

Petites centrales hydrauliques



ÉNERGIES RENOUVELABLES



Office fédéral des questions conjoncturelles

De l'électricité grâce aux petites centrales hydrauliques – une énergie propre qui préserve l'environnement!

Il existe en Suisse un potentiel important dans le domaine des petites centrales hydrauliques qui pourrait s'avérer financièrement intéressant pour de nombreuses communes, collectivités et industries.

Ce mode de production a malheureusement été négligé ces dernières décennies, la priorité ayant été donnée aux grandes centrales au fil de l'eau ou à accumulation dans les Alpes.

Par le programme d'action énergies renouvelables (PACER) de l'Office fédéral des questions conjoncturelles, la Confédération a décidé d'intervenir pour inciter les propriétaires de droits d'eau, communes, administrations cantonales, ingénieurs, industriels et entrepreneurs à s'intéresser à cette forme de production d'énergie et à réaliser des installations. L'objectif est la promotion des technologies éprouvées des petites centrales hydrauliques (PCH) par une information objective et complète sur le sujet.

La brochure «Guide pratique pour la réalisation de petites centrales hydrauliques» est destinée à ceux qui désirent s'informer sur les petites centrales ou réaliser un projet.

Elle contient les renseignements suivants:

- domaine d'application des petites centrales;
- techniques à disposition;
- aspects écologiques;
- législation en vigueur;
- possibilité de financement et subsides;
- tarification de l'électricité;
- formules simples permettant d'évaluer la rentabilité;
- marche à suivre pour réaliser une telle installation.

Cette brochure fait partie d'une trilogie comprenant un dépliant gratuit «Petites centrales hydrauliques» ainsi qu'une série de fiches d'information cantonales pour les «Petites centrales hydrauliques» qu'il est possible d'obtenir à l'adresse figurant dans l'appendice.

ISBN 3-905232-20-0

1992, 96 pages

N° de commande 724.244 f

Fr. 25.–

Guide pratique
pour la réalisation de

Petites centrales hydrauliques

Conception, rédaction et réalisation de l'édition originale française

- J.-M. Chapallaz & P. Eichenberger, Bureau d'ingénieurs J.-M. Chapallaz, 1450 Sainte-Croix

Membres du groupe de travail

- G. Horner, Entreprises électriques fribourgeoises, ElectroBroc, Broc
Prescriptions techniques et tarification
- J. Gottesmann, conseiller juridique pour les questions d'environnement, Einsiedeln
Législation et aspects juridiques
- R. Mosimann, Département des travaux publics du canton de Berne, Office des ponts et chaussées, Berthoud
Ecologie et aménagement des cours d'eau
- H.W. Weiss et H. Kaspar, Basler et Hofmann SA, Zurich
Aspects techniques, administratifs et économiques.

La direction du projet «PACER – Petites centrales hydrauliques» ainsi que les auteurs tiennent à remercier toutes les personnes, spécialistes, exploitants et propriétaires de centrales hydroélectriques, représentants de services publics et privés pour leurs précieux conseils et informations, ainsi que pour les documents et photos qu'ils ont aimablement mis à disposition.

Nous citerons en particulier:

- G. Charmillot, Charmillot SA, Moulin de et à Vicques, JU
- P. Chatelain, directeur, Services industriels, Boudry, NE
- R. Galé, chef de centrale et municipal, Le Sépey, VD
- Ch. Kunz, municipal et P. Guggisberg, secrétaire communal, Brienzwiler, BE
- N. Lauterburg, directeur, et R. Locher, Lauterburg & Cie SA, Langnau, BE
- E. Nussbaumer, ADEV, Liestal, BL
- L. Rebaud, journaliste et député au Conseil national, Confignon, GE
- J. Rügsegger, chef de vente, Sulzer SA, Winterthur, ZH
- H. Siegwart, Energie Plus! Langnau, BE
- R. Sigg, Office fédéral de l'économie des eaux, Berne
- E. Staub, J.-M. Cuanillon, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, section pêche, Berne
- R. Vuffray, adjoint technique, Laboratoire cantonal, Epalinges, VD
- H. Wintsch, Administration fédérale des blés, Berne

Relecture du manuscrit

Mme M. Cuagnier, journaliste, Lausanne

Correcteur

Jean-Claude Scheder, Bercher

Illustrateur

Walter Fischbacher, Ecublens

Photos

- J.-M. Chapallaz, P. Eichenberger
- R. Mosimann (p. 30 et 31)
- Sulzer SA (p.42)

Mise en page et photocomposition

Consortium DAC/CITY COMP SA Lausanne et Morges

Direction du projet et coordination

Jean Graf, EPFL-DA-ITB-LESO

Associations de soutien

ACS	Association des communes suisses
ADER	Association pour le développement des énergies renouvelables
ADUR	Association des usiniers romands
ETG	Société pour les techniques de l'énergie de l'ASE
ASPEE	Association suisse des professionnels de l'épuration des eaux
INFOENERGIE ROMANDIE	Centre de conseils
OFEL	Office d'électricité de la Suisse romande
PROMES	Association des professionnels romands de l'énergie solaire
SIA	Société suisse des ingénieurs et des architectes
SMSR	Société des meuniers de la Suisse romande
SSIGE	Société suisse de l'industrie du gaz et des eaux
UCS	Union des centrales suisses d'électricité
UTS	Union technique suisse
UVS	Union des villes suisses

ISBN 3-905232-20-0

Copyright © 1992 Office fédéral des questions conjoncturelles, 3003 Berne, septembre 1992.

Reproduction d'extraits autorisée avec indication de la source.

Diffusion: Coordination romande du programme d'action «Construction et énergie» EPFL-LESO, Case postale 12, 1015 Lausanne (N° de commande 724.244 f).

Form 724.244 f 9.92 1000

Avant-propos

D'une durée totale de 6 ans (1990-1995), le programme d'action «Construction et Energie» se compose des trois programmes d'impulsions suivants:

PI-BAT – entretien et rénovation des constructions
RAVEL – utilisation rationnelle de l'électricité
PACER – énergies renouvelables

Ces trois programmes d'impulsions sont réalisés en étroite collaboration avec l'économie privée, les écoles et la Confédération. Ils doivent favoriser une croissance économique qualitative et, par là, conduire à une plus faible utilisation des matières premières et de l'énergie, avec pour corollaire un plus large recours au savoir-faire et à la matière grise.

Jusqu'ici, si l'on fait abstraction du potentiel hydroélectrique, la contribution des énergies renouvelables à notre bilan énergétique est négligeable. Aussi le programme PACER a-t-il été mis sur pied afin de remédier à cette situation. Dans ce but le programme cherche:

- à favoriser les applications dont le rapport prix/performance est le plus intéressant;
- à apporter les connaissances nécessaires aux ingénieurs, aux architectes et aux installateurs;
- à proposer une approche économique nouvelle qui prenne en compte les coûts externes;
- à informer les autorités, ainsi que les maîtres de l'ouvrage.

Cours, manifestations, publications, vidéos, etc.

Le programme PACER se consacre, en priorité, à la formation continue et à l'information. Le transfert de connaissances est basé sur les besoins de la pratique. Il s'appuie essentiellement sur des publications, des cours et d'autres manifestations. Les ingénieurs, architectes, installateurs, ainsi que les représentants de certaines branches spécialisées, en constituent le public cible. La diffusion plus large d'informations plus générales est également un élément important du programme. Elle vise les maîtres de l'ouvrage, les architectes, les ingénieurs et les autorités.

Le bulletin «Construction et Energie», qui paraît trois fois par an fournit tous les détails sur ces activités. Ce bulletin peut être obtenu gratuitement

sur simple demande. Chaque participant à un cours ou autre manifestation du programme reçoit une publication spécialement élaborée à cet effet. Toutes ces publications peuvent également être obtenues en s'adressant directement à la Coordination romande du programme d'action «Construction et énergie» EPFL-LESO, Case postale 12, 1015 Lausanne.

Compétences

Afin de maîtriser cet ambitieux programme de formation, il a été fait appel à des spécialistes des divers domaines concernés; ceux-ci appartiennent au secteur privé, aux écoles ou aux associations professionnelles. Ces spécialistes sont épaulés par une commission qui comprend des représentants des associations, des écoles et des branches professionnelles concernées.

Ce sont également les associations professionnelles qui prennent en charge l'organisation des cours et des autres activités. Pour la préparation de ces activités une direction de programme a été mise en place; elle se compose du Dr Jean-Bernard GAY, du Dr Charles FILLEUX, de M. Jean GRAF, du Dr Arthur WELLINGER ainsi que de Mme Irène WUILLEMIN et de M. Eric MOSIMANN de l'OFQC. La préparation des différentes activités se fait au travers de groupes de travail, ceux-ci sont responsables du contenu de même que du maintien des délais et des budgets.

Documentation

La brochure d'information «Guide pratique pour la réalisation de petites centrales hydrauliques» est un guide destiné à tous ceux qui désirent s'informer sur les petites centrales ou réaliser un projet: propriétaires de droits d'eau, administrations fédérales, cantonales et communales, ingénieurs, entrepreneurs et industriels, milieux de la protection de la nature et des sites, organismes de financement.

Elle contient les renseignements suivants:

- domaine d'application des petites centrales;
- techniques à disposition;
- aspects écologiques;
- législation en vigueur;
- possibilités de financement et subsides;
- tarification de l'électricité;

- formules simples permettant d'évaluer la rentabilité;
- marche à suivre pour réaliser une telle installation.

Ce document a fait l'objet d'une procédure de consultation. Ceci a permis aux auteurs d'effectuer les modifications nécessaires, ceux-ci étant toutefois libres de décider des corrections qu'ils souhaitent apporter à leur texte. Dans ce sens ils assurent l'entière responsabilité de leurs textes. Des améliorations sont encore possibles et des suggestions éventuelles peuvent être adressées soit au directeur du cours, soit directement auprès de l'Office fédéral des questions conjoncturelles.

Pour terminer nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de la présente publication.

Dr Heinz Kneubühler
Directeur suppléant de
l'Office fédéral des questions
conjoncturelles

Table des matières

1.	Petites centrales hydrauliques en Suisse	9
1.1	Qu'est-ce qu'une petite centrale hydraulique?	10
1.2	L'importance des petites centrales hydrauliques en Suisse	10
1.3	Cadre légal	10
<hr/>		
2.	Technologie des petites centrales	13
2.1	Classification des petites centrales et de leurs composants	15
2.2	Notions techniques concernant l'utilisation de la force hydraulique	17
2.3	Les éléments d'une petite centrale, leur fonction et leur construction	18
2.4	Petites centrales: technologie sérieuse ou bricolage?	24
<hr/>		
3.	Petites centrales hydrauliques et environnement	27
3.1	Débits de restitution	29
3.2	Exigences de la pêche	32
3.3	Intégration des installations dans le paysage	34
<hr/>		
4.	Exemples de petites centrales en exploitation	35
4.1	Microcentrale à basse pression du Moulin de Vicques (JU)	37
4.2	Centrale avec conduite forcée sur l'Ilfis à Bärau, Langnau (BE)	38
4.3	Microcentrale du réseau d'approvisionnement en eau potable de la commune de Brienzwiler	39
4.4	Turbinage des eaux usées de la commune de Leysin	40
4.5	Turbines de récupération dans l'industrie	41
<hr/>		
5.	Rentabilité des petites centrales hydrauliques	43
5.1	Situation actuelle	45
5.2	Nouvelle construction ou modernisation	45
5.3	Prix de revient de l'électricité produite par une petite centrale	46
5.4	Prix de vente et tarifs de rachat de l'électricité	47
5.5	Evaluation de la rentabilité	48
<hr/>		
6.	Promotion et financement des petites centrales	53
6.1	Mesures promotionnelles de la Confédération et des cantons	53
6.2	Financement	55
<hr/>		
7.	Marche à suivre pour la planification et la réalisation des microcentrales	59
7.1	Déroulement du projet	61
7.2	Procédure administrative pour l'obtention ou le renouvellement d'une concession	63
7.3	Exigences techniques et services compétents	54
7.4	Disparités cantonales et régionales	68
<hr/>		
8.	Adresses utiles	71
8.1	Autorités	71
8.2	Organisations et associations	71
8.3	Données et prescriptions techniques	72
8.4	Financement et promotion	72

9. Glossaire	75
--------------	----

Annexe A	79
Survol des principales Lois et Ordonnances fédérales	

Annexe B	81
Evaluation d'un potentiel de force hydraulique	
B1. Estimation de la puissance	81
B2. Débits à disposition	82
B3. Choix du débit nominal de la petite centrale	83
B4. Dimensionnement d'une installation et estimation de la production annuelle	84

Annexe C	87
Estimation de la rentabilité des petites centrales	
C1. Bases	87
C2. Investissements et frais financiers	88
C3. Frais d'exploitation	90
C4. Revenus et bénéfices	91
C5. Exemple	91

Annexe D	93
Déroulement d'un projet de petite centrale	

Appendice	95
Publications du Programme d'action PACER – Energies renouvelables	

1. Petites centrales hydrauliques en Suisse

1.1	Qu'est-ce qu'une petite centrale hydraulique?	9
1.2	L'importance des petites centrales hydrauliques en Suisse	10
1.3	Cadre légal	10

1. Petites centrales hydrauliques en Suisse

1.1 Qu'est-ce qu'une petite centrale hydraulique?

Une petite centrale hydraulique (microcentrale) est une installation de production d'énergie basée sur l'utilisation de la force hydraulique et dont la puissance est inférieure à 300 kW.

L'énergie hydraulique peut provenir:

- d'un fleuve ou d'une rivière;
- d'une source;
- d'un réseau d'approvisionnement en eau potable;
- d'un réseau d'évacuation d'eaux usées ou de drainages;
- de procédés industriels dans lesquels la pression d'un liquide est détruite dans un organe de réglage, vanne ou autre.

La production d'énergie par une centrale hydraulique – qu'elle soit grande ou petite – est fonction du débit de l'eau et de la hauteur de chute (différence de pression) à disposition.

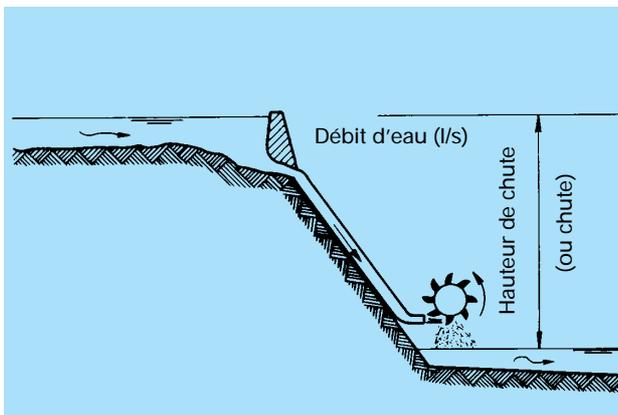


Illustration 1.1
Principe de l'utilisation de l'énergie hydraulique

Les débits des microcentrales peuvent représenter quelques litres ou plusieurs mètres cubes à la seconde.

A partir de deux mètres, une chute avec un débit suffisant est considérée comme exploitable. Par ailleurs, des hauteurs de 500 mètres (pression 50bars) ou plus peuvent produire une quantité intéressante d'énergie, même si le débit est faible (5 l/sec).

1.2 L'importance des petites centrales hydrauliques en Suisse

En Suisse, les centrales hydrauliques produisent principalement de l'énergie électrique. En 1990, la part de la puissance hydraulique, seule source significative d'énergie indigène, représente le 57% de la production totale de courant du pays. Les quelque 700 microcentrales existantes n'ont qu'un impact limité sur le plan national: elles ne représentent que le 0,6% de l'énergie électrique produite à partir de l'eau.

L'importance des microcentrales apparaît donc surtout au niveau régional:

- pour de nombreuses communes, fabriques ou moulins, elles constituent une source d'énergie d'appoint avantageuse;
- elles peuvent être intégrées dans des projets à usages multiples et en améliorer la couverture des frais par la production d'énergie. Par exemple: dans le cadre du renouvellement d'une adduction d'eau potable, lors de la construction d'ouvrages de prévention des inondations ou destinés à faciliter la migration des poissons;
- leur construction, rénovation et entretien représentent un potentiel de travail pour les entreprises locales;
- elles augmentent la sécurité d'approvisionnement de certaines entreprises comme les moulins à farine qui peuvent ainsi fonctionner même en cas de panne de réseau;
- elles constituent une alternative avantageuse à de longues lignes électriques pour alimenter des habitations, fermes, hôtels ou cabanes isolées en région de montagne;
- elles tirent parti du potentiel de force hydraulique sans nuire à l'environnement;
- de par leur petite taille et leur simplicité, elles ont une fonction didactique puisqu'elles permettent à nombre de visiteurs de prendre conscience des problèmes pratiques de la production d'énergie.

1.3 Cadre légal

La construction d'une petite centrale, avec l'intervention technique sur les eaux qui lui est liée, est soumise à diverses dispositions légales aux niveaux fédéral et cantonal. Elle fait en règle générale l'objet d'une demande de concession pour l'utilisation de la force hydraulique à partir d'eaux qui sont propriété de l'Etat.

La Confédération exerce la haute surveillance sur l'utilisation de la force hydraulique à partir d'eaux publiques et privées.

Le droit d'eau est de la compétence du canton, parfois de la commune (par exemple les Grisons) ou du district (par exemple Schwytz).

L'octroi d'une concession est réglé par la Loi fédérale sur l'usage des forces hydrauliques du 22 décembre 1916 (LFH). Il consiste en un droit d'utilisation attribué par l'autorité à une personne morale qui peut en disposer pour une durée limitée et sur un tronçon de rivière défini.

Parallèlement, d'autres lois et ordonnances fédérales doivent être respectées: le droit de la pêche, le maintien de débits minimaux, la protection des eaux contre la pollution, la protection de la nature et des sites.

Un survol des plus importantes lois et ordonnances fédérales est présenté dans l'annexe A.

A côté de la taxe d'utilisation, qui est calculée à partir de la chute et du débit exploités, la concession fixe les droits et obligations du concessionnaire: il est entre autres autorisé à ériger les constructions et installations nécessaires sur le domaine public.

Ses obligations sont diverses et comprennent en particulier l'adaptation des routes, chemins et berges touchés par les ouvrages, la construction d'installations qui permettent la migration des poissons (échelle), l'entretien des rives, l'évacuation des dépôts de gravier et autres déchets accumulés par le courant.

2. Technologie des petites centrales

2.1	Classification des petites centrales et de leurs composants	15
2.2	Notions techniques concernant l'utilisation de la force hydraulique	17
2.3	Les éléments d'une petite centrale, leur fonction et leur construction	18
2.3.1	Ouvrages hydrauliques	19
2.3.2	Conduite forcée	20
2.3.3	Turbines	21
2.3.4	Générateurs, commande et régulation	23
2.3.5	Volume d'une petite centrale	24
2.4	Petites centrales: technologie sérieuse ou bricolage?	25

2. Technologie des petites centrales

2.1 Classification des petites centrales et de leurs composants

La classification s'effectue en fonction de la manière dont l'eau est captée et conduite à la turbine, de l'emplacement de cette dernière et de la hauteur de chute ou dénivellation exploitée.

On distingue deux classes principales de petites centrales:

- a) Installations à basse pression le long d'un cours d'eau ou sur un canal de dérivation.

L'ouvrage le plus important est le barrage, ou prise d'eau, le plus souvent construit en béton. Sa fonction est de détourner le débit nécessaire directement vers la turbine ou dans un canal de dérivation tout en laissant passer les crues. La centrale est soit intégrée directement dans le barrage, soit placée à l'extrémité d'un canal.

Il n'y a en règle générale pas de conduite forcée, ou celle-ci reste très courte.

Les chutes se situent entre 2 et 20 mètres et la pression dans la turbine est faible (0,2 à 2 bars).

- b) Installations à moyenne et haute pression sur des cours d'eau, des sources de montagne, des réseaux d'eau potable et dans des circuits hydrauliques industriels.

Aux composants mentionnés pour la première catégorie s'ajoute une conduite forcée entre la prise d'eau, ou l'extrémité du canal de dérivation, et la centrale. La conduite est l'ouvrage le plus important de ce type de petite centrale.

L'illustration 2.1 montre les parties les plus importantes d'une centrale à haute pression sur un canal de dérivation.



Illustration 2.1 – Vue d'ensemble d'une centrale à haute pression sur canal de dérivation

Dans leur principe, les petites centrales se distinguent peu des grandes installations. La différence se situe avant tout au niveau de la simplicité de conception et d'exploitation.

En effet, les petites centrales doivent non seulement être peu coûteuses à la construction, mais doivent aussi pouvoir fonctionner automatiquement sans personnel permanent et avec un minimum de surveillance et d'entretien.

En règle générale elles sont exploitées au fil de l'eau, sans réservoir d'accumulation, éléments trop coûteux pour de petites installations. Lorsqu'il y a un stockage temporaire par le biais d'un étang ou d'un réservoir, celui-ci sert tout au plus à produire de l'énergie de pointe durant quelques heures de la journée.

2.2 Notions techniques concernant l'utilisation de la force hydraulique

L'énergie de l'eau qui descend une vallée est normalement détruite dans les chutes et les rapides. Elle peut être transformée en électricité par des turbines et des générateurs.

Trois paramètres importants doivent être considérés lorsque l'on parle d'énergie hydraulique: la chute, le débit et la puissance.

La chute brute est la différence d'altitude entre le niveau à la prise d'eau et le niveau à l'aval de la centrale, où l'eau est restituée à la rivière.

Elle est habituellement indiquée en mètres avec la lettre H. Pour comparer avec la pression: un bar correspond à environ 10 mètres de hauteur d'eau.

La puissance hydraulique théorique du site, en kW, est utilisée pour fixer la taxe à payer pour la concession; elle se calcule à partir du produit du débit d'eau turbiné par la chute brute de l'installation.

Une partie de l'énergie se perd dans l'installation par frottement de l'eau dans les grilles, vannes, coudes et parois du canal et de la conduite forcée. Ces pertes sont appelées pertes de charge.

Pour les petites centrales, les pertes de charge représentent 10 à 15% de la hauteur d'eau, ou chute brute. L'illustration 2.2 met en évidence cette proportion.

Ces pertes réduisent la chute brute. En les déduisant de celle-ci, on obtient la chute nette, effectivement à disposition de la turbine et qui peut être décrite comme la différence de pression entre l'entrée et la sortie de cette dernière (différence entre les pressions p_1 et p_2 en bar lues sur les manomètres placés juste avant et après la turbine).

La chute nette permet de calculer, avec le débit, la puissance hydraulique qui entre dans la turbine et qui sera transformée par celle-ci.

Pour obtenir la puissance effectivement à disposition de l'utilisateur, il est nécessaire de considérer le rendement de l'installation, qui tient compte des diverses pertes qui se produisent dans la turbine et le générateur.

Le rendement est obtenu en divisant l'énergie qui sort du générateur par celle qui entre dans la turbine. Les groupes turbo-générateurs des microcentrales ont, en règle générale, un rendement global d'environ 70%.

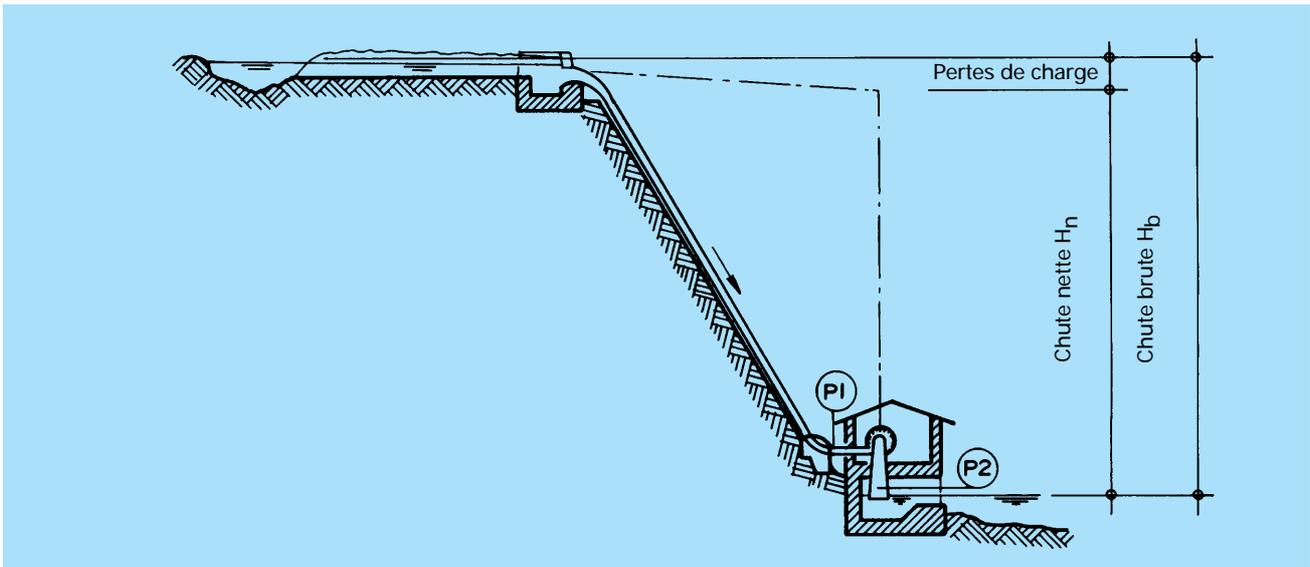


Illustration 2.2 – Hauteur de chute brute et nette d'une petite centrale à conduite forcée.

La puissance électrique moyenne (P_{el} en kW) se calcule en fonction du débit d'écoulement moyen (Q_m en l/sec), de la hauteur de chute nette (H_n en m ou 10 x la différence de pression en bar) et d'un rendement de 70%, par la formule suivante:

$$P_{el} = \frac{7 \times Q_m \times H_n}{1000}$$

2.3 Les éléments d'une petite centrale, leur fonction et leur construction

Du point de vue de sa conception, une petite centrale ne peut être directement comparée à une centrale hydroélectrique de grandes dimensions.

Pour cette dernière, l'importance de l'investissement, en général supérieur à plusieurs millions, permet de financer les études fouillées nécessaires pour un dimensionnement optimal de tous ses composants.

Par contre, les moyens financiers à disposition pour construire une petite centrale sont beaucoup plus limités. Car le but est d'obtenir un prix de revient de l'énergie comparable à celui d'une grande centrale avec un investissement beaucoup plus faible.

Il faut construire bon marché tout en assurant une bonne qualité et des rendements aussi élevés que possible. D'où le recours souhaitable à des composants standardisés permettant de réduire les coûts sans affecter la qualité, avec une préférence pour les technologies existantes et éprouvées dans la pratique.

Le concepteur devra faire preuve d'un esprit d'innovation pour trouver des solutions simples, fiables, bien adaptées au site et d'un prix acceptable.

Les deux principales exigences à respecter sont:

- coût d'investissement et d'exploitation limités;
- intervention minimale sur le milieu naturel.

2.3.1 Ouvrages hydrauliques

La prise d'eau

La prise d'eau a pour fonction de dériver par temps sec comme en période de crue le débit nécessaire pour alimenter la ou les turbines. Pour les micro-centrales, deux prises d'eau sont usuelles:

- la prise latérale, avec ou sans retenue d'eau;
- la prise tyrolienne (dite prise inversée).

Les prises latérales se trouvent principalement sur les rivières du Plateau et des Préalpes; elles alimentent les canaux de dérivation des petites centrales d'entreprises artisanales telles que moulins, scieries ou usines textiles et ateliers mécaniques.

Un choix judicieux de l'emplacement de la prise d'eau (en général à l'extérieur d'un coude de la rivière) permet d'éviter que de grandes quantités de graviers et sédiments, charriés par la rivière durant les crues, ne soient entraînés dans le canal.

Habituellement, une prise latérale est combinée avec un barrage fixe ou mobile qui assure une certaine retenue d'eau en amont pour prélever le débit désiré mais qui sera conçu pour laisser passer graviers et sédiments avec les crues.

Les barrages fixes sont plus sûrs et meilleur marché, mais ils provoquent une élévation du niveau d'eau amont par grands débits, avec risque d'inondations. Ils seront donc équipés, selon les nécessités de la topographie, de vannes de décharge qui s'ouvriront en cas de crue pour maintenir le niveau amont à une hauteur acceptable (illustration 2.3).

Jusqu'à présent, les barrages mobiles étaient réalisés en construction métallique avec des vannes et clapets de déversement. De nos jours, ils sont remplacés de plus en plus par des déversoirs gonflables en caoutchouc, constitués par un boudin souple placé dans le lit de la rivière et rempli plus ou moins avec de l'eau selon le niveau amont désiré. En cas de crue, il est dégonflé et s'aplatit sur le lit de la rivière pour laisser le libre passage à l'eau. Cette technique évite le recours à des composants

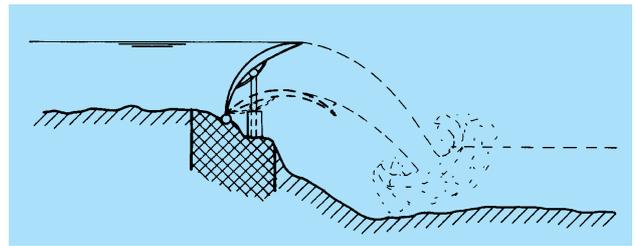


Illustration 2.3 – Exemple d'une prise d'eau latérale avec réglage de la retenue par un barrage à clapet. Cette petite centrale est située sur le Rothbach près de Huttwill (BE)

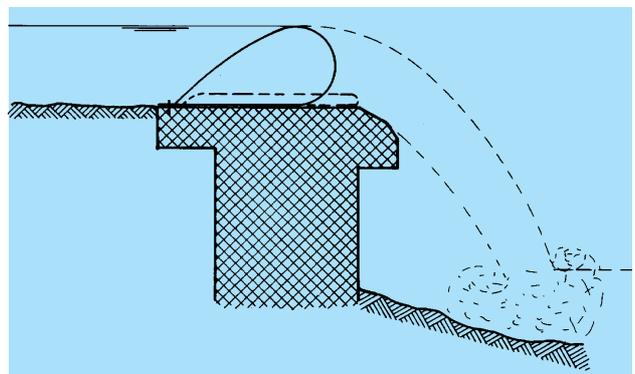
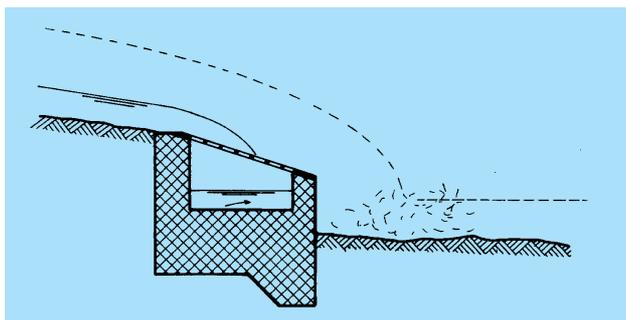


Illustration 2.4 – Exemple d'un barrage souple sur l'Ilfis à Bärau près de Langnau (BE)



mécaniques coûteux à la construction comme à l'entretien (illustration 2.4).

La prise tyrolienne ou inversée a fait ses preuves sur des rivières et torrents à forte pente et à débits très variables. L'eau captée tombe à travers une grille à barreaux ou en tôle perforée placée directement dans le lit de la rivière. Les graviers et débris transportés par les crues glissent sur la grille, qui ne laisse passer que l'eau et les sédiments fins.



Illustration 2.5 – Exemple d'une prise d'eau tyrolienne à grille horizontale prélevant l'eau pour une petite centrale à Baulmes (VD)

Le dessableur

L'eau déviée par la prise dans le canal de dérivation transporte avec elle des matières en suspension (boues) et des sédiments (sable, gravier) qui doivent être éliminés dans un dessableur.

Sans cela, ces matériaux se déposeront dans le canal qu'il faudra nettoyer périodiquement à grands frais. Ils provoqueront également une usure rapide de la turbine et des vannes qui devront être réparés ou remplacés prématurément.

Le dessableur est un bassin plus large que le canal et dans lequel la vitesse de l'eau est suffisamment ralentie pour que les particules solides s'y déposent.

Les sédiments seront évacués périodiquement à la rivière par vidange et rinçage du bassin. Dans certains types de dessableurs le nettoyage s'effectue automatiquement en continu pendant les crues à l'aide d'un astucieux système de purge.

Grilles et dégrillage

Le dégrilleur d'une petite centrale a pour fonction d'empêcher que les débris flottants (avant tout les feuilles et les branches) ne parviennent à la turbine et ne la colmatent. Le système conventionnel à grille à barreaux est le plus souvent équipé d'une machine de nettoyage automatique à râtelier ou racleur qui évacue les débris dans un container (voir illustration 4.3). Le triage des déchets, compostables, matières incinérables et déchets spéciaux peut représenter une charge importante pour le propriétaire de la petite centrale.

Le nettoyage des rivières par l'intermédiaire des installations de dégrillage des petites centrales est aussi bénéfique pour la collectivité que pour la centrale elle-même. Une indemnisation correspondante (par exemple une réduction des taxes de concession) pour tenir compte de ce service à la communauté n'a pourtant encore jamais été introduite.

Certains concepteurs de petites centrales ont développé des solutions simples pour résoudre le problème du dégrillage: une prise tyrolienne placée



Illustration 2.6 – Dessableur combiné avec déversoir et vanne de vidange, à l'amont du canal de dérivation d'une petite centrale à Aigle (VD)

dans le canal et associée à une tôle perforée horizontale (en lieu et place d'une grille à barreaux) permet le passage de l'eau, tout en la filtrant.

Lorsque l'amoncellement de feuilles et autres débris sur la grille devient trop important, celle-ci sera rincée en utilisant la totalité du débit du canal, ce qui est réalisé en coupant l'eau vers la turbine durant un court instant. Ce système auto-nettoyant n'est cependant utilisable que pour les turbines à moyenne et haute pression, pour lesquelles une légère perte de chute ne porte pas à conséquence.

2.3.2 Conduite forcée

Les conduites forcées des petites centrales sont réalisées avec des tuyaux standards disponibles sur le marché pour d'autres applications (eau potable et eaux usées).

Le choix du matériau des tuyaux est essentiellement fonction de la chute (ou pression) et du diamètre de la conduite.

Les tuyaux pour canalisations en plastique ou fibrociment sont utilisables pour les faibles hauteurs, jusqu'à 10 ou 20 m.

Jusqu'à 140 m de chute (pression 14 bars) et pour des faibles diamètres (200 mm ou moins), le plastique, PVC, PE ou polyester, présente de multiples avantages, en particulier du point de vue du prix et de la résistance à la corrosion.

Pour des pressions plus élevées et des conditions de terrain difficiles, le choix se limite aux tuyaux en fonte, qui ont fait leurs preuves dans l'approvisionnement en eau, ou en acier.

Les conduites forcées des petites centrales récentes sont généralement enterrées, ce qui permet de préserver le paysage.

2.3.3 Turbines

Issues des roues à eau, les turbines modernes ont été développées à partir de conceptions élaborées au 19^e siècle, mais encore valables aujourd'hui.

Pour une petite centrale déterminée, le type de turbine adéquat sera choisi en fonction de la hauteur de chute et du débit du site.

Pour des chutes de 30 m à 500 m, ou plus, la turbine Pelton est la plus couramment utilisée.

Elle est équipée d'une roue à augets qui sont frappés par un ou plusieurs jets d'eau à grande vitesse.



Illustration 2.7 – Dégriilleur autonettoyant à prise tyrolienne de la petite centrale du Moulin de Bavois (VD)



Illustration 2.8 – Conduite forcée en fonte à emboîtements autobloquants en fouille alimentant la microcentrale de la commune de Brienzwiler

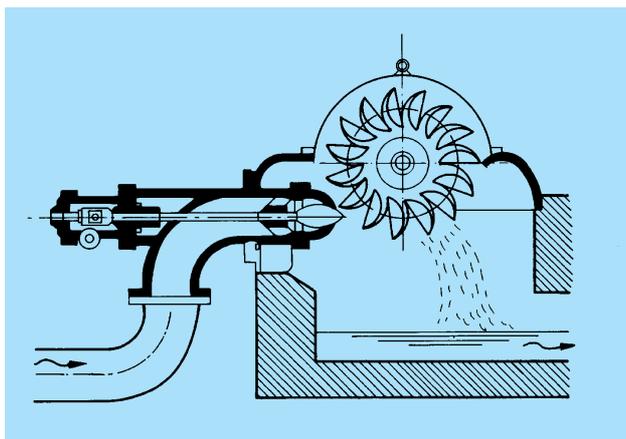


Illustration 2.9 a) – Vue en coupe d'une turbine Pelton

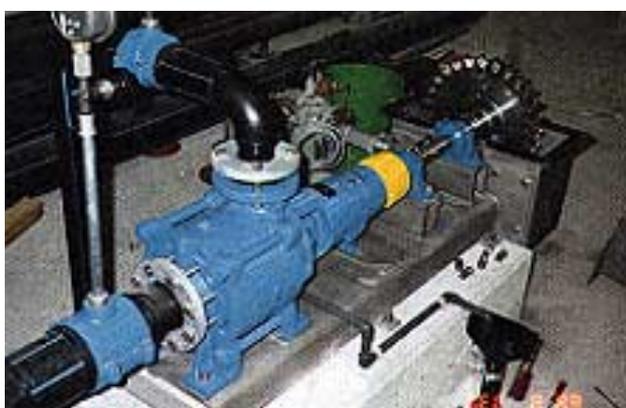


Illustration 2.9 b) – Turbine Pelton (8 kW) entraînant directement une pompe pour l'approvisionnement en eau potable de la commune de Brienzwiler

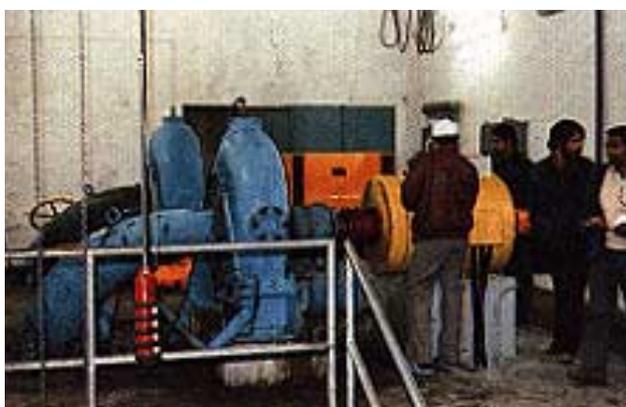


Illustration 2.10 – Turbine Francis de 276 kW de la petite centrale de Mühlebach (VS)

Par déviation dans les augets, l'eau transmet sa force à la roue.

Le débit, et en conséquence la puissance de la turbine, est réglé en variant l'ouverture de l'injecteur qui produit le jet avec un pointeau mobile.

La turbine la plus répandue dans les anciennes installations à faible chute est sans conteste la turbine Francis. En fonction de la puissance, elle est installée pour des chutes comprises entre 3 mètres (installation en chambre d'eau ouverte) et plus de 100 mètres (turbines à bêche spirale d'un aspect similaire à celui d'une pompe centrifuge).

Contrairement à celle de la Pelton, la roue de cette turbine, dite turbine à réaction, est complètement immergée dans l'eau. Cette roue est constituée d'une série d'aubages profilés qui forment des canaux au travers desquels l'eau est accélérée et déviée.

La régulation du débit est réalisée par des pales mobiles placées sur la circonférence de la roue. Elles portent le nom d'aubes directrices.

Etant donné sa construction compliquée, qui implique un prix d'achat élevé, ce type de turbine n'est que rarement installé dans des petites centrales récentes.

La turbine Kaplan est une autre forme de turbine à réaction, dont la roue est entièrement immergée dans l'eau.

Sa roue est une hélice, comparable à celle d'un bateau.

Le débit est réglé le plus souvent en changeant l'orientation des pales de la roue, éventuellement par l'ajustement parallèle d'aubes directrices similaires à celle de la turbine Francis pour en améliorer encore le rendement.

Ce type de turbine trouve son application dans des petites centrales à basse chute (de 2 à 20 m) et grand débit (1 m³/s ou plus), où elle remplace le plus souvent d'anciennes turbines Francis.

Elle peut être montée dans une chambre d'eau ouverte, mais le plus souvent elle est intégrée directement dans une conduite; elle est alors désignée sous le nom de turbine bulbe ou turbine S.

Bien qu'encore peu utilisées en Suisse, les pompes inversées et les turbines à flux traversant (appelées aussi Banki ou cross-flow) sont très bien adaptées pour une utilisation en microcentrale.

La turbine à flux traversant se distingue en particulier par sa robustesse, la simplicité de sa

construction et de faibles exigences du point de vue surveillance et entretien. Son rendement est cependant légèrement inférieur à celui des autres types de turbines.

Elle est formée d'une roue à aube de forme cylindrique, traversée à angle droit par un jet d'eau de section rectangulaire; le débit est réglé par une aube rotative.

Son domaine d'utilisation se situe entre celui des turbines Kaplan et Pelton, pour des chutes faibles à moyennes, où elle remplace la turbine Francis.

La pompe inversée est une pompe standard qui est utilisée comme turbine en changeant la direction de l'écoulement (l'eau entre côté pression et sort côté aspiration) ainsi que le sens de rotation. Elle fonctionne comme une turbine à réaction de type Francis mais avec un débit fixe. Peu onéreuse et rapidement installée, elle ne nécessite aucun système de réglage.

Ce type de machine trouve une application essentiellement là où le débit peut être maintenu constant sur une certaine durée, en particulier comme turbine de récupération dans des réseaux d'eau potable, dans des installations industrielles (par exemple pétrochimie) et pour turbiner des débits de restitution au pied de barrages.

2.3.4 Générateurs, commande et régulation

Le choix du générateur et du système de régulation dépend en premier lieu du mode de fonctionnement de la microcentrale: en parallèle avec le réseau de distribution électrique ou en régime isolé.

En parallèle, l'installation injecte du courant électrique dans le réseau de distribution local, alors qu'en mode isolé, la microcentrale n'alimente qu'un seul utilisateur (alpage, hôtel ou cabane de montagne). Une combinaison des deux formules est possible, bien que plus complexe et plus onéreuse.

Fonctionnement en parallèle

Les microcentrales de puissance inférieure à 300kW et ne fonctionnant qu'en parallèle sont essentiellement équipées de générateurs asynchrones. La tension et la fréquence sont dictées par le réseau de distribution et sont constantes.

Fonctionnement en régime isolé

En mode isolé, ou îlot, le groupe turbine-générateur doit avoir la capacité de maintenir par lui-même

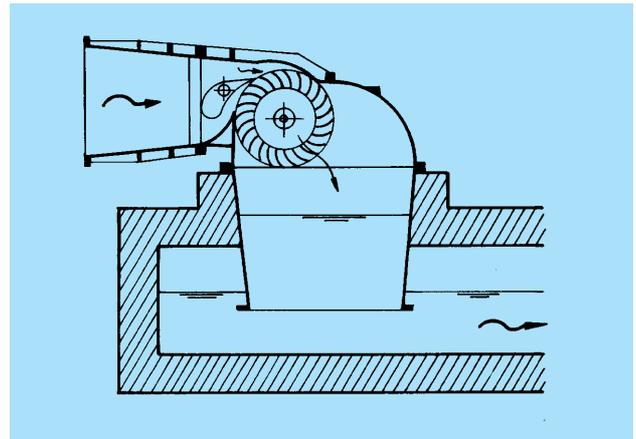


Illustration 2.11 a) – Vue en coupe d'une turbine à flux traversant

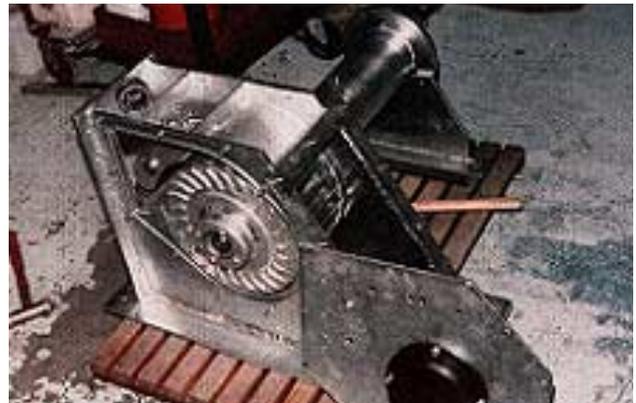


Illustration 2.11 b) – Turbine à flux traversant de 15 kW en atelier en Suisse romande



Illustration 2.12 – Pompe inversée multiétages fonctionnant comme turbine de récupération dans l'industrie chimique

une tension et une fréquence constantes. La puissance produite par le générateur doit être identique à celle consommée par les utilisateurs. Si tel n'est pas le cas, fréquence et tension se modifient, ce qui peut provoquer des dommages aussi bien aux appareils consommateurs (moteurs, lampes, électronique), qu'aux installations de production.

Les microcentrales en régime isolé sont dans leur grande majorité équipées de générateurs synchrones, machines qui peuvent alimenter tout type d'appareils consommateurs.

La tension est maintenue constante par un régulateur électronique intégré au générateur.

La fréquence est fixée par la vitesse de la turbine, dont le réglage est également assuré, de nos jours, presque exclusivement par voie électronique ou électro-mécanique.

Automatisation, sécurité et protection des installations

Comme pour les grandes installations, l'électronique moderne est utilisée pour le réglage et la surveillance des petites centrales. Il est ainsi possible d'automatiser pratiquement toutes les phases de fonctionnement (par ex: démarrage et synchronisation avec le réseau, réglage du débit, arrêts en cas de défaillance du réseau, etc.), si bien que la plupart des petites centrales, qu'elles soient en parallèle ou en régime isolé, fonctionnent sans assistance.

Les appareils de mesure et de sécurité ne peuvent impliquer des dépenses semblables à celles consenties pour les grandes centrales. Ce qui n'empêche pas la mise en place des systèmes nécessaires à la protection des personnes, des machines, des utilisateurs et du réseau de distribution, y compris la transmission par ligne téléphonique de signaux de panne ou d'alarme.

Un arrêt prolongé d'une microcentrale n'a, en principe, pas d'influence sur la stabilité du réseau, étant donné la faible puissance en jeu. Il n'est donc pas nécessaire d'intervenir très rapidement en cas de panne ou d'arrêt d'urgence.

Les constructeurs ont développé des moyens simples pour protéger machines et conduites en cas de panne du réseau électrique: ressorts ou contre-poids assurent l'arrêt automatique de la turbine sans nécessiter de source d'électricité d'appoint telle que batteries.

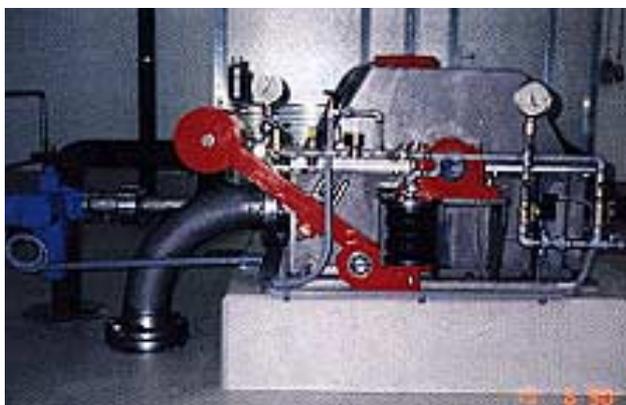


Illustration 2.13: Déflecteur à contre-poids d'une turbine Pelton arrêtant la machine en cas de défaillance technique

2.3.5 Volume d'une petite centrale

La réalisation de turbines compactes, de régulateurs et de commandes électroniques ont permis

de réduire notablement le volume des microcentrales. L'ensemble turbine, générateur, armoire de distribution, occupent le plus souvent une surface de moins de 50 m². Les dimensions d'une turbine diminuent avec l'augmentation de la hauteur de chute (pour une même puissance).

Dans le cas des petites centrales intégrées aux réseaux d'eau potable, les turbines et les armoires électriques peuvent souvent être installées dans les bâtiments de service existants (réservoir et chambre de vannes) sans modifications.

2.4 Petites centrales : technologie sérieuse ou bricolage ?

Les microcentrales ont encore une réputation largement répandue d'être une technologie du siècle passé et leur image est souvent associée à celle des vieux moulins.

Beaucoup estiment qu'il suffit de connaître vaguement les machines et l'hydraulique pour être capable de maîtriser cette technique.

Il peut donc paraître surprenant que les études de projet de microcentrales soient plus onéreuses, en proportion de l'énergie produite, que celles réalisées pour de grandes installations. Comme leur définition le révèle, les microcentrales fournissent des quantités limitées d'énergie mais fonctionnent dans l'ensemble d'une manière analogue aux grandes. Elles doivent donc être conçues et dimensionnées avec le même soin.

Les exemples d'entrepreneurs et de planificateurs qui n'ont pas suffisamment tenu compte de cet aspect ne manquent pas.

Dans de nombreux cas, la quantité d'eau a été sur-estimée; aucune mesure systématique des débits n'ayant été effectuée sur au moins une à deux années complètes pour obtenir des données fiables pour le dimensionnement. Les machines, mal adaptées aux conditions réelles d'exploitation, fonctionnent alors avec un mauvais rendement avec pour conséquence une perte financière pour le propriétaire.

Les ouvrages hydrauliques doivent être réalisés avec beaucoup d'attention. Une conduite forcée sous-dimensionnée (réduite à une simple fonction d'approvisionnement), des prises d'eau inappropriées, l'absence d'installations de dessablage et de dégrillage seront à l'origine de problèmes de fonctionnement qui pourront décourager l'exploitant.



Illustration 2.14 – Groupe turbine-générateur avec son armoire électrique installés après coup dans un local de service du réseau d'eau potable, commune d'Ormont-Dessous, (VD)

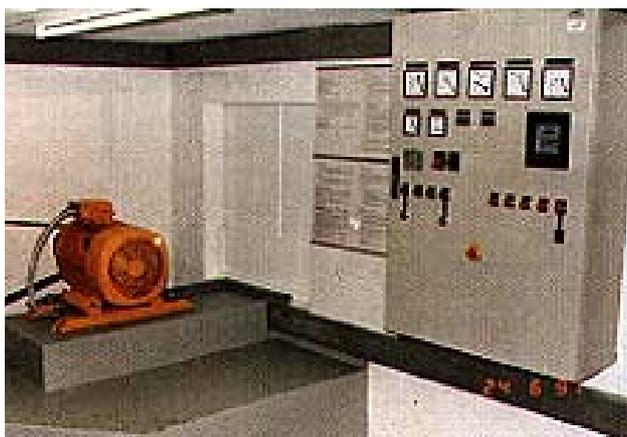


Illustration 2.15 – Armoire de commande et générateur asynchrone d'une petite centrale privée à Boudry (NE)

L'étude d'une installation suppose une expérience certaine de la part de l'ingénieur en charge du projet. Lors du choix de celui-ci, il est conseillé de tenir compte non seulement de son savoir technique, mais aussi de ses connaissances en protection de l'environnement, en économie et en procédures administratives.

La question préliminaire (les microcentrales: technologie sérieuse ou bricolage?) ne peut être tranchée de manière nette. Selon les exigences du site et de l'exploitation, une microcentrale peut être à la pointe de la technologie, comme celle qui sera intégrée à l'approvisionnement en eau d'une ville; ou d'une facture très simple, mise au point grâce au seul savoir-faire de son propriétaire, sans la moindre automatisation (par exemple turbine pour maison de vacances). Mais même dans ce dernier cas, un spécialiste devrait être associé à la conception si l'on veut éviter des surprises désagréables.

3. Petites centrales hydrauliques et environnement

3.1	Débits de restitution	29
3.2	Exigences de la pêche	32
3.3	Intégration des installations dans le paysage	34

3. Petites centrales hydrauliques et environnement

Toute activité humaine modifie l'environnement. C'est le cas des petites centrales, dont l'influence est cependant limitée et peut être mieux maîtrisée que celle des grandes installations.

La production d'énergie par la force hydraulique se trouve confrontée à des intérêts divergents (pêche, irrigation agricole, protection de la nature, loisirs) mais ces derniers ne s'excluent pas totalement. La valorisation énergétique d'une chute peut très bien être combinée avec d'autres formes d'utilisation.

Il n'est pas possible de généraliser les incidences des petites centrales sur l'environnement: il faut examiner les différents intérêts en présence pour chaque installation. La présence ne peut être donnée a priori à l'un des utilisateurs de l'eau en particulier. Des compromis peuvent d'ailleurs être consentis dans de nombreux cas.

La Loi sur la protection de l'environnement (LPE) n'impose pas d'étude d'impact pour la construction des microcentrales. Seules les installations dont la puissance dépasse 3000 kW y sont soumises. Cela ne signifie pas pour autant que les effets des petites centrales sur l'environnement ne doivent pas être examinés, mais la procédure elle-même est plus simple dans la mesure où les conséquences sur la nature seront évoqués dans le cadre du rapport technique.

3.1 Débits de restitution

Dans le cadre de la protection des eaux, la question des débits résiduels a une signification particulière. Il faut entendre par ce terme le débit maintenu dans le lit de la rivière après un barrage de dérivation ou une prise d'eau. Le tronçon de rivière compris entre le barrage et la réintroduction de l'eau dérivée est appelé tronçon à débit résiduel. Si le débit minimum légal n'est pas respecté, un débit de dotation doit être réinjecté dans le lit de la rivière.

Les débits minima sont exigés pour tenir compte des autres formes d'utilisation du cours d'eau selon la liste suivante:

- les eaux courantes sont l'espace vital des animaux et des plantes qui y croissent et s'y reproduisent. Un débit insuffisant peut mettre en danger la survie de ces êtres vivants;

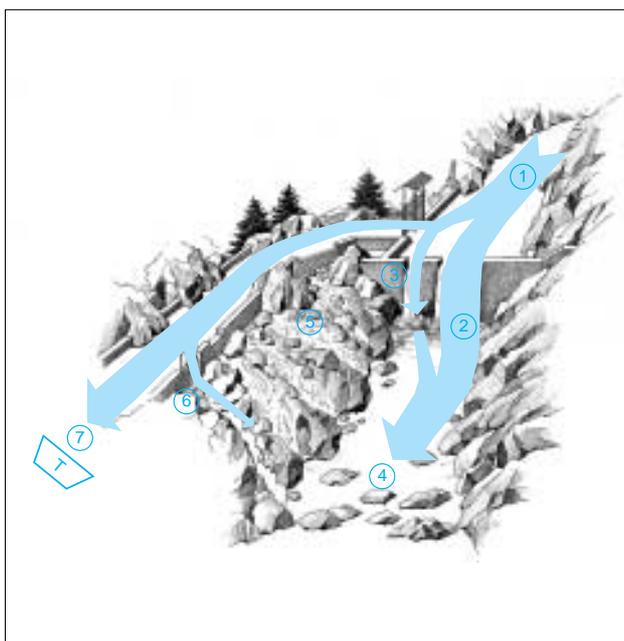


Illustration 3.1 – Définition des débits de restitution et de dotation

- 1) Débit total de la rivière
- 2) Excédent d'eau
- 3) Débit de dotation
- 4) Débit de restitution
- 5) Pertes et fuites
- 6) Eau de rinçage/purge
- 7) Débit turbiné

- les nappes souterraines sont souvent alimentées par les eaux de surface qui influencent l'équilibre. Une forte baisse de niveau de la nappe peut porter atteinte à l'approvisionnement en eau potable, ainsi qu'à l'environnement immédiat (forêts et cultures);
- les rivières font partie intégrante du paysage et sont des lieux de détente. Le lit d'un cours d'eau dont le débit est insuffisant perd une part importante de cette fonction;
- les rivières épurent les eaux. Les impuretés y sont décomposées par les bactéries et autres micro-organismes qui y vivent. Ce mécanisme d'autoépuration est extrêmement important pour la qualité de l'eau. Un débit insuffisant a pour conséquence une destruction moins efficace des polluants, une formation excessive d'algues, des odeurs peu agréables et un aspect rébarbatif de l'eau (couleur, mousse).



Illustration 3.2 a) – Aménagement naturel d'une portion de rivière, de bas en haut:

- consolidation du pied des berges par enrochement
 - fascines et lit de plants et plançons
 - boutures de saules
 - arborisation avec essences locales
- Etat durant la première année

Selon la Loi sur la protection des eaux de février 1991 approuvée en votation populaire en mai 1992, la Confédération fixe des débits minimaux à respecter par les centrales hydrauliques nouvelles ou modernisées. De cas en cas, les cantons imposeront des débits supérieurs à ceux prescrits par la loi pour tenir compte plus strictement des divers intérêts en jeu.

Parallèlement au maintien d'un débit d'eau suffisant, il faut tenir compte d'autres exigences comme celles de la pêche, avec les conséquences pratiques suivantes:

- les nouvelles constructions ou modernisations de petites centrales seront réalisées sans canal

de dérivation afin d'éviter les tronçons à débit résiduel (par exemple microcentrale intégrée au barrage);

- les tronçons à débit résiduel seront aménagés de manière à maintenir une profondeur d'eau suffisante de 15 à 20 cm (chenal pour débit minimum), assurer une diversité suffisante dans la forme et la structure du lit de la rivière ainsi qu'une vitesse d'eau variable, avec zones tranquilles et rapides;
- les barrages et déversoirs des petites centrales seront construits de manière à permettre le passage des poissons (échelle ou passe à poissons).

Du point de vue écologique, il est recommandé d'éviter l'aménagement en dur des berges (béton, enrochements), de conserver la végétation naturelle, voire de la compléter par de nouvelles plantations.

Par contre, il faut s'assurer que le profil du lit et des berges permettra le passage des crues sans érosion ni inondations.

Pour satisfaire à ces deux exigences, des techniques dites «naturelles» sont possibles, combinant plantations de végétaux avec matériaux durs (blocs de pierres, bois).

Si les aménagements traditionnels en dur brisent la force du courant, les techniques naturelles agissent avec souplesse en freinant l'eau par le manteau élastique des buissons et plantes, leurs racines entrecroisées assurant résistance et stabilité au sol.

Le recours aux matériaux classiques se limite aux endroits où il est impossible de stabiliser la rive avec des végétaux, lorsque les vitesses d'écoulement sont trop élevées et qu'il s'agit de détruire ponctuellement l'excès d'énergie de l'eau (par exemple au pied de barrages ou de chutes).

Il faut veiller à conserver l'hétérogénéité du profil de la rivière lors de son aménagement dans le voisinage de la centrale et d'éviter la monotonie de rives rectilignes ou de talus uniformes. La création de tronçons de rivières proches de l'état sauvage favorise le développement d'un grand nombre d'organismes vivants qui constituent la base de l'autoépuration des cours d'eau.

Dans le cadre d'un aménagement respectueux de l'environnement, la création d'un chenal pour les basses eaux est souvent nécessaire afin de concentrer l'écoulement en maintenant une profondeur minimale par temps sec d'au moins 20 cm; ceci pour permettre la migration des poissons.

Blocs, brise-lames, rampes, chutes artificielles servent à créer des zones de profondeur et des vitesses d'eau variables qui permettent aux organismes vivants de se multiplier.



Illustration 3.2 b) – Même type d'aménagement, état après quatre ans

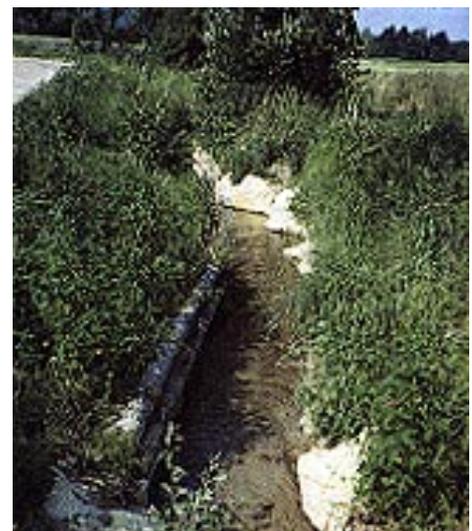


Illustration 3.3 – Correction d'un ruisseau du Mittelland bernois par des techniques naturelles; pendant la construction (en haut) et une année après



Illustration 3.4 – Rampe à ralentisseurs en blocs de rochers dans le Röttenbach, près d’Eggiwil

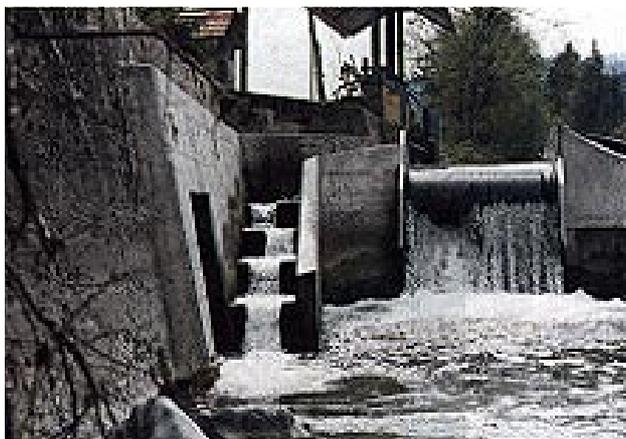


Illustration 3.5 – Echelle à poissons à bassins successifs à Bärau, Langnau (BE)



Illustration 3.6 – Entrée d’un ruisseau de détournement à l’aval d’un barrage à Kleindietwil (BE)

Les illustrations 3.2 et 3.3 donneront au lecteur une image du résultat de la correction d’un ruisseau par des techniques dites naturelles.

Celles-ci, aussi connues sous le nom de génie biologique, étaient déjà appliquées au 19^e siècle. Négligées lors des grands travaux de correction des cours d’eau de ce siècle, elles sont progressivement réintroduites depuis les années quatre-vingt.

3.2 Exigences de la pêche

Pratiquement toutes les variétés de poissons entreprennent des migrations pour frayer et se nourrir.

Les barrages des microcentrales constituent un obstacle parmi d’autres à ces déplacements; cependant il est possible de maintenir un passage pour la faune piscicole par la construction de passes, ou échelles à poissons.

Celles-ci peuvent prendre la forme de ruisseaux de détournement, de bassins successifs, d’écluses ou de rampes à ralentisseurs.

En Suisse, les types de passe les plus fréquents sont les rampes à ralentisseurs et les bassins successifs.

La rampe à ralentisseurs est une surface inclinée, en bordure ou sur toute la largeur d’un seuil ou d’un barrage. Elle est garnie avec des blocs non jointifs qui ralentissent l’écoulement de l’eau. Les espaces entre blocs forment des poches et des sillons, l’aspect de la rampe se rapprochant de celui d’un lit naturel. Les poissons effectuent une ascension par paliers en se glissant entre les blocs.

Les passages à bassins successifs sont la plupart du temps réalisés en béton, ce qui permet une construction plus compacte. Ils consistent en un canal rectangulaire avec des parois de séparation formant des petits bassins. Les poissons peuvent ainsi gravir la hauteur du barrage par paliers, sautant d’un bassin à l’autre et reprenant des forces en s’y reposant.

Rarement utilisés en Suisse, parce que trop gourmands en place et en eau, les ruisseaux de détournement sont des passes à poisson semblables à un cours d’eau naturel.

Nombre d’échelles à poissons ne fonctionnent pas, soit que leur construction n’est pas adéquate et soit qu’une attention suffisante n’a pas été portée à leur implantation en fonction des habitudes de la faune piscicole.

Le problème principal consiste à amener les poissons à l'entrée de la passe et de les inciter à y pénétrer. Il arrive souvent que cette entrée soit placée de manière telle que les poissons qui voudraient y grimper ne parviennent même pas à la trouver.

En effet ceux-ci s'orientent dans l'eau en fonction du courant. Ils évitent les remous qui ne leur indiquent aucune direction et recherchent le courant là où il est le plus intense.

L'entrée de la passe doit donc se trouver à proximité de la rive, dans le courant principal (sortie de la turbine, ou près du point d'impact de la chute du barrage).

L'illustration suivante montre une implantation correcte d'une passe à poissons.

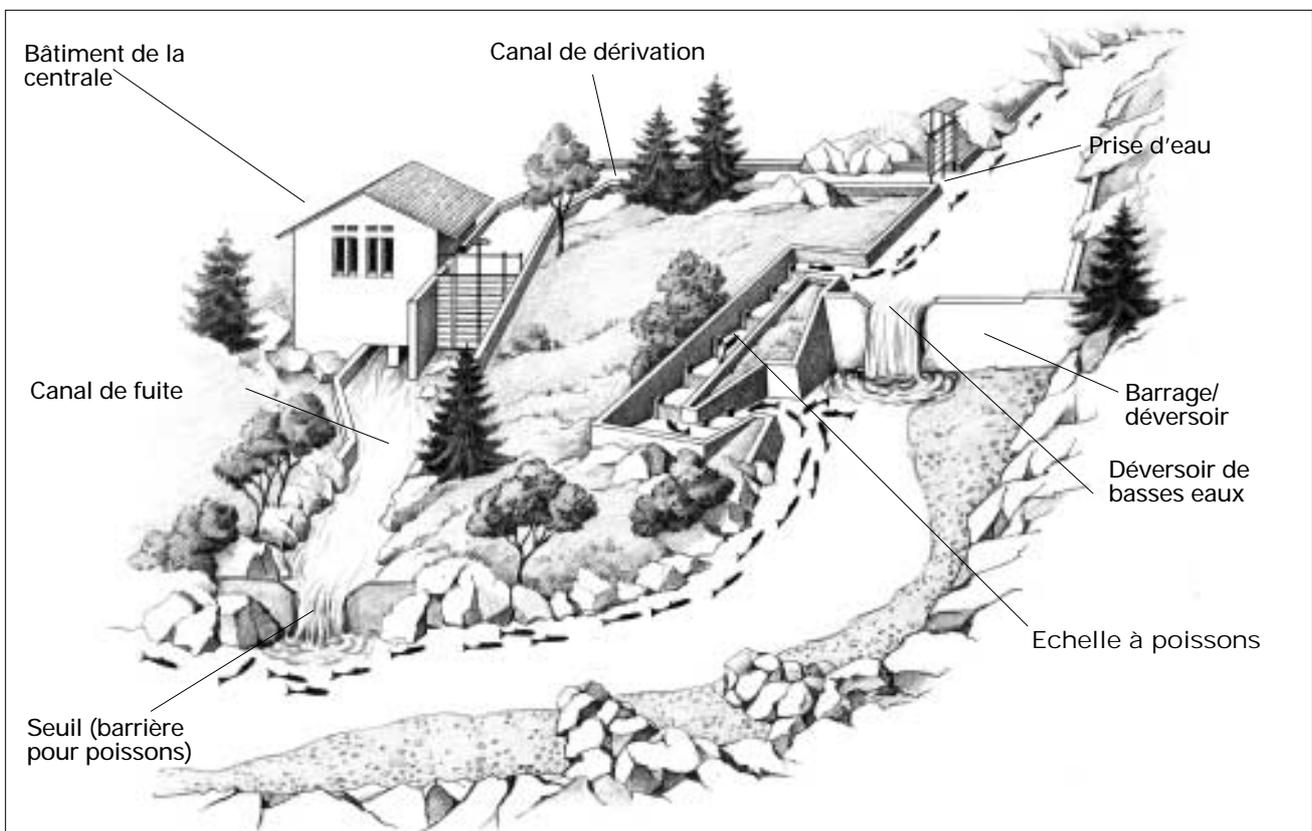


Illustration 3.7 – Implantation type d'une passe à poissons



Illustration 3.8 – Petite centrale (250 kW) du Pont de la Tine (VD), totalement enterrée à l'exception de la porte d'entrée

3.3 Intégration des installations dans le paysage

«Tout est question de goût».

Les centrales hydrauliques suscitent souvent des débats sur leurs qualités esthétiques, mais, de ce point de vue, les petites centrales posent moins de problèmes que les grandes, dont les prises d'eau, barrages, vannes, installations de dégrillage sont bien visibles. Le plus souvent, ces éléments ne font pas partie des petites centrales ou y sont très discrets.

Les conduites forcées sont généralement enterrées et les canaux de dérivation, serpentant dans la campagne sous arbres et buissons ne se différencient guère des ruisseaux naturels.

Etant donné la faible emprise des machines, le volume des constructions reste modeste et dans bien des cas, turbines et générateurs sont intégrés dans des bâtiments existants. Nombre de petites centrales sont enterrées (voir illustration 3.8.). L'intégration au paysage des petites centrales ne pose donc pas de problème particulier.

Le bruit et les vibrations de certaines turbines (Pelton et flux traversant de centrales à moyenne et haute pression) peuvent atteindre une intensité susceptible d'importuner le voisinage, même lorsque la puissance est faible. Si les turbines sont situées à proximité ou dans un bâtiment habité, il convient de prévoir une isolation phonique des machines et un support antivibratoire sous les fondations du groupe turbogénérateur.

4. Exemples de petites centrales en exploitation

4.1	Microcentrale à basse pression du Moulin de Vicques (JU)	37
4.2	Centrale avec conduite forcée sur l'Ilfis à Bärau, Langnau (BE)	38
4.3	Microcentrale du réseau d'approvisionnement en eau potable de la commune de Brienzwiler (BE)	39
4.4	Turbinage des eaux usées de la commune de Leysin (VD)	40
4.5	Turbines de récupération dans l'industrie	41

4. Exemples de petites centrales en exploitation

4.1 Microcentrale à basse pression du Moulin de Vicques (JU).

A l'origine, le Moulin était équipé d'une turbine Francis mise hors service en 1971.

En 1986, le propriétaire a décidé de remettre la centrale en service. La partie inférieure du canal a été reconstruite et une nouvelle turbine, de type Kaplan avec un générateur synchrone, a été installée.

Le courant produit est essentiellement consommé par les machines du Moulin et la maison d'habitation. Un système de gestion électronique garantit une utilisation optimale de l'énergie produite en donnant la priorité à la consommation du Moulin, puis au chauffage et à la préparation d'eau chaude de l'habitation, enfin à la vente de courant excédentaire au réseau électrique local.

Ce système a dû être introduit pour utiliser le maximum d'électricité en autoconsommation, les prix de rachat offerts par le distributeur local pour le courant excédentaire étant insuffisants pour rentabiliser l'installation.

Cette microcentrale a obtenu le soutien de l'Administration fédérale des blés, car elle peut fonctionner en régime isolé en cas de défaillance du réseau et présente un intérêt dans le cadre de l'économie de guerre.

Grâce à cette aide, les coûts de production de courant ont été réduits de 13 à 10 centimes par kWh. La modernisation devenait donc intéressante pour l'exploitant.

Données générales:

- Cours d'eau utilisé: la Scheulte, affluent de la Birse
- Année de construction: rénovation en 1986
- Hauteur de chute nette: 3,8 m.
- Débit: 1300 litres par seconde
- Type de turbine: Kaplan à axe horizontal, pales de la roue motrice réglables en marche, distributeur fixe
- Puissance électrique du générateur: 32 kW
- Exploitation: en parallèle avec commutation automatique sur fonctionnement isolé en cas de défaillance du réseau



Illustration 4.1 a) – Vue générale de l'installation avant modernisation



Illustration 4.1 b) – Vue générale de l'installation après modernisation

- Utilisation de l'énergie: par le moulin et l'habitation avec revente de l'électricité excédentaire au réseau local
- Production annuelle: 200 000 kWh
- Coût de la modernisation: Fr. 260 000.- (prix 1986)



Illustration 4.2a) – Montage de l'ensemble distributeur-aspirateur de la turbine Kaplan



Illustration 4.2 b) – Turbine avec générateur synchrone en exploitation

4.2 Centrale avec conduite forcée sur l'Ilfis à Bärau, Langnau (BE)



Illustration 4.3 – Dégrilleur automatique

Le canal de dérivation de Bärau alimente une usine textile depuis le 19^e siècle. Après quelques années d'interruption, l'exploitation a repris au début 1992 avec un nouveau groupe de machines, après rénovation de la prise d'eau et remise en état de la conduite forcée.

A côté de quelques particularités techniques originales (déversoir souple, château d'eau en matière synthétique, turbine à flux traversant), une structure intéressante, la société Kleinkraftwerk Bärau AG, a été créée pour la construction et l'exploitation de la petite centrale.

La firme Lauterburg et Cie SA, propriétaire du site, de même que l'association pour la promotion des énergies renouvelables, «Energie Plus!», se partagent les parts de la société.

L'association «Energie Plus» a pour but de produire de l'énergie électrique en respectant l'environnement et de la distribuer ensuite à ses membres propriétaires de parts par l'intermédiaire du réseau électrique. Les consommateurs, soucieux de préserver l'environnement paient donc un supplément au tarif pratiqué par le distributeur local sous la forme d'une contribution à l'organisation, qui construit et exploite des installations de production décentralisées telles que celle de Bärau. Ceci permet de couvrir le déficit d'exploitation de la petite centrale, déficit dû au fait que le prix de rachat par le distributeur est inférieur au prix de production.

Compte tenu de l'aide cantonale, concrétisée par un prêt à taux d'intérêt réduit sur les 6 premières années d'exploitation, le prix de revient du courant produit est de 11 centimes par kWh. A la fin de cette période, il s'élèvera à 12,5 centimes par kWh.

Données générales:

- Cours d'eau utilisé: Ilfis, affluent de l'Emme
- Année de construction: rénovation en 1991
- Hauteur de chute nette: 10,9 m
- Débit: 1300 litres/seconde
- Type de turbine: à flux traversant
- Puissance du générateur: 116 kW
- Exploitation: en parallèle sur le réseau électrique local
- Utilisation de l'énergie: reprise par le réseau au tarif de rachat en vigueur et rachetée indirectement par les membres de l'association «Energie Plus»
- Production annuelle: 730 000 kWh
- Coût de la modernisation: Fr. 1,1 mio (prix 1992)



Illustration 4.4 - Château d'eau en matière synthétique



Illustration 4.5 - Turbine à flux traversant

4.3 Microcentrale du réseau d'approvisionnement en eau potable de la commune Brienzwiler (BE)

Dès les débuts de l'électrification dans la région, la commune de Brienzwiler a possédé son propre réseau de distribution.

Au début des années 80, il a été question de tirer profit du débit d'eau intéressant de la source alimentant la commune par l'installation d'une turbine. Lorsqu'il s'est agi de remplacer la conduite d'aduction en eau existante, décision a été prise de construire une petite centrale. Celle-ci couvre actuellement le 40% des besoins en électricité de la commune.

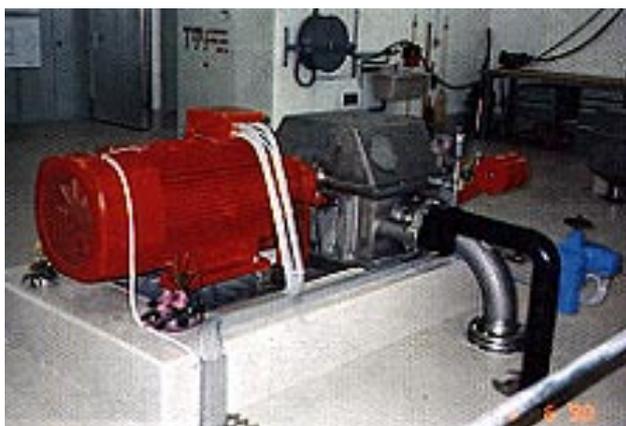


Illustration 4.6 – Turbine Pelton et générateur asynchrone dans le local de service du réservoir d'eau communal

Malgré un prix de revient d'environ 12 centimes par kWh, après déduction des subventions et du prêt LIM sans intérêt, la microcentrale est rentable puisque que l'électricité produite est consommée par le réseau communal et remplace l'électricité achetée au distributeur régional au prix de 16 centimes par kWh.

Données générales:

- Eaux utilisées: sources du Farnigraben à 1010 m d'altitude
- Année de construction: 1989
- Hauteur de chute nette: 250 m
- Débit: 70 l/sec
- Type de turbine: Pelton à un jet et axe horizontal
- Puissance du générateur: 130 kW
- Exploitation: en parallèle
- Utilisation de l'énergie: par le réseau communal
- Production annuelle: 750000 kWh
- Investissements pour la microcentrale: 1,2 mio (prix 1989)

4.4 Turbinage des eaux usées de la commune de Leysin (VD)

Le site touristique de Leysin exploite sa propre station d'épuration des eaux (STEP) au bas du village, à environ 1200 mètres d'altitude. A l'origine, les eaux épurées étaient dirigées vers un torrent et descendaient le flanc de la vallée de la Grande Eau sur 600 mètres de dénivellation. Ce potentiel important, mais inutilisé, a été découvert par Monsieur Roger Galé, qui l'a valorisé en installant une microcentrale en 1989. A notre connaissance, c'est la seule installation en Suisse qui produise de l'électricité à partir d'eaux usées.



Illustration 4.7 – Conduite forcée en acier, installée en surface dans un terrain escarpé et rocheux

Données générales:

- Eaux utilisées: eaux épurées de la STEP communale de Leysin
- Année de construction: 1989
- Hauteur de chute nette: 510 m
- Débit: 52 l/sec
- Type de turbine: Pelton à axe vertical
- Puissance du générateur: 210 kW
- Exploitation: en parallèle
- Utilisation de l'énergie: revente au distributeur local
- Production annuelle: 1 500 000 kWh
- Investissements: Fr. 600 000.- (prix 1989 sans compter les travaux effectués par le propriétaire)



Illustration 4.8 a) – Centrale avec transformateur

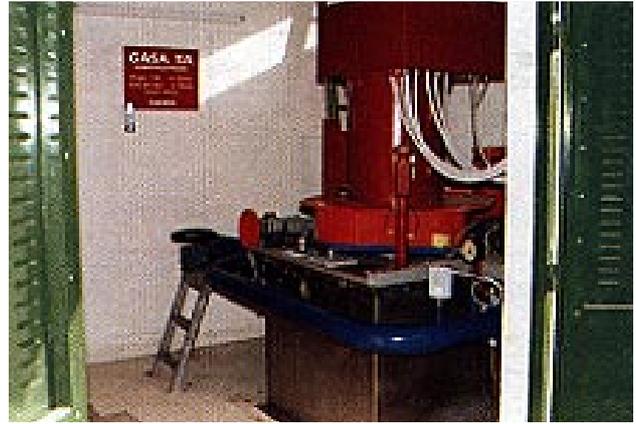


Illustration 4.8 b) – Turbine avec générateur

4.5 Turbines de récupération dans l'industrie

Dans un processus industriel, il faut souvent faire passer un liquide d'un niveau de pression élevé à un niveau inférieur. Cette opération est traditionnellement réalisée au moyen d'une vanne ou soupape de détente qui joue le rôle de destructeur d'énergie. Dans bien des cas, il est possible de remplacer la vanne ou soupape de détente par une turbine récupérant l'énergie dissipée entre haute et basse pression.

Bien que les applications potentielles soient nombreuses, ce système est peu ou pas connu en Suisse.

Quelques exemples de processus industriels où la récupération d'énergie par une turbine est possible:

Industrie chimique et pétrochimique

- Lavage de gaz (procédé humide).
- Fabrication d'ammoniac à partir d'azote, où des pressions de plus de 200 bars sont nécessaires. L'ammoniac a une grande importance pour la production d'engrais, d'acide nitrique, de résines synthétiques, etc.
- Raffinage du pétrole.

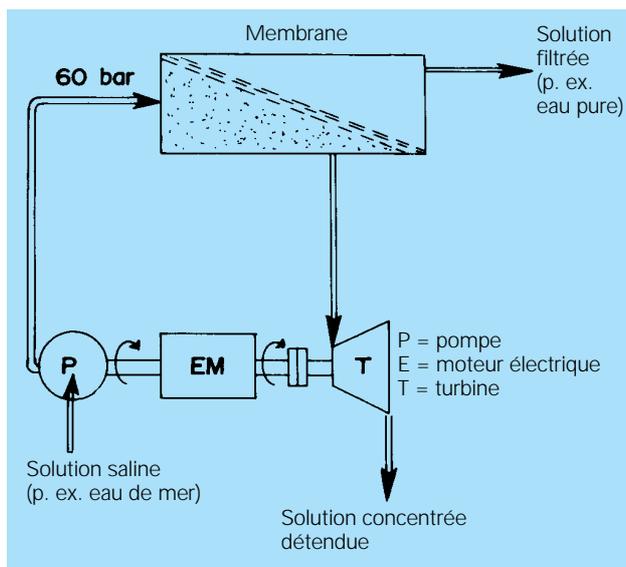


Illustration 4.9 – Schéma du processus d'osmose inverse avec récupération d'énergie

Osmose inverse

La séparation des sels dissous dans un liquide peut être réalisée par osmose inverse; le dessalement de l'eau de mer en est une application typique.

Le liquide à traiter est comprimé sous une forte pression (60 bars) à travers une membrane qui retient les sels. Les résidus concentrés, sous forme liquide, peuvent être détendus jusqu'à la pression ambiante à travers une turbine. L'énergie ainsi récupérée peut alimenter directement la pompe de mise en pression et réduire d'environ un tiers la consommation d'énergie.

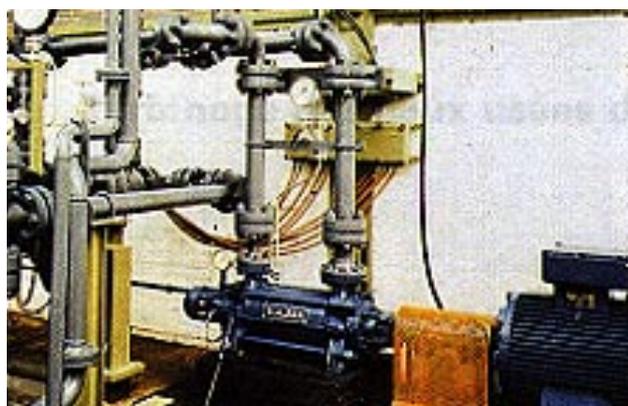


Illustration 4.10 – Récupération d'énergie dans l'industrie chimique: pompe inversée dans une installation de synthèse expérimentale à haute pression

Circuits de lubrification

La différence entre un circuit hydraulique à haute pression et celui à basse pression servant à la lubrification peut être utilisée pour faire fonctionner une turbine.

Circuits d'eau de refroidissement

Lorsque la source d'eau de refroidissement ne se trouve pas au même niveau que l'installation à refroidir, l'énergie consommée par la pompe de transfert peut être partiellement récupérée sur la partie descendante du circuit. Cette technique est utilisée, entre autres, dans les systèmes de réfrigération des plate-formes de forage et dans les mines de grande profondeur (1500 à 3000 mètres).

5. Rentabilité des petites centrales hydrauliques

5.1	Situation actuelle	45
5.2	Nouvelle construction ou modernisation	45
5.3	Prix de revient de l'électricité produite par une petite centrale	46
5.4	Prix de vente et tarifs de rachat de l'électricité	47
5.5	Evaluation de la rentabilité	48

5. Rentabilité des petites centrales hydrauliques

5.1 Situation actuelle

L'intérêt croissant de la population et des milieux politiques pour les sources d'énergie renouvelables, en particulier à la suite des débats consacrés par les médias au problème énergétique, n'a guère eu d'impact sur le développement des microcentrales hydroélectriques en Suisse.

Le peu d'activité dans la construction ou rénovation des petites centrales ne s'explique pas seulement par l'important investissement nécessaire au départ, mais aussi par la politique tarifaire pratiquée par les distributeurs d'électricité. En effet, le prix payé pour le rachat du courant produit ne permet souvent pas de couvrir les charges financières (intérêts et amortissement) et les frais d'exploitation.

L'exemple de pays voisins ou de certaines régions en Suisse montre que de meilleures conditions de reprise de l'électricité produite favorisent une multiplication des petites centrales.

5.2 Nouvelle construction ou modernisation

Par nouvelle construction, il faut comprendre le remplacement complet d'une installation existante, la plupart du temps avec augmentation de puissance, ou la valorisation d'un potentiel hydraulique encore inutilisé.

La modernisation concerne le remplacement d'une partie des équipements, générateur et tableau de commande, turbine, vannes, ainsi que la réfection des ouvrages hydrauliques si nécessaire (barrage, conduite forcée, bâtiment des machines).

Des considérations économiques déterminent la décision en faveur d'une nouvelle construction ou d'une modernisation.

Une nouvelle construction permet une production d'énergie plus importante, mais, en contre-partie, les investissements sont élevés.

Une modernisation, par contre, ne permettra pas d'augmenter la production de manière spectaculaire, mais elle est souvent plus rentable grâce à un meilleur rapport production/investissement.

Il est utile de mentionner que l'arrêt d'une centrale provoque toujours des frais, car la taxe de concession, l'entretien des ouvrages hydrauliques (barrage, canal) et des berges restent à la charge du propriétaire. Ce qui peut représenter une dépense de plusieurs milliers de francs par an, même si la centrale est petite.

Lorsqu'une concession est définitivement abandonnée, l'état originel des eaux doit être rétabli. Cela peut représenter des dépenses comparables à celles d'une modernisation.

Ces considérations sont déterminantes lorsqu'il faut décider s'il convient ou non de reconstruire, de moderniser ou d'abandonner une installation.

5.3 Prix de revient de l'électricité produite par une petite centrale

Le coût de construction et d'exploitation d'une petite centrale, exprimé en centimes par kWh (prix de revient), peut servir de point de référence pour estimer la rentabilité d'un projet.

Les valeurs indicatives suivantes sont utiles pour une première approche. Elles sont données en fonction de l'ampleur des travaux entrepris (modernisation, nouvelle construction):

	Travaux effectués	Prix de revient
1.	Remplacement de la partie électrique (générateur et tableau de commande) + éventuellement révision de la turbine. Les ouvrages hydrauliques sont dans un état satisfaisant	4 - 8 ct/kWh
2.a)	Remplacement de l'ensemble du groupe turbogénérateur dans une centrale existante. Les ouvrages hydrauliques sont dans un état satisfaisant	8 - 12 ct/kWh
2.b)	Installation d'une turbine dans un réseau d'approvisionnement en eau potable ou d'évacuation d'eaux usées, y compris générateur, tableau de commande et éventuelle participation au coût de la conduite forcée.	8 - 12 ct/kWh
3.	Nouveau groupe turbogénérateur et renouvellement partiel des ouvrages hydrauliques.	12 - 16 ct/kWh évent. plus
4.	Nouvelle construction sur une rivière ou un canal de dérivation.	16 ct/kWh ou plus

Tableau 5.1 – Valeurs indicatives du prix de revient de l'électricité produite après modernisation ou nouvelle construction d'une petite centrale hydraulique (base: prix 1992)

5.4 Prix de vente et tarifs de rachat de l'électricité

Avec l'arrêté fédéral pour une utilisation économe et rationnelle de l'énergie (arrêté sur l'énergie), la législation fédérale définit les principes à appliquer pour le calcul de la rétribution de l'électricité livrée au réseau par des unités de production décentralisées, dont les petites centrales hydrauliques.

Selon l'article 7 de l'arrêté, le prix payé pour la reprise de l'électricité produite à partir d'énergies renouvelables devrait correspondre au prix de revient du courant d'une nouvelle centrale construite en Suisse au même moment.

Pour les microcentrales, qui sont raccordées sur le réseau basse tension (400 V) parallèlement aux consommateurs, cela signifie que le prix de rachat de l'électricité pourrait être pratiquement identique au prix de vente si l'on tient compte des frais de transport du courant par lignes haute et moyenne tension depuis les grandes centrales.

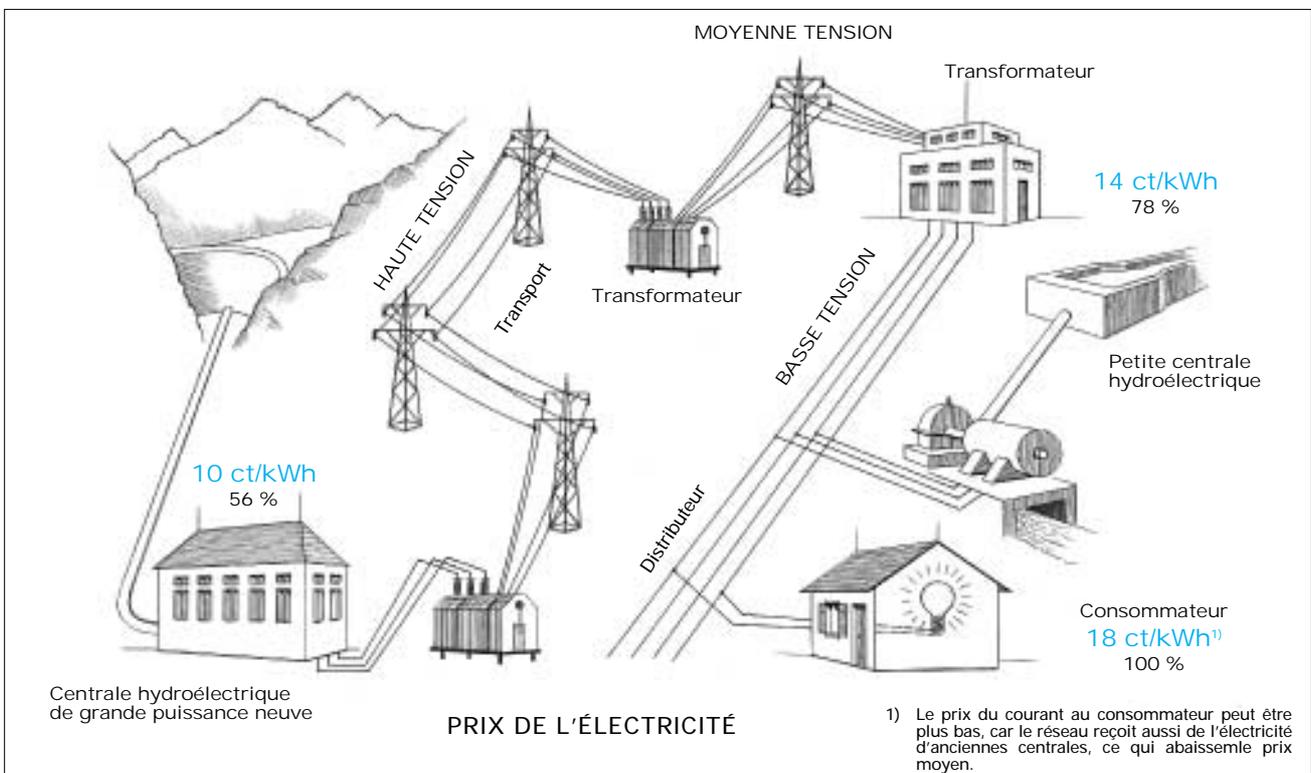


Illustration 5.2 – Evolution du prix de l'électricité entre le lieu de production et le consommateur, avec indication du point de raccordement d'une petite centrale alimentant le réseau basse tension

Canton	Prix de vente en ct/kWh	Prix de rachat en ct/kWh
Bâle-Campagne	20,2	12,5
Berne, Jura	19,1	9 (5,5)
Vaud Fribourg Genève	14,7 14,6 14,5	8 7,6 8,4
Neuchâtel	17,5	7,1
Valais	12,0	6,4

Tableau 5.3 – Electricité – Prix moyens de vente aux consommateurs et de rachat aux autoproducteurs

L'ordonnance d'application du 1^{er} mars 1992 édictée sur la base de l'arrêté fédéral sur l'énergie du 1^{er} mai 1991 n'impose pas de taux minimum pour la rétribution de l'énergie refoulée, mais prévoit seulement des recommandations pour les tarifs et leur calcul. L'autonomie tarifaire des sociétés électriques n'est pas remise en question.

En Suisse, le prix moyen de rachat varie selon les régions et les distributeurs, de 5,25 centimes par kWh à 12,5 centimes par kWh.

Le tableau 5.3 donne une comparaison entre les prix moyens de vente aux consommateurs et de rachat aux autoproducteurs pour différents cantons.

Les tarifs de rachat appliqués par les entreprises électriques pour les petites centrales en 1992 ne correspondent généralement pas aux recommandations de l'arrêté fédéral sur l'énergie.

Les distributeurs d'électricité justifient cette différence en rappelant que la production des petites centrales n'est pas constante et est soumise à des fluctuations saisonnières.

Le distributeur doit donc compléter l'approvisionnement d'une région donnée à partir de ses propres centrales ou par des achats à l'extérieur. Ce qui signifie qu'il doit mettre à disposition des consommateurs la puissance ainsi que les lignes de transport nécessaires pour remplir ses obligations de fournisseur.

Les économies réalisées par la revente de l'électricité des microcentrales à l'entreprise électrique locale ne peuvent donc être comparées sans autres au prix de revient d'une grande centrale.

5.5 Evaluation de la rentabilité

La comparaison entre le prix de revient de l'électricité produite et les tarifs d'achat et de vente dans une région donnée permet d'évaluer rapidement les chances de succès financier d'un projet de microcentrale.

Lorsque la production de la petite centrale ne couvre qu'une partie des besoins en électricité du propriétaire et est totalement absorbée sans revente d'excédents, le prix d'achat du courant au réseau servira de base de calcul pour estimer la rentabilité du projet (par exemple: microcentrale propriété d'une industrie à grande consommation d'électricité).

Par contre, si toute la production de la microcentrale est refoulée sur le réseau, il faut considérer le tarif de rachat offert par le distributeur (par exemple: turbine dans une adduction d'eau éloignée d'une localité).

Une comparaison des prix de revient du tableau 5.1 avec les tarifs de rachat du tableau 5.3 montre que, dans ce cas, il n'est pas possible actuellement d'entreprendre autre chose que des modernisations sans réfection des ouvrages hydrauliques ou l'installation de turbines dans des réseaux d'approvisionnement et d'évacuation d'eau.

Des exceptions méritent cependant d'être signalées:

- le canton de Bâle-Campagne a fixé dans sa nouvelle loi sur l'énergie le prix de rachat de l'électricité aux autoproducteurs (puissance de 10 à 500 kW). Selon les cas, ce prix est supérieur au prix de vente au consommateur;
- certaines entreprises électriques qui ne disposent pas d'unités de production significatives achètent pratiquement la totalité de leur courant à un grand distributeur, ceci à un prix relativement élevé. Elles ont intérêt à favoriser une production locale et paient un meilleur prix aux autoproducteurs. A titre d'exemple, les Services industriels de Winterthour rachètent le courant des petites centrales à un prix équivalent à 75% du prix de vente;
- certaines sociétés électriques octroient l'équivalent du prix de vente pour le courant livré par les centrales de très petite puissance (de 3 à 10 kW) en laissant le compteur tourner dans les deux sens.

En résumé, il apparaît clairement que l'avenir des petites centrales est étroitement dépendant de l'évolution des prix pratiqués par les distributeurs pour rétribuer l'électricité refoulée dans le réseau. Tant que les sociétés électriques n'offriront pas une rétribution couvrant au moins les coûts de production, il ne faut pas s'attendre à un essor significatif des petites centrales.

Pour plus de détails concernant l'évaluation de la rentabilité d'une microcentrale, nous renvoyons le lecteur aux annexes B et C.

6. Promotion et financement des petites centrales

6.1	Mesures promotionnelles de la Confédération et des cantons	53
6.1.1	Sur le plan fédéral	53
6.1.2	Sur le plan cantonal	54
<hr/>		
6.2	Financement	55
6.2.1	Aides au financement	55
6.2.2	Participations	56

6. Promotion et financement des petites centrales

Lorsqu'une petite centrale est à la limite de la rentabilité, il est possible que le propriétaire recule devant le risque lié à l'importance de l'investissement et renonce à son projet.

Dans certains cas, la Confédération et/ou les cantons peuvent apporter leur soutien à l'entreprise. Des associations et des organisations sans but lucratif contribuent concrètement au développement des énergies renouvelables. Il ne faut cependant pas surestimer les possibilités d'aides et subsides dans ce domaine.

6.1 Mesures promotionnelles de la Confédération et des cantons

6.1.1 Sur le plan fédéral

Dans le cadre de l'Ordonnance d'application de l'article sur l'énergie, la Confédération a prévu diverses mesures de soutien qui concernent également les petites centrales hydrauliques:

Article 22 de l'Ordonnance:

La Confédération peut soutenir les installations énergétiques pilotes et de démonstration lorsque:*

- a) elles favorisent l'utilisation économe et rationnelle de l'énergie et le recours aux agents renouvelables;*
- b) le potentiel d'application et les probabilités de succès sont suffisamment importants;*
- c) le projet est en accord avec la politique énergétique de la Confédération;*
- d) les résultats sont accessibles au public et portés à la connaissance des milieux intéressés.*

* par installation pilote et de démonstration, il faut entendre installations utiles à l'expérimentation technique et commerciale.

Article 23 de l'Ordonnance:

1. La Confédération peut fournir un appui technique ou économique aux mesures importantes prises en faveur.... ou du recours aux agents renouvelables lorsque ces mesures:

- a) sont prises au titre d'un programme promotionnel de la Confédération (par ex. PACER, Energie 2000);
- b) revêtent une importance au moins locale sur le plan de l'économie énergétique, ou
- c) ont un rôle important à jouer dans l'introduction d'une technologie.

2. L'appui n'est accordé que si une mesure:

- a) est en accord avec la politique énergétique de la Confédération;
- b) réduit la pollution de l'air;
- c) ne porte pas sensiblement atteinte à l'exploitation des eaux;
- d) n'est pas rentable sans soutien.

Dans les deux cas, l'aide financière de la Confédération ne dépasse en principe pas 30% des coûts non amortissables. Par coûts non amortissables, il faut comprendre les coûts supplémentaires par rapport à ceux qui auraient été consentis pour des techniques conventionnelles.

Pour les petites centrales, cette aide fédérale directe représente donc moins du tiers du déficit annuel (différence dépenses-revenus cumulée sur la durée de l'amortissement).

Etant donné qu'elle ne permet pas à un projet d'atteindre le seuil de rentabilité, elle n'est pas suffisante pour provoquer à elle seule une décision positive du maître de l'ouvrage en faveur d'une réalisation. Celui-ci devra donc rechercher d'autres soutiens.

Article sur l'énergie, art. 7, conditions de raccordement

Les entreprises assurant l'approvisionnement public en énergie sont tenues d'accepter l'injection produite régulièrement par des producteurs pour leurs propres besoins sous une forme adaptée au réseau.

Cette mesure est positive; cependant, comme mentionné dans le chapitre 5, le prix de rachat de l'énergie refoulée reste le facteur déterminant pour le développement des petites centrales.

6.1.2 Sur le plan cantonal

Le soutien offert aux microcentrales varie de manière considérable sur le plan cantonal. La moitié des cantons n'offrent aucune possibilité de subventionner les installations.

Le canton de Berne est cité à titre d'exemple dans cet ouvrage, sachant que d'autres cantons accordent

aussi des aides et soutien aux petites centrales qui mériteraient d'être mentionnés.

En 1987, ce canton a publié un décret concernant les contributions de l'Etat pour l'approvisionnement énergétique. Il s'agit d'aides à des projets non rentables selon des critères semblables à ceux de l'arrêté fédéral, et dont la puissance est inférieure à 300 kW.

Ce soutien a la forme de subsides, crédits sans intérêts et contributions à la réduction des charges financières sur une durée limitée; 20 à 40% des investissements consacrés aux installations de production bénéficient de ces aides.

Berne a également supprimé les taxes de concession pour les centrales hydrauliques dont la puissance est inférieure à 300 kW. La part de ces taxes dans le prix de revient de l'électricité produite équivaut environ à 1,5 centime/kWh et leur abandon contribue à une amélioration non négligeable de la situation économique des microcentrales.

6.2 Financement

Les petites centrales sont souvent à la limite de la rentabilité. Leur financement par des crédits bancaires uniquement ne permet souvent pas de décision positive en vue d'une réalisation.

Il existe cependant d'autres possibilités de soutien à côté des mesures d'incitation de la Confédération et des cantons (voir les adresses du chapitre 8).

6.2.1 Aides au financement

- a) Quelques banques commerciales (par exemple la Banque Cantonale de Zurich) prévoient des taux d'intérêt réduits pour le financement de projets présentant un intérêt écologique.
- b) Les banques dites «alternatives» octroient des crédits à faible taux d'intérêt pour des projets écologiques ou d'intérêt général (Banque alternative suisse, BAS, à Olten, Banque associative libre, BCL, à Dornach).
- c) Les moulins fabriquant de la farine panifiable peuvent recevoir une aide de l'Administration fédérale des blés lorsqu'ils modernisent ou remplacent leur turbine. L'aide n'est attribuée que si l'exploitation représente un intérêt du point de vue de l'économie de guerre (sécurité de l'approvisionnement en période de crise). Une exigence est que le moulin puisse travailler en cas de défaillance du réseau de distribution d'électricité à l'aide de sa seule turbine en régime isolé.

- d) Communes et propriétaires privés des régions de montagne peuvent obtenir des prêts LIM (Loi sur les investissements en zone montagne), sans intérêt ou avec taux réduit, pour faciliter le financement de leur projet; ceci jusqu'à concurrence de 25% de l'investissement. Pour une demande, ils s'adresseront aux offices régionaux de développement. Seuls les projets avec garantie de rentabilité à long terme reçoivent ce type d'aide.
- e) Les anciennes installations présentent parfois un intérêt historique. La conservation de ces témoins de l'utilisation de la force hydraulique de l'époque préindustrielle peut donner lieu à une restauration subventionnée par les services cantonaux des monuments historiques. Une nouvelle turbine (moderne) est souvent installée parallèlement à l'ancienne qui reste en fonction à titre de démonstration.

6.2.2 Participations

- a) Diverses associations et coopératives se sont fixé pour objectif la promotion concrète des énergies renouvelables. Leur action passe donc par la construction et l'exploitation d'installations telles que les microcentrales. Ces associations construisent ou modernisent les centrales avec leurs propres moyens financiers (prêts ou contributions de leurs membres) ou prennent des participations dans les installations privées (constitution de sociétés pour la construction et l'exploitation).

L'activité désintéressée de ces associations permet la mise en service de centrales respectueuses de l'environnement, ce qui ne serait pas possible selon les critères actuels d'économie de marché.

Ces initiatives méritent d'être signalées, car dans le cadre de la politique énergétique actuelle, le fait d'associer une partie de la population à la création de ces centrales modifie positivement la relation qui existe entre le distributeur d'énergie et le consommateur.

Exemples de ces associations: Energie plus! à Langnau (BE), l'Association pour le développement des énergies renouvelables, ADER, à Lully, (VD) ou la Communauté de travail pour l'approvisionnement énergétique décentralisé, ADEV, à Liestal, Berne et Biberstein.

- b) Certaines sociétés distributrices d'électricité prennent une participation dans des petites centrales, communales par exemple. La société électrique peut assurer l'entretien des installations techniques avec son personnel spécialisé, ce qui est une garantie pour le partenaire ne disposant pas de personnel aussi qualifié.

Une société d'exploitation de ce type réunit la commune de Grandvillard (70% des parts) et les Entreprises Electriques Fribourgeoises (30%) pour la construction et l'exploitation d'une petite centrale dans l'adduction d'eau communale.

7. Marche à suivre pour la planification et la réalisation des microcentrales

7.1	Déroulement du projet	61
7.2	Procédure administrative pour l'obtention ou le renouvellement d'une concession	63
7.3	Exigences techniques et services compétents	64
7.3.1	Production d'électricité	64
7.3.2	Turbines dans les réseaux de distribution d'eau potable	65
7.3.3	Turbines dans les réseaux d'évacuation d'eaux usées	67
7.4	Disparités cantonales et régionales	68

7. Marche à suivre pour la planification et la réalisation des microcentrales

7.1 Dérroulement du projet

Les microcentrales ne peuvent qu'à de rares exceptions être étudiées et réalisées sans le concours d'ingénieurs spécialisés.

Pour de petites installations autonomes d'une puissance de quelques kW, fonctionnant dans des adductions d'eau pour l'alimentation d'installations techniques (éclairage, commandes de vannes, désinfection, charge de batteries) ou le long de ruisseaux pour des cabanes ou chalets d'alpage, l'étude du projet par un bureau d'ingénieur est souvent trop onéreuse par rapport à l'investissement. Dans ce cas, le client cherche une collaboration directe avec le fournisseur de l'équipement.

Dans tous les autres cas, il est recommandé de faire appel à un ingénieur expérimenté dans la réalisation de petites centrales.

L'étude d'un projet de microcentrale s'effectue en plusieurs étapes (voir schéma 7.2, page suivante). Pour le maître d'œuvre, l'étape initiale, de l'idée jusqu'à l'octroi d'un mandat à un ingénieur, est essentielle: en effet, il doit entreprendre lui-même les démarches nécessaires pour s'informer et rassembler un certain nombre de données utiles au projet.

Par une marche à suivre claire et méthodique, il est possible d'éviter un gaspillage de temps et d'argent.



Illustration 7.1 – Microturbine de 250 W installée par un particulier à proximité de Lausanne pour la charge de batteries

Le déroulement habituel d'un projet peut être représenté comme suit (voir tableau 7.3).

Il faut compter en général de un à trois ans pour la planification et la construction d'une microcentrale jusqu'à et y compris la mise en service. Pour une liste détaillée du déroulement du projet, voir l'annexe D.

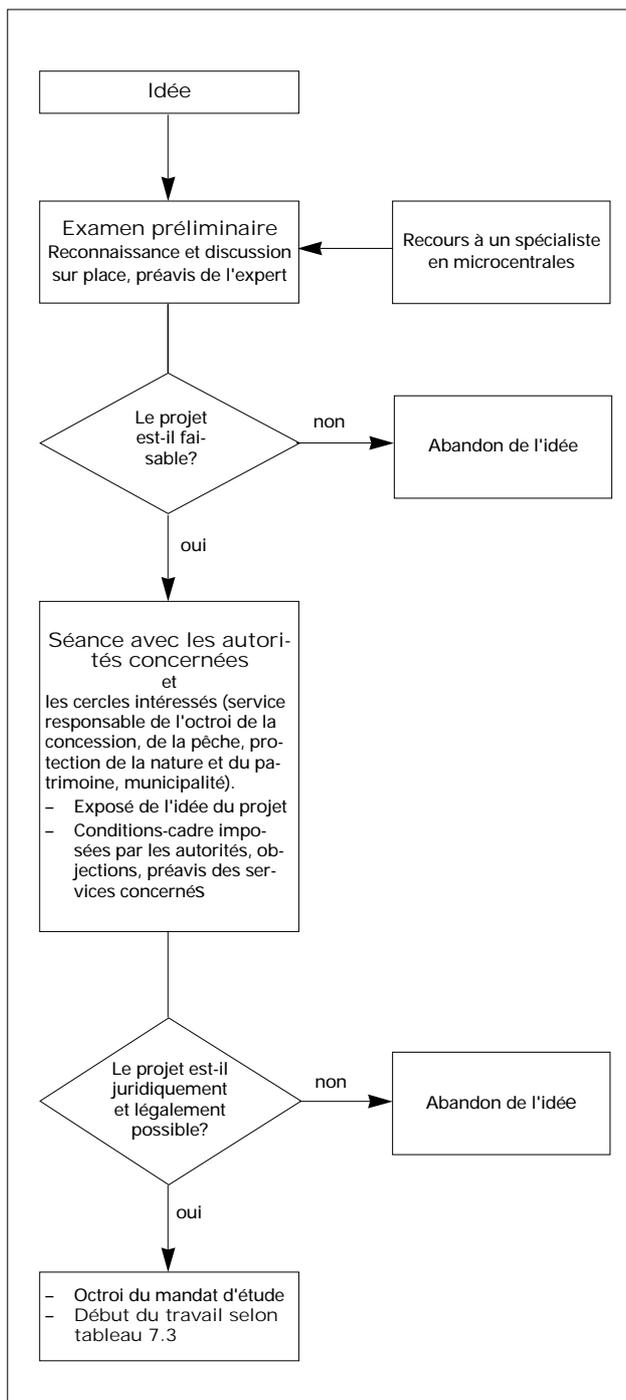


Illustration 7.2 – Première phase d'un projet, de l'idée au départ de l'étude

ÉTAPES	BUT
1. Rassembler les données (topographiques, mesure des débits, consommation/valorisation de l'énergie)	Données pour dimensionnement correct du projet
2. Préétude Etude de variantes du point de vue technique et économique, y c. effets sur l'environnement et mesures compensatoires	Choix de la meilleure variante Décision pour la suite du projet
3. Avant-projet ou projet de concession Etude du projet et préparation du dossier de concession	Demande de concession
4. Projet définitif Projet général de construction Établir les coûts et le devis général Dossier pour demande de permis de construire.	Mise à l'enquête publique et autres autorisations
5. Projet d'exécution. Projet détaillé Documents pour appels d'offre Plans d'exécution	Mise en soumission Adjudication et exécution des travaux
6. Mise en service Essais et contrôle des performances Formation de l'exploitant Documents de maintenance et d'exploitation	Remettre à l'exploitant une installation qui fonctionne selon le cahier des charges du projet

Tableau 7.3 – Déroulement d'un projet de microcentrale

7.2 Procédure administrative pour l'obtention ou le renouvellement d'une concession.

Une procédure administrative, qui peut être relativement longue selon les cas, précède l'octroi de la concession. A côté de l'autorité responsable (généralement le canton, parfois la commune ou le district), des services fédéraux et cantonaux sont associés à la procédure.

La requête du demandeur (personne physique ou morale, société) doit être déposée auprès de l'autorité concernée sous forme d'un formulaire accompagné des plans et du rapport technique général, avec au besoin d'autres documents. Le dossier ne présente pas la construction dans tous ses détails, mais plutôt une vue d'ensemble avec cotes et profils.

Une description de l'impact prévisible sur l'environnement y figure également avec les mesures de protection proposées par l'ingénieur ou demandées par les autorités.

Dans la plupart des cantons, le Département des travaux publics, Service des eaux, est responsable (département pilote) pour la procédure d'octroi de concession. La demande passe en outre dans les différents services cantonaux pour les autorisations spéciales, comme celles concernant la pêche, le déboisement, le défrichement de la végétation des rives ou des travaux hors de la zone constructible.

Le projet de concession est mis à l'enquête publique. Il peut susciter des oppositions d'ordre privé ou public qui peuvent être surmontées en cours de procédure par des modifications du projet après négociations entre les parties. Si aucun accord n'intervient, l'autorité qui délivre la concession tranche. Sa décision est sujette à recours si des intérêts publics sont lésés. Les conflits d'intérêts privés sont du ressort des tribunaux ordinaires.

La concession d'utilisation de la force hydraulique contient:

- la grandeur de la force hydraulique attribuée (chute, débit, puissance théorique);
- le débit résiduel (dotation);
- les obligations envers les pêcheurs (par ex., échelle à poissons), la protection de la nature et du paysage;
- les obligations concernant l'entretien et l'exploitation des ouvrages;
- les dispositions concernant la retenue d'eau en amont;
- les frais de concession (droit d'eau);

- les obligations vis-à-vis de tiers (par exemple fourniture obligatoire d'eau ou d'énergie);
- la durée de la concession;
- les délais limites pour le début et la fin des travaux;
- les conditions de rachat et de retour à l'expiration de la durée de la concession.

Un renouvellement de la concession est également exigé en cas de transformation si les conditions d'utilisation sont modifiées: par exemple, augmentation de la puissance hydraulique par une plus grande chute ou débit.

Avant l'octroi de la concession, l'Office fédéral de l'économie des eaux doit examiner le projet, conformément à l'article 5, alinéa 3, de la Loi fédérale sur l'utilisation des forces hydrauliques (haute surveillance de la Confédération). Cet office évalue si l'installation utilise rationnellement le potentiel hydraulique. Il ne prend pas position par rapport aux termes même de la concession.

D'autres offices sont consultés, comme celui de l'environnement, des forêts et des paysages ou celui de l'aménagement du territoire.

A l'issue de la procédure d'octroi de la concession, mais avant les travaux, une mise à l'enquête complémentaire des plans de détail est encore demandée. Si les plans définitifs sont identiques à ceux qui ont servi pour la demande de concession et/ou si la puissance de la microcentrale est inférieure à 100 CV (74 kW), cette dernière procédure tombe.

7.3 Exigences techniques et services compétents

7.3.1 Production d'électricité

Le raccordement des microcentrales au réseau ou à des abonnés isolés suppose le respect d'un certain nombre de prescriptions techniques élaborées et contrôlées par l'Inspection fédérale des installations à courant fort (IFICF).

Les prescriptions techniques concernent essentiellement l'exploitation en parallèle sur le réseau de distribution ainsi que la protection des installations et des personnes.

Il s'agit, en particulier, de s'assurer qu'une petite centrale soit immédiatement déconnectée du réseau en cas de coupure, volontaire ou non, de ce dernier et d'éviter ainsi tout retour de tension accidentel qui puisse mettre en danger la vie du personnel travaillant sur les lignes électriques.

Le fonctionnement d'une microcentrale, en régime isolé comme en parallèle, doit faire l'objet d'une demande d'autorisation auprès de l'Inspection fédérale. Celle-ci se présente sous la forme d'un formulaire sur lequel sont portées les données techniques de l'installation, accompagné des schémas électriques et d'un descriptif spécifiant entre autres les protections prévues pour la mise hors service automatique du générateur en cas de nécessité.

Seuls les ouvrages dont la puissance est inférieure à 3 kW ne sont pas soumis à cette exigence. Ils doivent, par contre, comme toutes les installations électriques intérieures, être exécutés et contrôlés par un homme de métier (installateur électricien concessionnaire).

Parallèlement à l'approbation par l'IFICF, une demande de raccordement sera déposée auprès du distributeur d'électricité local. Ce dernier doit en effet confirmer à l'IFICF qu'il autorise le fonctionnement de la petite centrale en parallèle sur son réseau. Il spécifiera également le système de comptage prévu, les tarifs, ainsi que ses exigences techniques particulières concernant les protections, la qualité du courant (harmoniques, transitoires) et l'exploitation.

Le propriétaire d'une petite centrale est responsable pour tous les dommages corporels et matériels pouvant être causés par un mauvais fonctionnement de son installation. Il doit conclure une assurance responsabilité civile; si la petite centrale fonctionne en parallèle sur le réseau électrique, la valeur assurée par sinistre est indiquée par le distributeur d'électricité.

Conformément à l'arrêté fédéral sur l'énergie, les entreprises électriques ont l'obligation de reprendre l'énergie des autoproducteurs, pour autant que les conditions techniques soient remplies. Cette obligation est valable pour toute la Suisse, même si certains cantons n'ont pas encore modifié leurs lois et règlements dans ce sens. Pour les tarifs de rachat de l'électricité, consulter le chapitre 5.3.

7.3.2 Turbines dans les réseaux de distribution d'eau potable

Il n'existe pas encore de prescriptions spéciales pour les petites centrales hydrauliques installées dans des réseaux d'eau potable.

Par contre, la planification, la construction et l'entretien des réservoirs, réseaux d'adduction et de distribution d'eau, sont soumis aux directives de la Société suisse de l'industrie du gaz et des eaux (SSIGE). Les composants des installations (tuyaux, vannes, soupapes, clapets) doivent avoir été

contrôlés et autorisés par la SSIGE, dont ils portent le sigle suivant:



Ce qui signifie que, à l'exception de la turbine pour laquelle il n'existe pas de directives, l'appareillage de la microcentrale doit être en accord avec ces prescriptions.

Au même titre que pour les petites centrales traditionnelles, une autorisation pour l'utilisation de la force de l'eau doit être demandée à l'autorité compétente en matière de concession (canton, plus rarement district ou commune). Celle-ci doit en informer l'Office fédéral de l'économie hydraulique.

Il ne s'agit pas d'une concession dans le sens indiqué précédemment et il n'est pas question de payer une redevance: en effet, la turbine remplace généralement un réducteur de pression ou une vanne de décharge qui détruisent l'énergie emmagasinée dans l'eau; le réseau, de même que son fonctionnement, sont inchangés. La fourniture d'eau reste l'objectif prioritaire et l'énergie est un sous-produit, la turbine n'ayant pas pour unique tâche de produire de l'électricité comme dans une centrale hydraulique conventionnelle.

Des autorisations doivent être demandées à deux instances importantes:

- le service cantonal responsable du contrôle des denrées alimentaires (Laboratoire/chimiste cantonal), donc de la qualité de l'eau potable distribuée à la population;
- l'Etablissement cantonal d'assurance contre l'incendie et les éléments naturels (ECA) qui supervise la fonction de défense incendie des réseaux d'eau.

Il est primordial de tenir compte de deux principes incontournables lors de l'élaboration d'un projet de microcentrale dans un réseau d'eau:

- a) Le maintien en toutes circonstances de l'approvisionnement en eau pour la consommation et la défense incendie a la priorité sur la production d'énergie.
En cas de panne ou de défaillance de la microcentrale, le passage de l'eau ne doit pas être interrompu: ce qui est réalisé en pratique par l'ouverture automatique d'une vanne de contournement de la turbine (by-pass) lorsque celle-ci est arrêtée ou en révision.
- b) La qualité de l'eau ne doit pas être altérée ni mise en danger par pollution ou réchauffement.

Cette exigence peut être remplie en accordant un soin particulier aux détails de construction de la turbine: joints d'arbres empêchant toute entrée de polluants ou de poussières depuis l'extérieur, remplacement des commandes traditionnelles par vérins hydrauliques par des vérins ou moteurs électriques fonctionnant sans huile, lubrifiants de qualité alimentaire s'il y a risque de contact avec l'eau, matériaux résistant à la corrosion.

L'utilisation de pompes inversées comme turbines ne pose pas de problème, ce type de machines étant déjà utilisé couramment pour le pompage d'eau potable.

Les turbines récentes travaillant avec de l'eau potable sont généralement construites en acier inoxydable, cette matière étant déjà couramment utilisée pour l'appareillage des réservoirs.

Il est utile de mentionner que les risques de corrosion ne sont pas à exclure avec ce matériau, car le mélange de différents métaux dans les installations (acier inoxydable, acier normal, alliages non ferreux) peut provoquer des attaques de type électrochimique si certaines précautions ne sont pas prises (pièces de séparation isolantes).

7.3.3 Turbines dans les réseaux d'évacuation d'eaux usées

L'installation de turbines dans un réseau d'eaux usées n'est possible que dans des régions accidentées où le tracé d'une conduite présente une dénivellation suffisante.

La planification de ces réseaux s'effectue selon les règles de l'Association suisse des professionnels de l'épuration des eaux (ASPEE) et les normes SIA pour les canalisations.

Les principes applicables aux turbines installées dans les réseaux d'eau potable sont également valables ici: priorité est donnée au transport de l'eau.

La difficulté majeure provient du type de fluide turbiné: il s'agit en l'occurrence d'eaux chargées de matières solides et souvent de corps étrangers indigestes pour une turbine normale qui se colmatara immédiatement.

Il s'agit donc de prévoir au départ un concept d'évacuation et de traitement des eaux usées qui tienne compte de la présence de la turbine.

Deux cas de figure:

- a) La chute à exploiter se situe entre la sortie de la STEP et le cours d'eau qui reçoit l'eau épurée.



Illustration 7.4 – Pompe inversée fonctionnant comme turbine, avec vanne by-pass automatique, dans l'adduction d'eau de la commune de Boudry (NE)

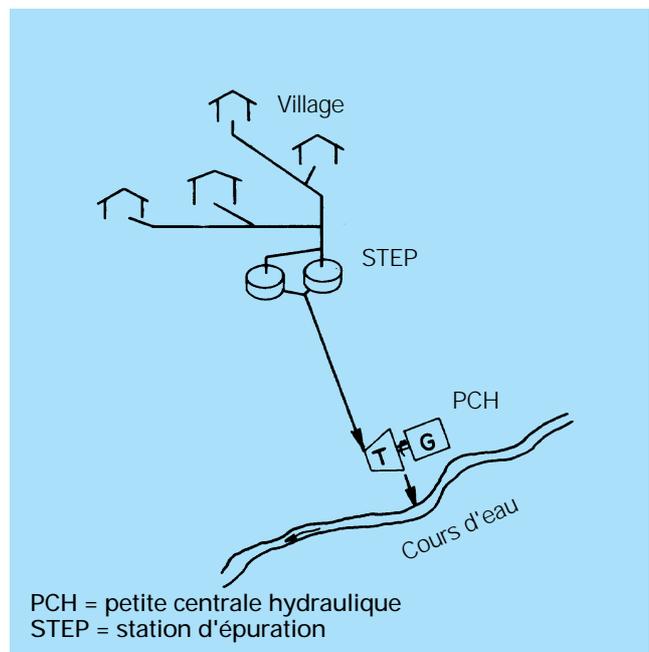


Schéma 7.5 a) – Concept d'évacuation avec turbinage des eaux usées
Petite centrale située après la STEP et turbinant de l'eau épurée

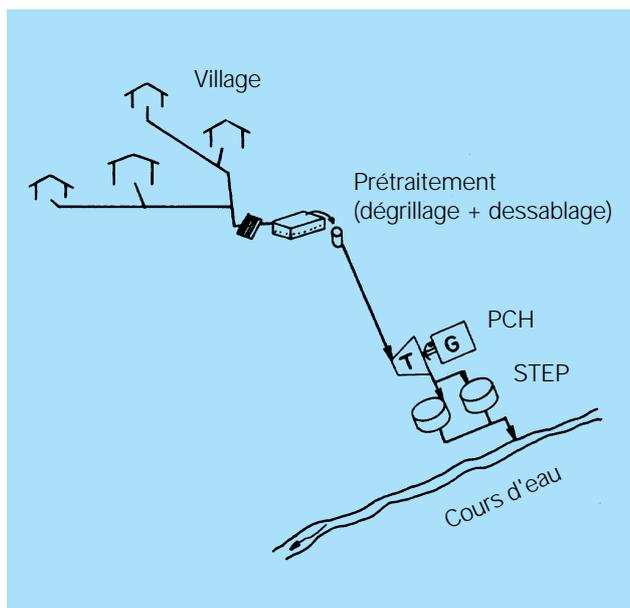


Schéma 7.5 b) – Concept d'évacuation avec turbinage des eaux usées
 Petite centrale située avant la STEP et turbinant de l'eau prétraitée

La petite centrale utilisera de l'eau traitée débarrassée des matières solides et sera située au point de rejet en rivière. Pour cette application, l'utilisation d'une turbine traditionnelle ne pose pas de problèmes particuliers.

b) La chute à exploiter se situe entre la sortie du réseau d'égouts de l'agglomération à épurer et la STEP, implantée au fond de la vallée.

Une turbine conventionnelle ne fonctionnera pas sans nettoyage initial de l'eau avant son entrée dans la conduite forcée. Au moment de sa planification, la STEP sera divisée en deux parts distinctes: prétraitement par dégrillage et dessablage au point haut à la sortie de la zone habitée, traitement des boues et des eaux à la sortie de la petite centrale.

Ce concept n'est possible que si le turbinage est considéré dès le début des études: mis à part le prétraitement placé à l'amont, le collecteur de transport, traditionnellement une canalisation à écoulement libre, devra être réalisé sous la forme d'une conduite sous pression.

7.4 Disparités cantonales et régionales

Il y a de nombreuses différences entre les législations et réglementations des cantons. Par ailleurs plusieurs centaines d'entreprises électriques distribuent du courant dans le pays et appliquent souvent des tarifs de vente et de rachat différents.

Citer toutes ces informations dans le cadre de cette brochure reviendrait à en augmenter le volume d'une manière exagérée. Pour pallier ce problème, le programme PACER a prévu la création de fiches cantonales où sont résumées toutes les informations et adresses utiles pour les personnes intéressées à planifier et construire une petite centrale.

Voir Appendice – Publications du Programme d'action PACER – Energies renouvelables, page 95.

8. Adresses utiles

8.1	Autorités	71
8.1.1	Offices fédéraux	71
8.1.2	Services cantonaux	71
<hr/>		
8.2	Organisations et associations	72
<hr/>		
8.3	Données et prescriptions techniques	72
8.3.1	Données hydrologiques	72
8.3.2	Electricité	72
8.3.3	Appareillage et conduites	72
<hr/>		
8.4	Financement et promotion	73
8.4.1	Soutien financier aux moulins	73
8.4.2	Associations de promotion et de soutien	73
8.4.3	Banques	73

8. Adresses utiles

8.1 Autorités

8.1.1 Offices fédéraux

OFEE

Office fédéral de l'économie des eaux
Effingerstrasse 77, Case postale
3001 Berne

- * Haute surveillance de l'utilisation des forces hydrauliques
- * Statistiques

OFEFP

Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage
Hallwylstrasse 4
3003 Berne

- * Questions concernant la protection des eaux, les débits résiduels, la pêche, les forêts et les paysages

OFEN

Office fédéral de l'énergie
Belpstrasse 36
3003 Berne

- * Responsable du programme DIANE (programme d'action pour l'application de nouvelles techniques énergétiques). Projet 10: petites centrales hydrauliques
- * Subventionnement d'installations pilotes

OFQC

Office fédéral des questions conjoncturelles
Belpstrasse 53
3003 Berne

- * Responsable du Programme d'action énergies renouvelables (PACER)

8.1.2 Services cantonaux

La liste des services cantonaux concernés par les questions relatives aux petites centrales figure dans les fiches d'information cantonales citées au chapitre 7.4.

Voir Appendice – Publications du programme d'action PACER – Energies renouvelables, page 100.

8.2 Organisations et associations

ADUR
Association des usiniers romands
c/o Roger Galé
Pont de la Tine
1863 Le Sépey

* Section romande de l'ISKB, l'association suisse des propriétaires de petites centrales hydrauliques

INFOENERGIE
2013 Colombier

* Centre d'information concernant les problèmes et techniques énergétiques, en particulier les énergies renouvelables

UCS
Union des centrales suisses d'électricité
Case postale 6140
8023 Zurich

* Association regroupant les entreprises électriques suisses
* Liste des entreprises électriques
* Conditions tarifaires générales

8.3 Données et prescriptions techniques

8.3.1 Données hydrologiques

SHGN
Service hydrologique et géologique national
Hallwylstrasse 4
3003 Berne

* Rassemble les données hydrologiques de tout le pays et les publie dans «l'Annuaire hydrologique de la Suisse».

8.3.2 Electricité

IFICF
Inspection fédérale des installations à courant fort
Chemin de Mornex 3
1003 Lausanne

* Prescriptions, approbation et contrôle des installations électriques des petites centrales hydro-électriques

8.3.3 Appareillage et conduites

ASCP
Association suisse de contrôle des installations sous pression
Case postale 35
8030 Zurich

* Règles pour le calcul et la construction d'installations industrielles sous pression
* Organe de contrôle de ces installations

ASPEE
Association suisse des professionnels de l'épuration des eaux
Case postale 607 - 8027 Zurich

* Règles concernant la construction et l'exploitation de réseaux et d'installations de traitement d'eaux usées

SSIGE
Société suisse de l'industrie du gaz et des eaux
Case postale 658 - 8027 Zurich

* Règles concernant la construction et l'exploitation de réseaux d'adduction et de distribution d'eau potable.

8.4 Financement et promotion

8.4.1 Soutien financier aux moulins

AFB

Administration fédérale des blés
Hallwylstrasse 15
3003 Berne

* Subsidés et prêts sans intérêt aux moulins fabriquant de la farine panifiable

8.4.2 Associations de promotion et de soutien

ADER

Association pour le développement des énergies renouvelables
1132 Lully

* Promotion / financement / développement des énergies renouvelables

ADEV

Communauté de travail pour l'approvisionnement énergétique décentralisé (ADEV)
Case postale
4410 Liestal (bureaux aussi à Berne et Biberstein)

* Participation / financement de petites centrales

Energie plus!

Association pour la promotion des énergies renouvelables
Case postale 742
3550 Langnau (BE)

* Participation / financement de petites centrales

8.4.3 Banques

BAS/ABS

Banque alternative suisse
Leberngasse 17
4600 Olten

BCL

Banque associative libre
Oberer Zielweg 60
4143 Dornach

* Prêts à taux d'intérêt réduit pour projets présentant un intérêt écologique

9. Glossaire

Centrale hydraulique au fil de l'eau:	Centrale qui turbine le débit instantané à disposition dans le cours d'eau, sans accumulation.
Centrale hydraulique à haute chute (ou haute pression):	Centrale hydraulique dont la hauteur de chute dépasse 100 mètres
Centrale hydraulique à chute moyenne (ou moyenne pression):	Centrale dont la hauteur de chute est comprise entre 20 et 100 mètres.
Centrale hydraulique à basse chute (ou basse pression):	Centrale dont la hauteur de chute est inférieure à 20 mètres.
Courbe des débits classés:	Répartition des débits sur une année selon leur fréquence.
Débit disponible:	Débit à disposition naturellement dans un cours d'eau, artificiellement dans un réseau d'eau ou autre type de système de transport ou de distribution d'un liquide.
Débit nominal (Q_a en l/s):	Débit maximum utilisable par la petite centrale hydraulique.
Débit résiduel:	Débit restant dans un cours d'eau en aval d'une prise d'eau.
Débit de dotation:	Débit prélevé sur le débit dérivé et remis à la rivière en aval de la prise d'eau pour garantir le débit résiduel minimum prescrit
Excédent d'eau (ou trop-plein):	Eau en excès, soit la différence entre le débit à disposition et celui qui est utilisé.
Hauteur de chute brute en mètres:	Hauteur de l'eau entre le début (prise d'eau) et la fin du parcours utilisé (sortie canal de fuite de la centrale).
Hauteur de chute nette en mètres:	Hauteur de chute brute moins les pertes de charge.
Microcentrale hydroélectrique:	Centrale hydraulique dont la puissance aux bornes du générateur est inférieure à 300 kW.
Pertes de charge:	Perte de hauteur de chute ou pertes de pression dues à la vitesse de l'écoulement et au frottement de l'eau contre les parois des tuyaux et dans les coudes, vannes, grilles, etc.
Prix de revient de l'électricité en centimes par kWh:	Dépenses nécessaires pour produire, transporter et distribuer un kWh d'énergie électrique.
Production d'énergie en kWh:	Energie produite par une centrale (pour comparaison, un appareil de TV couleur consomme environ 0,2 kWh en une heure).
Puissance en kW:	Travail produit par unité de temps (en comparaison, une voiture individuelle a une puissance d'environ 40 kW). L'unité CV (chevaux) utilisée antérieurement correspond à 0,735 kW.
Puissance installée en kW:	Puissance mesurée à l'arbre de la turbine.
Régime d'écoulement:	Répartition caractéristique des débits durant un an à un endroit déterminé d'un cours d'eau.
Rendement:	Rapport calculé en divisant la puissance sortant d'une machine ou d'une installation donnée par la puissance introduite. Pour une petite centrale, puissance électrique divisée par la puissance hydraulique brute.

Annexes

Annexe A	81
Survol des principales Lois et Ordonnances fédérales	

Annexe B	83
Evaluation d'un potentiel de force hydraulique	
B1. Estimation de la puissance	83
B2. Débits à disposition	84
B3. Choix du débit nominal de la petite centrale	84
B4. Dimensionnement d'une installation et estimation de la production annuelle	86

Annexe C	89
Estimation de la rentabilité des petites centrales	
C1. Bases	89
C2. Investissements et frais financiers	90
C3. Frais d'exploitation	92
C4. Revenus et bénéfices	93
C5. Exemple	93

Annexe D	95
Déroulement d'un projet de petite centrale	

Annexe A

Survol des principales Lois et Ordonnances fédérales

1. Les principes régissant l'utilisation des forces hydrauliques sont inscrits dans l'article 24 bis de la Constitution fédérale (CF du 7.12.1975). Les règles de base concernant l'utilisation des eaux pour la production d'énergie (alinéa 1. lit.b), les dispositions générales pour le maintien des débits minimaux (alinéa 2.lit.a), l'attribution du droit d'eau ainsi que les données concernant les taxes (alinéa 3) y sont définies.

2. La Loi fédérale sur l'utilisation des forces hydrauliques du 22.12.1916 (RS 721.80) a été créée pour appliquer les articles constitutionnels. Elle est applicable aux microcentrales de puissance inférieure à 300 kW et partiellement aux installations de puissance inférieure à 73,5 kW (100 HP), (voir l'Ordonnance du 26.12.1917, RS 721.801, limitant l'application de la Loi fédérale sur l'utilisation des forces hydrauliques à l'égard des petites usines).

3. A côté des intérêts directement concernés par les centrales hydrauliques, la législation impose de tenir compte de la protection des eaux, en particulier de la pêche, de la nature, du paysage, de l'environnement, ainsi que de l'aménagement du territoire:
 - 3.1 La Loi fédérale sur la pêche du 14.12.1973 (LFP, RS 923.0) définit les autorisations relatives aux interventions techniques (art. 24), les mesures à prendre pour les nouvelles installations, en particulier les débits résiduels (art. 25, en partie révisé, voir point 3.4) et celles concernant les installations existantes (art. 26).

 - 3.2 Dans la Loi fédérale sur la protection de la nature et du paysage du 1.7.1966 (LFPNP, RS 451) et dans l'Ordonnance du 16.1.1991 (RS 451.1), se trouvent définies la protection de la nature et du patrimoine dans le cadre de l'accomplissement des tâches fédérales, des animaux, des plantes, des biotopes et de la végétation des rives.

 - 3.3 La Loi fédérale sur la protection de l'environnement du 7.10.1983 (LFPE, RS 814.01) se prononce en termes généraux sur l'utilisation des eaux par les microcentrales (art. 1 à 10).

- 3.4 La Loi fédérale sur la protection des eaux du 24.01.1991 (LFPE, RS 814.20), approuvée en votation fédérale le 17 mai 1992, régit, pour ce qui concerne plus particulièrement les petites centrales, les débits minimaux, la protection des nappes souterraines, les débris flottants ainsi que le curage et la vidange des retenues.
- 3.5 L'Ordonnance générale sur la protection des eaux du 19.7.1972 (RS 814.201) précise les questions de concession, d'autorisations et de taxes (art. 8) dans le cadre de l'utilisation des eaux par des centrales hydrauliques.
- 3.6 L'Ordonnance sur le déversement des eaux usées du 8.12.1975 (RS 814.225.21) fixe les objectifs à atteindre en matière de qualité des eaux courantes et de celles des retenues.
- 3.7 La Loi fédérale sur l'aménagement du territoire du 22.06.1979 (LFAT, RS 700) et l'Ordonnance sur l'aménagement du territoire du 2.10.1989 (RS 700.1) régissent la construction hors des zones à bâtir ainsi que l'attribution des concessions et des autorisations relatives aux projets d'utilisation de l'eau.
- 3.8 L'Arrêté fédéral pour une utilisation économe et rationnelle de l'énergie du 14.12.1990 (arrêté sur l'énergie, AE, RS 730.0) oblige les entreprises de distribution d'énergie à reprendre l'énergie produite par les petits producteurs et à la rétribuer convenablement.

Annexe B

Evaluation d'un potentiel de force hydraulique

Ainsi que cela a déjà été mentionné, la force hydraulique peut être fournie par un cours d'eau, un réseau d'adduction, de distribution, d'évacuation d'eaux ou par le circuit d'un processus industriel.

Les indications qui suivent permettent de comprendre comment évaluer la puissance et l'énergie fournies par une petite centrale.

B1. Estimation de la puissance

La puissance moyenne d'une petite centrale projetée sur un site donné peut être calculée avec la formule suivante:

$$P_{el} = \frac{7 \times Q_m \times H_n}{1000} \quad (1)$$

avec:

P_{el} Puissance électrique moyenne aux bornes du générateur, en kW (*).

Le coefficient 7 tient compte des pertes et du rendement de la turbine, du générateur et d'une éventuelle transmission (courroie, réducteur à engrenages). Cela signifie que seuls 70% de la puissance hydraulique à disposition sont transformés en énergie électrique.

Q_m Débit annuel moyen, en litres/seconde (la détermination de Q_m est définie plus précisément dans le chapitre B2).

H_n Chute nette en mètres.
La chute nette, ou différence de pression utilisable, se calcule à partir de la chute brute de laquelle sont déduites les pertes de charge (voir également le chapitre 2.2).

En règle générale, le canal de dérivation, la conduite forcée et le canal de fuite en aval de la centrale devraient être dimensionnés de manière à ce que la somme de pertes de charge ne dépasse pas 15% de la chute brute.

(*) Unités et définitions, voir glossaire.

B2. Débits à disposition

La chute brute peut être déterminée directement sur place à l'aide d'instruments relativement simples (latte, niveau, théodolite) pour les hauteurs faibles à moyennes, à partir d'une carte au 1:25 000 pour les grandes dénivellations.

Par contre, la détermination du débit moyen est plus complexe. En effet, il n'existe, dans la plupart des cas, pas de résultats de mesure concernant les débits des sources ou des cours d'eau de faible importance.

La dépense en temps nécessaire pour la récolte de ces données se justifie toujours. En effet, elle permet d'éviter une mauvaise surprise lorsque la microcentrale est mise en service, comme de constater en particulier que les installations sont trop grandes et, en conséquence trop coûteuses par rapport à l'eau effectivement à disposition.

Des stations de mesure sont installées et surveillées par la Confédération, les cantons ou des privées sur les cours d'eau d'une certaine importance.

Lorsqu'une petite centrale est prévue sur une rivière qui ne dispose pas de station de jaugeage, il est indispensable d'effectuer des mesures de débit durant au moins un an.

Les résultats seront comparés avec les données provenant de stations officielles installées sur les rivières de la même région. Si les débits mesurés ne correspondent pas à un régime caractéristique moyen du cours d'eau, ils seront corrigés en fonction des années sèches ou humides en tenant compte des précipitations.

Les dimensions d'une microcentrale sont déterminées à partir de la courbe dite «des débits classés» Celle-ci est obtenue en introduisant les débits instantanés (courbe chronologique) dans un second diagramme (voir illustration B.1) en fonction de leur grandeur et de leur fréquence.

La courbe des débits classés indique combien de jours par an un débit donné n'est pas atteint ou est dépassé.

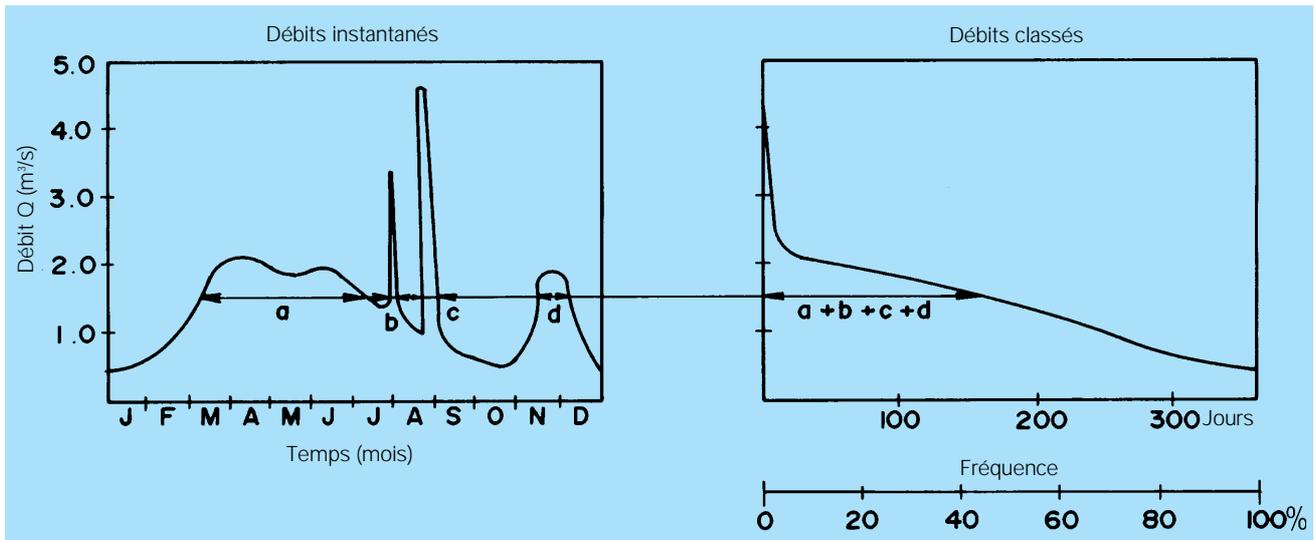


Illustration B.1 a) – Courbe chronologique des débits mesurés

Illustration B.1 b) – Courbe des débits classés calculée à partir de la courbe chronologique

B3. Choix du débit nominal de la petite centrale

En vue d'une rentabilité maximale, il est justifié d'utiliser la plus grande quantité d'eau possible.

Le débit nominal, ou débit maximum utilisable par la turbine, ne correspond cependant que rarement à la quantité d'eau effectivement à disposition:

- un débit minimum doit être maintenu en permanence dans le lit de la rivière (débit résiduel) entre la prise d'eau et la sortie du canal de fuite de la centrale (protection de la faune et de la flore, voir chapitre 3). La restitution de l'eau dans ce but est appelée devoir de dotation;
- il faut encore déduire du débit à disposition la part non exploitable des crues, l'eau utilisée pour éliminer les dépôts de débris et sédiments dans la prise d'eau et le canal (purge) ainsi que les fuites.

Ces différents débits sont indiqués sur les illustrations 3.1 et B.2.

Le débit nominal sera choisi après avoir soustrait les diverses pertes susmentionnées de la courbe des débits mesurés. Il servira de base pour le dimensionnement des composants de la petite centrale, à l'exception de la prise d'eau qui doit être conçue en fonction des crues.

La surface hachurée des courbes correspond à l'énergie hydraulique disponible.

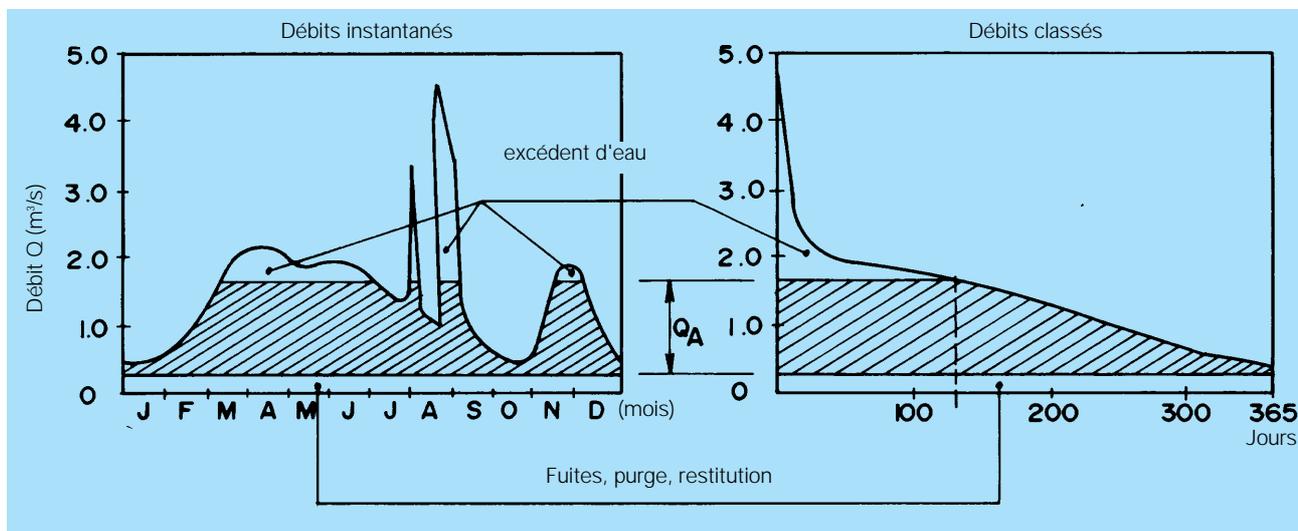


Illustration B.2 – Définition du débit nominal sur les courbes des débits instantanés et des débits classés

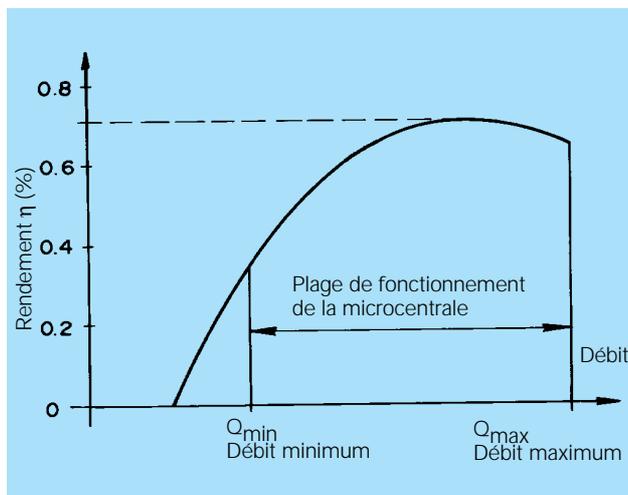


Illustration B.3 – Evolution du rendement d'une petite centrale en fonction du débit

On pourrait supposer qu'un débit nominal aussi élevé que possible fournira la meilleure production d'énergie et une rentabilité optimale de l'installation.

Ce n'est pas le cas en pratique, car une turbine ne fonctionne pas avec la même efficacité sous un débit faible ou élevé: le rendement de la turbine et du générateur (chapitre 2.2) baisse considérablement en dessous de 20 à 40% du débit nominal selon le type de machine; la puissance produite devient alors si faible qu'il ne vaut plus la peine de laisser l'installation en service.

La figure B.3 met en évidence la baisse du rendement d'un groupe turbogénérateur lorsque le débit diminue.

B4. Dimensionnement d'une installation et estimation de la production annuelle

Le choix de la grandeur de la turbine, sur la base d'un débit nominal donné, dépend du mode d'exploitation prévu: production de courant en parallèle sur le réseau ou en régime isolé.

L'exploitation en parallèle est choisie lorsque le producteur est constamment branché sur le réseau;

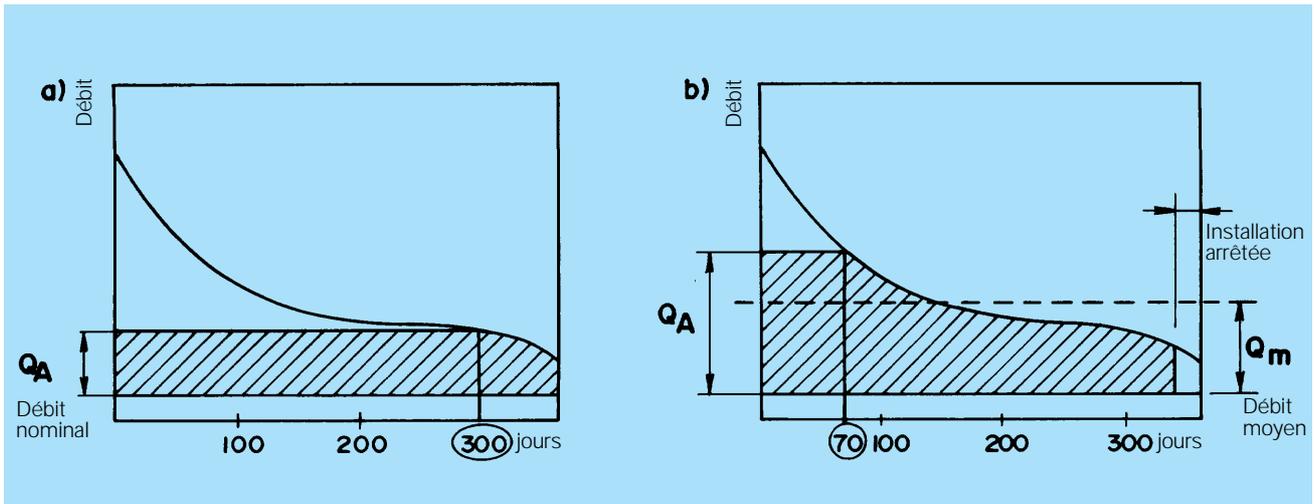


Illustration B.4 a) – Débit nominal d'une petite centrale sur la courbe des débits classés fonctionnant en régime isolé

Illustration B.4 b) – Débit nominal d'une petite centrale sur la courbe des débits classés fonctionnant en parallèle sur le réseau

il peut ainsi refouler ses surplus d'énergie et compléter ses besoins lorsque ceux-ci excèdent la puissance de la petite centrale.

Le régime isolé est appliqué aux habitats et exploitations d'alpage qui sont trop éloignés du réseau pour y être raccordés. Une combinaison des deux formules n'est valable que si la centrale doit jouer le rôle d'un groupe de secours en cas de panne du réseau de distribution.

Lorsque le fonctionnement en régime isolé, ou îlot, est adopté, il est nécessaire d'examiner les aspects de la consommation (gestion de l'énergie) autant que ceux de la production.

En effet, les appareils consommateurs doivent pouvoir fonctionner avec la puissance minimale produite par la microcentrale en période de basses eaux, à moins qu'un appoint ne soit fourni par un groupe électrogène.

En règle générale, le débit nominal d'une petite centrale en régime isolé est celui atteint ou dépassé pendant au moins 250 jours par an. Il s'agit là d'une valeur indicative qui peut varier selon le site et la période d'exploitation (toute l'année ou pendant une saison d'estivage à la montagne).

En fonctionnement parallèle, l'objectif est de produire la plus grande quantité d'énergie possible, même si l'arrêt de l'exploitation est à prévoir durant les périodes sèches. Le débit nominal est celui dépassé pendant 60 à 125 jours par année. La valeur exacte sera choisie en tenant compte de la variation du rendement de la turbine en fonction du débit ainsi que de la forme de la courbe des débits classés.

Le débit moyen annuel Q_m de la turbine défini au chapitre B1 peut être calculé à partir de la courbe des débits classés (transformation de la surface hachurée sous la courbe en un rectangle de même surface, hauteur: Q_m). En portant les valeurs du débit moyen et de la chute dans la formule (1) du chapitre B1, la puissance électrique moyenne P_{el} de l'installation peut être déterminée. La production annuelle sera calculée en multipliant cette puissance par le nombre d'heures d'exploitation de la petite centrale

Considérant que l'installation doit être mise hors service pour son entretien et parfois lors de crues importantes, il est raisonnable de compter 8500 heures d'exploitation par an.

$$E = 8500 \times P_{el} \quad (2)$$

E = production d'énergie moyenne par année en kWh.

P_{el} = puissance électrique moyenne en kW, selon formule (1).

Annexe C

Estimation de la rentabilité d'une petite centrale hydraulique

C1. Bases

La rentabilité d'une installation est obtenue en comparant les coûts annuels avec les recettes.

Côté recettes, les données hydrologiques (eau disponible, voir annexe B) déterminent la quantité d'énergie qui peut être produite.

Côté dépenses, les coûts de construction et d'exploitation seront considérés.

Le profit que l'on peut tirer d'une installation dépend directement de la manière de valoriser l'énergie produite.

Une forte consommation propre remplaçant les achats d'énergie est plus avantageuse que le refoulement sur le réseau, puisque le prix de rachat est, à de rares exceptions près, inférieur au prix de vente du courant.

La rentabilité d'une microcentrale peut être évaluée selon le schéma de calcul du tableau C.1. Dans les conditions actuelles, les projets sont très souvent à la limite de la rentabilité et il est utile de les faire analyser par un ingénieur spécialisé neutre qui pourra déterminer s'il vaut la peine de s'engager dans une nouvelle construction ou une modernisation.

Coûts	
Investissements	Dépenses annuelles
- Génie civil	Intérêts et amortissement du capital investi
- Turbine et générateur	+
- Commande et régulation	Frais d'exploitation et d'entretien;
- Coûts annexes	impôts, taxes et assurances

	Total dépenses annuelles
Bénéfices	
Production d'énergie kWh par année	Revenus financiers annuels
	Consommation propre (= remplacement d'achats d'énergie) x prix d'achat
	+
	Refoulement dans le réseau x prix de reprise

	Total revenus annuels
Comparer: revenus avec dépenses	

Tableau C.1 – Schéma de calcul pour évaluer la rentabilité d'une microcentrale

C2. Investissements et frais financiers

Les coûts d'investissement peuvent être répartis selon le tableau suivant; en fonction du type d'installation, certains frais disparaissent (par ex. les turbines qui fonctionnent sur un réseau d'approvisionnement en eau potable n'impliquent pas d'investissements pour un barrage ou un canal de dérivation). Les pourcentages donnés dans le tableau ci-après sont approximatifs et peuvent varier de cas en cas.

Groupe de coûts	Pourcentage de l'investissement total	Durée de l'amortissement en années
Ouvrages de génie civil (barrage, prise d'eau, dessableur, canaux, bâtiments, etc.) Constructions métalliques (vannes, grilles, dégrilleur, etc.) Conduite forcée	25-55%	25-30
Composants électromécaniques (turbine, générateur, régulation, commandes, etc.)	20-50%	15-20
Coûts annexes (études, direction des travaux, mise en service, procédures d'autorisation, etc.)	10-20%	15-20
Divers et imprévus	10 %	15-20

Tableau C.2 – Répartition des coûts et durée d'amortissement des composants de petites centrales

Sur la base de ces données, une durée d'amortissement moyenne sera calculée pour l'estimation des frais financiers.

Pour une petite centrale complète comportant des ouvrages de génie civil, une durée d'amortissement moyenne comprise entre 20 et 25 ans peut être considérée comme raisonnable.

Il est difficile de donner des valeurs précises pour les coûts spécifiques, soit les investissements par unité de puissance installée (Fr./kW), étant donné la diversité des types et des applications des petites centrales (au fil de l'eau, dans des réseaux, dans l'industrie). Les valeurs approximatifs suivantes peuvent cependant être utilisées pour une première approche.

De l'investissement total pour la petite centrale, il faut déduire les frais qui seraient de toute manière consentis, par exemple la réfection d'un réseau d'eau potable ou les mesures de protection contre les crues sur un cours d'eau.

Type d'installation	Puissance: 100 à 200 kW	20 à 50 kW
Rénovation Partie électrique exclusivement (générateur, régulation) Electromécanique (turbine, générateur, commandes)	Fr. 500.-/kW Fr. 2000.-/kW	Fr. 1000.-/kW Fr. 4000.-/kW
Modernisation Turbine, partie électrique et ouvrages hydrauliques	Fr. 4000.-/kW	Fr. 8000.-/kW
Nouvelle construction	plus de Fr. 8000.-/kW	plus de Fr. 12000.-/kW

Tableau C.3 – Investissements spécifiques pour les petites centrales hydrauliques (valeurs indicatives 1992)

Les éventuelles subventions seront également soustraites (voir chapitre 6) et le solde des frais d'investissement sera converti en annuité à l'aide d'un facteur tenant compte des intérêts et de l'amortissement des capitaux nécessaires à la construction, fonds propres ou emprunts.

Le taux hypothécaire sera adopté pour le calcul des intérêts si des taux réduits ne sont pas obtenus sur une part de l'investissement. Dans le cas contraire, un taux moyen sera calculé en fonction des différents taux partiels.

Il est judicieux de déduire le taux d'inflation de l'intérêt du capital investi; les frais financiers et d'exploitation pourront alors être pris en compte à valeur fixe pour toute la durée d'amortissement.

Le tableau suivant donne les facteurs d'annuité pour différents taux d'intérêt et durées d'amortissement.

Durée d'amortissement en années	Taux d'intérêt corrigé (taux du jour moins inflation) 2%	3%	4%	5%	6%	7%
10	0.111	0.117	0.123	0.130	0.136	0.142
15	0.078	0.084	0.090	0.096	0.103	0.110
20	0.061	0.067	0.074	0.080	0.087	0.094
25	0.051	0.057	0.064	0.071	0.078	0.086
30	0.045	0.051	0.058	0.065	0.073	0.081

Tableau C.4 – Facteurs d'annuités

C3. Frais d'exploitation

Les valeurs estimatives pour les frais d'exploitation et d'entretien sont exprimées en % des frais d'investissement.

Signalons que ces coûts n'incluent pas de charge pour le personnel d'exploitation de la petite centrale. Automatisées pour la plupart, elles ne nécessitent pas plus de quelques minutes par jour pour les contrôles de routine (par exemple sur les installations au fil de l'eau: prise d'eau et dégrilleur) ainsi que le relevé des compteurs et instruments de mesure. Ces dépenses sont souvent intégrées à la facture d'entretien général d'un immeuble, de l'entreprise ou du service communal concerné.

Les coûts annuels totaux concernant la petite centrale comprendront donc les intérêts et amortissements (paragraphe C.2) plus les frais d'exploitation et d'entretien. Ils s'élèvent à environ 8 à 12 % de l'investissement.

Types de coûts	Taux des frais annuel	Référence pour le calcul des frais
1. Turbine et partie électrique	3 à 6 %	Investissement pour les composants concernés
2. Barrage, prise d'eau et conduite forcée	1,2 à 1,6 %	Investissement pour les ouvrages concernés
3. Bâtiment de la centrale et installations annexes	0,4 à 0,6 %	Investissement pour les ouvrages concernés
4. Taxes, impôts, assurances administration	0,8 à 1,5 %	Investissement total

Tableau C.5 – Valeurs estimatives des frais annuels pour l'exploitation et l'entretien des petites centrales

C4. Revenus et bénéfices

La manière d'utiliser l'énergie produite détermine la rentabilité de la microcentrale.

Pour autant que l'autoproduction remplace les achats, le revenu de l'installation correspondra aux frais économisés (énergie x prix de vente + éventuellement taxes de puissance + éventuellement courant réactif).

Le prix du courant refoulé dans le réseau, négocié avec l'entreprise électrique concernée, déterminera le revenu produit par la vente d'énergie. Les fluctuations de tarif en fonction des saisons et des heures de la journée (été-hiver, jour-nuit) ne seront pas oubliées dans le calcul, car elles peuvent influencer d'une manière non négligeable la rentabilité d'une petite centrale.

C5. Exemple

Petite turbine dans le réseau d'approvisionnement en eau potable d'une commune des Préalpes.

Données de base:

- Chute nette $H_n = 120$ m (entre chambre de rassemblement du captage et réservoir)
- Débit annuel moyen $Q_m = 20$ litres/seconde

La turbine, le générateur et l'armoire de commande peuvent être installés dans le local technique du réservoir.

La conduite d'adduction sera changée dans le cadre d'un assainissement.

Puissance électrique moyenne, selon la formule (1):

$$P_{el} = \frac{7 \times Q_m \times H_n}{1000} = \frac{7 \times 20 \times 120}{1000} = 16,8 \text{ kW}$$

Production d'énergie annuelle, selon la formule (2):

$$E = 8500 \times P_{el} = 8500 \times 16,8 = 142800 \text{ kWh}$$

Investissements:

Turbine, installations électriques et raccordement au réseau
Fr. 4 000.-/kW x 16,8 kW: Fr. 70 000.-

Aménagements dans le réservoir pour la turbine et le générateur,
modification de la chambre de captage
(chambre de mise en charge): Fr. 15 000.-

Coûts supplémentaires pour la conduite (DN125 au lieu de DN80
sans turbine),
longueur 250 mètres: Fr. 5 000.-

Frais annexes (participation études du projet et direction des travaux,
demande d'autorisations et taxes): Fr. 13 000.-

Divers et imprévus: Fr. 10 000.-

Investissement total: Fr. 113 000.-

Dépenses annuelles:

Durée d'amortissement moyenne de 20 ans, intérêts 8,5%,
inflation 4,5%, facteur d'annuité du tableau C.4.
(4% pour 20 ans): 0,074 x 113 000.- Fr. 8 362.-

Exploitation et entretien (seulement la turbine et la partie
électrique, entretien du réservoir et de la conduite dans le cadre
de l'approvisionnement en eau): 5% de 70 000.- Fr. 3 500.-

Taxes et assurances, administration (pas de taxe de concession,
puisqu'il s'agit d'eau potable) Fr. 1 000.-

Total des dépenses annuelles: Fr. 12 862.-

Prix de revient de l'électricité produite:

Frais annuels Fr.12 862.- pour 142 800 kWh/année: Fr. 0,09/kWh

Rentabilité:

Prix de rachat moyen: 12 centimes par kWh
(toute la production alimente le réseau communal)

Recettes annuelles: 142 800 kWh x 0,12 Fr/kWh: Fr. 17 136.-

Bénéfice annuel (recettes moins dépenses): Fr. 4 274.-

(Prix: base de calcul année 1992)

Annexe D

Déroulement d'un projet de petite centrale

Etape du projet	Durée	Travaux à effectuer	Autorités/organisation/ personnes compétentes
Rassembler les données (souvent par le maître de l'ouvrage lui-même)	min.1 mois si mesures débit à disposition sinon min. 1 année	Données topographiques (plans) Détermination des débits Organisation de gestion	Géomètre Banque de données hydrologiques
Préétude	env. 2 mois	Premier concept Etudes de variantes Faisabilité technique et économique Orientation des propriétaires et des organisations concernées Pourparlers avec autorités, services officiels et distributeur d'électricité Contacts avec organismes de financement (banques, associations) Demande d'offres budgétaires	Autorité responsable pour la concession Services officiels concernés Associations: - protection de la nature et des sites - pêcheurs - autres (*)
Avant-projet ou projet de concession	min. 6 mois	Choix de la variante et études pour projet de concession Demande de concession Mise à l'enquête de la concession et évnt. levée des oppositions Négociations pour la concession (droits et obligations spéciaux du concessionnaire) Modification év. du projet Attribution de la concession	Autorité de concession et services officiels spécialisés Office fédéral de l'économie des eaux
Projet définitif	min. 6 mois	Etude du projet de construction Demande d'autorisation pour fonctionnement en parallèle sur le réseau Demande de permis de construire Autorisation de construire	Autorités communales et cantonales Distributeur électrique Inspectorat fédéral des installations à courant fort
Projet d'exécution	6-12 mois	Projet d'exécution Appels d'offre Adjudication des travaux Construction	
Mise en service	max. 1 mois	Mise en service et essai Protocole de réception Mise en exploitation	
Durée totale	1-3 ans		

(*) En fonction de l'ampleur et de l'impact du projet prévu.

Associations de soutien

ACS	Association des communes suisses
ADER	Association pour le développement des énergies renouvelables
ADUR	Association des usiniers romands
ETG	Société pour les techniques de l'énergie de l'ASE
ASPEE	Association suisse des professionnels de l'épuration des eaux
INFOENERGIE ROMANDIE	Centre de conseils
OFEL	Office d'électricité de la Suisse romande
PROMES	Association des professionnels romands de l'énergie solaire
SIA	Société suisse des ingénieurs et des architectes
SMSR	Société des meuniers de la Suisse romande
SSIGE	Société suisse de l'industrie du gaz et des eaux
UCS	Union des centrales suisses d'électricité
UTS	Union technique suisse
UVS	Union des villes suisses