableau de la page précédente ne tiennent pas compte du subside obtenu.

Le prix de revient est calculé en admettant des charges annuelles financières et d'exploitation égales à 10% de l'investissement.

Pour comparaison, nous rappelons que le prix du courant produit par la centrale nucléaire de Leibstadt est 12,5 ct./kWh, frais de transport et de distribution non compris.

Adresse de l'auteur :
Jean-Marc Chapallaz
Ingénieur EPFL/SIA
Dryade 2
1450 Sainte-Croix

Industrie et technique

Nitrates dans le sol et l'eau potable : l'agriculture seule en cause ?

Il ne se passe pratiquement pas de jour que la presse ne fasse état de la présence de nitrates dans le sol et dans l'eau potable.

Le problème des nitrates est toutefois beaucoup trop complexe pour que la faute en soit attribuée exclusivement à l'agriculture. Il s'agit aussi d'un problème politique (et de politique agricole) à la solution duquel le consommateur n'est de loin pas le dernier à pouvoir apporter sa contribution. Le nitrate (NO_3) est une liaison chimique naturelle entre un atome d'azote et trois atomes d'oxygène. Les plantes s'en servent comme d'un matériau de construction. La plupart d'entre elles l'absorbent principalement sous la forme de nitrates, avec l'eau du sol. Le nitrate constitue ainsi une phase importante du cycle naturel de l'azote. On le trouve en quantités plus ou moins grandes dans tous les types de sol.

Le sol : un énorme réservoir d'azote

La couche d'humus d'une surface cultivable d'Europe centrale contient en moyenne 3000 à 5000 kg d'azote par hectare, quantité qui peut atteindre, dans les cas extrêmes, jusqu'à 15000 kg par hectare. Plus de 95% de cet azote est lié à une substance organique. Selon le lieu et le climat considérés, 1 à 3% de cet azote à liaison organique passe par un processus de minéralisation qui libère entre 30 et 100 kg d'azote par hectare, davantage encore dans les cas extrêmes.

En plus des réserves d'azote qu'ils contiennent naturellement, les sols reçoivent

également de l'azote provenant d'autres sources. Actuellement, on estime en moyenne à 36 kg par hectare la quantité d'azote produite par des émissions industrielles ainsi que des décharges électriques dans l'atmosphère. Par ailleurs, les bactéries libres absorbent directement l'azote contenu dans l'atmosphère. En moyenne, elles en laissent dans le sol environ 5 kg par hectare et par an, ce qui n'est pas considérable. Grâce aux bactéries nitrogènes qui vivent sur les tubercules des légumineuses, une culture de ces végétaux peut fixer entre 200 et 300 kg d'azote par année.

Si impressionnante que soit la réserve d'azote contenue dans nos sols, cette source naturelle doit être complétée par l'apport d'engrais minéraux azotés,

car les plantes ne peuvent assimiler l'azote que sous sa forme minérale, et celle-ci n'est malheureusement pas disponible en quantités suffisantes pour assurer aux plantes une croissance optimale. Les récoltes prélevées dans le sol des substances nutritives qui doivent lui être restituées, sans quoi sa fertilité et son rendement diminuent rapidement. De nos jours, nombreux sont les agriculteurs qui font contrôler la teneur en nitrates de leurs engrais azotés par des stations fédérales de recherche agronomique. Les fameux échantillons N_{min} (qui mesurent la teneur en azote minéral) ne servent pas seulement à assurer la protection de l'environnement et des eaux, mais sont également utiles en termes d'économies. Car il va de soi que l'emploi excessif d'engrais – qui, selon les circonstances, peuvent être de surcroît lessivés par les eaux de pluie – est coûteux, sans amener aucun supplément de récolte.

La fertilisation azotée (sous forme de fumier, de purin et d'engrais miné-

