

# **Plan directeur de la recherche énergétique de la Confédération 2000 – 2003**

élaboré par la  
Commission fédérale pour la recherche énergétique CORE

# TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	3
<b>1. IMPORTANCE DU <i>PLAN DIRECTEUR</i>.....</b>	<b>5</b>
<b>2. DÉLIMITATION ET CONTEXTE DE LA RECHERCHE ÉNERGÉTIQUE.....</b>	<b>6</b>
2.1 QUE SIGNIFIE ICI RECHERCHE ÉNERGÉTIQUE ? .....	6
2.2 IMPÉRATIFS POLITIQUES.....	7
2.3 BASES JURIDIQUES.....	8
<b>3. ÉTAT DE LA RECHERCHE ÉNERGÉTIQUE EN SUISSE.....</b>	<b>9</b>
3.1 ORGANISATION DE LA RECHERCHE ÉNERGÉTIQUE .....	9
3.2 ÉTENDUE ET FLUX DES MOYENS FINANCIERS.....	12
3.3 RÉSULTATS ACQUIS.....	14
<b>4. BUTS ET STRATÉGIE DE LA RECHERCHE .....</b>	<b>15</b>
4.1 MISSION DE LA RECHERCHE ÉNERGÉTIQUE .....	15
4.2 OBJECTIFS STRATÉGIQUES .....	15
4.3 PRINCIPES DIRECTEURS DE LA RECHERCHE ÉNERGÉTIQUE SUISSE.....	16
<b>5. GRANDES OPTIONS DE LA RECHERCHE 2000 - 2003 .....</b>	<b>19</b>
5.1 UTILISATION RATIONNELLE DE L'ÉNERGIE.....	20
Bâtiment, Transports, Stockage et transport de l'électricité, Utilisation de l'électricité, Couplage chaleur-force, Combustion, Procédés	
5.2 ÉNERGIES RENOUVELABLES.....	31
Énergie solaire, Chaleur ambiante, Biomasse, Géothermie, Énergie éolienne, Force hydraulique	
5.3 ÉNERGIE NUCLÉAIRE.....	39
Fission nucléaire, Fusion nucléaire	
5.4 FONDEMENTS DE L'ÉCONOMIE ÉNERGÉTIQUE.....	43
Politique de l'énergie, Économie, société et environnement	
<b>6. ATTRIBUTION DES CRÉDITS / PRIORITÉS 2000 - 2003.....</b>	<b>45</b>
6.1 ATTRIBUTION DES CRÉDITS .....	45
6.2 PROVENANCE DES CRÉDITS D'ENCOURAGEMENT.....	47
<b>ANNEXE 1 : COMMISSION FÉDÉRALE POUR LA RECHERCHE ÉNERGÉTIQUE (CORE).....</b>	<b>48</b>
<b>ANNEXE 2 : CHEFS DES PROGRAMMES DE RECHERCHE ET P+D.....</b>	<b>49</b>
<b>ANNEXE 3 : LISTE DES ABRÉVIATIONS.....</b>	<b>50</b>



## RÉSUMÉ

Instrument de décision pour la Confédération dans le domaine de la recherche énergétique, le *Plan directeur* est aussi une source d'informations pour les services cantonaux et communaux. Il explicite la démarche des pouvoirs publics et les moyens employés pour mettre la recherche énergétique au service de la politique de l'énergie. Au surplus, il détaille les activités, toujours dans le même domaine, décrites dans le *Message du Conseil fédéral sur la formation, la recherche et la technologie pour la période 2000-2003*.

Le *Plan directeur* explique les fondements de la recherche énergétique, sa stratégie et la mise en œuvre de ses résultats. Il s'attache à démontrer l'importance qu'il y a d'assurer l'attractivité et la compétitivité de la Suisse dans le domaine de la recherche scientifique et technologique, voire de les renforcer.

La recherche énergétique suisse s'est résolument engagée dans la voie du développement durable. L'objectif à long terme est de réduire massivement les émissions de CO<sub>2</sub>, ce qui va dans le sens de la *société à 2000 watts*. À cela s'ajoutent la nécessité d'abaisser rapidement les atteintes à l'environnement dues aux systèmes énergétiques ainsi que les efforts visant à améliorer l'efficacité de ces derniers. Mais le progrès technologique ne suffit pas à lui seul pour résoudre ces problèmes ; les aspects socio-économiques revêtent une importance capitale.

Telles sont les prémisses des grands principes régissant la recherche énergétique suisse. Celle-ci est axée sur des perspectives relativement lointaines, en harmonie avec les travaux qui s'accomplissent en Europe et dans le monde. Elle est condamnée à la qualité ; il faut lui donner les moyens requis pour tenir son rang et travailler dans la continuité.

Le soutien apporté à la recherche énergétique par les pouvoirs publics s'est révélé nécessaire. L'accent y est mis sur la recherche de solutions pratiques, avec, pour complément indispensable, des installations pilotes et de démonstration. Les priorités que le *Plan directeur* pose dans chacun des quatre grands volets de la recherche sont les suivantes :

- **L'utilisation rationnelle de l'énergie** doit être encouragée dans tous les secteurs, mais en priorité dans le domaine des bâtiments et des transports. Il s'agit notamment de mieux comprendre les processus de combustion et d'améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'électricité. Autre élément important, l'optimisation des systèmes combinés de production de chaleur, de froid et d'électricité (couplage chaleur-force) avec le recours à la chaleur ambiante (pompes à chaleur).
- Grâce à la force hydraulique et au bois, les **énergies renouvelables** jouent déjà un rôle important. Il faudra en renforcer encore considérablement l'emploi. La recherche vise notamment à abaisser les coûts et à améliorer les rendements de la chaleur solaire, de la chaleur ambiante, de la photovoltaïque et de la biomasse. La géothermie, l'énergie éolienne et les petits aménagements hydrauliques requièrent un soutien technologique. Quant à la chimie solaire (y compris l'hydrogène), elle fait partie des applications à plus long terme.
- **L'énergie nucléaire** est subdivisée en fission (technique appliquée aux centrales nucléaires actuelles) et fusion (nouvelle option envisageable à long terme). S'agissant de la fission, les priorités résident dans la recherche sur la sécurité et sur la gestion des déchets radioactifs. Pour la fusion, notre pays doit fournir à des projets internationaux des contributions de très haut niveau grâce à nos installations expérimentales.

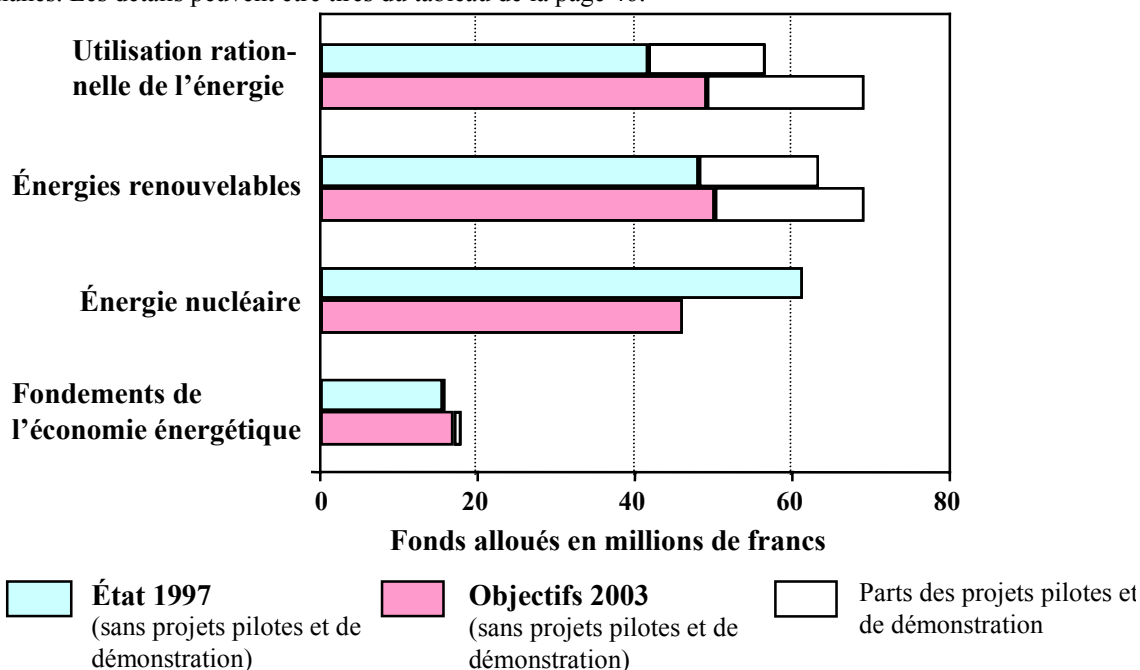
- Les **fondements de l'économie énergétique** doivent servir en premier lieu les intérêts de la politique énergétique par l'évaluation de scénarios, de mesures potentielles et de leurs retombées sur l'économie générale, etc. Mais la recherche doit aussi explorer les conséquences économiques, écologiques et sociologiques des innovations techniques, pour déterminer en particulier dans quelle mesure elles sont acceptées par la population. De plus, elle doit contribuer au transfert technologique entre elle-même et les applications.

Il incombe à l'Office fédéral de l'énergie (OFEN), assisté dans sa tâche par la Commission fédérale pour la recherche énergétique (CORE), de coordonner les travaux faisant l'objet de ce soutien. Sa mission comprend le transfert des résultats dans la pratique – notamment dans le cadre du programme ENERGIE 2000 –, la coopération avec les institutions de recherche privées, la liaison traditionnelle avec les projets de recherche internationaux ainsi que l'information en général. L'organisation en place donne satisfaction. Elle sera donc maintenue, même après la réforme de l'administration fédérale, mais sera davantage associée aux travaux de la Commission pour la technologie et l'innovation (CTI).

Les dépenses annuelles des pouvoirs publics pour la recherche énergétique ont diminué de quelque 40 millions de francs depuis 1992. En 1997, elles se montaient encore à 197 millions de francs. Cette somme comprend des contributions à des projets pilotes et de démonstration (30 millions de francs) ainsi que tous les coûts d'infrastructure y relatifs. Les fonds d'encouragement provenaient à raison de 51 % du domaine des EPF, de 32 % des offices fédéraux, de 14 % des Cantons et des Communes et de 3 % du Fonds national pour la recherche énergétique (NEFF). Cette clé de répartition devrait être approximativement la même durant la période 2000 - 2003. Le montant total des crédits devrait cependant augmenter légèrement à environ 200 millions de francs par année, la disparition du NEFF (il a cessé ses activités en 1998) devant être compensée par un engagement plus conséquent des Cantons dans le domaine des Hautes Écoles Spécialisées. Le graphique ci-après renseigne sur la répartition des fonds entre les quatre grands domaines de la recherche.

**Dépenses annuelles des pouvoirs publics pour la recherche énergétique en 1997 et objectifs visés en 2003 (valeurs réelles 1999).**

Les fonds alloués par les pouvoirs publics réunissent les contributions de la Confédération, des Cantons et des Communes. Les détails peuvent être tirés du tableau de la page 46.



## 1. IMPORTANCE DU *PLAN DIRECTEUR*

**La recherche est un pilier de la politique énergétique de la Suisse.** En 1984, le Conseil fédéral a approuvé le *Plan directeur de la recherche énergétique de la Confédération*, premier du genre, et chargé l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) de systématiser la conception et la coordination des travaux.

En 1986, le Département fédéral des transports, des communications et de l'énergie d'alors a institué la CORE – Commission fédérale pour la Recherche Énergétique – organe consultatif voué à la recherche énergétique, dont l'une des tâches consiste à remettre périodiquement sur le métier le *Plan directeur de la recherche énergétique de la Confédération* et à l'adapter aux progrès réalisés. Le présent document en est la quatrième révision.

La recherche énergétique est une composante indissociable de la politique énergétique de tous les pays industrialisés. Cela provient, d'une part, de la **durée des investissements** : la longévité des installations énergétiques est souvent de plusieurs décennies (p. ex., centrales hydroélectriques et nucléaires, secteur du bâtiment). D'autre part, **les bas prix des agents énergétiques classiques** ralentissent, voire empêchent le lancement rapide de nouvelles techniques. De plus, l'introduction de ces dernières dépend de facteurs qu'il est difficile de prévoir : **données économiques, politiques et sociales**, vision et souplesse des institutions et des administrations, réceptivité de la population ainsi qu'interactions entre diverses technologies. L'industrie privée, parce qu'elle est toujours plus axée sur la rentabilité immédiate, considère que la recherche et le développement dans le secteur énergétique sont trop risqués pour elle. Il s'ensuit que, **chez nous aussi, il est juste et important que les pouvoirs publics soutiennent la recherche énergétique.** Seule la conjugaison des efforts de l'économie privée et des pouvoirs publics parviendra à accélérer comme on le souhaite le développement et la mise en pratique de nouvelles technologies. En effet, les connaissances récemment acquises démontrent indiscutablement que les techniques énergétiques qui seront lancées ces vingt prochaines années dans les pays industrialisés seront déterminantes pour leur diffusion à long terme dans le monde.

**Le présent *Plan directeur* s'applique à la période allant de 2000 à 2003.** Il détaille les grandes articulations décrites dans le *Message du Conseil fédéral sur l'encouragement de l'éducation, de la recherche et de la technologie dans les années 2000-2003*. Les plans directeurs sectoriels établis par les chefs de programmes de l'OFEN à propos de chacun des sujets de recherche vont encore plus loin dans le détail.

**Le *Plan directeur* est un instrument de planification pour les instances décisionnelles** de la Confédération tels l'OFFT, l'OFEN, le CEPF, etc. Il peut également être utile aux services cantonaux et communaux chargés de mettre en pratique les objectifs de politique énergétique. Par ailleurs, il informe les établissements de recherche intéressés sur les domaines dans lesquels de nouvelles activités sont planifiées ; dans ce sens, il est **aussi une sorte de mise au concours de travaux de recherche.**

**Enfin, le document montre comment et avec quels moyens la collectivité publique suisse conçoit une recherche énergétique qui la rapproche des objectifs de sa politique de l'énergie.**

## 2. DÉLIMITATION ET CONTEXTE DE LA RECHERCHE ÉNERGÉTIQUE

### 2.1 QUE SIGNIFIE ICI RECHERCHE ÉNERGÉTIQUE ?

Au sens large du terme, la recherche énergétique englobe l'élaboration et la mise en pratique de connaissances scientifiques, techniques, économiques et socio-politiques utiles pour, d'une part, maintenir la demande d'énergie actuelle et future à un niveau aussi bas que possible et, d'autre part, la couvrir d'une manière rentable, écologique et efficace.

La recherche énergétique des pouvoirs publics couvre presque tout le spectre entre la recherche fondamentale et la commercialisation d'un produit. L'accent y est cependant mis sur la recherche appliquée, **dont les résultats doivent se traduire par un produit, une installation de transformation d'énergie, l'amélioration de mesures ou de méthodes en vigueur, etc.** De ce fait, la recherche énergétique n'est jamais une recherche purement fondamentale. Cela n'empêche pas que des applications se dessinent au stade de la recherche fondamentale déjà, permettant alors de transférer ces domaines à la recherche appliquée. Même la démonstration et le développement de procédés peuvent se recouper avec la recherche fondamentale proprement dite. Citons, à titre d'exemple, la fusion nucléaire et la chimie solaire, dont les résultats finals sont encore incertains, mais qui ne sont porteuses de progrès que par le biais de projets pilotes. Dans d'autres secteurs, par exemple, le développement de cellules photovoltaïques, il y a des interactions étroites entre le développement de produits existants et la recherche fondamentale qui se poursuit.

**Les installations pilotes et de démonstration sont un élément indispensable de la recherche énergétique** ; elles accélèrent la mise en œuvre des résultats dans la pratique. Étant donné leur proximité du marché, il est absolument nécessaire que l'industrie participe financièrement à leur réalisation pour que les pouvoirs publics lui accordent un soutien financier. Cette participation incite les entreprises à aborder un projet de manière plus critique et augmente les chances que l'industrie se charge elle-même du transfert technologique. Le même principe prévaut s'agissant des contributions accordées au développement initial de produits.

Enfin, **la commercialisation d'un produit comporte, elle aussi, une part de recherche.** Il s'agit là surtout de questions de perception dans le public, d'incidences sur l'environnement et d'intégration économique, ainsi que de problèmes sociologiques, qui viennent se greffer sur les aspects purement techniques.

**À eux seuls, les progrès technologiques ne suffisent pas pour atteindre les objectifs de politique énergétique.** Il est nécessaire de les accompagner de décisions économiques précises qui seront à leur tour influencées par d'autres mesures politiques. Il faudra que la recherche énergétique soit plus attentive aux liens et aux interdépendances – par exemple, à la relation entre la consommation d'énergie et les nuisances infligées à l'environnement par le trafic routier et l'agriculture, ou les retombées de l'aménagement du territoire sur la demande d'énergie.

**De par sa nature, la recherche énergétique est interdisciplinaire.** Elle fait appel tout à la fois aux sciences de l'ingénieur, comme la construction de machines et l'électrotechnique, à la physique, à la chimie, aux sciences des matériaux, à la biologie, à la théorie des systèmes et à l'informatique, ainsi qu'à l'économie, à la politologie et à la sociologie. Il en résulte souvent des synergies profitables, notamment en Suisse, lorsque les moyens financiers limités font que ce ne sont pas seulement les mêmes instituts, mais encore les mêmes personnes qui s'occupent de recherche énergétique, à côté d'autres travaux.

## 2.2 IMPÉRATIFS POLITIQUES

### CONTEXTE GÉNÉRAL

La demande actuelle d'énergie est couverte en grande partie par les ressources non renouvelables. Les techniques d'utilisation conventionnelles occasionnent en outre des atteintes locales et globales à l'environnement. Cela explique que la recherche de nouvelles techniques énergétiques axées sur le développement durable soit devenue partout dans le monde un **objectif capital de la politique énergétique et écologique**.

Traditionnellement, les installations énergétiques sont des produits importants de l'industrie d'exportation suisse. Le perfectionnement et le développement de techniques énergétiques permettent de sauvegarder des emplois et d'en créer dans des secteurs d'avenir. Par conséquent, dans notre pays, la recherche énergétique a aussi une **incidence sur l'emploi**.

Les branches de l'**industrie** suisse opérant dans le domaine de l'énergie s'intéressent de très près à une étroite **collaboration avec les pouvoirs publics**. En effet, les bas prix des agents énergétiques classiques entravent à tel point l'essor de nouvelles techniques énergétiques que leur développement serait trop risqué pour la seule industrie privée.

Les lignes directrices de la recherche énergétique sont donc déterminées par la politique de l'énergie, compte tenu de considérations écologiques et économiques et des intérêts de l'industrie et des arts et métiers. Par ailleurs, la recherche énergétique dépend aussi des **objectifs généraux de la politique de la recherche et de l'éducation** de notre pays.

### IMPÉRATIFS DE LA POLITIQUE ÉNERGÉTIQUE

La mission qui chapeaute la recherche énergétique des pouvoirs publics ressort de l'**article constitutionnel sur l'énergie**, à savoir "*créer les conditions propices à un approvisionnement énergétique suffisant et sûr, économique et ménageant l'environnement, ainsi qu'à une utilisation économe et rationnelle de l'énergie*". S'appliquent également les conséquences que le DETEC a tirées du dialogue énergétique à propos du **programme de politique énergétique après l'an 2000**. Dans ce contexte, les éléments suivants revêtent une importance pour la recherche :

- L'augmentation de l'efficacité énergétique et l'emploi accru des énergies renouvelables ont la première priorité dans la politique énergétique suisse postérieure à l'an 2000.

La demande d'énergie doit être stabilisée après l'an 2000 ; en 2010, les émissions de CO<sub>2</sub> devront être inférieures de 10 % à leur niveau de 1990. À terme (2030), l'apport des énergies renouvelables à la production de chaleur devra être de 10 à 20 %.

- Les piliers de la future politique de l'électricité sont l'utilisation plus rationnelle du courant, l'exploitation de la force hydraulique et l'emploi accru des énergies renouvelables.
- Les centrales nucléaires en service doivent continuer à être exploitées tant que leur sécurité et la gestion des déchets radioactifs sont garanties. Il faut garder à long terme l'option de nouvelles filières nucléaires offrant une grande sécurité passive et intrinsèque.

(Ce point a été précisé par le Conseil fédéral en octobre 1998, en ce sens que les centrales nucléaires devront être arrêtées dans un délai qui reste à fixer et que la construction de nouvelles centrales sera soumise au référendum facultatif.)



## IMPÉRATIFS DE LA POLITIQUE DE LA RECHERCHE

Conformément à la loi sur la recherche, le Conseil fédéral en fixe périodiquement les lignes directrices en se basant sur les propositions du Conseil suisse de la science. Les *Objectifs de la politique de la Confédération en matière de recherche à partir de l'an 2000* commandent aux acteurs de la recherche énergétique des pouvoirs publics d'observer les principes suivants :

- L'attractivité et la compétitivité de la place scientifique et technologique suisse doivent être assurées et consolidées ; il faut favoriser l'accès aux nouvelles connaissances.
- Les principes directeurs sont :
  - encourager la relève scientifique
  - viser les besoins des utilisateurs des résultats de la recherche
  - jeter des ponts entre les différents secteurs
  - assurer les capacités de recherche
  - améliorer la collaboration entre la science, l'économie et la société.
- Le principe de subsidiarité doit être appliqué envers l'économie privée.
- La coopération internationale doit être amplifiée.
- Les Hautes Écoles Spécialisées doivent être intégrées dans le système de la recherche.
- Le développement durable et l'environnement (y compris les questions énergétiques) sont un secteur prioritaire (parmi les quatre secteurs prioritaires).

### 2.3 BASES JURIDIQUES

La Confédération fonde son aide directe à la recherche énergétique sur les bases juridiques suivantes :

- **Loi fédérale du 23 décembre 1959 sur l'énergie atomique** (art. 2),
- **Loi fédérale du 7 octobre 1983 sur la recherche**,
- **Loi fédérale du 26 juin 1998 sur l'énergie** (art. 12).

Aux niveaux constitutionnel et législatif, la Confédération dispose par ailleurs de nombreuses compétences, applicables au domaine énergétique, qui permettent d'encourager la recherche (p. ex., la législation sur la protection de l'environnement ou la loi sur l'approvisionnement du pays).

En outre, la Confédération intervient en grande partie indirectement par des contributions au Fonds national de la recherche scientifique, à des programmes de recherche de l'Union européenne ainsi que par le financement de la recherche relevant du Domaine des EPF. Certains offices fédéraux assurent un soutien direct ciblé, notamment l'OFEN, qui assume tout à la fois une fonction de coordination et de suivi.

L'*article sur l'énergie* inscrit en 1990 dans la constitution fédérale permet à la Confédération de promouvoir le **développement de techniques énergétiques et d'installations pilotes et de démonstration**, en particulier dans le domaine des économies d'énergie et dans celui de l'utilisation des énergies renouvelables. L'arrêté sur l'énergie et la loi sur l'énergie qui l'a remplacé ont établi une base juridique claire dans ce sens.

Les Cantons peuvent grandement contribuer à la recherche énergétique dans le cadre des travaux conduits par les Universités et les Hautes Écoles Spécialisées. Plusieurs d'entre eux ont en outre inscrit dans leurs lois le soutien à la réalisation d'**installations pilotes et de démonstration**.

## 3. ÉTAT DE LA RECHERCHE ÉNERGÉTIQUE EN SUISSE

### 3.1 ORGANISATION DE LA RECHERCHE ÉNERGÉTIQUE

#### ACCOMPAGNEMENT ET EXÉCUTION

L'OFEN a pour tâche – avec le concours de la CORE (Commission fédérale pour la recherche énergétique) – d'élaborer et de renouveler en permanence les *Plans directeurs de la recherche énergétique*, d'orienter la recherche et de l'encourager en fonction de ces plans, de coordonner les programmes et les projets de recherche énergétique avec d'autres travaux de recherche et de les intégrer dans les programmes internationaux, et enfin de favoriser le transfert des résultats dans la pratique. À cet effet, l'OFEN a réparti les techniques soumises à la recherche énergétique entre dix domaines. Un onzième domaine est voué aux questions socio-économiques. Chaque domaine est dirigé par un responsable et comporte un programme de recherche et un programme pour des projets pilotes et de démonstration ainsi que des programmes de mise en œuvre et de marketing. Chaque programme est placé sous la responsabilité d'un chef de programme ; il n'est pas rare que le responsable du domaine assume lui-même la direction des programmes.

Outre les chefs de programme, des experts assistent le responsable du domaine. Ensemble, ils élaborent – en se fondant sur le présent *Plan directeur* et compte tenu du contexte politique et économique – un **plan d'exécution détaillé de leurs activités**. La mise en œuvre se fait de concert avec les activités du programme subséquent d'ENERGIE 2000 ainsi qu'avec d'autres projets liés à l'énergie, menés par la Confédération. Il est également tenu compte des travaux accomplis par les Cantons dans le domaine de l'énergie. Par ailleurs, il existe d'étroits contacts avec les fonds d'aide institués et alimentés par l'économie énergétique (PSEL, FOGA, FEV).

**L'instrument de conduite dont se sert l'OFEN est son budget de recherche.** L'OFEN est impliqué dans environ 70 % des projets de recherche énergétique financés par les pouvoirs publics ; il est donc à même de les orienter directement. Ailleurs, il fait valoir son influence en siégeant dans des groupes de suivi et par le biais d'expertises (20 % des projets). Seuls 10 % environ des projets sont accomplis en l'absence de toute influence de cet office ; néanmoins, il en connaît l'existence du fait qu'il inventorie tous les deux ans les projets de recherche énergétique financés par les pouvoirs publics. Cela permet d'éviter presque à coup sûr les doublons.

Dès l'an 2000, une partie du budget de recherche de l'OFEN sera confiée à la Commission pour la technologie et l'innovation (CTI) de l'Office fédéral de la formation professionnelle et de la technologie (OFFT), afin de mieux tirer parti des structures mises en place dans cet office pour promouvoir la recherche proche de l'économie. Le suivi des projets de ce type restera cependant entre les mains des chefs de programme de l'OFEN.

La plupart des **projets sont conduits par les établissements de recherche publics** (instituts des EPF, IPS, Universités, Hautes Écoles Spécialisées). Mais la Confédération et les Cantons attribuent aussi une aide à **l'industrie, à des bureaux d'ingénieurs et à des particuliers**. Le principe de subsidiarité est appliqué, c'est-à-dire que l'aide des pouvoirs publics ne sert qu'à compléter les fonds propres lorsque cela est absolument nécessaire. Quelques établissements de recherche sont devenus dans l'intervalle ce qu'on appelle des "centres d'excellence" ; c'est le cas, par exemple, de la Haute École Spécialisée de Rapperswil dans le domaine de la chaleur solaire ou de l'Université de Neuchâtel dans celui de la photovoltaïque.

Le rattachement du suivi de la recherche aux activités que l'OFEN déploie dans le domaine de la politique de l'énergie porte ses fruits. Ainsi les relations nationales et internationales nécessaires jouent pleinement leur rôle. L'OFEN peut aussi compenser des insuffisances dans le financement, par exemple, dans le cas de projets qui se situent à cheval sur la recherche fondamentale et le développement de produits. De plus, il dispose des structures idoines pour lancer les produits sur le marché.

## MISE EN ŒUVRE DES RÉSULTATS

Les progrès réalisés dans les programmes et les projets directement suivis par l'OFEN sont présentés dans des **rapports annuels détaillés, dans des publications spécialisées, sur Internet ainsi que lors de rencontres et de séminaires organisés à cet effet**. Tous les rapports relevant de la recherche énergétique (y compris des projets non directement suivis par l'OFEN) sont rassemblés et publiés par **ENET**, un service d'information spécialement créé pour la recherche énergétique. Tous les deux ans, l'OFEN publie en outre une *Liste des projets de recherche énergétique en Suisse*.

**Le large intérêt manifesté par l'opinion publique pour la percée des nouvelles technologies énergétiques contraint les pouvoirs publics, dans leur soutien à la recherche énergétique, à collaborer étroitement avec l'économie privée.** De ce fait, dans tous les projets, on cherche à intégrer l'industrie le plus tôt possible. Plus le projet approche de sa commercialisation, plus la participation financière des partenaires de l'économie privée doit augmenter. Dans les projets pilotes et de démonstration, enfin, les pouvoirs publics ne prennent plus en charge que les surcoûts de l'installation par rapport à une solution classique.

**Néanmoins, des conflits d'intérêts peuvent surgir, notamment au stade du développement de produits encouragé par les pouvoirs publics.** D'une part, l'encouragement basé sur des fonds publics suppose que les nouvelles connaissances acquises soient accessibles à l'ensemble de la branche. D'autre part, les entreprises qui y ont participé ont un intérêt légitime à conserver ces résultats pour elles-mêmes, afin de ne pas mettre en péril leur compétitivité. Cependant, les entreprises collaborant à un projet ainsi soutenu sont avantagées par l'avance technologique acquise. De plus, on peut accorder un délai de protection des nouvelles connaissances lorsqu'une entreprise a participé au projet en y investissant en fonds propres des montants élevés.

Les brevets jouent un rôle important dans le transfert technologique. De grandes incertitudes règnent à ce sujet dans la recherche menée par les Hautes Écoles – à l'exception du Domaine des EPF. **L'OFEN a commencé à développer pour la recherche énergétique une stratégie active visant à sensibiliser les organismes publics de recherche à la protection intellectuelle.** Il s'agit principalement de mieux définir les droits de propriété, de multiplier les activités d'information et de conseil et de créer un marché du courtage de brevets. Pour y parvenir, il paraît important d'amener les Hautes Écoles à déployer une stratégie plus offensive sur ce plan.

**Le transfert des résultats de la recherche au marché reste toujours perfectible.** Comme dans tous les pays industrialisés ou presque, la recherche énergétique suisse se trouve confrontée à des problèmes délicats, puisqu'il s'agit de concilier les intérêts, souvent divergents, des chercheurs, de l'industrie, de l'administration, de l'économie et des consommateurs. On n'y parvient pas toujours ! Les *Conférences suisses pour la recherche énergétique* se sont révélées un forum très appréciable pour permettre à tous les groupes intéressés de dresser en commun un inventaire de leurs besoins et d'y chercher des solutions. Le programme **ENERGIE 2000** et son programme subséquent sont des éléments déterminants dans l'application de nouvelles techniques énergétiques plus efficaces.

## INTÉGRATION INTERNATIONALE

La Suisse ne saurait s'isoler ni dans sa politique énergétique, ni dans sa recherche énergétique, pas plus que dans les domaines de l'économie et de la protection de l'environnement. La coopération internationale est donc un impératif.

**Réalisée sur le mode du partenariat, cette coopération apporte des avantages à tous les acteurs.** Elle produit des synergies, aide à éviter la dispersion des efforts et à améliorer l'efficacité de la recherche, et peut aussi revitaliser l'industrie. Enfin, elle favorise l'harmonisation des systèmes réglementaire et législatif.

**Néanmoins, une coopération internationale n'est pas indiquée, ou profitable, dans tous les cas.** Des questions typiquement suisses, par exemple, ne peuvent trouver des solutions qu'à l'échelon national. Il peut aussi y avoir des innovations que l'industrie suisse est particulièrement bien placée pour appliquer ou exploiter, afin de préserver sa compétitivité, et où elle a donc tout intérêt à agir seule. D'un point de vue tout à fait général, pour un petit pays comme la Suisse, tributaire des exportations, certains projets de recherche, dont on peut penser qu'ils aboutiront à court terme à des résultats brevetables, ne se prêtent pas à une coopération avec d'autres pays, parce que, généralement, seul un brevet national entre en ligne de compte à l'issue de projets internationaux. **Les avantages et les inconvénients d'une intégration internationale des projets de recherche énergétique doivent donc être minutieusement pesés dans chaque cas de figure.**

**Les projets internationaux ont déjà une longue histoire dans la recherche énergétique suisse.** On tire pleinement profit, en particulier, des possibilités offertes dans le cadre de l'**Agence Internationale de l'Énergie (AIE)** et dans celui de l'**Agence pour l'Énergie Nucléaire (AEN)**. L'AIE permet aussi des ouvertures sur des pays hors d'Europe – en particulier les États-Unis et le Japon – et facilite la conclusion de projets bilatéraux avec les États membres. On relèvera une participation croissante de la Suisse dans les projets entrant dans le cadre de la **recherche menée par l'UE**. L'entrée en vigueur de l'accord bilatéral sur la recherche passé entre l'UE et la Suisse facilitera grandement (probablement à partir de 2001) la participation et l'accès de notre pays à de tels projets. La coopération européenne dans le domaine de la recherche énergétique va sans aucun doute en recevoir de nouvelles impulsions notables.

**La coopération avec les pays de l'Est et avec le tiers monde est considérée comme souhaitable.** Cependant, des moyens financiers limités et des expériences parfois décevantes ont provoqué jusqu'ici une attitude très réticente. L'OFEN continue néanmoins à s'efforcer de tisser des liens avec ces pays dans le domaine de la recherche énergétique :

**S'agissant de la collaboration avec les pays de l'Est, la priorité va aux problèmes à court terme.** Pour l'heure, une coopération efficace n'est possible qu'au travers de contacts et de financements directs. Il faut renforcer et stabiliser les groupes de chercheurs de ces pays par le truchement de projets communs. Il faut également examiner la question de savoir s'il est possible de faire à l'Est de la recherche sur le terrain qui soit facilement transférable à la Suisse. En effet, l'ex-bloc socialiste est en butte à des problèmes socio-économiques.

**Une coopération à l'échelon mondial et un engagement accru dans les pays du tiers monde sont importants à long terme, en particulier, dans l'énergie et l'environnement.** En fin de compte, la Suisse profite aussi de la solidarité. Il lui faut donc non seulement participer à des projets communs, mais aussi à la mise en place de structures de recherche propres. Une coopération active avec la "Commission suisse pour le partenariat dans le domaine de la recherche avec les pays en voie de développement" et avec la DDC est indispensable.

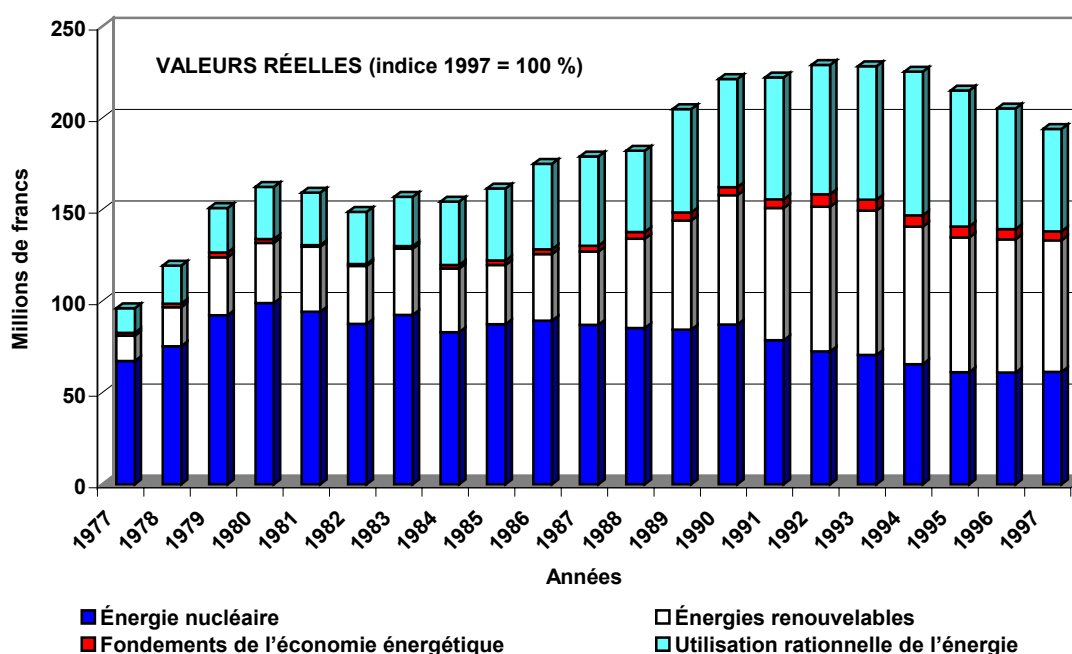
## 3.2 ÉTENDUE ET FLUX DES MOYENS FINANCIERS

Lors de l'établissement du *Plan directeur de la recherche énergétique* 1996-1999, on a admis qu'il était possible de stopper la tendance à la baisse des fonds alloués. On avait même prévu d'augmenter le budget à environ 230 millions de francs (valeur réelle de 1995). En réalité, les **dépenses ont continué à diminuer ces dernières années ; en 1997, elles se montaient encore à environ 197 millions de francs** (voir le graphique ci-dessous).

S'agissant de la fission nucléaire, le recul est voulu : dans ce domaine, la valeur cible de 1999 a déjà été atteinte en 1997. Pour ce qui est de la fusion, l'évolution correspond à peu près aux valeurs planifiées.

En revanche, au chapitre des énergies renouvelables, on n'a tenu que de justesse les budgets alloués à la recherche. Dans tous les autres domaines, on a noté ces dernières années de nouvelles et draconiennes réductions de crédits, essentiellement dues aux mesures d'économies mises en œuvre par le CEPF et l'OFEN, mais aussi à la disparition des fonds du NEFF.

### Dépenses consacrées à la recherche énergétique depuis le début des relevés



**La recherche énergétique est conduite de manière décentralisée par de nombreux établissements.** Cela favorise une coopération transdisciplinaire et multidisciplinaire. Comme le montre le tableau de la page suivante, **la provenance des crédits est d'autant plus diverse.** Ce tableau montre également quels sont les montants alloués à chacun des domaines de la recherche. On notera que les chiffres indiqués – à l'exception des contributions à l'économie privée – comprennent tous les coûts d'infrastructure (*overheads*) et les dépenses *intra-muros*.

Les parts, exprimées en % des crédits alloués et des établissements de recherche, ont peu changé ces dernières années. Les aides financières notables allouées par les Cantons et l'OFEN à l'économie privée vont essentiellement à la promotion des projets pilotes et de démonstration (Cantons : près de 100 % ; OFEN environ 50 %).

**Des chiffres détaillés** des activités de recherche dans le domaine de l'énergie figurent dans la brochure *Recherche, développement et démonstration dans le domaine de l'énergie en Suisse – Liste des projets 1996/97* (juin 1998 ; commande auprès de l'OFEN ou d'ENET).

**Provenance et répartition des crédits d'encouragement alloués à la recherche énergétique en 1997 (y compris les projets P+D ; chiffres en milliers de francs)**

Les chiffres indiqués dans le détail de la subdivision des domaines de recherche (petits chiffres) doivent être considérés comme des valeurs momentanées. Ils peuvent souvent varier sensiblement d'une année à l'autre pour des questions liées aux finances des organismes de soutien.

		SOURCES DE FINANCEMENT						TOTAUX	
		CEPF	FNRS	OFFT (CTI)	OFEN	OFES, etc. <sup>1)</sup>	Cantons et Communes <sup>2)</sup>		NEFF
<b>DOMAINES DE RECHERCHE</b>	<b>Utilis. rationnelle de l'énergie</b>	<b>24'105</b>	<b>171</b>	<b>1'018</b>	<b>16'339</b>	<b>2'055</b>	<b>8'595</b>	<b>3'340</b>	<b>55'623</b>
	Bâtiment	2'253	–	70	2'249	391	1'199	431	6'593
	Transports	2'870	–	200	5'329	1'095	2'772	216	12'482
	Électricité	4'383	41	525	2'192	406	2'170	958	10'675
	CCF (y compris piles à combustible)	1'882	9	107	3'896	143	1'632	177	7'846
	Combustion	10'737	–	–	2'115	10	97	955	13'914
	Procédés	1'980	121	116	558	10	725	603	4'113
	<b>Énergies renouvelables</b>	<b>24'088</b>	<b>1'456</b>	<b>457</b>	<b>15'145</b>	<b>4'570</b>	<b>16'708</b>	<b>1'794</b>	<b>64'218</b>
	Chaleur solaire	3'970	28	–	3'534	295	2'395	209	10'431
	Photovoltaïque	3'894	892	–	2'264	1'979	6'349	83	15'461
	Chimie solaire	8'647	367	–	2'417	71	2'549	565	14'616
	Biomasse / bois	2'578	–	100	3'545	483	2'604	38	9'348
	Chaleur de l'environnement	780	19	–	1'392	12	1'302	173	3'678
	Géothermie / vent / eau	4'219	150	357	1'993	1'730	1'509	726	10'684
	<b>Énergie nucléaire</b>	<b>43'410</b>	<b>1'634</b>	<b>–</b>	<b>2'601</b>	<b>12'860</b>	<b>364</b>	<b>410</b>	<b>61'279</b>
	Fission nucléaire	26'068	142	–	2'461	1'560	–	410	30'641
Fusion nucléaire	17'342	1'492	–	140	11'300	364	–	30'638	
<b>Fondements de l'économie énergétique</b>	<b>7'912</b>	<b>40</b>	<b>1'400</b>	<b>3'777</b>	<b>247</b>	<b>1'946</b>	<b>436</b>	<b>15'758</b>	
Politique énergétique / développement durable/ transfert	7'912	40	1'400	3'777	247	1'946	436	15'758	
<b>INSTIT. DE RECHERCHE</b>	<b>EPF-Zurich</b>	<b>20'150</b>	<b>409</b>	<b>727</b>	<b>2'628</b>	<b>1'706</b>	<b>127</b>	<b>891</b>	<b>26'638</b>
	<b>EPF-Lausanne</b>	<b>28'206</b>	<b>2'455</b>	<b>186</b>	<b>1'772</b>	<b>9'043</b>	<b>73</b>	<b>639</b>	<b>42'374</b>
	<b>EMPA</b>	<b>2'581</b>	<b>–</b>	<b>70</b>	<b>720</b>	<b>26</b>	<b>–</b>	<b>86</b>	<b>3'483</b>
	<b>IPS</b>	<b>48'517</b>	<b>–</b>	<b>100</b>	<b>4'266</b>	<b>1'770</b>	<b>–</b>	<b>842</b>	<b>55'495</b>
	<b>Autres services fédéraux</b>	<b>61</b>	<b>–</b>	<b>–</b>	<b>3'939</b>	<b>3'376</b>	<b>43</b>	<b>–</b>	<b>7'419</b>
	<b>Universités</b>	<b>–</b>	<b>437</b>	<b>244</b>	<b>1'900</b>	<b>400</b>	<b>8'871</b>	<b>52</b>	<b>11'904</b>
	<b>Hautes Écoles Spécialisées</b>	<b>–</b>	<b>–</b>	<b>1'036</b>	<b>1'255</b>	<b>–</b>	<b>6'262</b>	<b>73</b>	<b>8'626</b>
	<b>Autres services cantonaux</b>	<b>–</b>	<b>–</b>	<b>–</b>	<b>1'684</b>	<b>10</b>	<b>1'047</b>	<b>–</b>	<b>2'741</b>
	<b>Économie privée</b>	<b>–</b>	<b>–</b>	<b>512</b>	<b>19'698</b>	<b>3'401</b>	<b>11'190</b>	<b>3'397</b>	<b>38'198</b>
<b>TOTAUX</b>	<b>99'515</b>	<b>3'301</b>	<b>2'875</b>	<b>37'862</b>	<b>19'732</b>	<b>27'613</b>	<b>5'980</b>	<b>196'878</b>	

<sup>1)</sup> autres offices fédéraux

<sup>2)</sup> entre-temps, le Fonds national pour la recherche énergétique (NEFF) a été dissous

### 3.3 RÉSULTATS ACQUIS

La recherche énergétique soutenue par les pouvoirs publics a permis de conserver des compétences reconnues, voire d'en acquérir de nouvelles, dans des secteurs fondamentaux et nouveaux. **Dans le concert international, la recherche énergétique suisse tient le haut du pavé.**

En dépit d'un contexte peu propice aux innovations, **les résultats se répercutent toujours plus dans la pratique.** Il faut se rappeler que, dans le secteur de l'énergie, les produits sont généralement conçus pour durer longtemps ; cela explique que les nouvelles connaissances acquises mettent du temps pour trouver leur place sur le marché. Cependant, il est devenu clair aux yeux de tous que, ces dernières années, les résultats obtenus par les chercheurs ont modifié l'offre. On peut citer à titre d'exemple les *techniques permettant de construire des bâtiments énergétiquement plus rationnels* (meilleures fenêtres, isolation thermique plus efficace, architecture solaire), *une palette plus riche de techniques de chauffage* (chaleur solaire, pompes à chaleur, chauffages au bois, brûleurs à huile et à gaz plus propres), *des appareils ménagers et de bureau plus économiques, de nouvelles techniques de production de courant ou l'amélioration des techniques actuelles* (photovoltaïque, couplage chaleur-force, installation de biogaz, centrales combinées, petits aménagements hydrauliques efficaces, installations éoliennes, piles à combustible), *de nouvelles techniques d'accumulation* (batteries de types avancés, accumulateurs de chaleur à court et long terme, agents énergétiques chimiques tels qu'hydrogène ou méthanol), *des automobiles plus économes* (moteurs plus efficaces et moins polluants, véhicules légers et voitures électriques).

**Le succès de ces transferts technologiques reflète aussi l'esprit de coopération qui règne entre les pouvoirs publics et l'industrie.** Cependant, les sociétés bien établies ne sont pas seules à pouvoir étoffer leur offre grâce à de nouveaux produits (et, partant, sauvegarder ou créer des emplois) ; les résultats de la recherche ont aussi abouti à la création de nouvelles entreprises. Parmi les exemples les plus récents, on citera : *Integral Drive Systems*, à Zurich, fondée en 1996 (entraînements de moteurs), *Sulzer HEXIS*, à Winterthur, fondée en 1996 également (piles à combustible) et *XOLOX*, à Ecublens, créée en 1999 (batteries).

On relèvera aussi des succès dans l'élaboration des fondements de l'économie énergétique. Quelques exemples récents : *l'analyse complète des coûts externes des systèmes énergétiques* (depuis lors, les résultats sont appliqués sous la forme de majorations des prix de l'énergie, essentiellement par les services publics), *l'élaboration de perspectives énergétiques* décrivant l'évolution possible de l'offre et de la demande au cours des 30 prochaines années (elles ont constitué et constituent encore la base centrale, acceptée par de larges milieux, des débats de politique énergétique), *de mesures énergétiques* telles qu'allègements fiscaux, programmes d'investissement, etc.

**Tous les travaux n'atteignent pas l'objectif poursuivi ; la recherche énergétique n'échappe pas à la règle.** De plus, nombre de nouvelles technologies ont de la peine à pénétrer sur le marché, en général à cause de leur manque de rentabilité ; cela signifie que l'effet dynamisant du marché (*market pull*) sur le perfectionnement des produits manque très souvent. Les mesures complémentaires mises en œuvre à l'échelon du marché (incitations, mécanismes de canalisation, etc.) sont donc d'autant plus importantes. Dans cette optique, le programme ENERGIE 2000 est une action efficace.

En 1992, un groupe international d'experts a évalué la recherche énergétique des pouvoirs publics. Il a relevé l'excellente qualité et, parfois, l'originalité des travaux ainsi que l'engagement efficace des chefs de programme, tout en proposant une série d'améliorations, qui touchent en particulier le transfert des résultats de la recherche à la pratique. Les réaménagements apportés au sein de l'OFEN (soutien à la recherche et soutien au marché intégrés dans le même domaine) ont permis de mettre en pratique l'essentiel de ces propositions.

## 4. BUTS ET STRATÉGIE DE LA RECHERCHE

### 4.1 MISSION DE LA RECHERCHE ÉNERGÉTIQUE

La "sécurité de l'approvisionnement" et "les problèmes écologiques locaux" ont dominé la politique énergétique suisse de ces 30 dernières années. Les grandes réserves gazières et pétrolières supposées en de nombreuses régions du monde ont momentanément désamorcé la problématique de la sécurité. Reste à régler des problèmes d'accès à résonance politique. Cependant, **la consommation croissante d'énergie va entraîner, d'ici quelques décennies déjà, des changements climatiques irréversibles qui pourraient occasionner de considérables coûts sociaux, écologiques et économiques.** Les solutions classiques, qui considèrent exclusivement, d'un côté, la sécurité de l'approvisionnement et, de l'autre, les seules immissions locales, ont plutôt tendance à aggraver ce risque. **Le seul remède à la situation et le seul moyen de régler simultanément les problèmes locaux d'approvisionnement et de protection de l'environnement consiste à réduire la gravité du problème climatique général en développant et mettant en œuvre des systèmes énergétiques durables.** La demande de savoir-faire et de systèmes capables de réduire tout particulièrement la dépendance à l'égard des agents fossiles va fortement augmenter. Cela vaudra des avantages aux fournisseurs et aux exploitants de systèmes efficaces et durables de production, de transfert et d'utilisation de l'énergie. La Suisse entend orienter résolument et rapidement la recherche énergétique vers cette nouvelle donne.

**La recherche énergétique suisse s'engage dans la voie du développement durable.** Ce faisant, elle poursuit la réalisation de systèmes de production, de transformation et d'utilisation de l'énergie qui soient tout à la fois respectueux de l'environnement et de la société, et économiquement supportables. Elle veut en particulier contribuer à :

- **réduire le risque pesant sur le climat mondial,**
- **abaisser les émissions et les immissions locales de polluants,**
- **améliorer la qualité de vie,**
- **assurer, fiabiliser et diversifier l'approvisionnement en énergie,**
- **améliorer la rentabilité et la diffusion de nouvelles techniques prometteuses,**
- **analyser et élucider les interdépendances écologiques et économiques susceptibles de favoriser ou de compliquer la réalisation des objectifs cités.**

### 4.2 OBJECTIFS STRATÉGIQUES

Le principal gaz à effet de serre est le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). **Le but prioritaire à long terme est d'en réduire les émissions** en Suisse. Il est établi qu'il faut abaisser ces émissions à **une tonne par personne et par année** – soit un septième du chiffre actuel – **dans un laps de temps de 50 ans.** Un tel scénario pourrait être mis en œuvre en Suisse sans porter atteinte à la qualité de vie, à condition que l'on utilise des techniques actuellement envisageables, mais qui nécessitent un approfondissement des recherches. Il n'en demeure pas moins qu'il faut s'attendre à de gros problèmes de transition et que nous devons modifier nos habitudes de consommation et de production. Il faudra aussi nécessairement modifier le cadre politique national et international (mesures d'orientation, taxes d'incitation, impulsions, internalisation des coûts externes, etc.).



Une telle réduction de la production de CO<sub>2</sub> suppose également une baisse de la consommation d'énergie. Par conséquent, ce scénario renferme aussi les germes de ce qu'on appelle la "**société à 2 kW**", ce que tente de faire au demeurant le CEPF dans sa stratégie de protection de l'environnement. Cela implique que la Suisse ramène la consommation d'énergie individuelle à un tiers de son niveau actuel. De plus, il faut exiger qu'une part maximale de l'énergie encore utilisée soit produite sans émissions de gaz à effet de serre.

**À plus court terme, deux objectifs nationaux viennent au premier plan :**

- **réduire au minimum les nuisances infligées à l'environnement,**
- **atteindre une haute efficacité technique et économique et faire en sorte que les nouvelles techniques énergétiques soient bien acceptées.**

### **4.3 PRINCIPES DIRECTEURS DE LA RECHERCHE ÉNERGÉTIQUE**

Pour remplir sa mission – compte tenu des impératifs auxquels elle est soumise – la recherche énergétique suisse doit obéir aux principes suivants :

#### **PRINCIPES DIRECTEURS GÉNÉRAUX POUR LA RECHERCHE ÉNERGÉTIQUE**

- La recherche énergétique suisse ne doit pas être omniprésente, mais doit se **concentrer sur les domaines où elle peut le mieux contribuer à atteindre les objectifs et qui présentent les conditions les plus favorables quant aux ressources humaines et économiques**. Il faut donner la priorité à des domaines pouvant être traités par des groupes de chercheurs compétents, ouvrant sur de bonnes perspectives de valeur ajoutée pour le pays (ce qui suppose l'intérêt de l'industrie) et pouvant livrer des contributions significatives au développement durable à l'échelon mondial.
- Elle doit être sous-tendue par une **vision globale**. Il faut, en particulier, prêter l'attention nécessaire aux relations entre la technique et l'environnement ainsi qu'aux aspects sociaux et économiques. Il faut encourager les projets interdisciplinaires et transdisciplinaires.
- On doit s'appliquer à conduire une recherche **reconnue sur le plan international et bien coordonnée**. Dans les domaines à priorité élevée, on encouragera la constitution de groupes de recherche **suffisamment dotés en personnel et en matériel**, afin de garantir la continuité et d'élargir le spectre des connaissances.
- Lorsque les objectifs visés sont particulièrement importants, il est judicieux de **suivre plusieurs voies** (même dans le cas de la coopération internationale), afin d'éviter des échecs et des retards, mais aussi en vue de créer une situation propice à la compétition.
- Dans le développement d'une nouvelle technique énergétique, le délai s'écoulant entre la recherche fondamentale et la maturité technique est de l'ordre de plusieurs décennies. Les responsables de la recherche resteront **conscients de la longueur de ces durées de mise en application**, tout en gardant assez de souplesse pour réagir rapidement aux nouvelles découvertes porteuses de promesses.
- La recherche énergétique **doit répondre à des préoccupations immédiates et à long terme** ; mais ses priorités découlent des perspectives de la politique énergétique à moyen terme et au-delà. Simultanément, il faut l'harmoniser avec les efforts consentis en Europe et dans le monde.

- L'engagement de la Confédération dans les travaux de l'**économie privée répond au principe de la subsidiarité** (lorsqu'il est nécessaire de réduire le risque encouru par l'économie privée dans la réalisation de projets de recherche et que les perspectives d'application sont bonnes). De même, il faut créer des impulsions permettant à une dynamique industrielle de se déployer. La propriété intellectuelle (brevets, licences) réalisée grâce à des fonds publics sera utilisée de manière favorable à l'industrie.
- La **collaboration et la communication internationales** doivent permettre d'augmenter l'efficacité des moyens engagés dans la recherche. Pour que la collaboration soit fructueuse (notamment dans le cadre de projets de l'AIE et de l'UE), il faut que la Suisse y participe activement et que ses contributions soient reconnues et de haute qualité.

Une collaboration est envisagée avec certains pays de l'Est et avec des pays en voie de développement.

- Le transfert des résultats de la recherche vers le marché fait partie intégrante des tâches des collectivités publiques qui soutiennent la recherche. Dans cette optique, le **financement de projets pilotes et de démonstration** ainsi que la collaboration étroite avec l'économie privée sont une absolue nécessité. Il s'agit d'accélérer le lancement de techniques énergétiques durables.
- Les collectivités qui soutiennent la recherche énergétique publique assument aussi des responsabilités sur les plans de la **formation et du perfectionnement** du personnel scientifique et technique. Il faut encourager la diffusion des nouvelles connaissances acquises.
- On s'emploiera à multiplier les liens entre les institutions de recherche et d'enseignement, qui constituent des centres de compétences spécifiques.
- Le grand public doit être **largement informé** sur ce qui a trait aux travaux de recherche énergétique et de développement, à l'échéance du lancement de nouveaux produits, à leurs implications sur les coûts et les bénéfices, et à leur impact sur l'environnement. En l'occurrence, il faut mettre en évidence ces interactions dans l'optique de la mission de la recherche énergétique (voir le chapitre 4.1).

## PRINCIPES DIRECTEURS SPÉCIFIQUES POUR LA PÉRIODE 2000 – 2003

- **Les accents de la recherche seront mis sur les techniques et les mesures touchant l'utilisation des énergies renouvelables et l'utilisation rationnelle de l'énergie** ; on se concentrera en particulier sur l'énergie solaire, sur l'utilisation de la chaleur de l'environnement et de la biomasse, ainsi que sur la mise en œuvre de techniques efficaces de transformation et de stockage de l'énergie, le transport de nouveaux agents énergétiques et l'utilisation finale.
- On en focalisera l'application sur le **secteur du bâtiment** et le **trafic individuel** ainsi que sur les systèmes de **distribution et d'élimination**.
- Actuellement, la **fission** contribue pour une part déterminante à la production suisse d'électricité. Bien que la Suisse ne construise plus de centrales nucléaires, la **recherche sur la sécurité** demeure nécessaire, car il faut continuer à exploiter en toute sécurité les centrales en service et garantir que les déchets radioactifs seront éliminés sans mettre en péril l'homme et son milieu de vie. Dans la mesure du possible, les dépenses consacrées à cette recherche doivent être prises en charge par les exploitants des centrales nucléaires.

- Si la **fusion** représente une possibilité de produire un jour de l'énergie, il n'est pas encore envisageable de l'appliquer dans un avenir prévisible. De plus, il est très peu probable que cette technique atteigne son seuil de rentabilité en Suisse et que, par conséquent, de telles centrales fonctionnent dans notre pays. Néanmoins, il faut **continuer à participer raisonnablement aux travaux de recherche de la communauté internationale**. Cela notamment en raison de l'excellente qualité de cette recherche et de ses retombées importantes dans d'autres domaines.
- En développant des technologies et des systèmes, il faut veiller à garantir des **flux de matières et d'énergie optimaux** sous l'angle de leurs écobilans.

## 5. GRANDES OPTIONS DE LA RECHERCHE 2000 – 2003

**Le présent *Plan directeur* permet de réévaluer les différents axes de la recherche énergétique suisse et d'en fixer les priorités.**

La réévaluation repose sur les directives politiques et stratégiques exposées dans les deuxième et quatrième parties de ce document, dont l'essentiel peut être résumé comme il suit :

### **Principes politiques :**

- Les objectifs prioritaires sont l'utilisation rationnelle de l'énergie et la réduction drastique des émissions de CO<sub>2</sub>.
- Il faut privilégier les technologies énergétiques durables, renouvelables ou nouvelles.
- La sécurité de l'approvisionnement doit être préservée.

### **Principes de la recherche :**

- La priorité va aux perspectives de la politique énergétique à long terme. En chemin, il faudra cependant aussi résoudre les problèmes immédiats.
- Par conséquent, l'encouragement de la recherche doit rester souple.
- Les programmes de recherche doivent s'inspirer d'une vision globale ; ils doivent se caractériser par la continuité et la qualité.
- Il faut poursuivre les objectifs importants par plusieurs voies et, suivant les sujets, par le biais d'une coopération internationale.
- Comme la transition souhaitée vers un "régime énergétique" durable peut créer des problèmes de mise en œuvre, les intérêts socio-économiques revêtent une importance prépondérante.
- L'application pratique des résultats de la recherche a une grande importance ; les installations pilotes et de démonstration sont donc primordiales, au même titre que l'information donnée au grand public.

**Les considérations relatives aux différents domaines de la recherche se trouvent résumées dans les chapitres qui suivent, de même que les lignes directrices qui en découlent.** Ces dernières forment la base de la planification détaillée élaborée par les chefs de programme (voir aussi le chapitre 3.1).

Les données concernant l'attribution des crédits sont récapitulées au chapitre 6.1 (voir le tableau à la page 46). Si, en raison de l'existence d'une taxe d'encouragement, des fonds supplémentaires importants devaient être disponibles avant 2003 pour la recherche énergétique ou à titre de soutien à des installations pilotes et de démonstration (ce que la CORE préconise), il faudrait remanier le présent *Plan directeur*.

Les échéances indiquées pour les objectifs de la recherche sont définies comme il suit :

- **court terme :** mise en pratique possible dans les 5 à 10 ans.
- **moyen terme :** mise en pratique au bout de 10 à 20 ans.
- **long terme :** mise en pratique peu probable avant 20 ans.

## 5.1 UTILISATION RATIONNELLE DE L'ÉNERGIE

Les énergies non renouvelables couvrent encore 80 % de la consommation finale d'énergie de la Suisse. À eux seuls, le pétrole, le gaz naturel et le charbon en couvrent près de 75 %. Il est donc impératif d'en réduire de toute urgence la consommation car, à cause du CO<sub>2</sub> que produit leur combustion, ils sont les principales causes de l'effet de serre. La voie la plus rapide pour y parvenir est **d'utiliser ces énergies de manière plus rationnelle, c'est-à-dire d'appliquer des mesures techniques qui, à performances identiques, en nécessitent de moins grandes quantités**. Il va de soi que l'utilisation rationnelle de l'énergie ne se rapporte pas seulement aux agents fossiles, mais encore à tous les autres, en particulier à l'électricité. En effet, les différents agents sont interchangeables – dans des proportions variables suivant leurs coûts – que ce soit à l'échelon de leur utilisation par le consommateur final lui-même ou à celui de la production. Utiliser l'énergie de façon plus rationnelle ne veut pas dire s'imposer des renoncements et des coûts supplémentaires mais, bien au contraire, accroître la qualité de la vie et le confort.

Sur un plan purement technique, l'utilisation de l'énergie recèle un très grand potentiel d'économies. Cependant, comme elle est bon marché actuellement, seule une petite partie de ce potentiel est rentable dans une perspective exclusivement économique. Les perspectives sont meilleures si l'on considère aussi les coûts externes, c'est-à-dire les coûts générés par la consommation d'énergie, mais qui ne sont pas inclus dans son prix (p. ex., les atteintes à l'environnement) et que la collectivité doit assumer. Il est d'autant plus important de **développer ou de perfectionner des technologies d'utilisation rationnelle de l'énergie actuellement déjà porteuses d'avenir et aussi rentables que possible**. Ces techniques peuvent au demeurant contribuer à **maintenir des emplois et à en créer**. Il faut donc intensifier la recherche et le développement et multiplier les installations pilotes et de démonstration. À l'échelle de la recherche, il est prévu de faire passer les crédits de 41 millions (actuellement) à 49 millions de francs en 2003, et d'allouer non plus 15 millions, mais 20 millions de francs aux installations pilotes et de démonstration (voir le tableau à la page 46).

La recherche appliquée à l'utilisation rationnelle de l'énergie est subdivisée en sept domaines : bâtiment, transports, stockage et transport de l'électricité, utilisation de l'électricité, couplage chaleur-force (y compris les piles à combustible), combustion et procédés. Nous allons maintenant les aborder de plus près.

### BÂTIMENT

En Suisse, quelque 1,3 million de bâtiments sont chauffés et alimentés en eau chaude. Cela nécessite plus de 85 milliards de kWh (85 TWh) d'énergie par année, soit 40 % de la consommation totale d'énergie finale ou plus de 65 % de l'énergie utile. La part des agents fossiles (pétrole et gaz naturel) demeure dominante.

Les indices énergétiques des bâtiments neufs ont fortement baissé ces dernières années, grâce, d'une part, à l'importante amélioration de l'isolation thermique et, d'autre part, à la plus grande efficacité des installations de chauffage. Par ailleurs, la pompe à chaleur a connu un bel essor, en particulier dans les villas familiales : environ 40 % des nouvelles villas en sont équipées.

En général, les rénovations apportent, elles aussi, de considérables améliorations sur le plan de l'énergie. Mais comme les cycles de renouvellement sont très longs dans le bâtiment, il reste de nombreuses possibilités d'économies à exploiter. On estime que le **potentiel d'économies à réaliser sur les énergies non renouvelables est de l'ordre de 30 à 50 %**. Eu égard aux bas prix de l'énergie, les rénovations énergétiques globales ne sont généralement pas rentables aujourd'hui ;

le plus souvent, elles sont effectuées pour des considérations autres qu'économiques, par exemple, l'amélioration du confort, mais aussi l'amélioration de la substance des bâtiments et de leur valeur utile.

Les nouvelles constructions sont des "consommateurs" supplémentaires, dont la dépense énergétique est déterminée pour de nombreuses années et qui ne seront adaptés à l'état actuel des techniques énergétiques et environnementales que dans un avenir relativement lointain. Il vaut donc la peine, **même pour ces constructions nouvelles, d'envisager leur future optimisation énergétique, de maintenir leurs émissions de CO<sub>2</sub> à un niveau aussi bas que possible et de considérer les innovations possibles, notamment dans l'optique du développement durable.**

Même si le parc des bâtiments devait augmenter environ de moitié d'ici à 2020, la consommation d'énergie des nouvelles constructions ne se monterait qu'à 1/5 de la consommation totale. Ce chiffre continue à diminuer car à l'avenir, il est peu probable que la croissance atteigne de telles proportions. Les raisons qui plaident en faveur d'une croissance plus lente sont les suivantes : la demande d'espace habitable a atteint sa limite supérieure ; les réserves de terrain sont limitées en Suisse, la conjoncture est faible, la croissance démographique ralentit. C'est donc indiscutablement sur les bâtiments existants qu'il faut mettre l'accent puisque ce sont eux qui comportent le plus grand potentiel d'économies d'énergie. **L'assainissement énergétique des bâtiments existants est donc prioritaire.**

Nombre de décideurs et de spécialistes de la construction n'ont pas suivi l'évolution de la science et ignorent la situation. **Le besoin de formation et de recyclage est très grand dans ce domaine.**

Étant donné l'importance de l'aspect énergétique et les lacunes qui subsistent au niveau des connaissances, il faut compenser les réductions consenties ces dernières années dans les dépenses pour RD&D. Il est prévu (voir tableau page 46) d'augmenter de 4,5 millions de francs par année (actuellement) à 10 millions de francs en 2003 les crédits alloués à la recherche, et de 2,1 millions à 5 millions de francs les montants consacrés aux installations pilotes et de démonstration.

### **Grandes options de la recherche 2000 – 2003**

*(La consommation d'électricité dans les bâtiments est traitée au chapitre "Utilisation de l'électricité")*

– à court terme :

- *Bases et instruments de travail (p. ex., informatique) servant à évaluer et à garantir un mode de construction durable en guise d'instrument général de conduite (mots clés : labels, recyclage, écobilans)*
- *Technologies et procédés destinés aux bâtiments à basse énergie et essentiellement en vue d'un assainissement efficace et bon marché des bâtiments existants. Priorité donnée aux :*
  - *mesures d'isolation thermique de l'enveloppe des bâtiments (nouveaux matériaux d'isolation / techniques de montage simples / nouveaux éléments de construction permettant de réduire les ponts thermiques / élimination des contraintes thermiques)*
  - *possibilités d'application de systèmes modernes d'installations techniques des bâtiments, prise en compte des énergies renouvelables lors du remplacement de systèmes de chauffage existants (nouvelles technologies de production de chaleur, ventilation et climatisation / minimisation de la demande de courant des différents composants et sous-systèmes / intégration des énergies renouvelables dans les installations techniques classiques des bâtiments / assurance de la qualité dans les nouveaux systèmes combinés)*

- *Amélioration des méthodes de diagnostic énergétique et mise au point de procédés adéquats, bon marché, d'assurance de la qualité applicables aux bâtiments.*
  - *Développement de systèmes économiques de production d'eau chaude, y compris la récupération de chaleur à partir des eaux usées et critères permettant de choisir dans chaque cas de figure la solution optimale.*
- à moyen et long terme :
- *Systèmes et bases permettant une application à grande échelle de l'isolation thermique transparente (amélioration du confort d'utilisation et abaissement des coûts) et de la réfrigération passive ainsi que de l'utilisation de la lumière naturelle (voir aussi chapitre "Énergie solaire")*
  - *Intégration de la pile à combustible en tant que source de chaleur et de courant dans le secteur du bâtiment*
  - *Prise en compte, dans l'aménagement régional et local du territoire, du développement durable appliqué au bâtiment.*

### **Grandes options du transfert 2000 – 2003**

- *Démonstration*
  - *d'exemples d'assainissements durables de bâtiments (en premier lieu de maisons locatives et d'immeubles de services, avec application simultanée de la ventilation hybride)*
  - *de systèmes de production d'eau chaude énergétiquement optimisés*
  - *de techniques avancées d'isolation de bâtiments*
  - *de systèmes bon marché de ventilation de logements y compris la récupération de chaleur*
- *Amélioration de la formation et des connaissances des spécialistes de la construction ainsi que des concepteurs et des installateurs.*

## **TRANSPORTS**

En Suisse, les transports sont responsables d'environ un tiers de la consommation totale d'énergie finale. 64 % vont au trafic motorisé individuel, 20 % au transport routier de marchandises, 9 % au transport aérien et 6 % aux transports publics. **Si la consommation de carburant du trafic routier privé continue à croître, c'est parce que les kilomètres parcourus sont toujours en augmentation.** En effet, la consommation spécifique du parc de véhicules, c'est-à-dire la consommation moyenne de l'ensemble des véhicules en circulation, a légèrement reculé ces dernières années pour atteindre actuellement 8,8 litres d'essence aux 100 km.

Les possibilités de réaliser des économies spécifiques d'énergie sont nombreuses : dans une catégorie de véhicules, c'est-à-dire pour une grandeur de véhicule, une puissance et une sécurité données ainsi qu'à confort comparable, **il est possible de réduire la consommation spécifique d'énergie d'au moins 40 %.** Si l'on introduisait des véhicules légers dans le trafic de proximité, on pourrait même réaliser des économies de 80 %. Une répartition modale différente (p. ex., augmentation de la part des transports publics dans le transport de personnes) permettrait des réductions supplémentaires.

Les articulations de la recherche dans le domaine des transports découlent donc de deux options prioritaires : **réduire la dépense d'énergie des véhicules en termes de consommation, à la fois spécifique et absolue.** En l'occurrence, la réduction des émissions polluantes et du bruit demeure importante – même si des progrès notables ont déjà été réalisés ces dernières années.

**Les efforts se limitent essentiellement au trafic motorisé individuel. La Suisse dispose d'une importante industrie productrice de composants de véhicules** (systèmes de sécurité et de confort, pièces en fonte, microcontacts, moteurs pas à pas, etc.). Techniquement, les accents de la recherche sont posés de telle sorte que les résultats puissent aussi être appliqués en Suisse, que ce soit dans la livraison de composants améliorés pour des constructeurs étrangers ou dans l'optique des véhicules légers – importants à long terme – où notre pays a sa propre production.

Globalement, les 12,5 millions de francs que les pouvoirs publics consacrent actuellement à la RD&D dans le secteur des transports paraissent suffisants. Cependant, il faudra en modifier la répartition ces prochaines années, afin de favoriser la recherche au détriment des projets pilotes et de démonstration. En effet, il reste à résoudre encore un certain nombre de problèmes techniques que posent divers composants. S'agissant de la mise en application des résultats par le truchement de projets pilotes et de démonstration, on est en droit d'attendre des efforts accrus de la part de l'économie privée. Il s'ensuit que d'ici à 2003, il est prévu d'allouer 7 millions de francs à la recherche et 5 millions aux installations pilotes et de démonstration (contre respectivement 5,6 millions et 6,9 millions, actuellement ; voir le tableau à la page 46).

### **Grandes options de la recherche 2000 – 2003**

*(voir aussi le chapitre "Stockage de l'électricité")*

– à court terme :

- *Amélioration du rendement des moteurs thermiques et réduction des émissions polluantes (voir aussi le chapitre "Combustion")*
- *Poursuite du développement de la technologie hybride*
- *Étude de formes de mobilité modernes : possibilités de combiner transports publics, véhicules légers, location de voiture, car sharing (auto-partage) ; possibilités d'éviter de générer du trafic, questions de coûts et de réceptivité*

– à moyen terme :

- *Réduction du poids des véhicules sans atteinte à la sécurité et au confort (tant pour les véhicules légers que pour les composants de véhicules classiques)*
- *Amélioration des systèmes d'entraînement (véhicules thermiques : moteur, transmission ; véhicules électriques : batteries, chargeurs, électronique de puissance, moteurs)*
- *Récupération de l'énergie électrique (véhicules électriques et hybrides)*

– à long terme :

- *Développement de nouveaux types d'entraînement (p. ex., sur la base des piles à combustible).*

### **Grandes options du transfert 2000 – 2003**

- *Démonstration de composants efficaces de véhicules*
- *Évaluation de l'essai de grande envergure de Mendrisio portant sur les véhicules électriques légers (comportement en matière de mobilité, effets de substitution, etc.), lancement des activités subséquentes*
- *Nouvelles formes d'encouragement apporté aux véhicules légers (location, leasing de batteries, infrastructure de recharge, etc.).*



## STOCKAGE ET TRANSPORT DE L'ÉLECTRICITÉ

### Stockage de l'électricité (sans le stockage chimique)

Le stockage de l'électricité est difficile ; pourtant, avec l'utilisation croissante des énergies renouvelables, il est appelé à prendre une place toujours plus importante. Les possibilités de stockage direct de l'électricité (p. ex., au moyen de systèmes supraconducteurs) sont très limitées ; en général, on est forcé de passer par une autre forme d'énergie. On stocke l'électricité, par exemple, par voie mécanique (sous la forme d'énergie potentielle dans les lacs d'accumulation ou d'air comprimé), par voie cinétique (au moyen de volants d'inertie), par voie électrochimique (p. ex., batteries, piles) ou chimique (combustibles et carburants, par exemple, hydrogène ou méthanol). Il sera question ici uniquement des trois premières formes de stockage de courant électrique ainsi que du stockage direct ; le stockage chimique est étudié dans le cadre de la chimie solaire, et le stockage à l'aide d'agents énergétiques "biologiques" apparaît au chapitre de la biomasse.

Dans notre pays, le stockage centralisé d'électricité est bien représenté grâce aux bassins d'accumulation par pompage des aménagements hydroélectriques. Cependant, le stockage mobile d'énergie (transports) et les applications stationnaires décentralisées nécessitent des formes complémentaires de stockage d'électricité.

**En Suisse, la recherche a atteint un niveau élevé dans les domaines des batteries et des *supercaps* ; la recherche institutionnelle englobe aussi bien des Hautes Écoles que l'IPS ou des entreprises privées. Il faut en définir les grands axes de manière à conserver ce niveau et à l'améliorer encore.** Dans cette optique, il importe d'augmenter les crédits alloués actuellement, en les faisant passer de 2,7 millions à 4 millions de francs en 2003. Compte tenu du fait que les études en laboratoire peuvent déboucher sur diverses pistes de développement, on prévoit d'allouer un peu plus de crédits aux installations pilotes et de démonstration (les 0,2 million de francs par année devraient passer à 1 million de francs).

### ***Grandes options de la recherche 2000 – 2003***

– à court et moyen terme :

- *Amélioration et essais de nouveaux types de batteries et d'accumulateurs (batteries zinc / air et aux ions lithium)*
- *Instruments intelligents de gestion des batteries et accumulateurs, et évaluation de la prolongation de la longévité qui en résulte*
- *Supercondensateurs (pour voitures électriques, à titre d'appoint aux accumulateurs)*

– à moyen terme :

- *Systèmes de stockage visant à optimiser l'utilisation des systèmes de production décentralisés dans le réseau électrique (y compris questions économiques).*

### ***Grandes options du transfert 2000 – 2003***

- *Projets pilotes de nouveaux accumulateurs et de nouveaux systèmes de stockage*
- *Équipement de quelques voitures électriques (taxis, bus) de dispositifs de recharge rapide et essais pratiques.*

## Distribution d'électricité

On estime que 7 % de l'électricité produite en Suisse est utilisée pour le transport et la distribution du courant (y compris la transformation, mais sans la consommation des pompes d'accumulation). **La réduction des pertes à la distribution renferme un important potentiel d'économies. De plus, les lignes à haute tension font de plus en plus fréquemment l'objet de controverses (écologiques). Et, conséquence de la prochaine libéralisation du marché, les surcapacités de la production d'électricité devraient encore croître dans l'espace européen. La question de la distribution du courant prend donc une importance d'autant plus grande, sur le plan tant technique qu'économique ou politique.**

**La supraconduction à haute température pourrait permettre à terme de transporter l'électricité quasiment sans pertes dans certains secteurs.** Mais actuellement, les transformateurs ou les câbles construits à cet effet en sont encore au stade de prototypes. Toutefois, le transformateur à supraconduction mis en service en Suisse en 1997, premier du genre dans le monde, montre que cette technologie pourrait être très prometteuse. Force est cependant d'admettre que les implications économiques sont encore incertaines.

Les moyens techniques directs actuels de réduire les pertes durant le transport sont plutôt limités (la supraconduction à haute température requiert encore des travaux de recherche fondamentale qui ne relèvent pas de la recherche énergétique). De ce fait, dans la perspective de la libéralisation du marché de l'électricité, il faut plutôt s'attacher à chercher des **pistes axées sur les systèmes (p. ex., optimisation et gestion des réseaux)**. Comme on estime que l'économie privée pourrait s'engager davantage dans ce domaine, proposition est faite de réduire les crédits tant pour la recherche que pour les projets pilotes (de 7 millions de francs par an actuellement à 5 millions en 2003). Ajoutons que ce secteur comporte des aspects importants liés au programme "Fondements de l'économie énergétique", lesquels seront donc traités dans un chapitre spécifique.

### ***Grandes options de la recherche et du transfert 2000 – 2003***

– à court et moyen terme :

- *Mesures visant à réduire les pertes dans la distribution de l'électricité (y compris gestion des réseaux et optimisation de l'accès aux réseaux au moyen des tarifications adéquates)*
- *Possibilités techniques et coûts de systèmes alternatifs de distribution*
- *Intégration techniquement et économiquement optimisée de systèmes décentralisés de production et de stockage dans le réseau*

– à long terme :

- *Travaux de recherche orientés sur le système en matière de supraconduction à haute température (y compris leurs implications économiques).*

## **UTILISATION DE L'ÉLECTRICITÉ (APPAREILS)**

Étant universellement utilisable, l'électricité a une importance capitale. Elle couvre 20 % environ de la demande finale d'énergie en Suisse. **On estime à 25 % le potentiel d'économies techniquement réalisable**, mais seule une partie de celui-ci est considérée comme rentable aujourd'hui. Les plus grandes économies possibles résident essentiellement dans les moteurs électriques, les appareils électriques et électroniques (terminaux, y compris distributeurs automatiques) ainsi que dans les réseaux d'information et de télécommunication.

Environ 40 % de l'énergie électrique est utilisée par des **moteurs électriques**. Compte tenu de l'extrême diversité des applications et des formes d'utilisation ainsi que du fait que les moteurs électriques constituent généralement des composants d'appareils et d'installations, la priorité va non seulement aux améliorations générales des rendements, mais encore à la création **d'instruments de planification servant à optimiser les systèmes d'entraînement, y compris leur régulation et leur commande**. Des économies considérables sont possibles en particulier dans les entraînements électriques utilisés dans l'industrie et les arts et métiers (p. ex., par l'emploi d'entraînements intégraux avec commande électronique intégrée).

Les **appareils électriques et électroniques** – parmi lesquels, outre les appareils électroniques ménagers, de bureau et de divertissement, on rangera les distributeurs automatiques (surtout dans le secteur des arts et métiers) et les installations techniques des bâtiments (pompes, ventilateurs, etc.) – se caractérisent souvent par de longues périodes de fonctionnement en état de veille (*stand-by*). Du fait du développement extrêmement rapide des réseaux, ils sont de plus en plus mis en **réseaux d'information et de télécommunication**. Comme la mise en réseau d'entreprises de services est déjà en plein essor, les tendances les plus récentes vont aussi vers la mise en réseau des ménages. Cette évolution est encore renforcée par l'Internet (commerce électronique, *TV-on-demand*, etc.), par l'existence de système avantageux de gestion technique centralisée de maisons et par les besoins croissants de sécurité (sécurité contre l'effraction, surveillance de maisons, etc.). **Presque tous les appareils électriques et électroniques présentent un fort potentiel d'amélioration. Les nouvelles technologies (surtout le divertissement et les composantes de réseaux) devraient donc être conçues d'emblée de manière à être aussi économes en énergie que possible.** Étant donné les puissances parfois modestes des appareils considérés isolément – même s'ils génèrent des consommations d'énergie très élevées sur le plan suisse à cause de leur très grand nombre et de la longue durée de leur fonctionnement – leurs pertes d'énergie n'intéressent a priori ni les constructeurs, ni les utilisateurs.

**Dans le secteur des bâtiments, les questions les plus brûlantes sont, en premier lieu, les installations techniques complexes** (systèmes, y compris leurs interactions), **les composants** (pompes, ventilateurs, etc.) **et l'éclairage**. L'intégration croissante des installations techniques dans les systèmes centralisés de gestion, les réseaux dit *in-house* et les réseaux d'information (en particulier dans les ménages privés) pourraient provoquer une progression soutenue de la consommation de courant.

En vue d'accroître encore considérablement l'efficacité des appareils électriques, il faut sensiblement accentuer la recherche et les activités liées aux installations pilotes et de démonstration même si, en termes absolus, les crédits alloués demeurent modestes (0,7 million de francs en tout et pour tout actuellement, 2 millions de francs par an à l'avenir). Le principal champ d'activité de la Suisse doit être celui dans lequel elle possède sa propre production (p. ex., télécommunications ou appareils électroménagers) ou celui où, en coordination avec des partenaires internationaux, il est possible d'augmenter l'efficacité d'appareils de grandes séries.

### ***Grandes options de la recherche et du transfert 2000 – 2003***

– *à court et moyen terme :*

- *Amélioration de l'efficacité des systèmes d'entraînement électriques, de pompes et de ventilateurs*
- *Optimisation d'appareils gros consommateurs de courant en mode de veille (y compris des procédés de mesure et d'essai)*
- *Optimisation de la consommation des appareils d'information et de (télé)communication, de distributeurs automatiques utilisés dans les arts et métiers (p. ex., dans la restauration, l'hôtellerie et le divertissement) ainsi que des appareils électroménagers*

- *Méthodes et bases permettant de réduire la consommation d'électricité dans les systèmes d'installations techniques des bâtiments (y compris des standards pour les systèmes à faible consommation de courant)*
  - *Augmentation de l'efficacité dans la production de froid et d'eau chaude industriels*
  - *Augmentation de l'efficacité et optimisation de la consommation des systèmes auxiliaires utilisés dans la technologie d'information (p. ex., installations d'alimentation électrique sans coupure et installations de réfrigération) ainsi que dans la climatisation des bâtiments commerciaux*
  - *Démonstration de bâtiments de services optimisés (p. ex., ventilation, climatisation, systèmes d'éclairage, réseaux informatiques)*
- à long terme :
- *Données de base pour des systèmes efficaces de gestion de l'énergie dans des réseaux informatiques.*

## COUPLAGE CHALEUR-FORCE (Y COMPRIS PILES À COMBUSTIBLE)

### Couplage chaleur-force

Les installations à couplage chaleur-force (installations CCF) permettent de produire simultanément de l'électricité ou de l'énergie mécanique et de la chaleur. Sur le plan de l'énergie, elles offrent l'avantage d'une meilleure utilisation de la valeur du combustible (exergie), cela d'autant plus qu'elles récupèrent la chaleur résiduelle générée par la production d'électricité. De ce fait, l'énergie intrinsèque des combustibles est sensiblement mieux exploitée que dans les chaudières classiques ou lors de la production séparée de chaleur et de courant. La combinaison d'installations CCF et de pompes à chaleur (voir au chapitre de la chaleur ambiante) est particulièrement intéressante du point de vue énergétique. **Cependant, en Suisse, le CCF alimenté aux combustibles fossiles doit être combiné avec des pompes à chaleur afin d'éviter d'augmenter la production de CO<sub>2</sub>.** Cette restriction devient évidemment superflue lorsque le CCF est alimenté aux agents renouvelables.

Actuellement, quelque 1'200 GWh (1,2 TWh) de courant sont produits en Suisse à partir d'installations CCF, dont 700 GWh pour la seule industrie (chiffres de 1996). La tendance est à la hausse, d'autant plus que les énergies fossiles sont très bon marché, que, en comparaison internationale, l'électricité demeure plutôt onéreuse pour de nombreux consommateurs (même dans l'industrie) et que l'exploitation d'une installation CCF est actuellement tout à fait rentable, économiquement parlant. **Des estimations montrent que la Suisse recèle un potentiel de production à des conditions plus ou moins économiques qui représente quatre fois environ la production actuelle de courant par CCF.**

On peut considérer aujourd'hui que les installations CCF (aussi appelées centrales à énergie totale équipées, suivant les situations) sont techniquement mûres et éprouvées dans la pratique. **Il reste à résoudre essentiellement certaines questions touchant les émissions polluantes en l'absence de mesures secondaires, le fonctionnement en régime partiel, les petites installations, l'optimisation du fonctionnement et l'emploi de combustibles spéciaux.**

Ces prochaines années, avec des moyens financiers quasiment identiques, il faudra mettre plus encore qu'aujourd'hui l'accent sur la recherche, dont le budget passera de 0,5 million à 2 millions de francs par année, tandis que celui des installations pilotes et de démonstration sera ramené de 2,7 millions à 1 million de francs.

### **Grandes options de la recherche 2000 – 2003**

- *Amélioration de l'efficacité des installations en régime partiel (puissance thermique variable)*
- *Optimisation des systèmes*
- *Méthode de tests rapides / diagnostic des erreurs*
- *Installations CCF avancées en vue d'utiliser la biomasse, le bois et d'autres matières premières régénérables en minimisant les émissions polluantes.*

### **Grandes options du transfert 2000 – 2003**

- *Installations de démonstration à couplage chaleur-force alimentées par la biomasse, en particulier*
- *Lancement de petites installations CCF de plus de 33 % de rendement (en particulier piles à combustible)*
- *Établissement de prescriptions de raccordement uniformes pour les centrales à énergie totale équipées.*

### **Piles à combustible**

La pile à combustible est le moyen le plus direct de transformer de l'énergie chimique en électricité. Cette transformation peut atteindre des rendements de 60 %. Dans ce sens, la pile à combustible utilise de manière optimale les agents énergétiques primaires. La plus répandue est la pile à combustible à hydrogène, mais elle peut aussi fonctionner avec d'autres combustibles, notamment le méthane (gaz naturel) et le méthanol. Cependant, il faut que tous deux soient préalablement reformés (c'est-à-dire qu'il faut en séparer l'hydrogène, avec formation de dioxyde de carbone). Beaucoup de combustibles liquides, en soi adéquats, sont très peu réactifs et nécessitent donc d'être transformés à température élevée dans un convertisseur, ce qui implique des coûts supplémentaires et des pertes d'énergie. Quand bien même les piles à combustible les plus avancées actuellement sont celles qui fonctionnent à l'hydrogène et au gaz naturel, d'autres agents énergétiques gagneront en importance, à terme.

**Les piles à combustible font l'objet de travaux de recherche très poussés partout dans le monde. La Suisse a atteint un niveau élevé dans ce domaine. Hautes Écoles et entreprises sont impliquées dans plusieurs projets internationaux.**

Eu égard à la **grande importance que les piles à combustible pourraient être amenées à prendre dans un avenir proche, que ce soit dans les transports ou le secteur du bâtiment, comme sources de production décentralisée d'électricité**, les crédits qui leur sont alloués vont continuer à augmenter. Les 4 millions de francs octroyés annuellement à la recherche devraient passer à 6 millions en 2003. Parallèlement, il est prévu d'augmenter aussi les fonds consacrés aux projets pilotes et de démonstration, qui passeront ainsi de 0,6 million à 2 millions de francs par an.

### **Grandes options de la recherche 2000 – 2003**

– *à court et moyen terme :*

- *Applications stationnaires : choix et optimisation du procédé de production de piles à combustible au moyen d'électrolytes céramiques (qui sont potentiellement plus économiques et renferment moins d'énergie grise) et optimisation des anodes*
- *Applications mobiles : problèmes de matériaux dus à la prolongation des longévités (cellules à polymères ; catalyseurs, etc.).*

### **Grandes options du transfert 2000 – 2003**

- *Applications mobiles : installation de piles à combustible à hydrogène de quelques kW de puissance sur une dizaine de moyens de transport à propulsion électrique, avec stockage, transformation et traitement du combustible*
- *Applications stationnaires : montage de diverses installations à couplage chaleur-force avec des piles à combustible fonctionnant au gaz naturel et développant une puissance électrique totale d'environ 5 MW.*

## **COMBUSTION**

Avec une part d'environ 85 %, les combustibles fossiles continuent à dominer la production mondiale d'énergie primaire. Il existe, certes, de grandes différences régionales, mais globalement, la situation ne connaîtra pas de changement notable, ni sur le marché de la chaleur ni sur celui des transports. La combustion d'agents fossiles est la première cause de la pollution de l'air due à l'homme et, surtout, de l'augmentation de la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, avec des effets présumés sur le climat.

**Mieux connaître les processus de combustion appliqués dans les technologies classiques peut aider à abaisser les consommations spécifiques d'énergie et à réduire les émissions polluantes.** Mais une **meilleure utilisation de la chaleur produite** (p. ex., par des systèmes à deux étages, comme c'est le cas dans la technologie des turbines à gaz et à vapeur) permet aussi d'abaisser la consommation et, partant, les émissions de CO<sub>2</sub>. **L'emploi de nouveaux combustibles** (p. ex., déchets, méthanol ou hydrogène) y contribue, **mais pose de nouveaux défis techniques** (p. ex., adaptations des procédés). **Il ne fait pas de doute cependant que ces nouveaux combustibles prendront beaucoup d'importance dans la réalisation de cycles énergétiques et de matières répondant aux critères du développement durable.**

**La recherche et l'industrie suisses ont acquis des compétences internationalement reconnues dans le domaine de la combustion.** Récemment, par exemple, elles ont mis au point une installation de démonstration, première du genre dans le monde, comportant des moteurs diesel et des moteurs à gaz avec des émissions minimales et pour un rendement maximal. Elles ont acquis un savoir-faire spécifique dans les méthodes de calcul numériques, dans les procédés de mesure au laser, dans l'analyse des polluants, dans la construction de brûleurs *low-nox* fonctionnant au pétrole et au gaz naturel, de turbines à gaz et d'installations de combustion à lit fluidisé pour le bois, les déchets et l'huile lourde ainsi que dans l'optimisation de systèmes globaux sous l'angle des atteintes à l'environnement et du rendement. **Il importe de préserver ces compétences et de continuer à les développer en participant à des travaux menés par la communauté internationale.**

En premier lieu, les travaux de recherche doivent viser à augmenter les rendements totaux et à réduire les émissions polluantes. Pour cela, **il faut mettre l'accent sur de nouvelles technologies de combustion** ; au stade du transfert technologique, qu'il s'agit de continuer à intensifier, il faut démontrer que les résultats de la recherche sont réellement applicables dans la pratique.

Actuellement, 14 millions de francs par année sont alloués à la recherche, au développement et aux installations pilotes et de démonstration dans le domaine de la combustion. Il faut maintenir ce niveau, surtout parce que la Suisse possède dans ce domaine une capacité de production d'une grande efficacité, en comparaison internationale. Cependant, il faudrait davantage orienter l'utilisation des fonds vers le transfert : d'ici en 2003, le financement de projets pilotes et de démonstration devrait passer de 0,8 million à 3 millions de francs par an.

### **Grandes options de la recherche 2000 – 2003**

– à court et moyen terme :

- Combustion turbulente à hautes pressions (stationnaire et non stationnaire)
- Combustion (à plusieurs étages)
- Combustion de nouveaux combustibles (spécialement dans les moteurs)
- Réduction des émissions polluantes et traitement des résidus.

### **Grandes options du transfert 2000 – 2003**

- Démonstration des applications pratiques des résultats de la recherche en collaboration ciblée avec l'industrie
- Élaboration de composants novateurs (élaboration de mélanges, traitement subséquent des gaz d'échappement), développement de techniques instrumentales de mesures et d'outils de simulation directement applicables dans le développement industriel.

## **PROCÉDÉS (Y COMPRIS REJETS DE CHALEUR)**

De nombreux **procédés thermiques de production** utilisés dans l'industrie, les arts et métiers, parfois aussi dans les services et l'agriculture, offrent encore de considérables potentiels techniques d'économies. **Des estimations montrent que des moyens techniques et des investissements supportables permettraient de réduire d'un quart en moyenne la consommation d'énergie** (ce potentiel peut être quasiment négligeable dans certains cas de figure, et de l'ordre de 100 % dans d'autres domaines). La **récupération de chaleur** se place au premier rang des mesures envisageables. Mais une **meilleure intégration des procédés** (grâce à un couplage optimisé de différentes sources et puits d'énergie) et/ou une **meilleure régulation** des installations peuvent contribuer à une réduction très sensible de la consommation d'énergie. De plus, dans certains cas, des **procédés entièrement nouveaux** (p. ex., dans le domaine du séchage : le séchage aux micro-ondes comparativement au séchage classique par convection) peuvent également réduire fortement la dépense d'énergie. Cependant, un principe prévaut dans la plupart de ces cas : si elles ne touchent que l'énergie, les mesures à mettre en œuvre ont peu de chance d'être rentables, à cause des prix actuels de l'énergie. En effet, se pose aussi la question de savoir quels sont les critères de rentabilité déterminants si l'on considère d'autres aspects comme, par exemple, la baisse de la pollution de l'environnement, une meilleure gestion de l'exploitation, la possible exemption des entreprises de réglementations très détaillées, etc.

Si l'on tente d'utiliser plus rationnellement l'énergie consommée par des procédés classiques, bien connus, il n'est pas nécessaire d'en passer par de grands travaux de recherche. **En revanche, s'il s'agit de conceptions technologiques entièrement nouvelles devant se substituer aux procédés actuels, il faut compter avec une recherche et un développement relativement importants.** Dans l'industrie alimentaire et celle du papier, mais aussi dans la chimie et la métallurgie, il existe pour des procédés bien définis des solutions susceptibles de réduire considérablement la consommation d'énergie et/ou les atteintes à l'environnement liées aux flux de matériaux. Les technologies multisecteurs dites "transversales", qui ne sont pas liées à des conditions d'application spécifiques à des branches, mais qui peuvent être utilisées de manière générale (par exemple, moteurs avancés, membranes, séchage sans air, mesures tribologiques), revêtent un intérêt tout particulier.

En principe, on admet que la grande partie de la recherche à vocation technique doit être assumée par l'industrie elle-même. En effet, plus les efforts d'économies d'énergie sont axés vers des procédés bien précis, moins il sera aisé de transférer à d'autres applications les enseignements que l'on peut en tirer. Or ce transfert est une condition préalable importante pour la recherche énergétique financée par les pouvoirs publics. **Par conséquent, l'encouragement qu'ils proposent doit se concentrer plutôt sur les procédés à caractère universel ou d'optimisation, en particulier sur les technologies multisecteurs (dont la récupération de la chaleur fait largement partie aussi.)** Les fonds consacrés globalement à ce domaine doivent être maintenus au niveau des 4 millions de francs annuels alloués actuellement, mais il s'agira de soutenir davantage les installations pilotes et de démonstration, en augmentant à 1 million de francs d'ici 2003 les montants qui leur sont consacrés (soit deux fois les crédits alloués actuellement).

### ***Grandes options de la recherche et du transfert 2000 – 2003***

– à court terme :

- *Identification des technologies transversales importantes pour la Suisse, et analyse de la recherche nécessaire*
- *Estimation du potentiel de la récupération de chaleur à l'aide de technologies classiques et novatrices*
- *Étude de l'influence, sur la consommation d'énergie, de nouvelles technologies de production (p. ex., automation, robotisation, high speed cutting) et de contrôle des procédés*
- *Critères de rentabilité élargis (coûts externes, amélioration de la gestion d'entreprise, exemption de réglementations détaillées, etc.)*
- *Modification des flux d'énergie et de matière en vue de réduire la consommation d'énergie et la pollution de l'environnement (optimisation de procédés existants et développement de procédés nouveaux, perfectionnement des méthodes d'intégration de procédés et application à des projets pilotes).*

## **5.2 ÉNERGIES RENOUVELABLES**

À l'instar de l'utilisation rationnelle de l'énergie aujourd'hui, **les énergies renouvelables auront un rôle important à jouer demain dans la sécurité d'un approvisionnement énergétique durable.** Très souvent, les coûts de ces énergies sont beaucoup plus élevés que ceux des énergies classiques. Mais si l'on tient compte désormais des coûts externes (atteintes à l'environnement), les rapports auront tendance à se modifier en leur faveur. Cela, surtout si l'on prend en compte la sécurité de l'approvisionnement, car les énergies renouvelables sont aussi des énergies indigènes.

**L'industrie suisse est bien équipée pour produire la plupart des installations servant à exploiter les énergies renouvelables, et des perspectives d'exportations s'ouvrent pour bien des produits.** Les domaines de recherche prioritaires pour la Suisse sont les suivants : énergie solaire, chaleur ambiante (pompes à chaleur), biomasse, géothermie, énergie éolienne et force hydraulique. Étant donné l'importance future des énergies renouvelables, il est indiqué d'octroyer à la recherche des moyens substantiels et de les accroître légèrement, en les faisant passer des 63 millions actuels à 70 millions de francs par an en 2003. Cette augmentation devrait essentiellement couvrir les dépenses consenties pour les installations pilotes et de démonstration (lesquelles passeront de 15 millions à 19 millions de francs).



## ÉNERGIE SOLAIRE

Dans l'utilisation de l'énergie solaire, on distingue trois volets : la chaleur solaire, la photovoltaïque et la chimie solaire (y compris l'hydrogène).

### Chaleur solaire

Par utilisation "active" de la chaleur solaire, on entend la production de chaleur au moyen de capteurs solaires, l'utilisation "passive" étant l'absorption de l'énergie solaire par le bâtiment lui-même. L'énergie solaire passive concerne donc en particulier l'architecture du bâtiment ; l'utilisation de la lumière naturelle en fait partie.

Globalement, les capteurs solaires installés aujourd'hui (fin de 1997) en Suisse ont une puissance thermique supérieure à 260 MW et produisent plus de 120 millions de kWh (120 GWh) par année. L'apport de l'utilisation passive de l'énergie solaire est difficile à chiffrer même s'il est important (puisque même au Jungfrauoch, cette énergie couvre environ 20 % de la demande annuelle de chauffage).

**On commercialise d'ores et déjà des systèmes techniquement au point**, p. ex., des installations de production d'eau chaude avec ou sans chauffage d'appoint. **Toutefois, les coûts de revient sont encore trop élevés en regard de la production de chaleur par des agents fossiles** ; ils varient entre 25 et 35 centimes par kWh dans le cas des capteurs plans (contre 5 à 15 centimes par kWh pour la production classique). On peut affirmer que les systèmes sont proches de leur seuil de rentabilité lorsqu'ils peuvent fonctionner dans de bonnes conditions. Parfois cette rentabilité est même déjà atteinte par les capteurs non vitrés (p. ex., pour les piscines ou le séchage du foin). En général, il est également possible de mettre en œuvre des mesures bon marché d'utilisation passive de l'énergie solaire.

L'offre d'énergie solaire et la demande de chauffage et d'eau chaude sont rarement synchronisées dans le temps. Il se pose donc la question des **possibilités techniques et économiques de stocker cette énergie, soit de manière saisonnière, pendant quelques mois, soit en vue d'assurer la transition durant une période de mauvais temps.**

**La Suisse a atteint un niveau de connaissances élevé, internationalement reconnu, dans l'utilisation tant active que passive de l'énergie solaire. Il faut sauvegarder et développer ce niveau de connaissances et d'applications**, en intensifiant les efforts sur le plan du transfert des résultats. Dans cette optique, il est prévu d'augmenter les crédits globaux de 10,4 millions à 12 millions de francs par année.

### ***Grandes options de la recherche 2000 – 2003***

*(utilisation passive : voir aussi le chapitre "Bâtiment")*

– à court terme :

- *Amélioration des matériaux et de l'intégration des installations dans des systèmes d'utilisation active et passive de l'énergie solaire pour des maisons d'habitation (utilisation passive en particulier dans les locatifs)*
- *Optimisation globale (exploitation d'effets de synergie) : économies d'énergie et utilisation active et passive de l'énergie solaire afin que des systèmes atteignent leur seuil de rentabilité d'ici dix ans.*
- *Élévation de l'efficacité des systèmes et réduction des coûts du stockage saisonnier de chaleur*

- *Stockage de chaleur dans des réservoirs à eau : optimisation de la formation des couches isothermiques*
  - *Couverture de la totalité de la demande thermique (chauffage et eau chaude) d'un bâtiment par l'énergie solaire (pas de chaudière d'appoint en sous-sol)*
  - *Développement de nouvelles façades solaires permettant de récupérer simultanément ou alternativement de la lumière, de la chaleur et du courant (sans négliger l'esthétique)*
- à moyen et long terme :
- *Amélioration de la régulation des installations thermosolaires afin d'en augmenter l'efficacité exergetique*
  - *Utilisation de l'énergie solaire dans les villages et les villes (aménagement du territoire).*

### **Grandes options du transfert 2000 – 2003**

- *Programmes de simulation de l'utilisation active de l'énergie solaire à l'intention des concepteurs (avec données météorologiques)*
- *Assurance de la qualité des installations thermosolaires : test et certification*
- *Assainissement de bâtiments publics et de halles industrielles*
- *Information : manuel d'architecture solaire, modules de cours de formation universitaire, outils informatiques utilisables dans la pratique*
- *Réalisation de projets pilotes et de démonstration de l'utilisation active et passive du solaire : notamment pour le stockage de la chaleur.*

### **Photovoltaïque**

La technologie de production de courant au moyen de cellules photovoltaïques a atteint en Suisse un niveau remarquable. Cela vaut tant pour la recherche et le développement que pour le transfert et les applications. Les systèmes photovoltaïques sont techniquement mûrs et produisent de l'électricité de manière tout à fait fiable. À la fin de 1997, on recensait dans notre pays des installations photovoltaïques déployant une puissance globale de plus de 10 MWp et produisant environ 8 millions de kWh (8 GWh) par année. **Le principal frein à la généralisation de cette application demeure son coût de revient très élevé** : en moyenne, il faut compter plus d'un franc par kWh. On comprend dès lors qu'il faille abaisser drastiquement ce coût dans un avenir proche, l'objectif étant d'atteindre 50 ct./kWh en 2003.

Les cellules et les modules absorbent environ 50 % des coûts de revient du courant solaire. **Il s'agit donc, d'une part, de réduire leurs coûts de production et d'augmenter leurs rendements.** Dans cette perspective, les cellules à couches minces seront appelées à prendre une grande importance dans un avenir relativement proche. **D'autre part, pour continuer à réduire les coûts, il faudra encore simplifier et standardiser la technique des systèmes électriques. Par ailleurs, on accroîtra la disponibilité et la diversité des produits industriels permettant d'intégrer les cellules photovoltaïques dans les bâtiments.**

**La Suisse occupe une position de leader dans de nombreux secteurs de la recherche en photovoltaïque** (notamment dans les cellules à couches minces de silicium et celles à colorant, et dans l'intégration dans les bâtiments). Eu égard à cette situation favorable et compte tenu du grand potentiel de la photovoltaïque, la recherche mérite d'être encore intensifiée. Il est donc proposé de faire passer les fonds de 15,5 millions à 18 millions de francs par an en 2003 ; il faudra également augmenter quelque peu les fonds alloués aux installations pilotes et de démonstration (à environ 4 millions de francs par an).

### **Grandes options de la recherche 2000 – 2003**

– à court et moyen terme :

- *Optimisation des spécifications et des procédés de fabrication des cellules à couches minces sur la base de silicium, compte tenu en particulier des questions de coûts et de transfert à une échelle technico-industrielle*
- *Technologies de cellules pour systèmes énergétiques hybrides avec identification d'options importantes sur le plan des matériaux*
- *Composants et systèmes bon marché et standardisés pour l'intégration des cellules dans les bâtiments (y compris les combinaisons de matériaux et les procédés de laminage)*
- *Essais de longue durée sur des composants (en particulier des modules) et des systèmes notamment dans l'optique des processus de vieillissement*
- *Systèmes de surveillance simples et standardisés*
- *Composants électriques à fonctions intégrées (sécurité et traitement des données).*

### **Grandes options du transfert 2000 – 2003**

- *Procédés pilotes de production de cellules photovoltaïques sur la base de silicium (options : couche mince, procédé d'étirement de bandes) ; surface minimale 30 cm sur 30 cm*
- *Nouveaux procédés industriels (laminage) et solutions intégrées (systèmes pour toitures ou façades) pour le bâtiment*
- *Solutions standard bon marché pour installations et composants*
- *Exploitation d'installations photovoltaïques à caractère novateur élevé (y compris systèmes hybrides)*
- *Campagnes de mesures spécifiques dans l'optique de l'assurance de la qualité.*

### **Chimie solaire (y compris l'hydrogène)**

La chimie solaire s'intéresse à la production de matériaux de base au moyen de procédés photochimiques et thermochimiques dans lesquels une partie prépondérante de l'apport énergétique provient du soleil. Ces procédés peuvent s'opérer à température ambiante et/ou à des températures ou des concentrations de lumière très élevées. On peut citer, par exemple, la dissociation photochimique de l'eau, la calcination de minerais ou la cuisson du ciment. Ces procédés se situent encore partiellement au stade de la recherche fondamentale, **mais pourraient prendre de l'importance à long terme dans l'approvisionnement en énergie, car ils sont susceptibles de se substituer à de grandes quantités de combustibles fossiles ou d'électricité ; par ailleurs, ils pourraient permettre de fermer différents cycles de matières. On pense en particulier à la fixation (solaire) du CO<sub>2</sub> dans des substances chimiques de base utilisables à l'échelon industriel.**

La chimie solaire englobe, outre la production d'hydrogène, toutes les autres activités liées à l'hydrogène, telles que stockage, distribution, nouvelles applications.

Même si la chimie solaire est, plus que les autres domaines de la recherche en énergie solaire, considérée comme une recherche fondamentale, la Suisse doit y rester active. L'IPPS, notamment, y a acquis une excellente renommée au-delà des frontières de notre pays. Il faut que les crédits alloués à ce secteur pour la recherche restent stables (environ 14 millions de francs) et qu'ils augmentent (de 0,3 million actuellement à 2 millions de francs), s'agissant des installations pilotes et de démonstration.

## **Grandes options de la recherche et du transfert 2000 – 2003**

– à court et moyen terme :

- *Dissociation thermosolaire de l'eau et préparation d'hydrogène (par le cycle oxyde de zinc / zinc)*
- *Nouveaux accumulateurs (ou matériaux de stockage) d'hydrogène (p. ex., nanotubes)*
- *Nouveaux systèmes de distribution et d'utilisation de l'hydrogène (nouvelles applications techniques et nouveaux procédés, y compris leurs aspects économiques)*
- *Incorporation (solaire) de CO<sub>2</sub> dans des substances chimiques de base à application industrielle*
- *Immobilisation (à haute température) assistée par procédés thermosolaires de composés métalliques et de métaux toxiques (p. ex., dans des matrices céramiques)*
- *Procédés thermosolaires (à basse température) de séchage de produits alimentaires*
- *Calcination thermosolaire de matériaux calcaires comme procédé partiel dans la production de ciment (aspects techniques et économiques)*

– à long terme :

- *Centrale solaire fonctionnant 24 heures sur 24 sur la base d'un cycle ammoniac / hydrogène / azote*
- *Systèmes énergétiques et de matières premières durables reposant sur la combinaison de diverses formes et techniques énergétiques (exemples : hydrogène / biométhanol / bois utilisé comme élément de construction et comme agent énergétique / pile à combustible / carburants).*

## **CHALEUR AMBIANTE (POMPES À CHALEUR)**

La moitié environ de l'énergie consommée en Suisse est utilisée pour le chauffage et la préparation d'eau chaude. Dans ces domaines, on est bien loin d'exploiter efficacement l'énergie primaire comme le permettraient les techniques actuelles. L'emploi de pompes à chaleur permettrait de réduire très sensiblement les émissions de CO<sub>2</sub> et la consommation de combustibles fossiles, même si le courant nécessaire au fonctionnement des pompes devait être produit au moyen d'agents fossiles. **En combinant de manière optimale une centrale à énergie totale équipée (voir le chapitre consacré au couplage chaleur-force) et une pompe à chaleur électrique, on parviendrait, aujourd'hui déjà, à réaliser des économies de 30 à 45 % par rapport aux chaudières actuelles à mazout ou à gaz.**

Maintenant que la pompe à chaleur occupe une part de marché de 40 % environ dans les villas neuves (avec une proportion croissante de sondes géothermiques en guise de source de chaleur, voir aussi les commentaires relatifs à la géothermie), **il faut que la recherche se concentre en priorité sur le développement d'une pompe à chaleur efficace et bon marché, destinée au marché de la rénovation.** Comparée aux pompes à chaleur actuelles, elle doit atteindre un coefficient de performance (COP) plus élevé pour des volumes d'accumulation plus faibles, fonctionner à des températures de départ pouvant s'élever à 60 °C, utiliser des caloporteurs aussi naturels que possible et être bon marché grâce à une structure modulaire, à un développement coordonné et à une production en série.

**Pour que la pompe à chaleur avance encore sur la voie du succès, et surtout pour pouvoir pénétrer sur le marché de la rénovation grâce à de nouveaux produits développés en Suisse, il faut**

**intensifier drastiquement la recherche et le transfert des résultats** : par conséquent, il convient d'augmenter les crédits alloués en les faisant passer de 3,7 millions à 7 millions de francs par an. Plus de la moitié des crédits supplémentaires devront en outre être consacrés aux projets pilotes et de démonstration.

### **Grandes options de la recherche 2000 – 2003**

– à court et moyen terme :

- *Bases nécessaires à la Swiss Retrofit Heat Pump (nouveaux procédés en boucle, composants à faible volume de la phase liquide en opération, régulation intelligente, système de sécurité pour caloporteurs naturels, mesures de simplification en vue de réduire les coûts, etc.)*
- *Test dynamique de pompes à chaleur en vue d'enregistrer leurs réductions de puissance et l'abaissement de leur COP en fonctionnement intermittent*
- *Optimisation de systèmes et dimensionnement d'installations globales : tests rapides destinée à accroître l'efficacité et la sécurité d'exploitation de systèmes de chauffage*

– à long terme :

- *Amélioration d'évaporateurs et de condenseurs (réduction des températures moyennes et du volume de la phase liquide en opération, optimisation de la puissance de refoulement de la saumure et du ventilateur ainsi que du processus de dégivrage)*
- *Nouvelle technologie d'application du CO<sub>2</sub> comme caloporteur naturel*
- *Pompe à chaleur à diffusion/absorption de puissance plus élevée.*

### **Grandes options du transfert 2000 – 2003**

- *Réalisation du potentiel d'amélioration de l'efficacité à tous les niveaux de puissance*
- *Approche de la fabrication en série de la Swiss Retrofit Heat Pump*
- *Simplification des procédures d'autorisation pour le captage des sources de chaleur.*

## **BIOMASSE (BOIS, DÉCHETS, RESSOURCES RÉGÉNÉRESCENTES)**

Bon an mal an, la biomasse permet de produire quelque **6'000** millions de kWh (6 TWh) d'énergie, dont 90 % à partir du **bois** ; **la production effective de bois d'énergie permettrait d'en doubler l'utilisation** (environ 10 TWh). Aujourd'hui, 2 TWh sont obtenus à partir des **déchets organiques liquides et solides provenant de tous les secteurs de consommation et à partir de ressources régénérables**. **Mais le potentiel serait environ dix fois plus grand**. Les techniques de production d'énergie à partir de la biomasse sont bien connues et elles fonctionnent. **Cependant, des questions subsistent, notamment en ce qui concerne la fermentation et la gazéification des déchets organiques. De plus, la combustion soulève encore des problèmes de pollution de l'air (par exemple, dans le cas du bois).**

Les crédits injectés actuellement dans la recherche sont tout juste suffisants pour élucider ces questions. Il est donc important, ces prochaines années, de maintenir au moins le budget général, de l'ordre de 10 millions de francs, dont 3 millions devraient être réservés aux installations pilotes et de démonstration.

### **Grandes options de la recherche 2000 – 2003**

– à court et moyen terme :

- *Technique de combustion du bois, optimisation de la chambre de combustion, réduction des oxydes d'azote*
- *Technique de lutte contre la pollution de l'air dans la combustion du bois : séparation efficace des particules à titre de mesure primaire ou secondaire*
- *Gazéification du bois en vue de produire de l'électricité et de la chaleur, et comparaison avec d'autres procédés*
- *Fermentation des déchets organiques et des eaux usées de toutes provenances*
- *Carburants tirés de l'herbe, du foin produit par l'entretien du paysage, des semences d'oléagineux, etc.*

### **Grandes options du transfert 2000 – 2003**

- *Possibilités techniques d'abaisser le coût des installations*
- *Assurance de la qualité des installations de combustion à bois*
- *Exploitation d'une installation pilote de gazéification de bois et de déchets de bois*
- *Exploitation d'une installation pilote de combustion de la biomasse agricole (herbe, engrais naturel, etc.)*
- *Programme de construction en régie de certains éléments d'installations agricoles à biogaz.*

## **GÉOTHERMIE**

En 1997, l'ensemble des installations géothermiques du pays ont produit 387 GWh, dont 75 % proviennent des sondes géothermiques, 10 % de la nappe phréatique et 8 % des capteurs terrestres horizontaux. Le reste se répartit entre les forages profonds, les pieux énergétiques, les eaux de tunnels et les sondes géothermiques profondes. ***A priori, le potentiel géothermique suffirait à couvrir une grande partie de la demande de chaleur de la Suisse.***

Jusqu'à présent, la géothermie suisse s'est concentrée essentiellement sur les faibles profondeurs, en particulier sur les sondes géothermiques, sortes d'échangeurs de chaleur verticaux plongeant à une profondeur de 100 à 200 mètres et fonctionnant en combinaison avec des pompes à chaleur. Ces systèmes sont surtout utilisés dans les villas familiales. Mais quelques sondes sont déjà en service, qui atteignent des profondeurs supérieures à 1'500 mètres. Les sondes géothermiques peuvent être considérées comme techniquement achevées.

Plusieurs pays bénéficiant de conditions naturelles favorables exploitent l'eau chaude provenant des grandes profondeurs pour produire (de manière combinée) de la chaleur et du courant électrique. **La Suisse doit elle aussi faire un pas dans cette direction, par le truchement du procédé dit *hot-dry-rock* (ouvertures de fissures à plusieurs milliers de mètres de profondeur dans les couches rocheuses sèches afin de chauffer l'eau froide qui y est injectée). D'autres travaux porteront sur l'amélioration des sondes géothermiques profondes et des conditions d'utilisation des pieux énergétiques.**

Les questions centrales que soulève l'utilisation de la géothermie par les technologies *hot-dry-rock* ne sont pas encore résolues de manière satisfaisante. La nature de ces questions et les projets pilotes et de démonstration prévus justifient le maintien du niveau actuel des crédits.

### **Grandes options de la recherche et du transfert 2000 – 2003**

– à court et moyen terme :

- *Technologie hot-dry-rock : modélisation de l'échange de chaleur dans le sous-sol*
- *Amélioration de la rentabilité des installations à sondes géothermiques par la réduction du coût des technologies de forage et la simplification de la méthode d'installation des sondes profondes (jusqu'à environ 500 mètres)*
- *Étude de l'influence des variations de la température sur le frottement auquel est soumise l'enveloppe des pieux énergétiques*
- *Réalisation effective de projets d'utilisation d'eaux chaudes de tunnels et de forage profonds désaffectés*
- *Études visant à déterminer un site optimal susceptible pour une installation pilote et de démonstration hot-dry-rock en Suisse.*

## **ÉNERGIE ÉOLIENNE**

Il existe dans le monde, essentiellement dans les pays côtiers, des milliers de champs d'éoliennes produisant de l'électricité. Actuellement (début 1999), la Suisse compte 14 installations totalisant plus de 2,8 MW de puissance installée et produisant environ 2,7 GWh par an. **On a calculé que le potentiel global est de l'ordre de 1'600 GWh (environ 3,5 % de la consommation actuelle de courant) pour l'ensemble du pays.** Mais l'énergie éolienne étant mal acceptée par la population, seule l'exploitation d'une partie de ce potentiel – notamment au moyen de petits champs d'éoliennes (3 à 10 installations) – entre en ligne de compte. Comme au surplus, les petites éoliennes de quelques centaines de kW de puissance sont considérées comme techniquement fiables, **la recherche technique peut se borner à leur mise en application dans quelques niches du secteur de l'électronique.** Par conséquent, il est acceptable de réduire les crédits de 1,5 million à 1 million de francs par an et de les affecter au premier chef à la promotion de projets pilotes et de démonstration.

### **Grandes options de la recherche et du transfert 2000 – 2003**

– à court et moyen terme :

- *Études de sites et développement de projets en région de montagne dans des conditions climatiques difficiles (modélisation, saisie de données de mesure dans des conditions de grand froid)*
- *Soutien de projets isolés visant des produits destinés à des niches du marché, tels qu'anémomètre non givrant, électronique de puissance optimisée, etc.*
- *Analyse des problèmes de perception spécifiques de l'énergie éolienne.*

## **FORCE HYDRAULIQUE**

Les petits et très petits aménagements hydroélectriques ont une grande tradition en Suisse. Les registres des droits d'eau, par exemple, recensaient quelque 7'000 installations de 10 MW ou moins en 1914. Plus de 90 % de ces ouvrages – roues à eau ou petites turbines – avaient une puissance inférieure à 300 kW. À cause de la concurrence des grands aménagements produisant à meilleur compte, des moteurs à combustion d'un usage plus facile et, surtout, à cause des impératifs écologiques (débits résiduels, échelles à poissons), il s'est produit un phénomène d'élimination. En 1985, la Suisse comptait encore un millier de ces ouvrages. Depuis que la Confédération

a décidé de soutenir les petits aménagements hydroélectriques en 1992, cette tendance s'est inversée : actuellement, chaque année, on dénombre plus d'une douzaine de petits aménagements mis ou remis en service après une longue interruption.

**On peut attendre que ce soit davantage l'économie privée qui assume dans le futur la recherche et le développement que nécessite encore l'utilisation de la force hydraulique.** Ainsi les pouvoirs publics peuvent réduire sensiblement les crédits alloués. Il est prévu de les ramener de 5,7 millions à 2 millions de francs par année. Cette compression ne doit cependant se faire qu'au détriment de la recherche. Les installations pilotes et de démonstration doivent continuer à être soutenues à raison de 1 million de francs par an.

### ***Grandes options de la recherche et du transfert 2000 – 2003***

– à court et moyen terme :

- *Constructions compactes et standardisées de très petits aménagements hydroélectriques (en vue d'en réduire les coûts)*
- *Analyse d'un échantillon d'installations pilotes et de démonstration (y compris leur évaluation économique et écologique), en particulier dans le domaine des faibles hauteurs de chute*
- *Soutien à des solutions novatrices (en particulier s'agissant de constructions compactes et simples).*

## **5.3 ÉNERGIE NUCLÉAIRE**

### **FISSION NUCLÉAIRE**

**Avec un apport de quelque 40 % à l'approvisionnement électrique du pays, les centrales nucléaires en sont un des principaux piliers, à côté des aménagements hydroélectriques.** On relèvera qu'ainsi, la production suisse d'électricité est largement exempte de CO<sub>2</sub> et qu'à l'heure actuelle, il n'existe aucune autre possibilité économique de remplacer l'apport du nucléaire par d'autres technologies sans augmenter massivement ces émissions. Par ailleurs, l'utilisation de l'énergie nucléaire est justifiée si l'on parvient à maintenir le niveau de sécurité élevé atteint à ce jour et à accélérer la gestion des déchets radioactifs. **La recherche sur la sécurité reste donc un important critère de la poursuite de l'exploitation des centrales nucléaires.** L'incitation à réduire encore les risques du nucléaire doit cependant aussi être renforcée par une reconfiguration du dispositif de la responsabilité civile. De plus, le stockage des déchets radioactifs à longue durée de vie recèle des problèmes techniques et politiques ardues.

**La recherche en matière d'énergie nucléaire est également nécessaire pour donner à la Suisse les compétences requises dans ce domaine et pour les maintenir à un niveau élevé.** En effet, indépendamment du destin du nucléaire à plus ou moins long terme (poursuite, extension ou abandon de son exploitation), cette compétence est absolument indispensable pour de simples questions de sécurité. De plus, force est de rappeler ici les applications non énergétiques des sciences nucléaires, que ce soit en médecine, dans d'autres branches de la recherche ou dans l'industrie.

Il est cependant admissible que l'on continue à réduire les crédits publics consacrés à ce secteur : il faut en effet que **l'économie privée assume davantage** notamment la recherche sur la gestion des déchets, mais aussi le perfectionnement des systèmes de réacteurs (y compris les cycles du



combustible) et certains éléments de la recherche sur la sécurité. C'est seulement ainsi que, en payant leur électricité, les consommateurs assumeront les coûts des mesures de sécurité et de la gestion des déchets (vérité des prix). Les 30,6 millions de francs de crédits alloués globalement à ce domaine devront être progressivement ramenés à 21 millions d'ici à 2003. Cependant, ces réductions proposées vont être inégalement réparties entre les trois secteurs ci-après (recherche en matière de sécurité, déchets radioactifs et recherche prospective).

### **Recherche en matière de sécurité (y compris la recherche réglementaire)**

Dans la recherche sur la sécurité des réacteurs, il faut distinguer entre la recherche technico-scientifique et la recherche réglementaire, quand bien même la frontière entre ces deux secteurs est parfois mouvante. La première est consacrée à l'acquisition de nouvelles connaissances techniques et à leur application. La seconde a pour but de fournir aux autorités de sécurité les bases d'évaluation et les fondements nécessaires pour qu'elles puissent soumettre à un examen et à une appréciation neutres les mesures de sécurité mises en œuvre, en se référant à l'état de la science et de la technique reconnu dans le monde entier. Eu égard à l'âge que prennent les installations nucléaires, **il importe de veiller en particulier aux mécanismes de vieillissement.**

En dépit du niveau de sécurité élevé des centrales nucléaires suisses et des vastes connaissances acquises à ce jour, il serait faux de réduire arbitrairement les crédits de recherche alloués à ce secteur. **En effet, une telle réduction ne doit pas aboutir à ce que le personnel spécialisé et la qualité du travail diminuent jusqu'à ne plus atteindre la "masse critique" requise.** Il est cependant acceptable que les crédits publics soient ramenés des 18,8 millions de francs par an, actuellement, à 15 millions en 2003. Mais il n'est pas recommandé de réduire davantage ces crédits, à cause des motifs exposés.

### ***Grandes options de la recherche 2000 – 2003***

– à court et moyen terme :

- *Recherche sur les matériaux (mécanique structurelle et de rupture, mécanismes de vieillissement, chimie de l'eau de refroidissement, phénomènes de corrosion induits par l'environnement et le rayonnement)*
- *Comportement des centrales nucléaires suisses en cas d'incidents d'exploitation et d'accidents de référence*
- *Optimisation du cycle du combustible des réacteurs à l'eau légère (taux de combustion nucléaire élevé, MOX)*
- *Analyse d'accidents dépassant l'accident de référence, étude de phénomènes isolés importants (chimie de l'iode et physique des aérosols)*
- *Analyses des accidents et des risques (avec prise en compte spéciale de l'erreur humaine)*
- *« Risk informed regulation »*
- *Protection contre la radiation (transport et accumulation de substances radioactives dans le circuit de refroidissement, radioanalytique, dosimétrie)*
- *Culture de sûreté.*

### **Déchets radioactifs**

La gestion des matériaux radioactifs touche en premier lieu les déchets que génère l'utilisation de l'énergie nucléaire, mais également ceux qui sont issus de la médecine, de la recherche et de l'industrie. La planification, la construction et, enfin, l'exploitation de dépôts finals pour déchets radioactifs comportent de nombreuses activités qui doivent prendre en considération aussi bien les données spécifiquement suisses (géologie, lignes directrices en matière de gestion, prescriptions)

que l'état des connaissances techniques et scientifiques internationales. En Suisse, le principal promoteur de ces activités est la Société coopérative nationale pour l'entreposage de déchets radioactifs (CEDRA). Depuis une vingtaine d'années, une étroite collaboration s'est instaurée entre elle et l'IPS, ce dernier se consacrant surtout aux **questions fondamentales dans le domaine du transport des nucléides et dans celui de l'analyse des risques**.

Indépendamment de la recherche et de l'examen de sites susceptibles d'accueillir concrètement un dépôt final (qui ne relève pas de la recherche énergétique), les études faites ces dernières années ont apporté aux questions essentielles pour la prise de décisions des réponses suffisamment claires pour qu'il soit acceptable, ces prochaines années, de réduire de moitié les crédits publics réservés à ce domaine (d'environ 8 millions à 4 millions de francs).

Ces prochaines années, l'IPS, principal bénéficiaire des fonds publics destinés à cette recherche aura à s'occuper de deux faisceaux de questions : quelles sont les caractéristiques que doit offrir un site susceptible de recevoir un dépôt final ? Quels sont les effets de rétention des diverses formations rocheuses ?

### ***Grandes options de la recherche 2000 – 2003***

– à court et moyen terme :

- *Développement de modèles et validation de procédés de transport de substances contenues dans l'eau (en particulier de radionucléides) à travers des barrières techniques et géologiques*
- *Relevé empirique de données spécifiques pour ce modèle (analyse de prélèvements rocheux, etc.)*
- *Analyses de sécurité (analyse de conséquences) de dépôts finals dans des formations géologiques*
- *Questions relatives à la transmutation.*

### **Recherche prospective**

La recherche prospective a pour but de fixer les caractéristiques fondamentales de réacteurs avancés dans lesquels les conséquences de l'accident le plus grave resteront confinées au périmètre de l'installation elle-même. **La priorité est ici l'amélioration des réacteurs à eau légère (LWR) dotés de systèmes de sécurité passifs. Mais il s'agit aussi d'améliorer le rendement énergétique des combustibles.** Ici encore, l'acteur principal est l'IPS. Si de nouveaux réacteurs, dits à sécurité intrinsèque, doivent être construits un jour en Suisse, ils reposeraient largement sur le savoir-faire des constructeurs étrangers. Par conséquent, il faut simplement agir dans ce domaine de manière à suivre l'évolution internationale et à garder cette option ouverte pour la Suisse. Cela permet de faire passer de 4 millions par année, actuellement, à 1 million de francs en 2003 les crédits publics alloués à cette recherche.

### ***Grandes options de la recherche 2000 – 2003***

– à court et moyen terme :

- *Cycles de combustible avancés (destruction accrue du plutonium, cœurs uniquement en MOX, combustibles sans uranium, systèmes hybrides, projet de Rubbia)*
- *Extraction passive de la chaleur du cœur et du confinement dans les LWR en présence de grandes réserves d'eau (transfert de chaleur, problèmes de stabilité, codes informatiques, détection des fonctions, etc.).*

## FUSION NUCLÉAIRE

Bien que considérée comme une importante source d'énergie de l'avenir, la fusion nucléaire soulève aujourd'hui encore de nombreuses questions. **Les recherches ne sont pas assez avancées**

**pour autoriser des pronostics précis quant à la faisabilité technique, pas plus qu'à la rentabilité.** Au surplus, la taille probable des installations – très grande – et la formation de composants radioactifs suscitent des résistances. La fusion est un projet dont l'utilité potentielle pourrait être immense, mais dont les chances de réalisation sont très incertaines. À cela s'ajoute le fait que les moyens nécessaires pour la recherche et le développement ainsi que les possibilités de construire une centrale à fusion dépassent largement les dimensions de la Suisse.

Les principales questions techniques encore en suspens dans ce domaine de la fusion nucléaire s'articulent autour des éléments suivants :

- optimisation du système d'extraction de chaleur
- contrôle des impuretés apportées au plasma
- optimisation du chauffage du plasma jusqu'aux températures nécessaires à la fusion
- réalisation d'une réaction de fusion auto-entretenu
- développement de matériaux ne déployant qu'une faible radioactivité sous activation
- développement de grands aimants supraconducteurs
- développement de systèmes avancés de télémanipulation.

**Intégrés dans l'organisation internationale EURATOM, les chercheurs suisses de l'EPFL Lausanne (CRPP) et de l'IPS ont accompli jusqu'ici un excellent travail.** Ils profitent du réseau international d'échange de savoir-faire ; de nombreux résultats de recherche sur les matériaux sont applicables à d'autres secteurs énergétiques importants, notamment l'énergie solaire, les piles à combustible, les échangeurs de chaleur, etc. Il est donc judicieux de continuer à soutenir ces travaux. Cela permet en particulier de garantir des postes de formation de très haut niveau et d'apporter des contributions importantes à d'autres domaines scientifiques et technologiques (p. ex., physique des plasmas, supraconduction). **Les moyens investis dans la recherche sur la fusion doivent cependant toujours être pondérés en fonction d'autres projets et du montant total des crédits à disposition de la recherche énergétique.** Compte tenu des restrictions budgétaires imposées ces dernières années à la recherche énergétique, les montants alloués à la fusion doivent aussi diminuer, passant de 30,6 millions à 25 millions de francs par année. Cette somme devrait cependant suffire pour maintenir la recherche à son niveau actuel.

Le plus grand projet international prévu – la décision à son sujet n'est pas encore tombée – est le développement de *ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor)*. Ce réacteur, basé sur le principe du *Tokamak* (c'est-à-dire sur le confinement magnétique du plasma), doit permettre de démontrer la faisabilité scientifique et technique ainsi que la sécurité de la fusion nucléaire contrôlée. **La CORE prendra position en temps utile sur les travaux que la Suisse pourrait accomplir en participant à ce projet.**

### **Grandes options de la recherche 2000 – 2003**

- *Études concernant le confinement magnétique du plasma sur le Tokamak de l'EPFL (CRPP)*
- *Développement de générateurs servant au chauffage à haute fréquence du plasma*
- *Amélioration des matériaux pour champs magnétiques élevés et de la technologie des bobines magnétiques (installation d'essai SULTAN à l'IPS)*
- *Analyse des dommages dus aux radiations sur les matériaux (installation PIREX à l'IPS)*

- *Études des interactions plasma-paroi (en particulier quant à la radioactivation).*

## 5.4 FONDEMENTS DE L'ÉCONOMIE ÉNERGÉTIQUE

Production, distribution et consommation d'énergie doivent être d'abord appréhendées dans un contexte technique. La technique joue également un rôle déterminant dans les questions de sécurité ou d'économies. Toutefois, il ne faut pas négliger les considérations économiques, écologiques, sociales et politiques. Au contraire, ce qui peut ou doit être effectivement réalisé (ou non) dépend généralement des réponses données à toutes ces questions. Bien plus : non seulement la nécessité, mais encore la façon d'agir en dépendent, comme l'ont montré de nombreuses études. **La recherche technique doit donc forcément se positionner par rapport aux fondements de l'économie énergétique.**

### POLITIQUE DE L'ÉNERGIE

Pour des raisons les plus diverses, les systèmes énergétiques sont tributaires dans une grande mesure de processus politiques. Cela signifie, d'une part, qu'il **faut élaborer les bases décisionnelles nécessaires pour les milieux politiques**. Cela peut se faire, par exemple, sous la forme de scénarios permettant d'identifier et d'analyser des tendances techniques et économiques dans le domaine de l'énergie, ou par le biais d'analyses des effets de mesures (*ex ante* et/ou *ex post*). D'autre part, il y a lieu d'**améliorer sensiblement la connaissance des structures et des mécanismes régissant la formation d'une volonté politique, le choix d'une option et la mise en œuvre des mesures décidées** ; car ce sont là des conditions *sine qua non* à la mise en œuvre de solutions responsables et efficaces.

Étant donné la fonction multisectorielle qui revient au traitement des thèmes politiques et les nombreuses questions en suspens (surtout en relation avec des décisions à prendre en matière d'énergie et d'environnement), il est indiqué d'augmenter les crédits alloués, de 7,5 millions de francs actuellement, à 9 millions par année.

### **Grandes options de la recherche et du transfert 2000 – 2003**

– *à court et moyen terme :*

- *Amélioration de la base de données (indicateurs, analyse comparative [benchmarking], contrôle des résultats)*
- *Analyse de l'application et des effets des mesures actuelles de politique énergétique (y compris des études d'efficacité comparatives)*
- *Développement et analyse de nouvelles mesures et de nouveaux instruments (mesures économiques, contracting, accords, etc.)*
- *Étude de certaines innovations et des processus qui y mènent (facteurs économiques et politiques influençant leur succès sur le marché)*
- *Élaboration de perspectives : actualisation technique et économique des modèles de la demande et de l'offre, recalcul des scénarios de base en fonction des impératifs politiques actuels (en particulier compte tenu de nouvelles données macro-économiques générales)*
- *Travaux complémentaires sur des modèles input-output ainsi que des modèles d'équilibre (pour analyser les effets macro-économiques des mesures de politique énergétique)*
- *Questions de mise en œuvre en lien avec les taxes sur l'énergie et les réformes fiscales écologiques*

- *Importance de divers modèles de planification et de mise en œuvre dans le domaine de l'énergie (y compris des questions institutionnelles et de procédures).*

## ÉCONOMIE, SOCIÉTÉ ET ENVIRONNEMENT

On traite ici les questions générales d'énergie, soit en les considérant comme des sujets autonomes, soit en visant à les intégrer dans d'autres travaux de recherche. **Au premier rang viennent les questions économiques.** En économie, et sur un plan tout à fait général, il s'agit de pénuries (de temps, de moyens financiers, de main d'œuvre, d'environnement). Entrent en ligne de compte les coûts directs et indirects des nouvelles solutions techniques, des prix de l'énergie et des liquidités, mais aussi des questions commerciales les plus diverses, à commencer par le lien avec la prochaine ouverture du marché de l'électricité ou avec des marchés spéciaux tels que les bourses de courant solaire. Entrent aussi dans ce contexte les questions liées à la politique réglementaire et à la politique de la concurrence, les implications internationales, les interdépendances avec d'autres domaines politiques, les estimations des conséquences technologiques, les analyses de risques, etc.

**Mais les aspects sociaux et éthiques de l'énergie sont importants eux aussi.** En effet, ils déterminent non seulement les tendances socio-politiques à long terme (p. ex., évolution des valeurs), mais encore la façon dont sont reçues certaines mesures ou certaines techniques énergétiques.

Les modes actuels de production et de consommation d'énergie mettent en péril l'environnement sous bien des aspects, à tel point que les atteintes qu'il subit ainsi, en particulier les émissions de CO<sub>2</sub>, sont un motif suffisant pour tenter de mettre en place un système énergétique axé sur le développement durable. **Par conséquent, certaines questions environnementales (liées à l'énergie) ont leur place aussi dans la recherche énergétique.**

Récemment, la recherche centrée sur ces questions a été fortement intensifiée en Suisse. Il faut absolument poursuivre, voire renforcer cet effort, en prévoyant un budget de 6 millions de francs annuels pour ces prochaines années.

### ***Grandes options de la recherche et du transfert 2000 – 2003***

– *à court et moyen terme :*

- *Évolution du prix de divers agents énergétiques*
- *Accès au réseau et tarification en lien avec l'ouverture du marché de l'électricité*
- *Stratégies d'internalisation des coûts externes (données à collecter, spécificités régionales, utilisation des recettes, etc.)*
- *Marchés de l'énergie verte (conditions préalables, analyses d'efficacité, etc.)*
- *Durabilité de technologies actuelles et nouvelles (notamment accompagnées d'écobilans, d'estimations des conséquences technologiques, d'analyses de risques, d'analyses coûts-bénéfices, etc.)*
- *Interdépendances avec d'autres domaines politiques*
- *Politique d'appels d'offres des pouvoirs publics dans le cadre de l'approvisionnement en énergie*

– *à plus long terme*

- *Questions de psychosociologie, d'éthique et de politologie.*

## 6. ATTRIBUTION DES CRÉDITS / PRIORITÉS 2000 – 2003

### 6.1 ATTRIBUTION DES CRÉDITS

L'attribution des crédits selon les grandes options de la recherche décrites au chapitre 5 repose sur les hypothèses suivantes (la base étant l'année 1997) :

- En dépit de la situation financière précaire de tous les organes d'encouragement, il sera possible de stopper la baisse des crédits, constante depuis 1992, et d'absorber les pertes consécutives à la disparition du NEFF. **Pour franchir au moins la barre des 200 millions de francs en 2003, il faut donc prévoir d'accroître de 5 % les crédits d'encouragement alloués actuellement par les pouvoirs publics.** Si les "initiatives énergétiques" en discussion actuellement sont acceptées, la recherche et le développement disposeront de moyens financiers sensiblement plus élevés ; il sera alors nécessaire d'adapter le *Plan directeur*.
- Dans le futur, les contributions provenant de crédits de l'UE atteindront toujours au moins le niveau de financement qu'assure actuellement l'OFES.
- L'étroite collaboration entre les institutions de recherche des collectivités publiques et de l'économie énergétique se poursuit. Le soutien apporté à la recherche par des fonds du secteur privé est maintenu dans l'ordre de grandeur actuel.
- Comme actuellement, on admet qu'il faut affecter une **part de 20 % à la recherche fondamentale**.
- On vise également à affecter une **part de 20 % aux projets pilotes et de démonstration**, en augmentation de 5 % environ par rapport à aujourd'hui.

**Le tableau ci-après présente les valeurs cibles de l'attribution des crédits en 2003.** Les changements les plus nets prévus par rapport à la situation actuelle affectent l'utilisation rationnelle de l'énergie dans les bâtiments et l'utilisation de la chaleur ambiante (doublement des crédits) ainsi que la fission nucléaire (forte diminution) et la fusion nucléaire (réduction modérée). Une forte baisse des crédits publics d'encouragement alloués au titre de la RD&D est en outre prévue dans l'utilisation de la force hydraulique.

Voir aussi à ce sujet la figure présentée dans le résumé (à la page 4).

Le tableau de la page 46 présente aussi des propositions pour le cas où des restrictions budgétaires se révéleraient indispensables ou, à l'inverse, si des crédits supplémentaires pouvaient être requis. Il s'agit, **par rapport aux valeurs indicatives pour 2003** :

En cas de restrictions budgétaires :

- pas de réduction des contributions prévues
- ↘ baisse modérée des valeurs planifiées
- ↓ forte réduction des moyens prévus

En cas d'augmentations budgétaires :

- ↑ fort soutien supplémentaire
- ↗ financement supplémentaire modéré
- pas d'augmentation des moyens prévus

**Ces valeurs prévisionnelles – en plus ou en moins – ne correspondent pas aux priorités des domaines de recherche, car elles tiennent compte de la productivité des groupes de recherche en place dans leurs domaines. Il est donc possible que des réductions soient considérées comme acceptables dans des programmes prioritaires, ou qu'à l'inverse, aucun élargissement financier ne soit prévu pour ces programmes.**

**Attribution des crédits à la recherche énergétique des pouvoirs publics (valeurs effectives pour 1997 et valeurs indicatives pour 2003) et adaptation desdits crédits en cas de modification budgétaire.**

DOMAINES DE RECHERCHE et secteurs	RÉPARTITION DES CRÉDITS				Adaptation <sup>1)</sup> en cas de			
	1997, mio. fr. (val. réelle 1997)		2003, mio. fr. (val. réelle 1999)		réduction générale de budget		hausse gé- nérale de budget	
	R	P+D	R	P+D	R	P+D	R	P+D
<b>I UTILISATION RATIONNELLE DE L'ÉNERGIE</b>	<b>40,7</b>	<b>14,9</b>	<b>49</b>	<b>20</b>				
<b>Bâtiment</b>	4,5	2,1	10	5	→	→	↑	↑
<b>Transports</b>	5,6	6,9	7	5	→	→	↔	↑
<b>Stockage et transport de l'électricité</b> (dont pour batteries et supercaps)	8,5 (2,7)	1,5 (0,2)	8 (4)	2 (1)	↓	↓	↔	→
<b>Utilisation de l'électricité (appareils)</b>	0,5	0,2	1	1	↘	→	→	→
<b>Couplage chaleur-force</b> (dont pour les piles à combustible)	4,9 (4,1)	2,9 (0,6)	8 (6)	3 (2)	↘	↘	↔	↔
<b>Combustion</b>	13,1	0,8	12	3	→	↘	↔	↑
<b>Procédés (industrie, arts et métiers, agriculture, ...)</b>	3,6	0,5	3	1	↓	↓	→	→
<b>II ÉNERGIES RENOUVELABLES</b>	<b>49,1</b>	<b>15,2</b>	<b>50</b>	<b>19</b>				
<b>Énergie solaire</b>	33,4	7,1	37	10				
chaleur solaire (active, passive, stockage)	7,2	3,2	8	4	↘	→	↔	↔
photovoltaïque (cellules et installations solaires)	11,9	3,6	14	4	→	↘	↑	↔
chimie solaire (y compris l'hydrogène)	14,3	0,3	14	2	→	↓	↑	↔
<b>Chaleur ambiante (pompes à chaleur)</b>	2,7	1,0	4	3	→	→	↑	↔
<b>Biomasse (bois, déchets, boues d'épuration)</b>	5,9	3,5	7	3	↘	→	↔	↔
<b>Géothermie</b>	2,4	1,1	2	1	↘	↘	→	→
<b>Énergie éolienne</b>	-	1,5	-	1		↘		↔
<b>Force hydraulique</b>	4,7	1,0	1	1	↓	↓	↔	↔
<b>III ÉNERGIE NUCLÉAIRE</b>	<b>61,2</b>	<b>-</b>	<b>46</b>	<b>-</b>				
<b>Fission nucléaire</b>	30,6	-	21	-	↓		→	
sécurité (y compris recherche réglementaire)	18,8	-	16	-				
déchets radioactifs	7,8	-	4	-				
recherche prospective (nouveaux projets)	4,0	-	1	-				
<b>Fusion nucléaire <sup>2)</sup></b>	30,6	-	25	-	↘		→	
physique des plasmas, méthodes de chauffage	26,3	-	20	-				
technologie de la fusion	1,0	-	1	-				
contributions pour l'intégration internationale	3,3	-	4	-				
<b>IV FONDEMENTS DE L'ÉCONOMIE ÉNERGÉT.</b>	<b>15,5</b>	<b>0,3</b>	<b>17</b>	<b>1</b>				
<b>Politique énergétique (scénarios, instr., mesures)</b>	7,5	-	9	-	→		↔	
<b>Économie, société, environnement</b>	5,8	-	6	-	→		↑	
<b>Transfert technologique</b>	2,2	0,3	2	1	→	→	↑	↑
<b>TOTAUX</b>	<b>166,5</b>	<b>30,4</b>	<b>162</b>	<b>40</b>				
	<b>196,9</b>		<b>202</b>					

R recherche

P+D projets pilotes et de démonstration

1) par rapport aux valeurs de planification pour 2003

2) les travaux dans le domaine de la fusion sont fortement enracinés dans la recherche fondamentale. En accord avec la pratique internationale, ils sont cependant comptés dans la recherche énergétique.

## **6.2 PROVENANCE DES CRÉDITS D'ENCOURAGEMENT**

L'augmentation des montants consacrés aux installations pilotes et de démonstration implique, de la part de la Confédération, des Cantons et des Communes, un engagement conjoint plus important que par le passé. Ces prochaines années, l'engagement financier des Cantons devrait augmenter, car la recherche énergétique sera un sujet important dans les Hautes Écoles Spécialisées (cantonales) en voie de réalisation ; les travaux sur des installations pilotes s'intègrent bien dans le paysage de ces Écoles.

On admet que les donateurs continueront à soutenir la recherche énergétique. À noter que dès l'an 2000, environ 30 % des crédits réservés à l'OFEN pour l'énergie seront transférés à l'OFFT (CTI), suite à la réforme de l'Administration fédérale. Par ailleurs, le NEFF ayant été dissous en 1997, aucune contribution n'émanera plus de ce fonds à partir l'an 2000.

De ce fait, les sources de financement futures devraient se répartir selon la clé suivante (voir aussi le tableau de la page 13) :

- CEPF 50 %,
- Offices fédéraux 30 % (OFEN 12 %, OFPT 8 %, OFES etc. 10 %),
- Cantons et Communes 17 %,
- Fonds national de la recherche scientifique 3 %.

Les contributions allouées à la recherche énergétique dans le cadre des programmes de l'UE ainsi que les retours en Suisse des montants versés à l'UE sont compris dans le poste "Offices fédéraux" (OFES).



## ANNEXE 1

### Commission fédérale pour la recherche énergétique (CORE)

#### Membres :

**Dr Zulliger Hans-Rudolf, président**

Président du CA GRETAG  
(représentant de l'industrie)

**Dr Berg Marco**

Union pétrolière, directeur du FRUP/FEV  
(repr. de l'industrie pétrolière, du FRUP/FEV et du Conseil mondial de l'énergie)

**Prof. Dr Favrat Daniel**

Directeur du Laboratoire d'énergétique industrielle, EPFL  
(repr. de l'EPFL et du Conseil suisse de la science)

**Prof. Dr Güdel Hans-Ulrich**

Directeur du département de chimie et biochimie de l'Université de Berne  
(repr. du FNRS et des Universités (chimie))

**Prof. Dr Imboden Dieter**

Directeur de la plate-forme économique du Domaine des EPF  
(repr. de l'EPFZ)

**Jakob Ernst**

Chef de la div. Energiewirtschaft, Wasser- und Energiewirtschaftsamt, Canton de Berne  
(repr. des Services cantonaux de l'énergie)

**Prof. Kunze Christian**

Directeur de l'École d'Ingénieurs du Canton du Vaud  
(repr. des HES et de l'ASST)

**Leimer Hans Jörg**

Directeur de Sulzer Infra Management Services AG  
(repr. de l'industrie)

**Rohrbach Kurt**

Directeur de BKW/FMB Énergie SA  
(repr. industrie électrique et PSEL)

**Prof. Dr Shah Arvind**

Institut de Microtechnique de l'Université de Neuchâtel  
(repr. des Universités (physique))

**Togni Giuseppina**

eTeam GmbH  
(repr. des bureaux d'ingénieurs)

**Prof. Dr Zweifel Peter**

Titulaire de l'Institut de Socio-économie de l'Université de Zurich  
(repr. des Universités (socio-économie))

#### Observateurs :

**Gfeller Jürg**

Sous-directeur, OFEN

**Dr Schriber Gerhard**

Chef de la section *Développement de programmes et Controlling*, OFEN

**Prof. Dr Junod Pierre**

Représentant de la CTI

**Dr Zinsli Paul-Erich**

Directeur suppléant de l'OFES

#### Secrétariat :

**Dr Rolf Schmitz**

Coordination recherche énergétique  
Section *Développement des programmes et Controlling*, OFEN

## ANNEXE 2

### Chefs des programmes de recherche et P+D

DOMAINES DE RECHERCHE	CHEFS DE PROGRAMME	
<b>I UTILISATION RATIONNELLE DE L'ÉNERGIE</b>		
<b>Bâtiment</b> y compris utilisation d'énergie solaire passive.....	<b>Mark Zimmermann</b>	R&D P+D
<b>Transports</b> .....	<b>Martin Pulfer</b>	R&D P+D
<b>Stockage et transport de l'électricité</b> .....	<b>Roland Brüniger</b>	R&D P+D
<b>notamment batteries et supercaps</b> .....	<b>Martin Pulfer</b>	R&D P+D
<b>Utilisation de l'électricité: appareils</b> .....	<b>Roland Brüniger</b>	R&D P+D
<b>Couplage chaleur-force</b> .....	<b>Martin Zogg</b>	R&D
<b>notamment piles à combustible: gaz naturel et biofuel</b> .....	<b>Fabrice Rognon</b>	P+D
<b>notamment piles à combustible: autres</b> .....	<b>Martin Rüeegsegger</b>	R&D P+D
<b>Combustion</b> .....	<b>Alphons Hintermann</b>	R&D P+D
<b>Procédés: dans l'industrie, arts et métiers, agriculture, etc.</b> .....	<b>Alphons Hintermann</b>	R&D P+D
	<b>Martin Zogg</b>	R&D P+D
<b>II ÉNERGIES RENOUVELABLES</b>		
<b>Énergie solaire</b>		
<b>chaleur solaire active</b> .....	<b>Jean Christophe Hadorn</b>	R&D
	<b>Pierre Renaud</b>	P+D
<b>chaleur solaire stockage</b> .....	<b>Jean Christophe Hadorn</b>	R&D P+D
<b>photovoltaïque: cellules solaires et installations</b> .....	<b>Stefan Nowak</b>	R&D P+D
<b>chimie solaire y compris l'hydrogène</b> .....	<b>Armin Reller</b>	R&D P+D
<b>Chaleur ambiante: pompes à chaleur</b> .....	<b>Martin Zogg</b>	R&D
	<b>Fabrice Rognon</b>	P+D
<b>Biomasse</b>		
bois.....	<b>Daniel Binggeli</b>	R&D P+D
autres.....	<b>Martin Rüeegsegger</b>	R&D P+D
<b>Géothermie</b> .....	<b>Harald Gorhan</b>	R&D P+D
<b>Énergie éolienne</b> .....	<b>Robert Horbaty</b>	R&D P+D
<b>Force hydraulique</b> .....	<b>Hans-Peter Leutwiler</b>	R&D P+D
<b>III ÉNERGIE NUCLÉAIRE</b>		
<b>Fission nucléaire</b>		
sécurité.....	<b>Wolfgang Kröger</b>	R&D
recherche réglementaire.....	<b>Philip Tipping</b>	R&D
déchets radioactifs.....	<b>Wolfgang Kröger</b>	R&D
recherche prospective (nouveaux concepts).....	<b>Wolfgang Kröger</b>	R&D
<b>Fusion nucléaire</b> .....	<b>Stéphane Berthet</b>	R&D
physique des plasmas, méthodes de chauffage, technologie de la fusion, contributions aux projets internationaux		
<b>IV FONDEMENTS DE L'ÉCONOMIE ÉNERGÉTIQUE</b>		
<b>Politique énergétique: scénarios, instruments, mesures</b> .....	<b>Pascal Previdoli</b>	R&D
<b>Économie, société, environnement</b> .....	<b>Ruedi Meier</b>	R&D
<b>Transferts technologiques</b> .....	<b>Gerhard Schriber</b>	R&D
	<b>Rolf Schmitz</b>	R&D

## ANNEXE 3

### Liste des abréviations

AEN	Agence pour l'Énergie Nucléaire (de l'OCDE)
AIE	Agence Internationale de l'Énergie (de l'OCDE)
ASST	Académie suisse des sciences techniques
CCF	Couplage chaleur-force
CEDRA	Société coopérative nationale pour l'entreposage de déchets radioactifs
CO <sub>2</sub>	Dioxyde de carbone, gaz carbonique, anhydride carbonique
COP	Coefficient de performance (annuel)
CORE	Commission fédérale pour la recherche énergétique
CRPP	Centre de Recherches en Physique des Plasmas, EPFL
CTI	Commission de l'OFFT pour la technologie et l'innovation
DDC	Direction du développement et de la coopération
DETEC	Dép. féd. de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication
EMPA	Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherches
ENET	Service d'information de l'OFEN pour la recherche énergétique
EPF	École Polytechnique Fédérale
EURATOM	Communauté atomique européenne
FNRS	Fonds national de la recherche scientifique
FOGA	Fonds de recherche et de développement de l'industrie gazière
FRUP/FEV	Fonds de recherche de l'Union pétrolière
IPS	Institut Paul-Scherrer
ITER	<i>International Thermonuclear Experimental Reactor</i>
LWR	Réacteur à eau légère
MOX	Oxyde mixte (combustible)
NEFF	Fonds national pour la recherche énergétique
OFEN	Office fédéral de l'énergie
OFES	Office fédéral de l'éducation et de la science
OFFT	Office fédéral de la formation professionnelle et de la technologie
P+D	Projets pilotes et de démonstration
PSEL	Fonds pour projets et études de l'économie électrique
RD&D	Recherche, développement et démonstration
TED	Traitement électronique des données
UE	Union Européenne