

Programme Petites centrales hydrauliques

Programme de recherche 2004-2007

Ausgearbeitet durch
Programmleitung Kleinwasserkraftwerke
entec ag Consulting & Engineering
pl@smallhydro.ch / www.smallhydro.ch
Version 1.1

Mandant:

Office fédéral de l'énergie OFEN, 3003 Berne

Mandataire:

Direction du projet Petites centrales hydrauliques c/o entec ag, Bahnhofstr. 4, 9000 St-Gall, www.entec.ch

Auteurs:

Manuel Buser

Hedi Feibel

Groupe d'encadrement:

Bruno Guggisberg, Office fédéral de l'énergie OFEN

Ernst Jakob, OEHE, Berne

Heinz Liechti, OFEG

Ce document a été établi dans le cadre du programme Petites centrales hydrauliques de l'Office fédéral de l'énergie OFEN. Le mandant assume l'entière responsabilité du contenu de ce document.

Office fédéral de l'énergie OFEN

Worblentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen · adresse postale: CH-3003 Berne

Tél. 031 322 56 11, fax 031 323 25 00 · office@bfe.admin.ch · www.admin.ch/bfe

Sommaire

1.	SITUATION DE DEPART ET SUCCES ACQUIS	2
1.1.	Situation actuelle de la petite hydraulique en Suisse	2
1.2.	Les mesures en place et leurs effets	4
1.3.	Un nouvel élan pour la recherche	5
1.4.	Rentabilité économique	5
1.5.	Structures institutionnelles	6
2.	OBJECTIFS ET STRATEGIE.....	6
2.1.	Objectifs prioritaires	6
2.2.	Stratégie, angles d'approche	6
3.	MESURES INDISPENSABLES DANS LES DOMAINES R&D ET P&D	8
3.1.	Projets et activités R&D	8
3.2.	Projets et activités P&D	9
3.3.	Mesures supplémentaires nécessaires (Marché)	10
3.4.	Activités nationales vs. internationales	10
4.	REPARTITION DES MOYENS, PRIORITES.....	11
4.1.	R&D.....	11
4.2.	P&D.....	11
5.	REFERENCES	13
6.	OUVRAGES DES SECTEURS R&D ET PROJETS DE DEMONSTRATION.....	13
ANNEXE 1:	RESUME DU PROGRAMME DE RECHERCHE	1
A.	Objectifs	1
B.	Approche.....	1
C.	Structure du Programme Petites centrales hydrauliques	2
D.	Développement antérieur de la petite hydraulique, scénario et vue d'ensemble	3
E.	Mesures pour la mise en œuvre des objectifs	5
F.	Scénario jusqu'à 2050.....	7

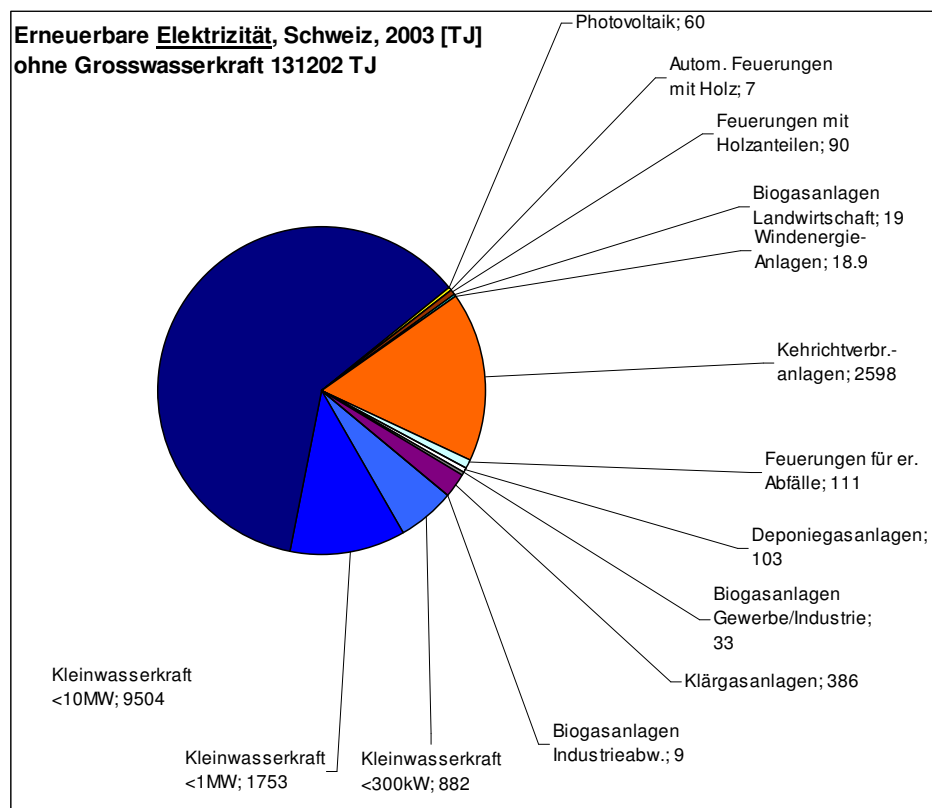
1. Situation de départ et succès acquis

1.1. SITUATION ACTUELLE DE LA PETITE HYDRAULIQUE EN SUISSE

Un peu plus de 1000 petites centrales hydrauliques (< 10 MW) sont exploitées en Suisse. Nous ne disposons pas de chiffres exacts, les données statistiques n'étant relevées que pour les installations de plus de 300 kW. L'exploitation actuelle de petites centrales hydrauliques figure dans le tableau et le graphique ci-dessous.

Catégorie (puissance max. sortie alternateur) [MW]	Nombre de sites	Puissance max. sortie alt. [MW]	Production d'énergie annuelle moyenne [GWh]	Domaine SuisseEnergie	Domaine R&D
< 0,3 (estimations)	700	56	245	✓	✓
0,3 à 1,0	168	94	487	✓	✓
1,0 à 10	169	629	2640		✓
Total	1037	779	3372		✓

Tableau 1: Exploitation actuelle de la petite hydraulique¹ (au 1.1.2004) et domaines d'application



¹ Données de l'OFEG sur les installations de 0,3 à 10 MW

*Graphique : La petite hydraulique domine la production d'électricité à partir de sources renouvelables
 (source : Statistique suisse des énergies renouvelables 2003 et programme PCH [4], [7])*

Il existe en Suisse encore beaucoup de centrales désaffectées qui pourraient être remises en service à un coût relativement faible, avec un impact environnemental acceptable et un bon écobilan. On peut parler d'une tendance selon laquelle des picocentrales sont (doivent être) abandonnées pour des raisons de rentabilité, de fin de concession ou d'assainissement au regard de la Loi sur la protection des eaux, alors que de plus grandes, en particulier des centrales d'exploitation à usage multiple de l'eau, ont le vent en poupe. De nouvelles chances s'offrent aujourd'hui, essentiellement dans les installations d'eau potable et de traitement des eaux usées, mais aussi dans les centrales à dotation et les centrales au fil de l'eau. De plus, les possibilités de commercialisation du courant écologique produit à l'échelle locale s'améliorent de jour en jour.

Le potentiel de la petite hydraulique est assurément moins bien exploité que celui des grandes installations. La répartition est la suivante :

Type d'installation	Potentiel de production en GWh/an
Centrales sur l'eau potable	100
Centrales d'eaux usées	20
Remise en service/modernisation	35-70
Centrales à dotation	5-20
Constructions nouvelles	30-90
Total	190-300

Tableau 2: Potentiel de production des petites centrales hydrauliques ($< 1 \text{ MW}_{el}$)² en Suisse³. Ce potentiel est en grande partie économiquement réaliste, mais ces termes admettent différentes définitions. Données de 1997, nécessitant une mise à jour. Source : [2]

L'obligation de reprise et d'indemnisation, ainsi que la fixation du tarif de reprise du courant électrique à 15 ct./kWh, en vigueur depuis fin 1995 (pour l'électricité en ruban et les centrales de puissance hydraulique brute moyenne inférieure à 1 MW), a incité à l'investissement dans les petites installations hydrauliques, si bien qu'environ 10 petites centrales hydrauliques, nouvelles ou anciennes, sont ajoutées au réseau⁴ chaque année. Mais les surcoûts devaient jusqu'à présent être supportés au premier niveau de distribution par les entreprises électriques soumises à l'obligation de reprise. Ces dernières épuisaient donc toutes les possibilités légales et administratives pour être dispensées de payer les indemnités aux producteurs d'électricité. Au cours de la période considérée, 2004-2007, a été mis en place un financement national des indemnités, très différentes selon les régions. Il permet d'éviter les conflits d'intérêts des entreprises locales d'électricité. La quantité d'électricité achetée au tarif de 15 ct./kWh représente actuellement environ un tiers de la production. Le reste correspond à la consommation propre ou à la production des EAE. La répartition équitable des surcoûts augmente nettement, pour les EAE, l'intérêt de l'investissement dans de petites centrales hydrauliques et de l'accès à l'autonomie, ce qui laisse augurer un développement du marché.

² Jusqu'à présent, seules les installations inférieures à 1 MW sont aidées. La « petite hydraulique » comprend cependant les installations inférieures à 10 MW.

³ Estimations sur la base d'études DIANE, état 1997

⁴ D'autres sources estiment que les désaffectations et les remises en service s'équilibrent aujourd'hui. L'absence de statistiques pour les installations $< 300 \text{ kW}$ interdit toute affirmation précise.

1.2. LES MESURES EN PLACE ET LEURS EFFETS

La recherche sur la petite hydraulique fait le bilan de ses années de vaches maigres. En l'absence, depuis quelque temps, de moyens affectés à la R&D, des projets d'optimisation de systèmes traditionnels ou le développement de nouveaux concepts à meilleur rendement ont par exemple été financés par le budget P&D. De nombreux acteurs de la petite hydraulique mènent eux-mêmes des travaux de développement. La liste des plus récentes innovations est considérable, comparée à celle des années passées. Quelques exemples :

- simples turbines axiales
- pompes fonctionnant en turbines (PAT)
- modes de construction compacts
- régulations entièrement numériques
- systèmes sans huile pour les centrales sur l'eau potable
- turbines à eau chargée en particules solides (centrales d'eaux usées)
- dispositifs de manœuvre hydrauliques
- râteaux autonettoyants
- systèmes à vitesse variable
- barrages gonflables
- échelles à poissons
- vis sans fin hydrauliques
- turbines en siphon
- turbines matricielles
- échelles à poissons à brosses
- écluses à poissons
- technologie double cône
- outils de simulation numériques, simulations de courant 3D
- ...

Parmi ces innovations, nombreuses sont celles qui proviennent du secteur privé. Il manquait un véritable programme de recherche susceptible de rassembler et de coordonner les efforts.

Dans le cadre de SuisseEnergie, ont essentiellement été financées des mesures indirectes telles que séminaires, présence sur Internet, information et conseil (3 points de service info-conseil), actions dans le domaine des infrastructures (STEP, services des eaux) etc. mais aussi des études préliminaires et des analyses sommaires. Une analyse sommaire est en général évaluée à environ 3000 CHF, dont 2000 CHF au maximum proviennent des fonds fédéraux. Les études préliminaires, plus fouillées, ont par contre été financées la plupart du temps par des fonds P&D ou SuisseEnergie à hauteur de 5000 CHF.

En 2003, année particulièrement faste pour ce type de projets, 15 nouveaux projets d'études préliminaires ont bénéficié de subventions. Le potentiel utilisable s'élève à 16 GWh/an. Si, comme l'expérience le montre, la moitié de ces projets est réalisée, l'augmentation de la production atteindra presque 11 % dans la catégorie 0-1 MW. Les installations P&D, d'une importance considérable pour le développement technologique et l'optimisation de la rentabilité, ont des effets multiplicateurs.

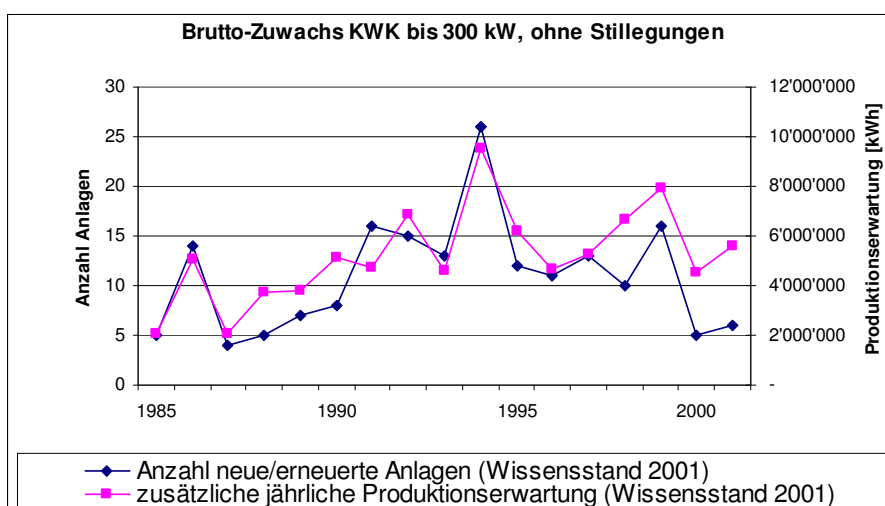
De plus, 22 analyses sommaires ont été réalisées, dont 17 établissant la faisabilité à un prix de revient inférieur à 15 ct./kWh.

Une évaluation rapide des effets des subventions fédérales sur les études préliminaires (juillet 2002) a montré une nette augmentation de la probabilité de réalisation et une amélioration de la qualité des études avec les subventions fédérales.

De plus, les pratiques de financement en place jusqu'à présent ont montré le grand intérêt du secteur privé pour l'investissement et la participation à la recherche et aux projets-pilotes, lorsque le soutien financier est à la hauteur (voir nombreuses demandes à caractère de pilote). L'optimisation technique et économique de l'obtention de force hydraulique dans le domaine des installations d'eau potable et de traitement des eaux usées a récemment été abordée dans quelques projets.

1.3. UN NOUVEL ELAN POUR LA RECHERCHE

Quoique toujours en croissance, le secteur des PCH se développe plus lentement qu'au cours des années 90. La première cause est l'incertitude quant à l'évolution des tarifs. Par ailleurs, les potentiels les plus avantageux ont été utilisés plus rapidement que les plus difficiles, ce qui accroît nettement les besoins actuels en R&D. Pour l'exploitation des potentiels les plus exigeants, des progrès technologiques s'imposent. C'est vrai surtout pour les plus petites installations⁵ ou celles qui doivent satisfaire à des conditions environnementales plus contraignantes.



Graphique : l'innovation s'impose, pour renouer avec les fastes années 90

1.4. RENTABILITE ECONOMIQUE

Selon l'« Analyse 2003 des effets de SuisseEnergie » [9], dans laquelle 11 différentes mesures ont été comparées, les PCH font preuve d'un rapport coût/rendement extrêmement faible, donc avantageux (en plus des pompes à chaleur et du bois) au regard de la quantité d'énergie substituée. Les coûts pris en compte proviennent du programme SuisseEnergie et des cantons. Même si l'on considère l'ensemble des coûts, cette évaluation est nettement à l'avantage des PCH.

Dans le domaine P&D, la centrale de Verbois, par exemple, a pu être réalisée à l'aide d'une subvention de 60 000 CHF (subvention aux surcoûts non amortissables), ce qui a permis un investissement beaucoup plus important. Le coût de production par kWh, calculé sur 25 ans, est de 0,15 ct./kWh.

De tels résultats n'ont jusqu'à présent pas été suffisamment exploités pour la diffusion de la technologie des petites centrales hydrauliques. L'exploitation de la petite hydraulique ne bénéficie de l'image qu'elle mérite ni auprès du grand public ni auprès des investisseurs potentiels. Les domaines R&D et

⁵ Le fossé technique entre les plus petites des plus grandes installations ou entre les installations à basse et haute pression est énorme. Il a ses effets dans la rentabilité. Plus de 90 % des plus petites (souvent exclusivement mécaniques) installations à basse pression ont été désaffectées au siècle dernier.

P&D devraient à l'avenir être en étroite relation avec celui du marché. Le succès obtenu, en particulier en matière de rentabilité des installations de PCH, nécessite une meilleure commercialisation.

Le présent Programme de recherche permettra de soutenir des projets de R&D ayant une approche orientée vers le résultat.

1.5. STRUCTURES INSTITUTIONNELLES

L'évaluation des activités du réseau Petites centrales hydrauliques [8] en 2002 s'est montrée critique. Le réseau PCH est le plus petit de sept réseaux. Les activités étant concentrées essentiellement sur la poursuite de projets P&D et notamment sur l'information et l'aide aux propriétaires de petites centrales hydrauliques, l'absence de réseau véritable a été déplorée. Les individus, selon l'évaluation, défendent des intérêts ponctuels liés à leurs seules installations.

Le réseau Petites centrales hydrauliques doit donc devenir un centre de compétences à compter de 2005. Un tel centre est d'une grande importance pour l'échange d'informations et d'expériences, ainsi que pour la formulation et la mise en œuvre politique d'intérêts communs. Pour qu'à l'avenir un meilleur échange se produise entre les différents acteurs, des activités relevant du domaine marchand mais étroitement liées aux domaines R&D et P&D sont présentées au chapitre 3.3.

La nécessité d'un large travail de relations publiques est établie d'une manière générale. Les ressources disponibles, comme par exemple les stands d'exposition, devraient être mises à profit. Le manque de connaissance des coûts par rapport aux gains et les réserves quant aux effets écologiques sont des obstacles déterminants.

Pour des raisons d'efficacité, le travail en direction du grand public doit être délégué à l'AEE et le Programme concentré sur le public professionnel.

2. Objectifs et stratégie

2.1. OBJECTIFS PRIORITAIRES

Les objectifs prioritaires à atteindre par le Programme de recherche PCH 2004-2007 sont les suivants :

1. une plus grande exploitation du potentiel existant des PCH, par la construction, l'assainissement, la remise en service et l'empêchement des désaffectations (protection du climat et garantie de l'approvisionnement énergétique)⁶
2. la prospection d'un *potentiel économique supplémentaire* par la mise en application et la diffusion de nouvelles technologies
3. l'acquisition de nouvelles connaissances sur les potentiels et leur exploitation actuelle

Il faut citer comme effet conjoint positif l'augmentation de la compétitivité des entreprises suisses qui s'approprieront et développeront la technologie innovante de PCH. Après le fort processus de concentration de l'industrie, s'ouvrent de nouvelles chances de reconquête du terrain par de petites et moyennes entreprises, qui disposent avec le « château d'eau de l'Europe » d'un cadre compétitif pour une création de valeur durable.

2.2. STRATEGIE, ANGLES D'APPROCHE

Les mesures importantes permettant d'atteindre les objectifs sont illustrées par la figure 1. De nombreuses relations effectives existent entre les différentes mesures. Quelques-unes sont représentées

⁶ Dans le domaine de l'utilisation de la force hydraulique, SuisseEnergie a pour but au minimum de maintenir sa part dans la consommation finale (sur la base de 1999).

par des flèches. Le travail de publication et l'amélioration de la plate-forme Internet n'étant pas des composantes immédiates des mesures de R&D ou de P&D, ils figurent en italique.

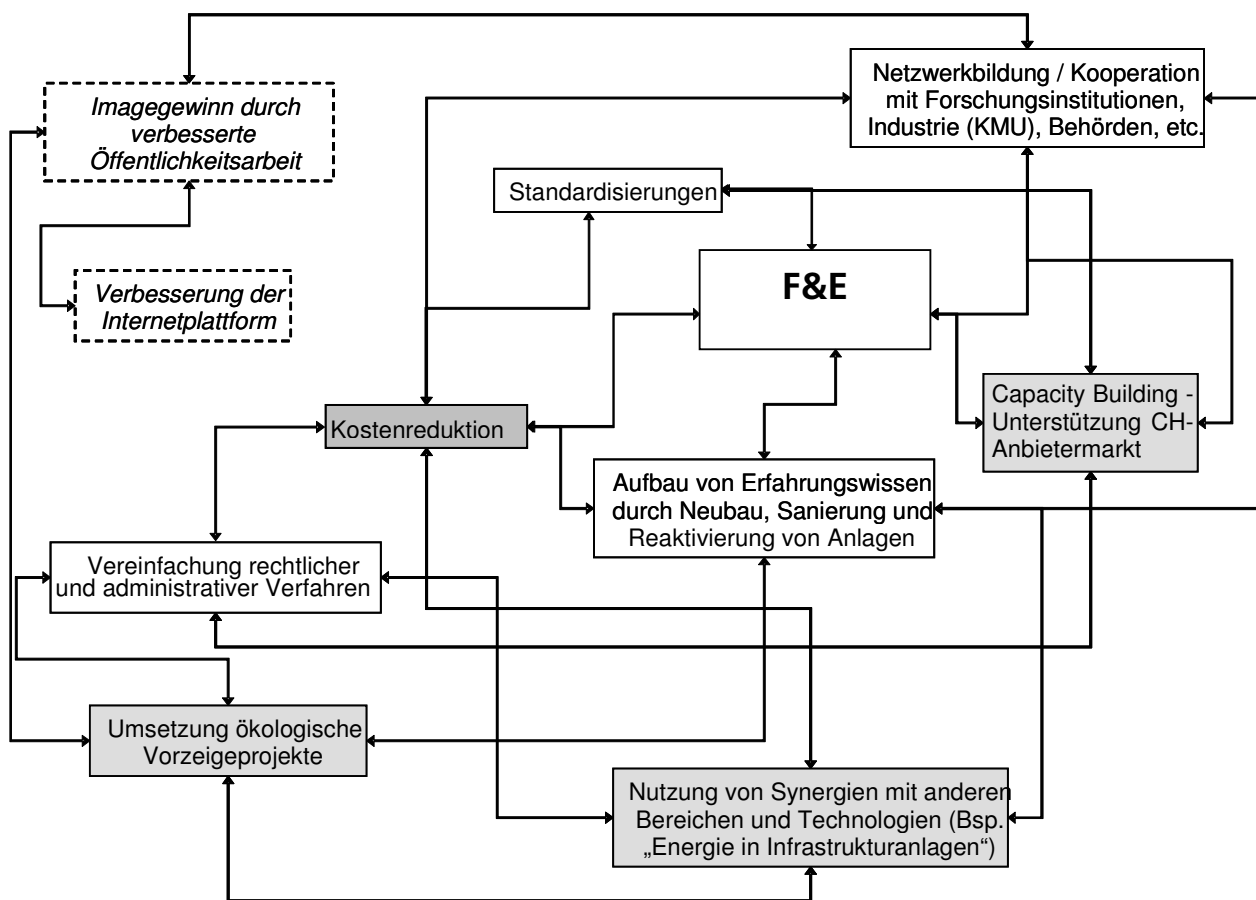


Figure 1: Relations du Programme de recherche PCH avec les domaines P&D et Marché

Les champs grisés correspondent aux domaines-clés : réduction des coûts, mise en œuvre de projets-phares écologiques, synergies avec d'autres systèmes (chaleur de l'eau motrice et de l'environnement) ou d'autres domaines (protection contre les crues, protection du paysage etc.) et soutien du marché national pour renforcer la compétitivité de ses producteurs. Les producteurs nationaux étant essentiellement des PME, celles-ci sont la cible principale du présent Programme de recherche. Il s'agit de mettre les PME en relation avec les institutions de recherche nationales et internationales. La coopération avec de plus grands groupes industriels est plus délicate, pour des raisons budgétaires.

Objectifs quantifiés 2004-2007

1. Le Programme permet des innovations dans le secteur suisse des PCH, ce qui conduit à expérimenter au moins un nouveau **produit commercialisable** selon des axes de R&D.
2. 2 projets réussis du programme R&D doivent contribuer à des réductions de coûts quantifiables par kW installé.
3. Une analyse actualisée des potentiels techniques existe. L'orientation de la recherche résultera de pronostics sur la demande à venir de technologies déterminées. (voir activité 4)
4. Mise en œuvre : si le programme utilise, directement ou indirectement, les 2 millions de CHF/an prévus, on s'attend alors (dans un délai de 2 ans env.) au **doublement de la crois-**

sance de la petite hydraulique ≤ 1 MW : +10 GWh/an. Il en résultera un coût de 1,5 ct./kWh env.

3. Mesures indispensables dans les domaines R&D et P&D

Sont ci-après listés les domaines de recherche et développement partiellement explorés et nécessitant un examen approfondi ou représentant un champ de recherche entièrement nouveau. Les mesures dans le domaine P&D comprennent la mise en œuvre des résultats de R&D dans des installations pilotes et de démonstration concrètes à définir. Les installations pilotes et de démonstration doivent permettre d'établir l'intérêt d'un projet tant sur le plan énergétique que sur les plans écologique et économique.

La mise en œuvre des missions de R&D et de P&D sera concrétisée dans les plans annuels à développer. Les projets et actions concrets, ainsi que leurs calendriers et cadres financiers y seront alors définis.

Les analyses sommaires, études préliminaires, le fonctionnement des points de service info-conseil, les activités de réseau et le travail de publication font partie des activités « Marché » et sont donc à distinguer des domaines R&D et P&D. Mais en raison des liens étroits qui unissent les trois domaines R&D, P&D et Marché et de l'impossibilité de les dissocier totalement, les aspects essentiels de ce dernier sont abordés au chapitre 3.3.

3.1. PROJETS ET ACTIVITES R&D

Au contraire des nouvelles énergies renouvelables, seule la R&D en rapport direct avec le marché et économiquement rentable a une chance d'exister dans le domaine de la petite hydraulique, de par le degré de maturité de cette technologie. Les exigences économiques associées aux projets de R&D sont donc très élevées.

Les axes essentiels des activités de R&D sont le développement de composantes et de systèmes, mais aussi les mesures de standardisation. Parallèlement aux domaines de R&D mentionnés ci-dessous, aujourd'hui considérés comme indispensables, les questions adressées aux points de service info-conseil (provenant de Suisse ou de l'étranger) doivent être exploitées de façon continue par rapport aux futurs domaines de recherche et donner lieu à la modification des axes essentiels ou à la création de nouveaux.

Les activités ci-dessous constituent un cadre large. Des priorités sont désignées à l'intérieur de ce cadre (voir paragraphe 4), tous les thèmes ne pouvant être traités.

1. **Optimisation des concepts de turbines et de PAT⁷** Réalisation de projets-pilotes avec les turbines à basse pression en développement au MhyLab. Poursuite du développement et mise en œuvre industrielle de pompes standard fonctionnant en turbines (notamment pour les petites puissances dans les systèmes sur l'eau potable) ; amélioration du rendement en charge partielle ; utilisation de l'énergie de réduction de pression dans les systèmes fermés.
2. Etude **d'innovations** technico-économiques **dans le domaine des basses pressions** : roues hydrauliques, vis sans fin hydrauliques, installations inondées, équipements de plein air, concepts à vitesse variable, modes de construction simples... (→ potentiel d'exportation et abaissement du seuil de rentabilité)
3. **Techniques de régulation et de mesure** : régulateurs électroniques peu coûteux à fonctions évolutives pour l'optimisation de l'exploitation. Réduction de la complexité des systèmes de régulation par une extension fonctionnelle, grâce à l'amélioration du matériel informatique. Systèmes de pointe de commande à distance pour les mini-installations, conformes aux

⁷ PAT = pompes fonctionnant en turbines

standards industriels en vigueur et permettant l'intégration de ces dernières aux réseaux virtuels. Développement des techniques de mesure, par exemple en limnimétrie.

4. Nouvelles solutions économiques d'électrification et d'automatisation totale de modes de construction simples : **technologie à vitesse variable** pour l'exploitation de turbines non régulées ou à régulation simple ; régulation optimisée par saisie électronique du couple de rotation ; testée pour les roues hydrauliques, mais aussi utilisable pour les vis sans fin hydrauliques, les pompes fonctionnant en turbines, les turbines à aubes fixes, les roues hydrauliques etc.
5. **CFD (Computational Fluid Dynamics)** : Les simulations numériques permettent un meilleur rendement et l'optimisation de la conception des turbines, prises d'eau et conduites d'aspiration.
6. **Statistiques et études de potentiel** pour l'application de solutions innovantes. Le potentiel du domaine de l'eau potable, qui pourrait être exploité moyennant de nouvelles technologies, est par exemple très peu connu. On manque également de données pour l'exploitation de PCH inférieures à 300 kW.
7. **Des modes de construction compacts modulaires** avec travaux réduits pour l'intégration aux conduites existantes. Des systèmes de construction modulaire pour l'assainissement de barrages sur les eaux courantes existants.
8. **Produits de niches innovants** pour la réhabilitation et les exploitations multiples de l'eau: Alternateurs synchrones en deux parties à aimants permanents pour l'adjonction directe aux arbres de turbines existants ; concepts pour l'autoconstruction et les prestations semi-autonomes ; combinaison à l'exploitation de la chaleur de l'eau motrice et de l'environnement, des pompes à chaleur etc. (effets de synergie de la collaboration avec d'autres domaines et technologies)
9. **Développement de mesures d'accompagnement écologiques** : optimisation technique des échelles à poissons ; synthèse des études d'impact sur l'environnement, de la revalorisation écologique et des coûts correspondants.
10. Analyse de **nouveaux matériaux** adaptés aux eaux chargées (eaux de montagne et de drainage, effluents...) ; matériaux et procédés de fabrication plus économiques (plastiques etc.).
11. Diminution des **émissions sonores** et des vibrations : sons aériens et solidiens.
12. Diminution des dommages dus aux matériaux flottants et charriés et à la glace (râteaux etc.).

3.2. PROJETS ET ACTIVITES P&D

En matière d'installations pilotes et de démonstration, il convient de soutenir équitablement les petites et les grosses installations. Les plus petits projets, certes moins « efficaces » et demandant souvent une aide et un soutien plus importants, constituent cependant une véritable vitrine pour la force hydraulique. Les plus grosses installations, plus efficaces par rapport au prix de revient et à la protection du climat, se font plus rares en raison de l'épuisement progressif du potentiel (sur les sites rentables). Elles disposent en général d'une dynamique propre plus professionnelle et nécessitent de ce fait, outre les études préliminaires, très peu d'aide au démarrage. Une bonne efficacité des aides peut souvent être atteinte dans les catégories de moyenne puissance. Les principales recommandations pour le soutien aux projets de P&D sont les suivantes :

1. PCH dans les zones de paysages sensibles avec contraintes de protection ; projets-pilotes à caractère représentatif pour une meilleure acceptation.
2. Réalisation d'installations avec peu ou pas de dommages : exploitation des potentiels résiduels dans les ouvrages d'accumulation existants (conduites d'alimentation en pente, eau excédentaire et de dotation etc.).
3. Projets-pilotes dans le domaine des infrastructures, en particulier pour l'eau potable et les eaux usées : utilisation des excédents de pression et de pente dans les conduites existantes

(eau potable, drainage, irrigation, eau des tunnels, eau de refroidissement et de procédés etc.). Centrales d'eaux usées représentatives (en particulier avec turbinage avant les installations d'épuration) ; traitement des groupes cibles tels que services des eaux, STEP et communes.

Les projets P&D doivent avoir un caractère représentatif marqué. Au regard des domaines soulignés dans la figure 1, les critères suivants sont déterminants :

- utilisation d'une technologie simple et économique
- rendement
- revalorisation écologique ou intégration optimale dans l'environnement
- synergies avec d'autres technologies ou domaines
- soutien du marché local/national.

3.3. MESURES SUPPLEMENTAIRES NECESSAIRES (MARCHE)

Malgré les nombreuses intersections entre les 3 domaines R&D, P&D et Marché, le point de vue budgétaire impose une séparation. Il existe également un besoin en innovations dans le domaine non technique, pour lever les obstacles à l'exploitation de la petite hydraulique. Les mesures pertinentes dans le domaine du marché sont les suivantes :

- financement d'analyses sommaires et d'études préliminaires pour réduire l'investissement initial, même pour les installations sans caractère particulier de pilote ou de démonstration. Cela permet de lancer les projets et d'augmenter leurs chances de réalisation.
- empêchement des désaffectations, remise en service des installations abandonnées : discussion avec les cantons concernés, amélioration des conditions extérieures, relevé de données/faits actuels.
- assurance de la qualité sur les installations modèles.
- amélioration de la plate-forme Internet comme outil d'une coordination renforcée. Travail avec les médias.
- développement de concepts de contracting pour la cible spécifique des propriétaires privés de petites centrales hydrauliques.
- maintien des points de service info-conseil dans les régions linguistiques.
- colloque annuel bilingue avec ateliers traitant des thèmes actuels ; atelier spécialisé tous les cinq ans (prochain en 2007)
- coopération étroite avec l'AEE pour le marketing du courant écologique.

3.4. ACTIVITES NATIONALES VS. INTERNATIONALES

Le Programme de recherche revendique la Suisse comme territoire technologique et scientifique. Ses coûts et l'envergure de ses objectifs de recherche favorisent le plus souvent un travail à l'échelle nationale. Ce projet est adapté aux PME qui structurent le marché des producteurs ainsi qu'aux moyens disponibles. Le marché est lié à une création de valeur locale et seule l'innovation suisse permettra de reconquérir certains marchés extérieurs.

Une coopération est par contre nécessaire dans le domaine des conditions extérieures ainsi que pour des projets plus vastes et plus complexes. Deux exemples actuels illustrent cet axe de travail :

- L'Union européenne finance, dans le cadre du programme ALTENER, un projet de recherche de sites potentiels de petites centrales hydrauliques : le projet **SPLASH** (Spatial Plans and Local Arrangements for Small Hydro). La contribution suisse consiste à évaluer le potentiel à moyen et long

terme des nouvelles technologies quant à la faisabilité de petites installations hydrauliques en des sites précis jusqu'à présent considérés comme peu intéressants sur le plan technique.

- le projet **SEARCH LHT** du MHyLab, soutenu par l'OFEN jusqu'en 2002 et mené depuis en tant que projet de recherche européen, sans participation de l'OFEN, a pour but de développer une gamme complète de nouvelles turbines à basse pression (4 à 8 pales). La dernière phase a obtenu l'autorisation de l'Office fédéral de l'éducation et de la science au cours de l'été 2004. Il en résulte d'intéressantes perspectives pour l'innovation dans le domaine des basses pressions.

4. Répartition des moyens, priorités

Il est très regrettable que la réduction des budgets entraîne surtout une réduction à néant ou presque des parties directement productives du programme de soutien – les subventions P&D. Le compte de résultats à moyen terme de SuisseEnergie en subit les conséquences, car il est fait table rase des composantes productives du programme, mais le socle financier administratif reste inchangé. Une telle décision, dans un domaine où de bons rendements en kWh sont accessibles moyennant un faible soutien, n'est certainement pas la meilleure.

Les moyens effectivement disponibles du programme Petites centrales hydrauliques étaient, ces dernières années, nettement inférieurs à 200 000 CHF. Mais il lui incombe la tâche importante de coordonner les activités de recherche à l'échelle nationale et de les orienter par l'utilisation ciblée de ses fonds propres.

La CORE recommande d'augmenter les fonds totaux de 29 %, ce qui les porterait à 4 millions de CHF, dont 50 % pour le domaine R&D et la mise en œuvre. Pour donner une réelle orientation à ces moyens, les fonds propres actuels du Programme (moins de 5 %) ne suffisent pas. Leur augmentation serait également appropriée.

Axes essentiels prévus :

4.1. R&D

	pour un bud- get de 200 kCHF/a	pour un bud- get de 100 kCHF/a
Turbines / pompes fonctionnant en turbines (activité 1)	60 kCHF	50 kCHF
Innovations domaine basse pression (activité 2)	30 kCHF	-
Régulation, techniques de mesure, technologie à vitesse variable (3, 4)	20 kCHF	-
CFD (Computational Fluid Dynamics) (5)	10 kCHF	-
Statistiques et études de potentiel (6)	30 kCHF	-
Modes de construction compacts modulaires (7)	-	
Produits de niches innovants (8)	-	
Développement de mesures écologiques (9)	-	-
Matériaux (10), bruit (11), matériaux flottants (12)	-	-
Conduite du programme	50 kCHF	50 kCHF

4.2. P&D

	pour un bud-	pour un bud-
--	--------------	--------------

	get de 200 kCHF/an	get de 100 kCHF/an
Accélération du transfert des technologies de R&D	100 kCHF	-
Accélération de la croissance selon l'objectif 4	100 kCHF	100 kCHF

5. Références

- [1] Positionspapier Energie aus Kleinwasserkraftwerken: Ziele und Prioritäten für die Nutzung von Energie aus Kleinwasserkraftwerken, BFE, Version 1.2
- [2] BFE, Konzept für die Neuorganisation des Bereichs Kleinwasserkraftwerke, v1.1 vom 25.3.04
- [4] Zuwachsstatistik des Programms Kleinwasserkraftwerke 1997-2001
- [6] Kleinstwasserkraftwerke in der Schweiz: Zuwachs 1985 bis 1997. Presseauswertung und Umfrageergebnisse Kleinstwasserkraftwerke bis 300 kW
- [7] Statistikblatt des ISKB vom 2.8.2004
- [8] Rieder, Bischof, Maugué, Götz: Evaluation der Netzwerke von EnergieSchweiz, September 03
- [9] Wirkungsanalyse 2003 von EnergieSchweiz und begleitende Evaluation

6. Ouvrages des secteurs R&D et Projets de démonstration

- [10] Michel Dubas, michel.dubas@hevs.ch, Haute Ecole Spécialisée de Suisse Occidentale (HES SO), Sion: **Charakteristiken von Pumpen im Turbinenbetrieb** (JB).
- [11] Bruno Schindelholz, bruno.schindelholz@revita.ch, Stiftung Revita, Langenbruck: **Zweiteiliger Synchrongenerator mit Permanentmagneten** (-).
- [12] Bruno Schindelholz, bruno.schindelholz@revita.ch, Stiftung Revita, Langenbruck: **Kleinstwasserkraftwerke für variable Volumenströme in geschlossenen Systemen** (JB).
- [13] Thomas Köhli, thomaskoehli@yahoo.com, Derendingen : **Demonstrationskraftwerk alte Ziegelei am Grützbach**, Derendingen (SB).
- [14] J. Stark, dct@netsurfer.ch, Double-Cone Technology AG, Thun: **Doppelkonus Technologie (DCT) im Kraftwerk Führen bei den KWO** (kein Bericht veröffentlicht)
- [15] Stiftung Kleinturbinenlabor MHyLab, denisV@mhyllab.com, Montcherand: **Kleinturbinenlabor, Montcherand; Turbines Basse chute** (SB)
- [16] A. P. Engel, hydrelec@dplanet.ch, Mandach, und Genossenschaft Windenergieanlagen alois.fuchs@winterthur.ch, Diegenstal: **Kleinwasserkraftwerk Sursee, Innovatives Konzept zur Korrektur von ökologischen Fehlleistungen aus früheren Eingriffen in die Suhre** (SB) ENET 220236
- [17] B. Wepfer, Ingenieurschule Grenchen-Solothurn: **Elektrifizierung Wasserrad Kislig, Oberwil bei Büren** (SB) ENET 210321
- [18] K. Odermatt, k.odermatt@ewn.ch, EW Nidwalden, Stans: **Kleinwasserkraftwerk Rütenen; Nutzung des Bergwassers aus dem Seelisbergtunnel** (SB) ENET 210315
- [19] A. P. Engel, hydrelec@dplanet.ch, Mandach: **Demonstrationsprojekt Kleinwasserkraftwerk Wannenfuh in Rüderswil; Innovatives Konzept eines Niederdruckkraftwerks am voralpinen Wildwasserfluss Emme bei Ramsei** (SB) ENET 210317
- [20] ITECO Ingenieurunternehmung AG, iteco@iteco.ch, Affoltern a.A.: **Demonstrationsprojekt Saugheber-Turbinen Perlen** (SB) ENET 210313 (1000 KW, 2.7 m, 8 GWh, Reaktivierung, 10 Rp./kWh)
- [21] René Marugg, info@maruggbruni.ch, Marugg + Bruni AG, Chur: **Energienutzung Wasserversorgung Chur** (SB: freizugeben) (verschiedene Stufen).
- [22] Martin Maron, mmaron@flimsselectric.ch, Flims Electric AG, Chur: **Nutzung Tunnelwasser Flimserstein Stufe 1 und 2** (-) (Stufe1: 425 kW, 110 m, 1'884'000 kWh, 6.21 Rp./kWh; Stufe 2: 700 kW, 105 m, 4'008'000 kWh, 5.65 Rp./kWh). (SB: freizugeben)

Annexe 1: Résumé du Programme de recherche

A. OBJECTIFS

Les objectifs prioritaires à atteindre par le Programme de recherche PCH 2004-2007 sont les suivants :

1. une plus grande exploitation du potentiel existant des PCH, par la construction, l'assainissement, la remise en service et l'empêchement des désaffectations (protection du climat et garantie de l'approvisionnement énergétique)⁸
2. la prospection d'un *potentiel économique supplémentaire* par la mise en application et la diffusion de nouvelles technologies
3. l'acquisition de nouvelles connaissances sur les potentiels et leur exploitation actuelle

En accord avec ces buts prioritaires, le Programme de recherche vise à :

Renforcer la puissance d'innovation du secteur suisse des PCH. Le lancement de **produits compétitifs** est un indicateur. Priorités : turbines/pompes optimisées, solutions basse pression, technique de régulation et de mesure, technologie à vitesse variable.

Baisser les coûts par kW installé.

Explorer de nouveaux potentiels.

Le Programme de recherche fixe des priorités et des objectifs quantitatifs précis pour la période 2004-2007. D'une manière générale, on peut espérer que les moyens recommandés de 4 millions de CHF permettent d'atteindre des résultats mesurables, à condition qu'ils soient réellement disponibles. La croissance de ces dernières années pourrait être à peu près doublée et les 12 approches de R&D souhaitables pourraient en grande partie être concrétisées.

B. APPROCHE

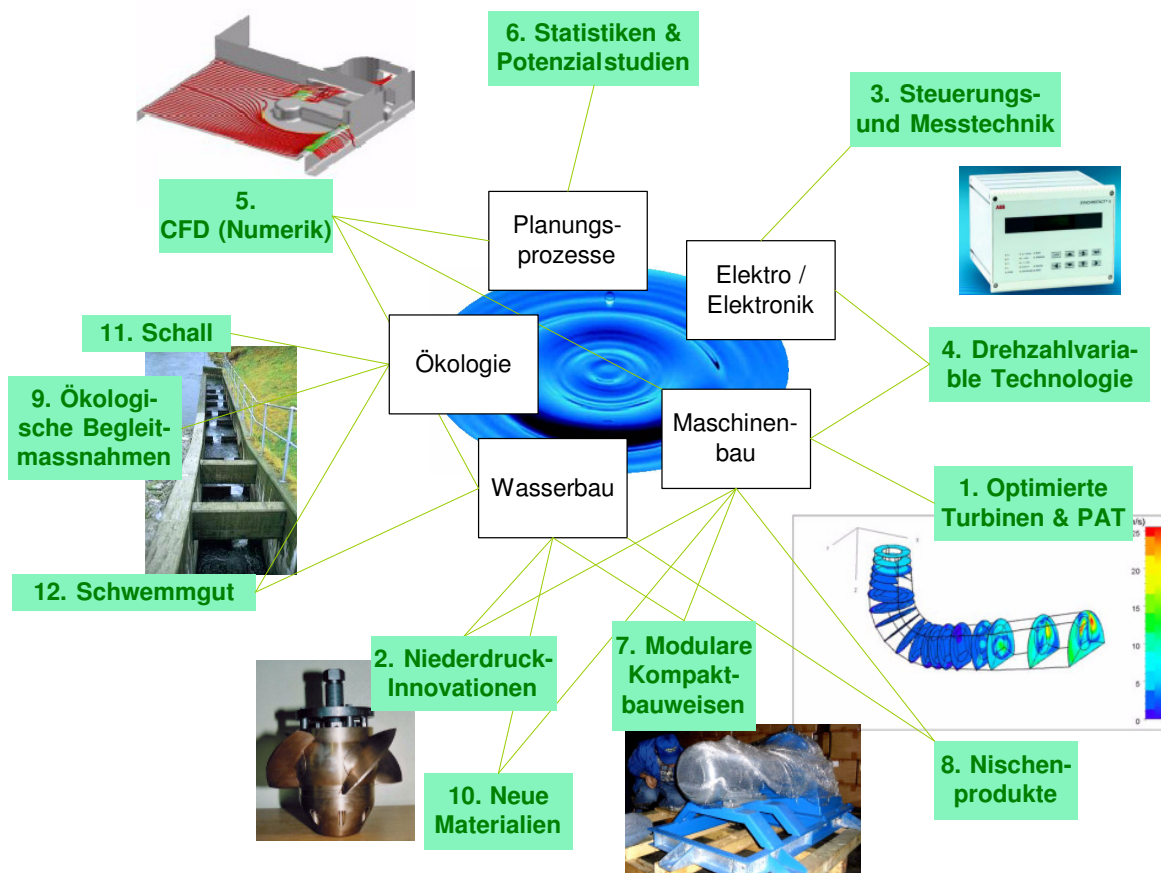
L'innovation dans le domaine des PCH doit satisfaire à des critères économiques relativement sévères. Il ne faut pas compter sur des bonds technologiques dans les prochaines années. Il ne semble pas y avoir de gros investisseurs prêts à injecter des moyens substantiels dans des domaines de recherche donnés. La plupart des innovations de ces dernières années doivent leur réussite aux PME.

Pour cette raison, et parce que les moyens ne sont pas suffisants pour de plus gros projets de recherche, la cible du présent Programme de recherche doit être principalement constituée de PME suisses. Il s'agit de mettre ces dernières en relation avec les institutions de recherche nationales et internationales.

Bien que l'on dispose d'une technologie qui a fait ses preuves, il existe encore un fort potentiel d'optimisation et de réduction des coûts. Il doit être appliqué aux composantes de l'ensemble du système. De nombreux progrès ont déjà été obtenus depuis la renaissance des PCH dans les années nante. L'« ensemble du système petite centrale hydraulique » comprend les constructions hydrauliques.

⁸ Dans le domaine de l'utilisation de la force hydraulique, SuisseEnergie a pour but au minimum de maintenir sa part dans la consommation finale (sur la base de 1999).

ques, la construction des machines, les techniques de régulation/mesure, les mesures d'accompagnement écologiques, ainsi que les procédures de planification associées.



Parmi un grand nombre d'approches interconnectées, sont retenues celles qui produisent le plus rapidement des innovations économiquement viables et donc renforcent le secteur suisse de la petite hydraulique.

C. STRUCTURE DU PROGRAMME PETITES CENTRALES HYDRAULIQUES

- Responsabilité : Centre de compétences Petites centrales hydrauliques
- Domaines de compétences : eaux courantes et infrastructures
- Partenaires universitaires possibles :
 - EPF Lausanne, Laboratoire des machines hydrauliques LMH
 - HES de Sion
 - HES de Genève
 - HTA Lucerne
 - HSR Rapperswil
 - ZHW Winterthur
 - EAWAG, EMPA

- Partenaires privés possibles :
 - MHyLab, Montcherand
 - VA Tech, Kriens et Algetshausen
 - Fondation Revita
 - Fabricants de pompes : Bieri/Biral, Egger, Häny, Sulzer Pumps...
 - Nombreuses PME spécialistes de la planification de projet, des constructions mécaniques, des petites turbines, des techniques de revêtement, des constructions hydrauliques en acier, de l'automatisme, des techniques de mesure, de l'électronique de puissance, des conduites, des armatures etc.

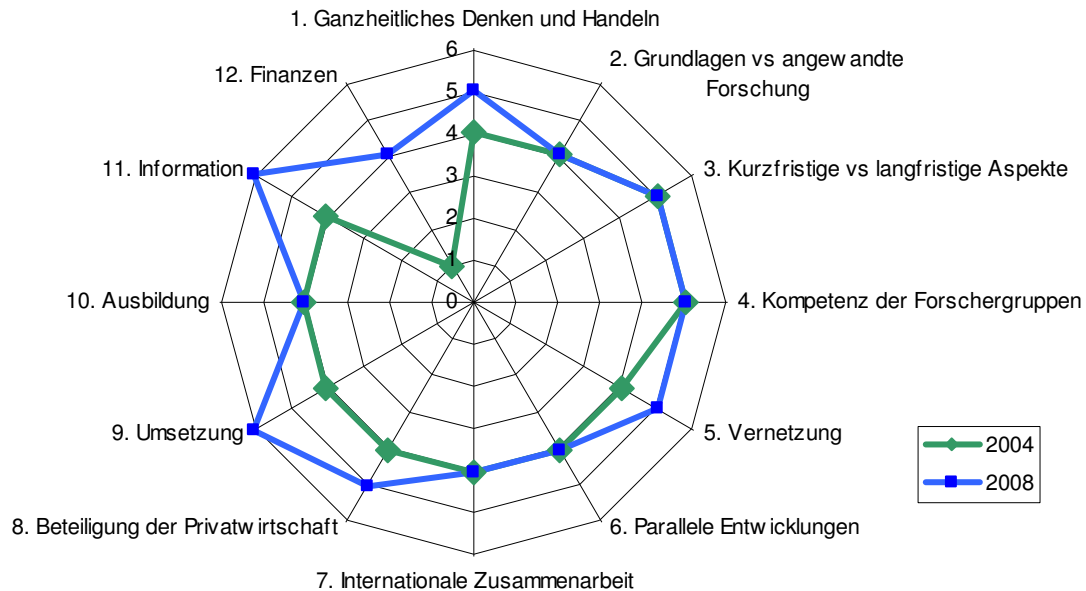
D. DEVELOPPEMENT ANTERIEUR DE LA PETITE HYDRAULIQUE, SCENARIO ET VUE D'ENSEMBLE

	Période, tendance	Systèmes, composants, innovations	Fin des aides, développement ralenti	Conditions extérieures
1917-1947	Environ dix fois plus d'installations qu'aujourd'hui.	Mini-turbines artisanales, souvent turbines Francis.	Electrification de nombreuses installations mécaniques.	Pas d'encouragement.
1947-1980	Disparition de la petite hydraulique.		Eviction des PCH par le réseau et les grosses centrales.	Pas d'encouragement.
1980-1989	Changement de tendance.	Recherche fondamentale, recensement du potentiel. Turbines à impulsions radiales	Montée de la conscience écologique.	Intérêt politique croissant.
1990-2000	Renaissance	Exploitations multiples de l'eau, centrales sur l'eau potable, d'eaux usées, centrales à dotation, récupération d'énergie. Râteaux autonettoyants. Installations pilotes à vitesse variable. Barrages gonflables. Ascenseurs à poissons. Dispositifs de manœuvre hydrauliques.	Retrait des grandes entreprises du marché hydroélectrique (p. ex. Sulzer).	PACER (1990-1996), DIANE (1992-1997) et Energie 2000. Tarif garanti « 16 ct. », 1995.

2001-2004	Règne de l'énergie verte (Green Power)	Nouvelles solutions rentables : vis sans fin hydrauliques, turbines en siphon, HYDROMATRIX®. Aides à la échelles à poissons : échelles à poissons à brosses, écluses.	Position renforcée des PME, augmentation des importations.	SuisseEnergie. L'aide aux PCH à la traîne derrière toutes les autres technologies ER.
2004-2007	Consolidation des ER par une forte pression sur les coûts	Simple turbines axiales, pompes fonctionnant en turbines (PAT), régulations plus simples et plus performantes, solutions basse pression, systèmes à vitesse variable, modes de construction compacts	La mise en œuvre de la Loi sur la protection des eaux menace les petites installations.	Nombreux transferts grâce aux indemnités nationales, LapEI / libéralisation, Loi sur la protection des eaux, certification.
2007-2010 ⁹	Consolidation des ER décentralisées	Nouvelles centrales basse pression au fil de l'eau. Moins de désaffectations. Automatisation accrue des vieilles installations. Centrales virtuelles (marché libéralisé).	Premiers résultats visibles et payants du « modèle européen » dans la politique énergétique. Priorité confirmée aux énergies renouvelables.	Objectif UE 2010 : puissance supplémentaire en petite hydraulique 4500 MW, plus 8500 MW de grande hydraulique. En 1997, 92 GW étaient en place.
bis 2030	Accélération de la croissance. Consolidation finale de la catégorie 300-1000 kW et des centrales sur l'eau potable.	Seule la spéculation est possible : solutions intégrées pour la simplification des structures de gros-œuvre. « Centrales containers ». Turbines en nouveaux matériaux / L'entraînement à faible usure permet de petits alternateurs à grande vitesse / solutions standards en provenance d'Asie.	La technologie PCH (économique) se développe plus vite que les autres ER. Les changements climatiques grèvent les coûts de construction et modifient les précipitations.	Raréfaction de l'électricité en Suisse/Europe, pression sur les nouvelles centrales thermiques et nucléaires.
bis 2050	Consolidation finale du reste du potentiel	Pas encore prévisible	Le prix élevé du pétrole permet un renforcement maximal des PCH, y compris des potentiels les plus coûteux.	Soutien nécessaire uniquement pour les installations inférieures à 20 kW.

⁹ Scénario

E. MESURES POUR LA MISE EN ŒUVRE DES OBJECTIFS



1. Réflexion et action globales (perfectible)

Les petites centrales hydrauliques relèvent de systèmes globaux interconnectés. C'est valable aussi bien pour les eaux courantes que pour les infrastructures : il s'agit pour les premières d'intégrer le système PCH dans le système global des eaux. Les eaux sont aujourd'hui délibérément interconnectées et de plus en plus rendues à leur état naturel. Seuls le respect des mesures nécessaires de protection et la réalisation de projets phares écologiques peuvent améliorer durablement l'image de la petite hydraulique. Dans le domaine des infrastructures (distribution d'eau potable, épuration des eaux usées, installations industrielles), il s'agit d'intégrer la petite centrale hydraulique dans des installations techniques parfois compliquées, sans en altérer ni les fonctions ni la sécurité.

2. Recherche fondamentale vs. appliquée (satisfaisant)

La petite hydraulique est une technologie globalement arrivée à maturité. Avant même l'accès aux nouvelles possibilités de l'informatique, les machines, alternateurs et constructions hydrauliques avaient atteint un remarquable niveau de perfection.

Cette réalité présente certains risques, notamment celui que l'importance de nouveaux développements, par exemple dans les domaines des sciences des matériaux, de l'électronique de puissance ou des techniques de régulation, ne soit pas reconnue à temps, et donc pas accessible à la petite hydraulique suffisamment tôt.

Même si le poids du secteur de la petite hydraulique limite considérablement une recherche fondamentale autonome, les tendances des domaines voisins doivent être suivies avec attention et si possible rendues utilisables pour la petite hydraulique.

3. Court terme vs. long terme (bon)

Au contraire de nombreuses autres technologies, la petite hydraulique est exploitable à court terme. Son potentiel limité est le plus gros obstacle. Il s'agit donc pour la recherche de sortir du statu quo pour atteindre des résultats concrets applicables. Le succès à long terme est fait de petits pas, les grands bonds technologiques sont pratiquement exclus.

4. Compétences des groupes de recherche (bon)

Avec les équipes de recherche qualifiées d'une industrie des machines jadis prospère, c'est une grande partie du savoir technique qui a disparu. Les laboratoires hydrauliques ont été fermés les uns après les autres. Des ouvrages scientifiques de référence, comme par exemple le « Sigloch », sont aujourd'hui épuisés. C'est alors la substance même qui vient à manquer à la mise en œuvre d'une large recherche fondamentale.

Il faut se féliciter que le peu de laboratoires universitaires restants soient bien équipés et disposent encore d'un personnel extrêmement compétent.

5. Interconnexions (perfectible)

Les interconnexions viennent compléter le point 4. La recherche en petite hydraulique ne se limite plus aujourd'hui aux machines hydrauliques et à la théorie du courant, mais est beaucoup plus un domaine interdisciplinaire qui s'étend des constructions hydrauliques, de la mécanique ou de l'électrotechnique à la géographie, à l'hydrologie ou aux sciences de l'environnement.

Les relations avec les représentants du domaine de l'eau sont de plus d'une importance immédiate pour le développement de la petite hydraulique.

6. Développements parallèles (satisfaisant)

Les développements parallèles représentent un point controversé. D'un côté les moyens ne permettent aucun traitement parallèle des mêmes thèmes par plusieurs instances. D'un autre côté la recherche sur la petite hydraulique est si proche du marché qu'une claire répartition des priorités entre les différents partenaires pourrait facilement conduire à des distorsions de concurrence. Il s'agit donc, dans l'attribution des budgets de recherche, de faire preuve d'un grand doigté. Il faut également tenir compte des intérêts économiques. Les moyens doivent être utilisés là où ils apportent le plus grand gain de compétitivité à moyen terme aux PME locales vis-à-vis de l'étranger.

7. Collaboration internationale (satisfaisant)

La collaboration doit par contre être recherchée dans le domaine du contexte politique. Il s'agit ici, en collaboration avec l'ESHA¹⁰, l'UE ou l'IEA, d'œuvrer à un contexte optimal et à un degré de notoriété élevé pour la petite hydraulique. L'échange d'expérience prend tout son sens, par exemple dans le domaine de l'hydroécologie, de la politique d'aides ou du relevé de potentiels. Il faut poursuivre les travaux du MHyLab qui ont fait leurs preuves. Le projet SPLASH est un nouveau projet de collaboration.

8. Participation du secteur privé (bon)

Le secteur privé, comme les organisations non lucratives, est le principal soutien de la recherche en petite hydraulique. Il garantit la pleine utilisation de moyens extrêmement modestes en vue de temps de mise sur le marché (Time to Market) réduits.

¹⁰ European Small Hydropower Association

Il se trouve aussi que la plupart des innovations récentes sont le fait du secteur privé. Il manquait un véritable programme de recherche susceptible de rassembler et de coordonner les efforts.

9. Mise en œuvre (perfectible) :

La mise en œuvre est la plus grande priorité du Programme de recherche en petite hydraulique. L'objectif principal de la réduction des coûts ne sera pas atteint sans une croissance constante du marché.

La mise en œuvre des bases acquises par le passé est jusqu'à présent insuffisante. Citons pour seuls exemples la technologie à vitesse variable ou les pompes fonctionnant en turbines. Il faut ici ouvrir la voie avec des projets orientés vers l'application et les solutions.

10. Formation (satisfaisante)

Les synergies avec la formation se traduisent par la réalisation de projets par des étudiants d'université. Aucune formation ciblée de spécialistes de la petite hydraulique n'est prévue.

11. Information (très perfectible)

La nécessité d'un large travail de publication est établie d'une manière générale. Le manque de connaissance des coûts par rapport aux gains et les réserves quant aux effets écologiques sont des obstacles déterminants. Il est donc important de communiquer les résultats des projets de petite hydraulique dans le cadre de l'ensemble du Programme.

12. Finances (insuffisant)

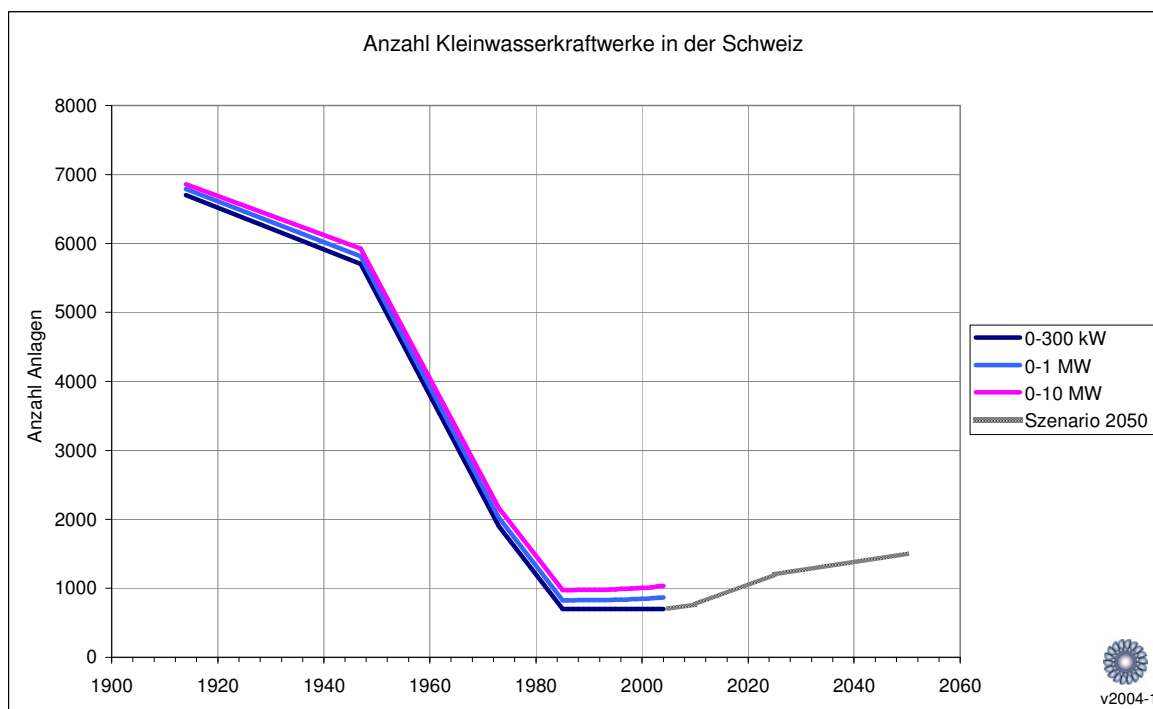
Les finances actuelles ne permettent de soutenir qu'un à deux projets par an. Selon les prévisions 2005, seuls 3 % (!) des moyens prévus sont à la disposition de la conduite du Programme, alors que cette proportion est deux à six fois (!) plus élevée pour les autres programmes (nettement plus importants). On fait donc des économies sur le dos d'une cause déjà désavantagée. Le nouveau Programme de recherche livre les bases permettant d'y remédier d'ici à 2007.

Les effets du Programme de recherche restent limités selon les prévisions. Il est particulièrement regrettable que les moyens affectés aux projets de P&D soient largement réduits dans le même temps, si bien que les résultats des projets de recherche financés à titre privé ou autre ne peuvent être mis en pratique par transfert de technologie.

F. SCENARIO JUSQU'A 2050

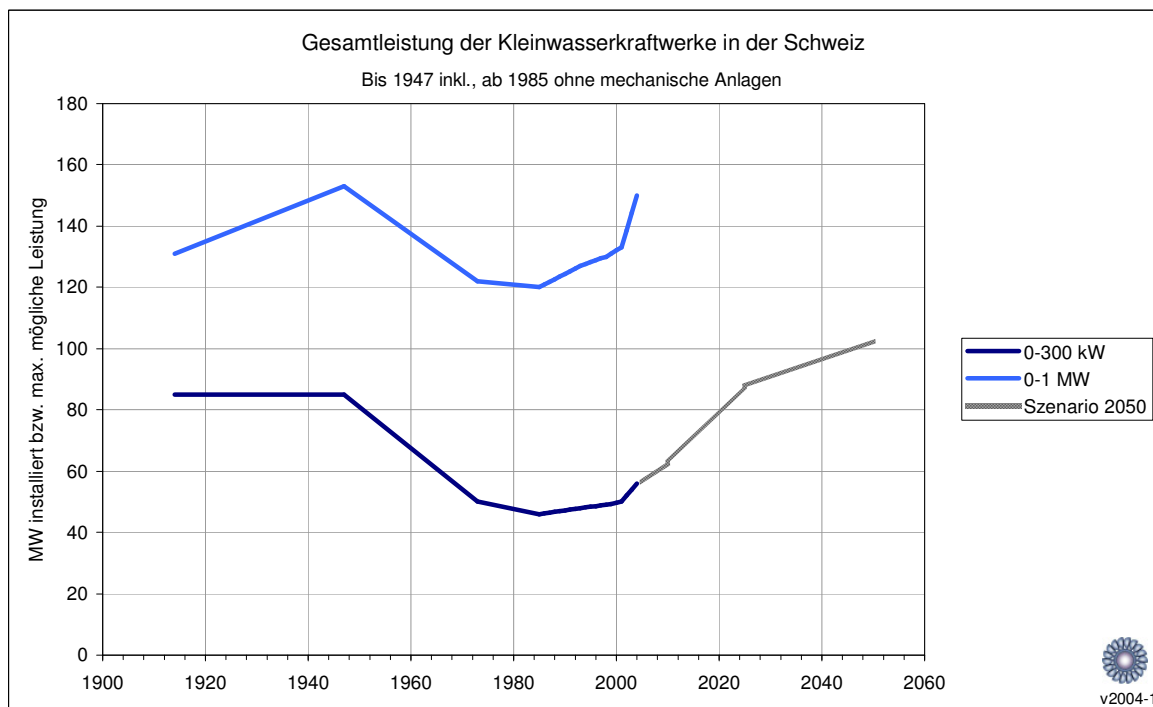
Les premiers pas de la petite hydraulique remontent déjà à cent ans. L'industrialisation galopante et la construction de nouvelles grandes centrales dans l'après-guerre ont entraîné un important déclin de la petite hydraulique. La tendance s'est modifiée dans les années quatre-vingt. La petite hydraulique jouit depuis d'une renaissance et présente de forts taux de croissance.

La renaissance de la petite hydraulique a cependant vu l'intensification des dispositions pour la protection des eaux. Il en résulte d'un côté une réjouissante revalorisation de l'habitat aquatique (construction d'échelles à poissons, assainissements), et de l'autre la perte de leur base économique pour de nombreuses mini-installations.

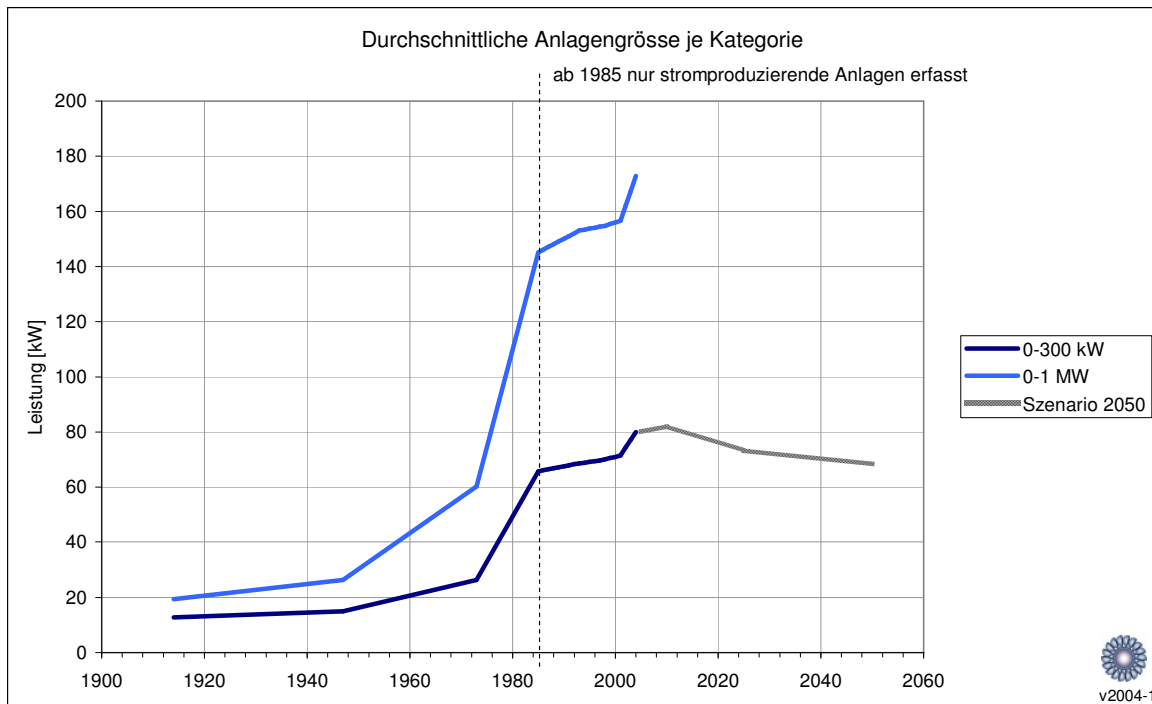


Graphique : Notamment en raison des exigences élevées de la protection de la nature, le nombre de petites centrales hydrauliques restera à l'avenir très inférieur à celui du début du 20^e siècle.

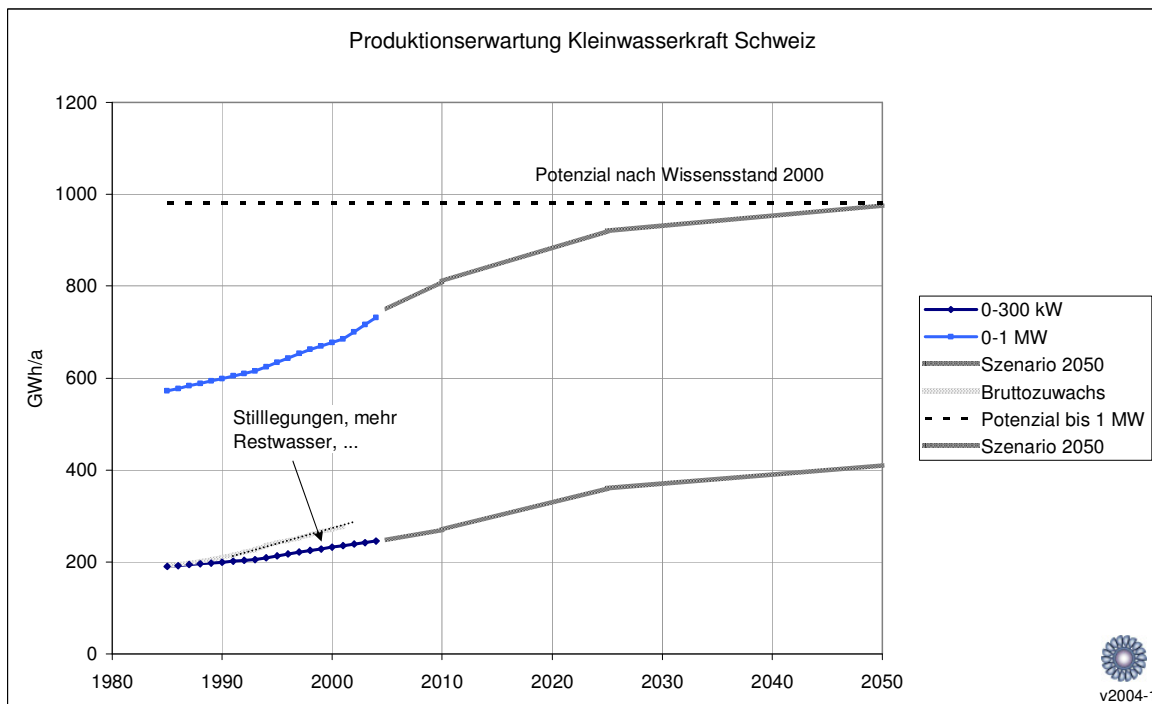
On observe également, depuis plusieurs décennies déjà, une forte tendance à la désaffectation des plus petites installations. Celle-ci est le plus souvent due à des considérations économiques, lorsque l'installation ne remplit pas sa fonction. Des milliers de mini-installations ont été désaffectées, alors que les plus grandes sont restées. Abaisser le seuil de rentabilité des plus petites installations est la plus importante mission de la recherche en petite hydraulique, parce que les plus gros potentiels sont limités.



Graphique : Notamment parce que les plus petites installations ont été et sont désaffectées, la puissance hydraulique installée a beaucoup moins diminué que le nombre de centrales. Une forte hausse est enregistrée depuis 1985.



Graphique : Les technologies permettant de réduire les coûts devraient à l'avenir entraîner une reprise des mini-installations, une diminution de la taille moyenne des installations de la catégorie <300 kW et une meilleure exploitation du potentiel.



Graphique : Le changement de tendance est confirmé : la petite hydraulique repart sérieusement depuis 1985. L'exploitation « totale » du potentiel dans les années à venir n'est plus une utopie.