

1^{er} janvier 2004

Plan directeur de la recherche énergétique de la Confédération 2004 – 2007

élaboré par la
Commission fédérale pour la recherche énergétique CORE

TABLE DES MATIERES

Résumé.....	2
1. Importance du <i>Plan directeur</i>.....	4
2. Délimitation et contexte de la RD&D énergétique.....	5
2.1 Que signifie ici recherche énergétique ?	5
2.2 Impératifs politiques	6
2.3 Bases juridiques	7
2.4 Autres conditions cadres.....	8
3. État de la recherche énergétique suisse.....	9
3.1 Acteurs et organisation.....	9
3.2 Étendue et flux des moyens financiers	10
3.3 Résultats acquis	12
3.4 Forces et faiblesses	13
4. Objectifs stratégiques.....	14
4.1 La "Vision 2050"	14
4.2 Objectifs de 2004 à 2007	15
5. Stratégie pour la réalisation des buts.....	16
5.1 Répartition et coordination nationale des tâches.....	16
5.2 Critères de soutien aux projets.....	18
5.3 Recherche fondamentale orientée	19
5.4 Mise en œuvre des résultats de la recherche	20
5.5 Conditions cadres pour les entreprises et les institutions	21
5.6 Coopération internationale.....	22
5.7 Contrôle des objectifs atteints	23
5.8 Les principes directeurs en bref.....	24
6. Grandes options de la recherche 2004-2007.....	26
6.1 Utilisation rationnelle de l'énergie (URE)	27
6.2 Sources d'énergie renouvelables (SER)	39
6.3 Énergie nucléaire (ENu).....	49
6.4 Fondements de l'économie énergétique (FEE)	54
7. Attribution des crédits 2004 - 2007.....	56
Annexes	
A.1 Commission fédérale pour la recherche énergétique CORE	58
A.2 Responsables et organisation des domaines de l'OFEN	60
A.3 Liste des abréviations	62

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 FRT 2004-2007* du Conseil fédéral, soit le *Message relatif à l'encouragement de la formation, de la recherche et de la technologie pendant les années 2004-2007*.

Le *Plan directeur* explique les fondements de la recherche énergétique, sa vision et ses objectifs à court et à moyen terme, 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 en Suisse s'est résolument engagée dans la voie du développement durable. L'objectif à long terme est de réduire massivement les émissions de CO₂, ce qui va dans le sens de la *Société à 2'000 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. En effet, sa mise en œuvre dépend de décisions individuelles dans lesquelles les aspects socio-économiques revêtent un rôle majeur.

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 tenue à une qualité de niveau international et à l'adéquation avec les besoins réels à long terme. En outre, il faut lui donner les moyens requis pour garder son rang et pour travailler dans la continuité.

Le soutien apporté à la recherche énergétique par les pouvoirs publics s'est révélé nécessaire, au vu de son large horizon temporel. L'accent y est mis sur la recherche de solutions pratiques, avec, pour complément indispensable, des installations pilotes et de démonstration. La recherche énergétique est menée en étroite synergie avec le programme de politique énergétique SuisseEnergie. 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 (URE) doit être encouragée dans tous les secteurs, mais en priorité dans le domaine des bâtiments et des transports, soit les principaux consommateurs finaux. En outre, les processus de combustion et l'amélioration de l'efficacité du stockage et de la consommation d'électricité offrent de réels potentiels. 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).

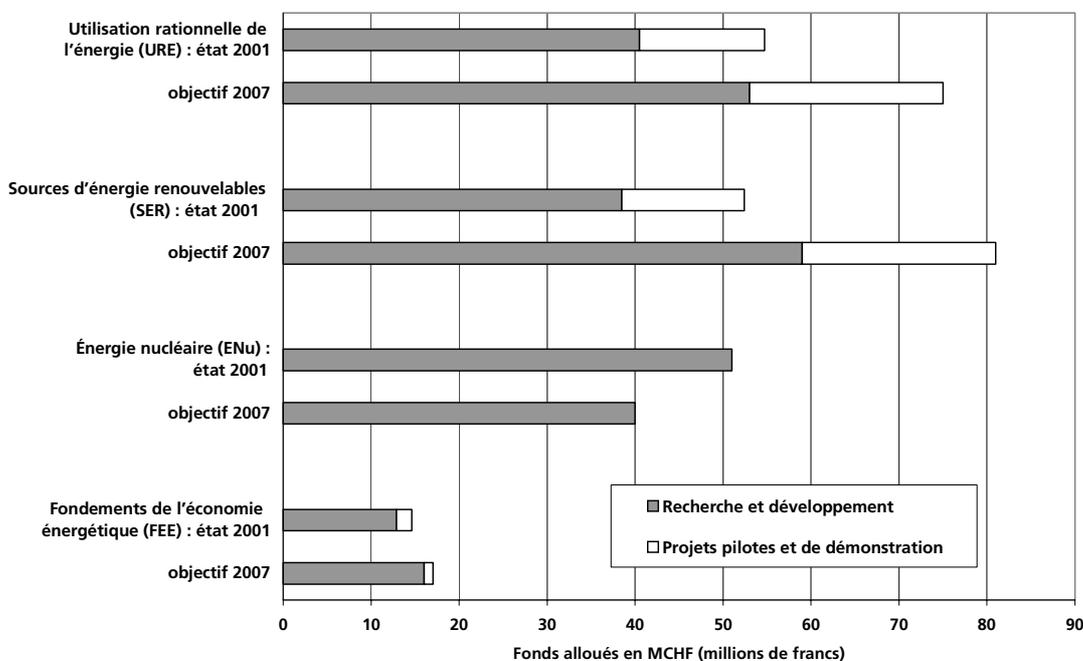
Grâce à la force hydraulique et au bois, les **Sources d'énergie renouvelables (SER)** jouent déjà un rôle important en Suisse. La recherche vise notamment à améliorer le rapport prix/puissance ainsi que l'acceptation et la facilité d'emploi de la chaleur solaire, de la chaleur ambiante, du photovoltaïque et de la biomasse, avec en particulier la mise en valeur du bois. 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 (ENu) est subdivisée en fission 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. Concernant la fusion, il s'agit pour notre pays de continuer à fournir à des projets internationaux des contributions de très haut niveau, et cela grâce à nos installations expérimentales et aux compétences à disposition.

Les **Fondements de l'économie énergétique (FEE)** 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, la recherche spécifique dans ce domaine doit contribuer au transfert technologique entre la recherche énergétique en général et ses 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 et de gérer cette recherche énergétique soutenue par les pouvoirs publics. Sa mission comprend le transfert des résultats dans la pratique – dans le cadre du programme SuisseEnergie en particulier –, la coopération avec les institutions de recherche privées, la mise en réseaux avec les projets de recherche internationaux, ainsi que l'information en général. Les travaux de l'OFEN sont étroitement liés à ceux de la Commission pour la technologie et l'innovation (CTI). L'organisation en vigueur a fait ses preuves et il n'y a donc pas lieu d'en changer.

Les dépenses annuelles des pouvoirs publics pour la recherche énergétique ont diminué de quelque 70 MCHF (millions de francs, en valeur réelle 2001) depuis 1992. En 2001, elles se montaient encore à 173 MCHF. Cette somme inclut aussi bien la totalité des coûts d'infrastructure que des contributions à des projets pilotes et de démonstration (30 MCHF). Les fonds d'encouragement provenaient à raison de 45% du Domaine des EPF, de 40% des offices fédéraux et de 15% des Cantons et des Communes. Dès la période 2004-2007, les contributions de l'Office fédéral de l'éducation et de la science (OFES) vont aller en s'amenuisant puisque la Commission Européenne de Bruxelles financera directement les participations suisses aux projets de recherche dans les nouveaux Programmes cadre de recherche, de développement technologique et de démonstration (PCRDT) de l'UE. Dorénavant les Cantons soutiendront de manière plus conséquente la recherche énergétique, en relevant leurs subventions aux HES. Ainsi, le montant total des crédits devrait être porté à 213 MCHF par année, ce qui correspond à la hausse annuelle de 3% à 4% exigée par le *Message FRT 2004-2007* du Conseil fédéral. Après 2007, l'objectif est d'augmenter encore les fonds pour atteindre le niveau de 1992, dans l'intérêt de notre compétitivité internationale. Le graphique ci-après indique la répartition des fonds entre les quatre grands domaines de la recherche.



Dépenses annuelles des pouvoirs publics pour la recherche énergétique en 2001 et objectifs visés en 2007 (en valeurs réelles 2001). Les fonds publics réunissent les contributions de la Confédération, des Cantons et des Communes. Les détails peuvent être tirés du tableau du chapitre 7.

1. Importance du *Plan directeur*

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

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 donc est la cinquième 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 (par exemple, 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 investisseurs, réceptivité de la part de la population ainsi qu'interactions entre diverses technologies. Les entreprises privées, parce qu'elles sont toujours plus axées sur la rentabilité immédiate, considèrent que les projets de recherche et de développement dans le secteur énergétique sont trop risqués pour elles. 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 ceux 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 2004 à 2007. Il détaille les grandes articulations décrites dans le *Message FRT 2004-2007* du Conseil fédéral, soit le *Message relatif à l'encouragement de la formation, de la recherche et de la technologie pour les années 2004 à 2007*. Les *Plans directeurs* sectoriels établis par les chefs de programmes de l'OFEN à propos de chacun des domaines 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 les collectivités publiques suisses conçoivent une recherche énergétique qui la rapproche des objectifs de sa politique de l'énergie.

2. Délimitation et contexte de la RD&D énergétique

2.1 Que signifie ici recherche énergétique ?

Au sens large du terme, la recherche énergétique, soit la recherche, le développement et la démonstration (RD&D) dans le domaine de l'énergie, englobe l'élaboration et la mise en pratique de connaissances 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 RD&D énergétique soutenue par les 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 des produits, des installations, des matériaux et des procédés, etc.** La recherche énergétique débute donc dès lors que des aspects de la recherche fondamentale annoncent un potentiel d'exploitation pour la technique énergétique (recherche fondamentale orientée, voir chapitre 5.3). Ainsi, la démonstration et le développement de procédés et d'installations peuvent parfaitement se recouper avec la recherche fondamentale proprement dite. Citons, à titre d'exemple, la fusion nucléaire et la chimie solaire, dont les résultats finaux 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 (P+D) 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 et les arts et métiers participent financièrement à leur réalisation pour que les pouvoirs publics leur accordent un soutien financier. Cette participation incite les entreprises à aborder un projet de manière plus critique et augmente les chances que l'économie privée 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 questions 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 entrepreneuriales et privées qui seront à leur tour influencées par d'autres mesures politiques et économiques. **Il faudra donc que la recherche énergétique soit plus attentive aux interdépendances dans notre société** – 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 aux retombées de l'aménagement du territoire sur la demande d'énergie.

De par sa nature, la recherche énergétique est inter- et transdisciplinaire. 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 à la fois de recherche énergétique et de recherche dans d'autres domaines.

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. Il convient de citer ici la modification du climat global imputable à l'effet de serre, lui-même dû en grande partie à la hausse de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère. Cela explique que la recherche de nouvelles techniques énergétiques axées sur la **durabilité** soit devenue partout dans le monde un **objectif capital de la politique énergétique et écologique**. Le protocole de Kyoto, que la Suisse s'est engagée à respecter dans la loi sur le CO₂ du 8 octobre 1999, est l'expression claire des efforts entrepris dans ce sens.

Traditionnellement, les installations énergétiques sont des produits importants de l'industrie d'exportation suisse. Le perfectionnement et le développement de techniques énergétiques permettent de créer de nouveaux emplois ou d'en sauvegarder. 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.

La **transformation des marchés de l'énergie** (libéralisation) aboutit à un changement de paradigme, de l'approvisionnement à la fourniture de prestations énergétiques. S'agissant de la promotion nationale réalisée par la Suisse dans le domaine de la recherche et de la technologie, la proximité entre la recherche et le marché représente certes une chance pour la mise en place de centres de compétences, mais elle comporte aussi le risque de voir le savoir-faire prendre le chemin de l'étranger.

Les lignes directrices de la recherche énergétique sont donc déterminées par la politique de l'énergie, compte tenu de considérations écologiques et économiques ainsi que 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 la formation** 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 Sources d'énergie renouvelables (SER) 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 CO₂ devront être inférieures de 10% à leur niveau de 1990. À terme (2030), l'apport des Sources d'énergie renouvelables (SER) 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 Sources d'énergie renouvelables (SER).
- Les centrales nucléaires en service doivent continuer à être exploitées tant que leur sécurité est garantie. Il faut garder ouverte à long terme l'option de nouvelles filières nucléaires offrant une grande sécurité passive et intrinsèque. (Le Conseil fédéral a suivi ce principe dans son message du 28 février 2001 concernant les deux initiatives atomiques et la loi sur l'énergie nucléaire (LENu), principe encore confirmé par les Chambres fédérales dans les discussions consacrées à cette loi.)

Une étroite collaboration entre la recherche énergétique et le **Programme SuisseEnergie** en vue de l'accomplissement des buts de ce dernier se poursuit dans un cadre solidement établi.

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 et de la technologie. 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 intensifiée.
- 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).

Le *Message FRT 2004-2007 (Message relatif à l'encouragement de la formation, de la recherche et de la technologie pour les années 2004 à 2007)* du Conseil fédéral distingue quatre priorités :

- renouveler l'enseignement, dans le domaine de la formation professionnelle comme dans celui des Hautes Écoles, pour redonner à la Suisse une place dans le peloton de tête
- renforcer la recherche en général, et en particulier la recherche appliquée et le développement
- stimuler l'innovation en renforçant le transfert de savoir
- améliorer la coopération nationale, transfrontalière et internationale.

2.3 Bases juridiques

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

la **loi sur l'énergie atomique** (art. 2) du 23.12.1959 ; la **loi sur la recherche** du 7 octobre 1983 ; la **loi sur l'énergie** (art. 12) du 26 juin 1998 ; et la **loi sur le CO₂** du 8 octobre 1999.

Aux niveaux constitutionnel et législatif, la Confédération dispose par ailleurs de nombreuses compétences, applicables au domaine énergétique, qui permettent d'encourager la recherche (par exemple, 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, aux programmes de recherche de l'UE, 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 "énergétique"* inscrit en 1990 dans la Constitution fédérale permet à la Confédération de promouvoir le **développement de techniques énergétiques et d'installations P+D**, en particulier dans le domaine des économies d'énergie et dans celui de l'utilisation des Sources d'énergie renouvelables (SER). La loi sur l'énergie avec ses ordonnances 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 P+D**.

2.4 Autres conditions cadres

La mise en place en Suisse d'un système énergétique durable est un processus de longue haleine, qui demandera au moins deux générations, soit près de 50 ans. Autrement dit, ce processus échappe au cadre habituel de la planification politique ou sociale. La recherche énergétique nécessite donc une stratégie à long terme, indépendante des vellétés politiques à court terme. À intervalles réguliers l'OFEN établit des perspectives et des scénarios énergétiques qui sont largement utilisés par les milieux de la politique, de l'économie, de la science et en tant qu'éléments de planification. Entre 2004 et 2007 ces perspectives vont être mises à jour et étendues jusqu'à l'année 2050, l'horizon des perspectives actuelles étant l'année 2030. Par là, l'horizon temporel de la recherche énergétique sera pris en compte. Ces perspectives vont embrasser l'ensemble du "système Suisse" et contenir les indicateurs suivants : consommation d'énergie, polluants, flux de matériaux, aspects de durabilité. C'est à partir d'un "panier" de technologies énergétiques souhaitées à l'horizon 2050 et des jalons importants à poser dans l'intervalle que l'on pourra extraire un ensemble de données fort utiles pour la stratégie de la recherche énergétique..

Aussi bonne soit-elle, la recherche énergétique ne peut à elle seule atteindre cet objectif. Au contraire, l'évolution des besoins énergétiques ainsi que de l'apport respectif des diverses ressources dépendra de divers facteurs, dont en particulier :

1. recherche et développement technologiques dans les sciences naturelles
2. mise en application et commercialisation (compte tenu de la recherche socio-économique)
3. facteurs économiques, en particulier le prix des ressources et du travail
4. conditions cadres écologiques
5. cadre politique (lois, règlements, impôts et taxes)
6. valeurs sociales dominantes (style de vie).

Le *Plan directeur* couvre essentiellement le point 1, et traite en partie le point 2. Or il serait erroné de perdre de vue les autres points, d'autant que le marché n'obéit pas uniquement à la loi du moindre coût. Dans bien des cas, des avantages réels en termes de coûts (par exemple, mesures visant à accroître le rendement énergétique) sont ignorés et restent donc inexploités, et inversement des facteurs économiques sont relégués après une meilleure durabilité, en raison d'un atout immatériel. Ainsi, les **facteurs économiques** interviennent dans le domaine de la recherche énergétique.

En outre, le **cadre politique** est le fruit d'une volonté politique qui, à son tour, peut s'appuyer sur les solutions techniques avérées. Dernier point, les valeurs sociales dominantes s'orientent sur des informations et des thèmes *à la mode* et donc souvent éphémères. Or, d'une part cette évolution est souvent bien plus rapide que celle des technologies ; d'autre part, l'évolution sociale est difficilement contrôlable ou même prévisible, si bien qu'il est malaisé d'en tirer parti pour instaurer un système énergétique durable.

Pour les raisons précitées, il importe de constamment rapporter la recherche et son transfert au cadre politique, et d'influencer celui-ci en menant **une politique d'information offensive**.

3. État de la recherche énergétique suisse

3.1 Acteurs et organisation

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 **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**, eux-mêmes parfois divisés en sous-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 P+D (pilotes et de démonstration)** ainsi que des **programmes de mise en œuvre et de marketing** (voir annexe 2). Chaque programme est placé sous la responsabilité d'un chef de programme ; il n'est pas rare que le responsable du domaine à l'OFEN 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 pour leur domaine à l'OFEN**. À côté de la recherche, les responsables de domaine sont chargés de la commercialisation et du soutien au marché. Les activités s'y rapportant et visant principalement à augmenter la demande, sont menées essentiellement sous l'égide du **Programme SuisseEnergie** (voir le site : www.suisse-energie.ch) de concert avec des organisations privées (réunies au sein d'agences). Au nombre des agences partenaires figurent l'Agence de l'énergie pour l'économie (AEnEC/ EnAW), l'Agence des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique (AEE), l'Agence de l'énergie pour les appareils électriques (eae) et l'Agence suisse pour l'efficacité énergétique (S.A.F.E.). *SuisseEnergie* soutient en particulier aussi des mesures promotionnelles indirectes, comme la formation et le perfectionnement, les conseils, la planification, l'élaboration de bases de décision ou les mesures portant sur la qualité. Le programme soutient tant le transfert des techniques énergétiques durables que les conventions, les valeurs cibles en matière de consommation, les certificats et les prescriptions. Quant aux programmes d'aide directe dans le secteur des Sources d'énergie renouvelables (SER) et dans celui de l'Utilisation rationnelle de l'énergie (URE), ils dépendent en premier lieu des Cantons, qui reçoivent à cet effet des contributions globales de la Confédération.

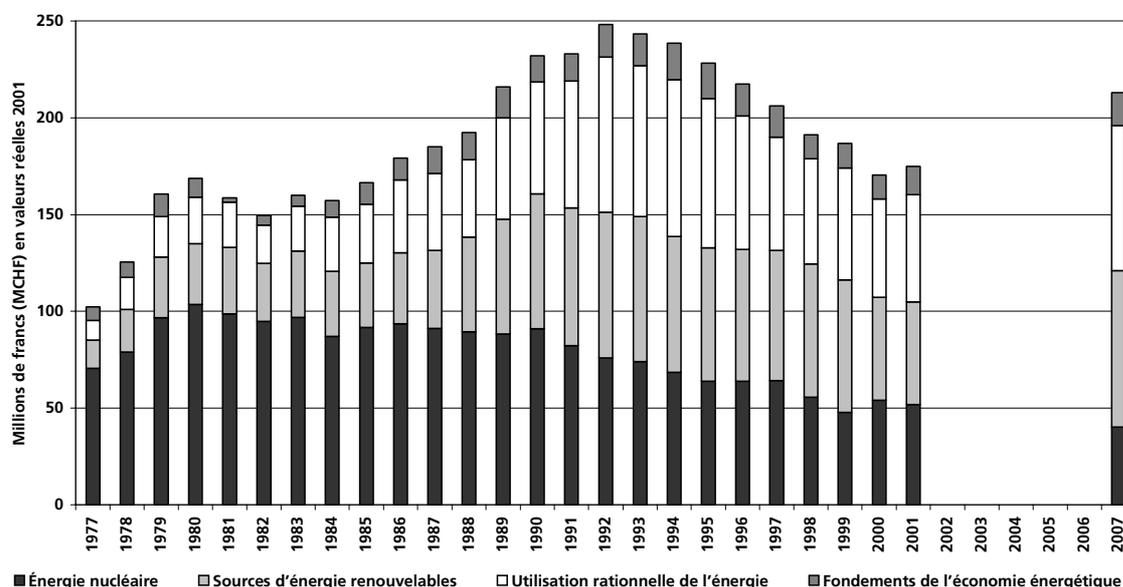
L'OFEN coordonne la recherche énergétique en étroite collaboration avec les institutions publiques de soutien à la recherche, en particulier le Conseil des EPF (CEPF/ETH-Rat), l'Office fédéral de la formation professionnelle et de la technologie (OFFT/BBT), les Offices fédéraux de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEPF/BUWAL), de l'agriculture (OFAG/BLW), du développement territorial (ODT/ARE) et des routes (OFROU/ASTRA), ainsi que la CTI/KTI, le FNS/SNF et les services cantonaux de l'énergie. Par ailleurs, il existe d'étroits contacts avec les fonds d'aide institués et alimentés par l'économie énergétique (Fonds pour projets et études de l'économie électrique [PSEL], Fonds de recherche, de développement et de promotion de l'industrie gazière suisse [FOGA] et Fonds de recherches de l'Union pétrolière [FRUP/FEV]).

La plupart des **projets sont conduits par les établissements de recherche publics**. Au niveau fédéral, les principaux acteurs sont l'EPF Zurich (EPFZ/ETHZ) et l'EPF Lausanne (EPFL), l'Institut Paul Scherrer (PSI) et le Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherches (LFEM/EMPA), tandis que les Cantons sont présents à travers les Universités et les Hautes Écoles spécialisées. Ces établissements disposent de fonds propres, mais profitent également du financement par des tiers en provenance des institutions précitées. Par ailleurs, la Confédération et les Cantons attribuent une aide à **l'industrie, à des bureaux d'ingénieurs et à des particuliers**. Dans la mesure du possible, les projets sont réalisés en partenariat avec les Hautes Écoles et l'industrie. 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. En outre, les fonds de l'OFEN constituent un instrument de pilotage. La formation de "centres d'excellence" est encouragée au sein des établissements de recherche.

3.2 Étendue et flux des moyens financiers

Lors de l'établissement du *Plan directeur de la recherche énergétique de la Confédération 2000-2003*, on a admis qu'il était possible de stopper la tendance à la baisse des fonds alloués. On avait même prévu une croissance du budget jusqu'à environ 202 MCHF (millions de francs, en valeur réelle de 1999). En réalité, les **dépenses ont continué à diminuer ces dernières années ; en 2001, elles se montaient encore à environ 173 MCHF** (voir le graphique ci-dessous).

Au chapitre de l'Utilisation rationnelle de l'énergie (URE) et plus encore des Sources d'énergie renouvelables (SER), les dépenses consacrées à la recherche ont diminué depuis 1999. Ce recul est essentiellement dû à l'EPFZ, qui a réduit de moitié ses efforts dans ces domaines. S'agissant de la fission nucléaire, le recul est léger, et les fonds alloués s'inscrivent nettement au-dessus des valeurs planifiées. Pour ce qui est de la fusion, l'évolution correspond à peu près à la planification. Enfin, les dépenses au titre des Fondements de l'économie énergétique (FEE) ont légèrement augmenté, grâce notamment à la création du *Centre for Energy Policy and Economics* (CEPE) créé en 1999 et soutenu par l'EPFZ, le PSI et l'EPFL, ainsi que grâce à l'intensification du transfert technologique.



Dépenses consacrées à la recherche énergétique depuis le début des relevés et objectifs 2007

La recherche énergétique est conduite de manière décentralisée par de nombreux établissements. Cela favorise une coopération transdisciplinaire et multidisciplinaire. Comme l'indique 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 pour-cent 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** concernant les activités de recherche dans le domaine de l'énergie figurent dans le rapport bisannuel intitulé : **Recherche, développement et démonstration dans le domaine de l'énergie en Suisse – Liste des projets** (commande auprès de ENET, téléchargement sur le site : www.suisse-energie.ch, thème "Recherche énergétique" et rubrique "Liste des projets").

		SOURCES DE FINANCEMENT					TOTAUX	
		CEPF	FNS	OFFT (CTI)	OFEN	OFES ¹⁾ etc. ²⁾		Cantons, Communes
DOMAINES DE RECHERCHE	Utilisation rationnelle de l'énergie (URE)	22.43	1.58	4.15	11.89	5.38	9.45	54.9
	Bâtiment	1.49	—	0.04	3.04	0.63	2.07	7.3
	Transports	2.76	—	0.18	4.07	1.08	1.13	9.2
	Électricité	6.57	1.32	1.88	1.47	1.85	3.01	16.0
	CCF (y c. piles à combustible)	4.37	—	0.88	1.31	0.31	2.22	9.1
	Combustion	5.81	0.15	1.17	1.74	1.19	1.02	11.1
	Procédés	1.43	0.11	—	0.25	0.19	—	2.0
	Sources d'énergie renouvelables (SER)	12.43	0.92	2.35	17.13	4.57	14.83	52.2
	Chaleur solaire	1.64	—	—	3.20	0.49	1.75	7.1
	Photovoltaïque	3.88	0.52	1.21	2.89	2.55	5.56	16.6
	Chimie solaire	3.24	0.25	0.08	2.41	0.17	2.48	8.6
	Chaleur ambiante	0.57	—	—	3.22	0.06	1.80	5.6
	Biomasse / Bois	0.64	0.01	0.31	3.20	0.52	1.79	6.8
	Géothermie / vent / eau	2.45	0.14	0.76	1.92	0.91	1.44	7.7
Énergie nucléaire (ENu)	34.08	1.59	—	2.31	12.47	0.60	51.0	
Fission nucléaire	20.06	0.30	—	2.18	3.85	0.48	26.9	
Fusion nucléaire	14.02	1.28	—	0.13	8.61	0.13	24.2	
Fondements de l'économie énergétique (FEE)	8.33	—	—	4.78	0.70	0.83	14.6	
Politique énergétique / développement durable / transfert	8.33	—	—	4.78	0.70	0.83	14.6	
INSTITUTIONS DE RECHERCHE	EPF-Zurich	11.70	0.85	1.13	1.47	1.14	—	16.3
	EPF-Lausanne	24.42	1.50	2.64	0.91	8.59	—	38.1
	LFEM/EMPA	2.06	—	0.20	0.69	0.35	—	3.3
	PSI	39.05	0.14	0.62	4.58	3.83	—	48.2
	Autres services fédéraux	0.04	—	—	2.91	0.19	—	3.1
	Étranger	—	—	—	0.50	1.01	—	1.5
	Universités	—	1.59	0.25	1.92	2.05	10.73	16.5
	Hautes Écoles spécialisées	—	—	1.09	2.25	0.50	7.87	11.7
	Autres services cantonaux	—	—	—	0.98	0.09	1.03	2.1
	Économie privée	—	—	0.57	19.88	5.37	6.08	31.9
TOTAUX	77.3	4.1	6.5	36.1	23.1	25.7	172.8	

1) les dépenses de l'OFES sont généralement des contributions versées à des projets de l'UE. Ces fonds proviendront à l'avenir directement de Bruxelles. Les contributions destinées à l'étranger sont des contributions nettes à EURATOM et à JET.

2) autres offices fédéraux

Sources des crédits d'encouragement alloués à la recherche énergétique en 2001 (en MCHF) et ventilation par domaine (y compris les projets P+D) et par institution de recherche. Les chiffres (en particulier les petits caractères figurant dans le détail de la subdivision des domaines de recherche) 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.

3.3 Résultats acquis

La recherche énergétique doit à l'engagement des pouvoirs publics d'avoir pu conserver des compétences reconnues, voire d'avoir pu en acquérir de nouvelles, dans des secteurs établis et nouveaux. **Dans le concert international, la recherche énergétique suisse fait donc très bonne figure.**

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, ces dernières années, qu'aussi bien les résultats obtenus par les chercheurs que les activités du programme SuisseEnergie en rapport avec le marché 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, bâtiments suivant les normes Minergie, 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. Des sociétés bien établies peuvent étoffer leur offre grâce à de nouveaux produits, et, partant, sauvegarder ou créer des emplois. En exemple, citons la firme Unaxis qui est un leader mondial en matière d'écrans à plasma. Le CRPP de l'EPFL a mis à disposition de l'Université de Neuchâtel ses connaissances dans le domaine de la technologie des plasmas au profit du développement de cellules photovoltaïques en couches minces. En 2002, un contrat de coopération a été conclu entre Unaxis et l'Université de Neuchâtel pour permettre de produire des cellules à base de silicium amorphe, puis, plus tard, à base de silicium "micromorphe", et cela en grande série et à des prix favorables. Les résultats de la recherche ont aussi abouti à la création de nouvelles entreprises. Comme exemples, on citera : *Sulzer HEXIS*, à *Winterthur*, fondée en 1996 (piles à combustible), *XOLOX*, à *Écubiers*, créée en 1999 (batteries) et *VHF-Technologies*, au *Locle*, fondée en 2000 (cellules photovoltaïques en couches minces).

On relèvera aussi des succès dans **l'élaboration des Fondements de l'économie énergétique (FEE)**. Deux exemples récents : *Relevé des indices énergétiques moyens des nouvelles constructions dans 13 Cantons* (les Cantons entendent poursuivre ces enquêtes sous la forme d'une analyse périodique de la qualité) et *Reconstruire au lieu de rénover*, montrant l'importance de la reconstruction par rapport à la rénovation complète, les obstacles existants et des mesures propices à une stratégie en la matière (cette étude a débouché sur une conférence spéciale de la Société suisse des entrepreneurs).

Les **résultats de la recherche énergétique rencontrent un vif intérêt**, comme l'attestent les enquêtes menées par ENET, le réseau pour l'information et le transfert de technologie en matière d'énergie. Les services proposés par ENET, à savoir la compilation et la distribution de publications (également via Internet ; voir le site : www.energieforschung.ch), l'envoi d'informations hebdomadaires (*News Ticker*), ainsi que la revue *ENET-News*, rencontrent une audience et un succès croissants. D'autre part, des articles paraissant dans la presse spécialisée informent régulièrement sur les dernières découvertes et sur les applications commerciales dérivées.

145 personnes ont pris part à la **7^e Conférence suisse sur la recherche énergétique** (Lucerne, novembre 2003). Elles provenaient à 52% de l'industrie, de l'économie et d'associations, à 22% des EPF et des HES et à 26% de l'administration et de la politique. Elles ont reconnu explicitement les résultats atteints par notre recherche énergétique et ont approfondi et amélioré le présent *Plan directeur*

3.4 Forces et faiblesses

Les **forces** de la recherche énergétique soutenue par les pouvoirs publics sont les suivantes :

- Les chercheurs sont motivés, les institutions offrent un **niveau d'équipement et de formation élevé** et, dans certains domaines, des **certaines centres de compétences sont renommés à l'étranger**.
- Une enquête bisannuelle recense la totalité des projets. D'où une **bonne vue d'ensemble**, propice à la coordination. En outre, les chefs de programme et ENET veillent à la **bonne communication** entre les acteurs de la recherche énergétique.
- Tant les instituts des Hautes Écoles spécialisées que l'étroite collaboration tissée avec l'économie privée favorisent un **transfert efficace des résultats** jusqu'au stade du développement ainsi qu'aux essais de modèles fonctionnels et de prototypes. De surcroît, les pouvoirs publics soutiennent les **projets pilotes et de démonstration**.
- L'OFEN est en mesure de combler les lacunes de financement entre la **recherche fondamentale orientée** et le développement de produits. La **commercialisation** s'effectue enfin en collaboration avec les Cantons et diverses organisations, grâce aux réseaux *SuisseEnergie*.
- Le lancement, l'accompagnement et la finalisation des projets nationaux s'effectue avec un **minimum de bureaucratie**. En effet, les **chefs de programme** veillent à l'affectation ciblée et efficace des fonds. Ils **coordonnent** les centres d'activités nationaux et la coopération internationale.
- La **coopération internationale** en matière de recherche aide beaucoup à la réalisation des objectifs visés : la Suisse prend largement part aux programmes de recherche de l'AIE et, de plus en plus, à ceux de l'UE. Or depuis la signature des accords bilatéraux, les institutions suisses sont habilitées à diriger des projets faisant partie des programmes cadres européens de recherche. La coopération aussi bien nationale qu'internationale est grandement facilitée par toutes les relations établies par l'OFEN.

Les **faiblesses** de la recherche énergétique et les moyens d'y remédier sont les suivants :

- Le prix très avantageux des agents énergétiques non renouvelables fait que **le marché n'exerce guère de pression** pour la réalisation de nouvelles solutions. Celles-ci restent souvent bloquées en raison de considérations économiques. → Il serait souhaitable d'agir davantage sur les forces du marché, grâce notamment au programme *SuisseEnergie*.
- De larges couches de la population **ne se soucient guère d'un approvisionnement plus axé sur la durabilité**. → La recherche doit informer davantage afin que le grand public soit davantage conscient de son attitude en matière de consommation. Les contributions de travaux socio-économiques et celles du programme *SuisseEnergie* jouent également un rôle essentiel ici.
- Le **recrutement de collaborateurs de projets** dans les Hautes Écoles spécialisées bute sur des difficultés majeures. L'attrait que comporterait une thèse, par exemple, manque ici, d'où un maigre vivier d'étudiants. Par ailleurs, l'industrie recrute beaucoup de diplômés. Dans les Hautes Écoles également, il est difficile de recruter pour des projets ne débouchant pas sur une thèse de doctorat. → Une pression accrue du marché en faveur de nouveaux produits rendrait le secteur de l'énergie financièrement plus attrayant pour une carrière. Il convient d'examiner la possibilité de délivrer des titres de reconnaissance et de récompenser par des prix les efforts exceptionnels.
- **L'industrie suisse est peu disposée à accepter les risques** inhérents aux investissements à long terme. → Le soutien continu des pouvoirs publics à la recherche, au développement et aux projets de démonstration s'impose.
- Bien souvent, le **marché suisse** n'a pas la **taille critique** pour le lancement de nouveaux produits. → La seule solution serait de renforcer la coopération internationale et la présence suisse à l'étranger, tout en recourant à la promotion à l'exportation.
- Les **résultats de la recherche énergétique** sont **trop peu jugés à l'aune de l'efficacité**. → Il s'agit donc de viser, pour de nombreux projets, à un rapport maximal entre l'énergie non renouvelable (ou le CO₂) économisée et les montants investis. Ce type d'évaluation fournirait une base de comparaison fiable entre projets et entre domaines de la recherche énergétique.

4. Objectifs stratégiques

4.1 La "Vision 2050"

C'est dans l'article sur l'énergie de la Constitution fédérale (voir le chapitre 2.2.) que se trouve le principe fondamental de l'approvisionnement énergétique de la Suisse et par là également celui de la recherche énergétique. Durant ces 30 dernières années, la politique énergétique a été dominée par la sécurité d'approvisionnement et par des problèmes environnementaux locaux. Les grandes réserves de houille, de gaz naturel et de pétrole supposées en de nombreuses régions du monde ont momentanément quelque peu désamorcé la problématique de la sécurité d'approvisionnement. Reste à régler des problèmes d'accès à résonance politique. Par ailleurs, les premiers indices d'un changement du climat global sont déjà perceptibles, et **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 et flux de substances à l'échelon local, ont plutôt tendance à aggraver ce risque. **Le seul remède à la situation et l'unique moyen de régler simultanément les difficultés locales d'approvisionnement et de protection de l'environnement consistent à réduire la gravité du problème climatique général en développant et en 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.

Le principal gaz à effet de serre est le dioxyde de carbone (CO₂). **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 sixième 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 adapter 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 CO₂ 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"**. 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.

En bref, **dans 50 ans l'approvisionnement énergétique de la Suisse devrait être à même de :**

- **diviser par trois les besoins en énergie, pour parvenir à une puissance moyenne de 2 kW par personne ;**
- **diviser par six les émissions de CO₂, pour atteindre au maximum 1 tonne par personne et par an ;**
- **diminuer d'un facteur 5 les autres émissions de polluants ;**
- **réduire d'un facteur 10 les flux de substances liés à la production d'énergie.**

4.2 Objectifs de 2004 à 2007

La recherche énergétique suisse s'engage dans la voie du développement durable. Elle y fait œuvrer des **spécialistes compétents dans la formation, la recherche et le transfert** afin de réaliser des 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. La recherche veut en particulier contribuer à :

- **réaliser les objectifs formulés dans la "Vision 2050" ci-dessus**
- **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.**

À court terme, un objectif supplémentaire vient au premier plan :

- **soutenir le programme *SuisseEnergie* pour encourager l'Utilisation rationnelle de l'énergie (URE) et le recours aux Sources d'énergie renouvelables (SER), ainsi que pour éveiller la conscience énergétique de la population.**

La recherche énergétique concourt à la réalisation des objectifs de *SuisseEnergie* de diverses manières. Elle améliore sans relâche les technologies en place et en développe de nouvelles, avec à la clé des installations pilotes et de démonstration ou des innovations. En outre, les travaux socio-économiques préparent le terrain pour de nouveaux instruments ou pour la percée de technologies pionnières.

Les objectifs détaillés figurent au chapitre 6 : Grandes options de la recherche 2004 – 2007.

5. Stratégie pour la réalisation des buts

La recherche énergétique publique prévoit des mesures stratégiques ciblées, à savoir :

- une bonne coordination et répartition nationale des tâches
- des critères compréhensibles et transparents pour le soutien à la recherche énergétique
- des échanges réguliers entre la recherche fondamentale et la recherche énergétique
- la mise en œuvre des résultats de la recherche sous forme de produits et de services
- de bonnes conditions cadres au profit des entreprises et des institutions de recherche
- l'intensification poussée de la coopération internationale
- le contrôle pratique de la réalisation des objectifs.

Les sous-chapitres suivants reviennent sur chacune des mesures énoncées.

5.1 Répartition et coordination nationales des tâches

Le développement et la commercialisation de nouveaux produits et processus s'effectue par étapes : *recherche fondamentale orientée, recherche et développement appliqués (R+D), projets pilotes et de démonstration (P+D), commercialisation et soutien au marché*. Le tableau ci-dessous répertorie les **établissements de recherche selon leur apport** respectif aux étapes de la recherche. Selon les domaines, celui-ci peut s'écarter des chiffres indiqués. La commercialisation et le soutien au marché ne faisant pas partie de la recherche énergétique, le *Plan directeur* n'en parle pas. En revanche, ils constituent des piliers du programme *SuisseEnergie* et soulèvent fréquemment de nouvelles questions touchant à la technique, à l'économie, à l'écologie et aux sciences sociales, questions que d'autres projets de recherche se devront d'aborder.

		Étapes de la recherche énergétique			Commercialisation et soutien du marché
		Recherche fondamentale orientée	Recherche et développement appliqués (R+D)	Projets pilotes et de démonstration (P+D)	
Pouvoirs publics	Domaine des EPF, Universités	70%	20%		
	Hautes Écoles spécialisées	15%	25%	10%	
Économie privée	Bureaux d'ingénieurs et de planification		5%	10%	5%
	Entreprises (év. associations)	15%	50%	80%	95%

Valeurs indicatives concernant l'apport des établissements de recherche publics et privés à chaque étape du développement et de la commercialisation des produits et procédés concernant l'énergie.

Les crédits d'encouragement proviennent d'institutions fédérales et cantonales, ainsi que de fonds de recherche privés :

- À l'échelon de la **Confédération**, le soutien à la recherche énergétique relève en premier lieu du CEPF (Conseil des EPF), de l'OFEN, de l'OFES, de la CTI et du FNS. Étant donné que les exigences diffèrent à chaque niveau de recherche et de développement et que les mandats politiques ne sont pas les mêmes, ces **institutions** se démarquent sur le plan des **grandes orientations**, des **démarches** adoptées et des **modalités** de réalisation des projets :
 - Le **CEPF** veille en particulier, lors de l'attribution des fonds, à la qualité scientifique des projets. En outre, il tient compte de la **durabilité du développement technique**.
 - L'**OFES** finance et coordonne la collaboration internationale de groupes de chercheurs suisses au sein des programmes de l'UE, et ce jusqu'à la fin du cinquième PCRDT (Programme cadre de recherche, de développement technologique et de démonstration). Pour les programmes cadres suivants, les fonds devront provenir directement de la Commission Européenne à Bruxelles.
 - La **CTI** a pour but de renforcer la compétitivité de l'économie suisse dans le domaine des technologies. Des crédits sont alloués aux idées présentant un potentiel commercial élevé à court ou à moyen terme. Concrètement, seules les Hautes Écoles (universitaires ou spécialisées), partenaires du projet, peuvent en bénéficier. En outre, au moins 50% des coûts du projet sont à la charge des partenaires issus de l'économie privée. Ceux-ci ont alors droit de tenir secrets les résultats de la recherche.
 - Le **FNS** soutient la recherche fondamentale libre, qu'elle soit menée ou non dans les Hautes Écoles, et encourage la relève scientifique. Des programmes nationaux de recherche (PNR) interdisciplinaires et axés sur des problèmes visent à apporter des solutions fondées à des questions d'importance sociale, d'autres (pôles de recherche nationaux, PRN) tendent à établir des centres de compétences scientifiques dans des domaines bien délimités.
 - L'**OFEN** soutient **à titre subsidiaire** la recherche à tous ses stades, de la recherche fondamentale orientée jusqu'à la commercialisation des produits. L'instrument de conduite dont il se sert 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 (environ 20% des projets). Enfin, il connaît l'existence des 10% des projets restants 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. Par ailleurs, les chefs de programme de l'OFEN assurent une **coordination orientée** des programmes de recherche, qu'ils influencent et surveillent (voir chapitre 3.1).
- Les **Cantons** soutiennent la recherche énergétique menée dans les Universités, les Hautes Écoles spécialisées et dans le cadre de projets P+D.
- Enfin, trois **Fonds privés** dotés de moyens importants ont été constitués dans le secteur de l'énergie, à savoir le fonds de recherche de l'industrie électrique (PSEL), celui de l'industrie gazière (FOGA) et celui de l'Union pétrolière (FRUP), qui financent essentiellement les travaux de RD&D menés dans chacun de leurs domaines.

5.2 Critères de soutien aux projets

Les projets de recherche dans le secteur de l'énergie soutenus par les pouvoirs publics doivent remplir les **conditions de base** énoncées au sous-chapitre 2.1 et, tout en allant globalement dans le sens des objectifs stratégiques de la recherche énergétique (voir chapitre 4), être conformes aux priorités fixées pour la période 2004 à 2007 (voir chapitre 6).

Si les travaux portent sur des domaines hautement prioritaires, il est judicieux de poursuivre des **alternatives à la fois techniques et institutionnelles** (même dans le cas de la coopération internationale), afin d'éviter tout flottement ou échec et le règne du *stop-and-go*.

De manière générale, le soutien aux projets de recherche et de développement (R+D) ainsi qu'aux installations pilotes et de démonstration (P+D) dépend du respect du **catalogue de critères** suivant :

- Le produit final du projet est d'intérêt public, il laisse entrevoir de réels **avantages écologiques et économiques** par rapport aux solutions en place. Les économies potentielles en termes d'énergie, d'émissions de CO₂ et d'autres polluants sont quantifiées en fonction des attentes du marché.
- Le projet promet une **qualité technico-scientifique élevée**. Les points critiques sont identifiés et la marche à suivre complète pour y remédier est indiquée. Les institutions impliquées sont à même de réaliser le projet et les chercheurs qui y participent possèdent les compétences requises.
- Les recherches concernant la bibliographie et les brevets ont conclu à l'**absence de doublon** ou de situation de concurrence problématique. Le projet est coordonné avec les travaux similaires, y compris sur le plan international.
- Si des projets concurrents poursuivent les mêmes objectifs ou s'il existe déjà des produits concurrents, le résultat du projet doit constituer un réel **plus par rapport aux concurrents**.
- Le projet doit présenter un **potentiel d'application** suffisant.
- Les conditions du marché sont passées en revue. Une évaluation claire des **chances commerciales** du produit final est menée et doit révéler des perspectives à court, moyen et long terme, ainsi que la présence d'un certain degré d'acceptation par le consommateur. Plus un projet est proche du marché, plus l'analyse correspondante sera détaillée.
- Le **transfert des résultats de la recherche** fait l'objet d'un concept. (Qui fait quoi, et jusqu'à quand ? Comment s'effectue la commercialisation ?) Plus un projet est proche du marché, plus ce concept sera détaillé.
- Les **installations P+D** doivent être bien pourvues d'instruments, les mesures être suffisantes et l'évaluation des données recueillies être garantie. Si les installations sont tributaires de leur site d'accueil, tout conflit avec des directives communales, régionales ou cantonales doit être évité.
- Un découpage clair du projet en étapes doit garantir son **développement orienté**. Ainsi, chaque phase aboutit à des étapes contrôlables (*milestones*) et à des produits définis à livrer. Un calendrier précis et réaliste de la recherche facilite le respect des échéances. Au surplus, des groupes d'accompagnement formés dans les milieux intéressés veillent à la dimension pratique des travaux. Enfin, les résultats sont publiés et des ateliers sont organisés au terme du projet.
- Le **financement des projets** respecte les tarifs en vigueur à l'OFEN. Les montants budgétés sont dûment justifiés et apparaissent adéquats pour atteindre les objectifs. Les prestations propres des partenaires, présentées en détail, sont d'autant plus élevées que le projet est proche du marché. Les fonds nécessaires au transfert sont également précisés. Pour les projets plus complexes, chaque phase est présentée dans un budget distinct, permettant de suspendre les projets en fin d'étape.

5.3 Recherche fondamentale orientée

La recherche fondamentale orientée alimente les connaissances nécessaires pour bien aborder les problèmes ou les possibilités identifiés ou prévisibles, concernant le présent comme l'avenir¹. En revanche, les acquis de la recherche appliquée servent en premier lieu à développer des produits et des procédés nouveaux ou améliorés sur le plan de la technique énergétique. Enfin, le développement expérimental consiste à réaliser et à tester, sur la base des acquis de la recherche et de la pratique, de premiers modèles pour les nouveaux produits. La recherche énergétique en Suisse est appelée à soutenir d'abord la R+D (recherche et développement) appliquée.

Les impulsions s'établissent dans les deux sens. **La recherche fondamentale orientée est à l'origine d'applications intéressantes pour la technique énergétique** (exemple : hydrure métallique pour le stockage de l'hydrogène). **Inversement, l'apparition de phénomènes ignorés**, au stade de la R+D appliquée ou de la réalisation et de l'exploitation des installations, **stimule souvent la recherche fondamentale orientée** (exemple : oscillations thermo-acoustiques des turbines à gaz).

Outre la chimie, la physique et la technique, la recherche fondamentale orientée comporte une dimension écologique et socio-économique. Les connaissances présentent certes un intérêt général pour le secteur énergétique, mais doivent également combler des lacunes dans les champs suivants : **écologie, économie et sciences sociales**. Et les travaux correspondants ne débouchent pas sur de nouveaux produits ou procédés, mais facilitent l'accueil des nouvelles solutions et prennent en compte leur impact sur l'environnement, l'économie et la société.

Lorsqu'elle contribue au développement d'un approvisionnement énergétique durable, la recherche fondamentale orientée justifie un soutien étatique. Les crédits alloués doivent inciter la recherche fondamentale à s'occuper de facteurs potentiellement intéressants pour l'énergie.

La transition entre la recherche fondamentale orientée et d'autres étapes de la recherche s'effectue sans heurt (voir aussi chapitre 2.1). Il s'agit pour la recherche énergétique de permettre à la recherche fondamentale orientée, à la recherche appliquée et au développement de projets P+D (pilotes et de démonstration) de progresser en parallèle, à la faveur d'échanges réciproques. Il est important que les **chefs de programme** en soient conscients et **établissent des ponts lorsque c'est possible et judicieux**.

Au nombre des grandes options de la recherche énergétique 2004–2007, certaines relèvent plutôt de la **recherche fondamentale orientée** :

- Élaboration d'instruments pour l'évaluation écologique des systèmes énergétiques
- Analyse des quartiers urbains et ruraux sous l'angle énergétique
- Formes de mobilité moderne et possibilités d'éviter de générer du trafic
- Nano-sciences et nano-technologies
- Supraconduction à haute température
- Études des phénomènes catalytiques dans la chambre de combustion
- Connaissance des mécanismes générant des poussières fines et de leur impact
- Nouvelles méthodes de mesure de la température et des propriétés géothermiques en sous-sol
- Vieillessement et mécanique de rupture des matériaux (dans les centrales nucléaires)
- Aspects de la sécurité du système homme-machine, analyse moderne de la sécurité
- Recherches diverses sur la fusion nucléaire
- Recherches diverses sur les Fondements de l'économie énergétique (FEE).

¹ Voir *Manuel de Frascati 2002 – Méthode type proposée pour les enquêtes sur la recherche et le développement expérimental*, OCDE, ISBN 92-64-29903-3, n° 52702, 6^e éd., Paris, 2002.

5.4 Mise en œuvre des résultats de la recherche

Le large intérêt manifesté par l'opinion publique pour la percée des nouvelles technologies énergétiques – a fortiori lorsqu'elles sont durables – contraint les pouvoirs publics, dans leur soutien à la recherche énergétique, à collaborer étroitement et le plus tôt possible avec l'économie privée.

Le transfert des résultats vers le marché fait partie intégrante des tâches des collectivités publiques qui soutiennent la recherche. Il s'agit en particulier d'accélérer le lancement des techniques énergétiques durables. Dans cette optique, à côté de l'**implication directe des partenaires de l'industrie**, le **financement ciblé de projets pilotes et de démonstration (P+D)** est un instrument décisif pour le transfert. La collaboration étroite avec l'économie privée, cette dernière assumant la plupart des coûts, est une absolue nécessité. En outre, au chapitre de la mise en œuvre de la politique énergétique et climatique suisse, le programme *SuisseEnergie* vise à favoriser la pénétration des nouvelles technologies en agissant sur la demande (subventions des Cantons, mesures librement consenties, *marketing*, prescriptions).

Pour le **choix des projets P+D**, la priorité revient aux domaines où les partenaires privés suisses sont déjà actifs ou possèdent des compétences particulières. À titre exceptionnel et dans des cas bien documentés (par exemple, pour influencer les grands groupes internationaux jouant un rôle multiplicateur, ou si la recherche présente un caractère générique suffisant pour que le savoir-faire reste en Suisse), des projets P+D peuvent être encouragés dans un domaine où l'économie étrangère est très active.

Autre volet du transfert : tant les **spécialistes** concernés que le **grand public** doivent être **largement informés** 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. Les progrès réalisés dans les programmes et les projets directement suivis par l'OFEN sont déjà présentés dans des **rapports annuels détaillés, dans des publications spécialisées, sur Internet ainsi que lors de rencontres et de séminaires organisés à cet effet**. Dans le cadre du *Swiss Technology Award*, l'OFEN décerne chaque année un prix spécial "Énergie". De plus, il apporte son soutien aux efforts d'exportation de l'économie privée, en particulier des PME. Tous les rapports relevant de la recherche énergétique (y compris ceux concernant des projets non directement soutenus ou suivis par l'OFEN) sont rassemblés et publiés par **ENET**, un service d'information spécialement créé pour la recherche énergétique. Ainsi, des informations et les publications de chaque programme de recherche sont accessibles sur le site www.energieforschung.ch, de même que les manifestations organisées et des renseignements du même ordre. En outre, la revue *ENET-News* fait le point trois fois par an sur les projets pilotes ou de recherche, et des informations sur la scène énergétique suisse et étrangère paraissent chaque semaine (*News Ticker*). Enfin, l'OFEN publie tous les deux ans une **Liste des projets de recherche énergétique en Suisse**. Toutes ces activités doivent être reconduites.

Un autre pilier du transfert consiste à diffuser les acquis de la recherche énergétique et à sensibiliser, dans la **formation et le perfectionnement**, (www.suisse-energie.ch → Recherche et formation → Formation et perfectionnement → Confédération & Cantons) aux exigences d'un approvisionnement durable. Selon la loi sur l'énergie, l'OFEN a le mandat de soutenir la formation et le perfectionnement des spécialistes de l'énergie. Les professionnels de la construction disposent d'ores et déjà d'offres conçues pour tous les niveaux (de l'architecte à l'installateur), et des offres destinées aux spécialistes d'autres secteurs en relation avec l'énergie devraient voir le jour.

Les **contacts** noués avec les partenaires économiques, les informations tirées de la presse spécialisée et d'Internet, ainsi que diverses manifestations, telles qu'ateliers et conférences, sont autant de contributions à l'analyse des besoins et à la recherche de nouvelles solutions valables pour tous les acteurs du transfert. Les chefs de programme de l'OFEN devraient exploiter ces possibilités au mieux. Enfin, les **Conférences suisses sur la recherche énergétique** (tous les trois ans environ) 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 adaptées aux conditions cadres du Pays.

5.5 Conditions cadres pour les entreprises et les institutions

L'engagement de la Confédération dans les travaux de RD&D énergétique réalisés par l'économie privée répond au principe de la subsidiarité. En d'autres termes, l'État n'intervient que lorsque l'industrie néglige des domaines prioritaires (en raison des risques qu'ils présentent) et que, par ailleurs, les perspectives d'application y sont bonnes.

L'économie privée profite, au stade de la commercialisation, de la promotion directe et indirecte menée par SuisseEnergie. En outre, un volet de ce programme consiste à mettre sur pied des valeurs cibles de consommation, des certificats et des prescriptions pour améliorer encore les conditions cadres au profit des entreprises.

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, lorsqu'une entreprise a participé au projet en y investissant en fonds propres des montants élevés, on peut lui accorder un délai de protection des nouvelles connaissances.

Les brevets jouent un rôle important dans la collaboration entre les pouvoirs publics et l'économie privée. Or de grandes incertitudes règnent à ce sujet dans la recherche menée par les Hautes Écoles – à l'exception du Domaine des EPF. **D'où l'importance de développer et de concrétiser 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.

Pour l'instant, la recherche énergétique peut se baser sur la **réglementation de la CTI**. Si le partenaire privé assume plus de 50% des coûts du projet et si les fonds publics ne sont alloués qu'aux établissements de recherche publics impliqués, ledit partenaire a le droit de solliciter un brevet et d'en faire un usage illimité. Ainsi, les rapports finaux peuvent être déclarés confidentiels. Il incombe aux partenaires de régler entre eux les droits à des brevets et les demandes d'indemnisation qui en découlent. La source de financement public sera informée en temps utile du dépôt de brevet. Si des brevets ou des droits de licence sont cédés sans être exploités par un des partenaires au projet, les contributions reçues doivent être entièrement ou partiellement restituées. Par ailleurs, le transfert des brevets et des droits de licence à des étrangers intéressés est subordonné à l'accord du bailleur public de fonds.

Le marché suisse est souvent trop exigü pour la production viable de produits à bon rendement énergétique ou de technologies recourant aux Sources d'énergie renouvelables (SER). D'où un handicap dans le domaine du transfert. **Les exportations sont par conséquent cruciales pour la rentabilité des technologies et des produits.** Le volume des exportations dans ce segment avoisine aujourd'hui 790 MCHF², et des estimations réalistes montrent qu'elles pourraient doubler ou tripler d'ici 2010. Les grandes entreprises sont déjà à même d'écouler leurs produits sur les marchés étrangers. Or l'adoption de la loi fédérale sur la promotion des exportations (en octobre 2000) ouvre de nouvelles perspectives. L'Office d'expansion commerciale (OSEC : www.osec.ch) a été chargé d'améliorer les opportunités d'exportation des **petites et moyennes entreprises** (PME), en tissant un réseau national et international, en collaboration avec le DFAE (*Swiss business hubs*), et en proposant d'autres services. Cette offre visant à accroître la diffusion et la compétitivité des technologies et des produits nouveaux dans le secteur de l'énergie mérite d'être étendue et exploitée de manière optimale³.

² Voir *Förderung des Exports im Bereich der Energietechnologien*, (avec résumé en français), à commander auprès de l'OFCL, Diffusion des publications, n° de commande : 805.045 d.

³ Voir *Conception de la promotion à l'exportation dans le secteur des technologies énergétiques durables*, téléchargeable sous www.suisse-energie.ch, sous le thème "Recherche", à la rubrique "Stratégies & programmes".

5.6 Coopération 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 de l'OCDE 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'Union Européenne (UE)**. Par exemple, la coordination sur le plan européen de la recherche sur la fusion nucléaire remonte déjà à 1978. L'entrée en vigueur de l'accord bilatéral sur la recherche passé entre l'UE et la Suisse a grandement facilité 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.

S'agissant des projets de recherche menés à l'étranger, un soutien ne se justifie que s'ils génèrent de la valeur ajoutée pour la Suisse. Par ailleurs, notre pays peut participer à des projets internationaux portant sur de grandes installations scientifiques situées à l'étranger dont l'exploitation excéderait les ressources d'un seul pays.

Une coopération à l'échelon mondial et un engagement accru dans les pays en voie de développement sont importants à long terme, en particulier dans la problématique de l'énergie et dans celle de 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 Direction du développement et de la coopération (DDC) est indispensable.

5.7 Contrôle des objectifs atteints

À l'heure actuelle, le **controlling** et l'**assurance-qualité** de la recherche énergétique s'effectuent à deux niveaux. D'abord, les chefs de programme, les responsables de domaine ainsi que les groupes de suivi accompagnent les projets. Ensuite, les chefs de projet eux-mêmes présentent régulièrement des rapports accessibles à tous (rapports intermédiaires présentés oralement et rapports annuels écrits). La CORE exerce son contrôle à travers un parrain désigné pour chaque programme et en examinant les rapports annuels des chefs de programme. Ces derniers sont en outre appelés à présenter à la Commission, tous les trois ans environ, leurs résultats, leurs plans pour le futur et une évaluation du transfert technologique.

Les programmes et les projets n'ont pas tous des objectifs clairement définis et assortis d'étapes. Or sans objectifs quantitatifs et contrôlables, il est très difficile d'évaluer l'efficacité de la recherche énergétique quant à sa mission, qui est de contribuer à un approvisionnement énergétique durable. Une quantification des objectifs serait utile tant pour la recherche et le développement (R+D) que pour les projets pilotes et de démonstration (P+D). Aussi la CORE préconise-t-elle d'introduire dans tous les domaines un **controlling** plus rigoureux des résultats. Ce **controlling** comportera la **fixation d'objectifs de recherche contraignants, à la fois clairs, réalistes et contrôlables**.

Chaque programme de recherche doit comporter obligatoirement, pour permettre une quantification simple, des **indicateurs spécifiques au domaine**, tels que le rendement électrique des groupes à couplage chaleur-force, le coefficient de performance des systèmes thermiques de pompes à chaleur, le rendement électrique des cellules solaires, la capacité d'isolation thermique des nouveaux matériaux, etc. La CORE s'assure dans chaque cas que les objectifs quantitatifs définis soient contrôlables et les échéances respectées. Concrètement, elle exige que les synthèses annuelles des chefs de programme R+D et P+D incluent une comparaison entre les objectifs et les résultats effectifs de l'exercice. Les écarts par rapport aux valeurs visées seront brièvement expliqués à la lumière des événements et des difficultés imprévisibles, des ressources financières, des institutions et du personnel à disposition. Outre la réalisation des objectifs, les délais, les étapes, l'efficacité énergétique et le degré de proximité du marché sont également examinés. En revanche, le **controlling** ne porte ni sur les finances, qui restent du ressort direct des bailleurs de fonds, ni sur l'organisation interne des domaines de recherche. L'évaluation des progrès annuels des programmes est menée conjointement par les parrains de la CORE et les chefs de programme. De cette façon, la Commission est mieux informée des activités et des succès obtenus dans chaque domaine, et peut au besoin mettre en œuvre des mesures de pilotage.

Le **controlling** a été introduit **dans quatre domaines** (*Bâtiment, Électricité, Photovoltaïque et Chimie solaire*) à titre de **projet pilote**. Une fois que la CORE aura procédé aux adaptations nécessaires des paramètres mesurés et du rapport de **controlling**, il sera étendu à tous les domaines.

La recherche énergétique fait l'objet d'**évaluations** régulières, menées par des **groupes d'experts internationaux**. Certaines institutions (le PSI, par exemple) font contrôler leurs travaux de leur propre initiative. Sinon, l'OFEN procède à l'évaluation par domaine des activités de recherche et de transfert. De tels examens montrent dans quelle mesure les programmes sont conformes à la "Vision 2050" (chapitre 4.1) et aux impératifs politiques (chapitre 2.2) et resituent la qualité de la recherche énergétique suisse dans le contexte international. En outre, l'AIE entreprend des examens approfondis des pays sous l'angle de la recherche et du développement. Les critiques formulées sont prises au sérieux et la CORE veille à ce que des améliorations soient opérées dans la mesure du possible.

5.8 Les principes directeurs en bref

Pour atteindre ses objectifs stratégiques – compte tenu des impératifs auxquels elle est soumise – la recherche énergétique suisse doit obéir aux principes suivants :

Principes directeurs généraux

1. ***Durabilité, pensée et action globales***

L'évolution des ressources et de la population mondiales rendent **indispensable** d'assurer un **approvisionnement et une utilisation de l'énergie respectant l'environnement**. La recherche énergétique 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**.

2. ***Formes de recherche***

La recherche énergétique est en premier lieu une recherche ciblée et appliquée. Dans divers domaines importants, la Suisse ne dispose pas de centres de compétences poursuivant des travaux technologiques ciblés en contact permanent avec l'industrie. En comparaison de la recherche fondamentale, qui est très bien représentée en Suisse, le secteur de l'énergie présente un besoin de rattrapage. C'est donc aux pouvoirs publics à s'engager sur d'importants thèmes de la recherche énergétique délaissés par l'économie privée.

3. ***Horizon temporel***

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.

4. ***Priorités et constitution de réseaux***

La recherche énergétique suisse **se concentre 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. Dans les secteurs prioritaires, il convient de créer et de maintenir des groupes de recherche bien dotés en personnel et en moyens financiers, dans l'intérêt de la **continuité** des travaux. Par ailleurs, la mise en **réseau** des institutions de recherche et d'enseignement est encouragée, en vue de constituer des centres de compétences scientifiques reconnus sur le plan international.

5. ***Développements parallèles***

Lorsque les objectifs visés sont particulièrement importants, il est judicieux de **suivre plusieurs alternatives techniques et institutionnelles** (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.

6. ***Collaboration internationale***

Toute bonne recherche a une orientation internationale. La **collaboration et la communication internationales** augmente 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. En outre, la collaboration doit dépasser le cercle des nations industrialisées et s'étendre aux **pays émergents**.

7. ***Principe de participation***

L'engagement de la Confédération dans les travaux de l'**économie privée répond au principe de la participation**, par laquelle les entreprises participent aux dépenses des institutions publiques de recherche de façon à ce que de bons projets puissent percer. 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.

8. *Recherche à l'étranger*

Les **projets de recherche menés à l'étranger** ne sont financés qu'à titre exceptionnel (par exemple, les grandes installations scientifiques).

9. *De la recherche au marché*

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'un côté, d'accélérer le lancement de techniques énergétiques durables ; de l'autre, il faut se rappeler que 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.

10. *Formation*

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.

11. *Information*

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 "Vision 2050" (chapitre 4.1).

Principes directeurs spécifiques pour la période 2004 – 2007

- Les accents de la recherche seront mis sur les techniques et les mesures touchant l'utilisation des **Sources d'énergie renouvelables (SER) et l'Utilisation rationnelle de l'énergie (URE)** ; 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 de l'énergie.
- On en focalisera l'application sur le **secteur du bâtiment** et sur celui du **trafic individuel**, ainsi que sur les **systèmes de distribution et d'élimination**.
- Dans ces trois domaines cibles, des décisions d'ordre économique ou social ont un impact majeur sur le recours aux Sources d'énergie renouvelables (SER) et sur l'Utilisation rationnelle de l'énergie (URE). La recherche consacrée aux **Fondements de l'économie énergétique (FEE)** revêt donc une **importance transversale** bien réelle.
- 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 menée sur la sécurité en coopération internationale 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 utilisable, il n'est pas encore envisageable de l'appliquer dans un avenir prévisible. Le dessin exact de futurs réacteurs ainsi que, le temps venu, certains aspects socio-économiques sont encore à définir lors d'autres analyses détaillées. Néanmoins, il faut continuer à participer raisonnablement aux travaux de recherche spécifiques de la communauté internationale. Cela notamment en raison de l'excellente qualité de cette recherche, de ses retombées importantes dans d'autres domaines et de la formation d'un personnel scientifique.
- 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.

6. Grandes options de la recherche 2004 - 2007

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 cinquième 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 (URE) et la réduction drastique des émissions de CO₂
- Il faut privilégier les nouvelles technologies énergétiques durables, ainsi que les Sources d'énergie renouvelables (SER).
- 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 dépendra de décisions d'ordre économique, les aspects socio-économiques revêtent une importance prépondérante.
- Un accent marqué doit être mis sur l'application pratique des résultats de la recherche ; 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 5.1).

Les données concernant **l'attribution des crédits** sont récapitulées au chapitre 7.

Les échéances indiquées pour les objectifs de la recherche sont définies comme 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.

6.1 Utilisation rationnelle de l'énergie (URE)

Les formes d'énergie non renouvelables couvrent encore près de 85% de la consommation finale totale d'énergie de la Suisse. À eux seuls, les **agents énergétiques fossiles** (pétrole, gaz naturel et charbon) en couvrent près de 70%. Il est donc impératif d'en réduire de toute urgence la consommation, car, à cause du CO₂ que produit leur combustion, ils sont les principales causes de l'effet de serre. Le potentiel d'amélioration est ici énorme. On en veut pour preuve les pertes d'énergie – plus de 55% – constatées dans les processus de conversion de l'énergie primaire en énergie effectivement utilisée.

Les progrès techniques permettent une **utilisation plus rationnelle de l'énergie**, c'est-à-dire qu'elles sont à même d'obtenir un **confort d'utilisation identique** (chaleur, travail mécanique, éclairage, etc.) avec une **quantité moindre d'énergie primaire**. Les solutions sont souvent réalisables à court terme. Et dans bien des cas, elles sont déjà aujourd'hui économiquement rentables, voire proches du seuil de rentabilité. On songe en particulier aux domaines du **bâtiment** et des **transports** où une utilisation plus rationnelle de l'énergie a comme corollaire un confort accru et une meilleure qualité de vie. De plus, ces techniques disposent de bonnes chances à l'exportation – même dans les secteurs de **l'électricité et du couplage chaleur-force** -, génèrent de nombreux emplois et réduisent la dépendance de la Suisse vis-à-vis de l'étranger. En voici quelques exemples :

- Les **piles à combustible** allient un rendement de conversion élevé à un niveau d'émissions de substance polluantes des plus faibles.
- Dans les **processus** industriels, de nouveaux procédés, ainsi qu'une meilleure gestion à l'interne des sources de chaleur et des puits thermiques permettent de réduire les besoins d'énergie nécessaires à la production d'une quantité de biens donnée.
- Dans le domaine des transports, une **modification du comportement** des individus est susceptible d'entraîner une nette réduction des besoins en énergie primaire sans nuire au confort des usagers.

Malheureusement, les **bas prix de l'énergie**, qui ne comprennent pas les **coûts externes** liés à la conversion de l'énergie, font souvent barrage au développement de solutions pourtant adéquates. Tant que le coût des atteintes à l'environnement, à la santé, aux bâtiments, etc. ne seront pas pris en compte et que les conditions politiques n'évolueront pas, les prix de l'énergie ne connaîtront pas d'augmentation sensible à court et moyen terme.

Vu l'**importance de leur impact** et le fait qu'elles sont **réalisables à court et moyen terme**, les techniques visant à accroître l'Utilisation rationnelle de l'énergie (URE) figurent au premier rang des priorités de la recherche énergétique. Elles sont à même d'apporter une contribution essentielle aux objectifs de réduction des émissions de CO₂. Une attention particulière sera accordée à leur rentabilité afin d'obtenir les meilleurs résultats possibles. Il faut donc intensifier les activités de recherche et de développement dans les programmes relatifs au bâtiment, aux transports, au couplage chaleur-force (piles à combustibles comprises) et aux processus. À l'échelle de la recherche, il est prévu de faire passer les crédits de 41 MCHF (actuellement) à 53 MCHF en 2007, et d'allouer non plus 14 MCHF, mais 22 MCHF aux installations pilotes et de démonstration (voir le tableau au chapitre 7, p. 57).

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, les pompes à chaleur ont connu un bel essor, en particulier dans les maisons individuelles : environ 40% des nouvelles villas en sont équipées.

Les nouvelles constructions sont des «consommateurs» supplémentaires, dont la dépense énergétique est déterminée pour de nombreuses années et qui ne pourront être adaptées 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 CO₂ 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 de moitié environ 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 atteindra 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.**

Le domaine du bâtiment recèle encore d'importants gisements d'économie. La *politique des petits pas*, surtout dans la rénovation de bâtiments, ne permet pas d'augmenter rapidement l'efficacité énergétique de manière significative et s'avère en règle générale improductive. **Il faudrait pourtant multiplier les économies d'énergie par un facteur 5 à 10.** Les premiers exemples de réalisations, tant pour les rénovations que pour les nouvelles constructions, indiquent que cet objectif est réaliste et pertinent sur le plan économique. Il apparaît également que le potentiel d'économie est nettement plus important qu'on ne le supposait jusqu'à présent. À l'avenir, le standard MINERGIE devrait représenter la valeur-limite, tandis que celui de la maison passive fera office de valeur cible (besoins en énergie de chauffage inférieurs à 15 kWh/m² · a). Les résultats positifs enregistrés dans le chauffage et l'eau chaude, notamment grâce aux pompes à chaleur et à l'aération contrôlée (pour les maisons passives) ne doivent toutefois pas faire perdre de vue la question de la consommation d'électricité des bâtiments, laquelle a progressé de 30% en quinze ans.

Étant donné l'**importance de l'aspect énergétique** et les **lacunes qui subsistent au niveau des connaissances, notamment dans la rénovation des bâtiments**, il faut compenser les réductions consenties ces dernières années dans les dépenses pour la RD&D. Il est prévu (voir le tableau au chapitre 7, p. 57) d'augmenter de 5,6 MCHF par année (actuellement) à 13 MCHF en 2007 les crédits alloués à la recherche, et de 1,7 MCHF à 6 MCHF les montants consacrés aux installations pilotes et de démonstration.

Grandes options de la recherche 2004-2007

À court et à moyen terme :

- *Bases de l'évaluation écologique des systèmes énergétiques (agents énergétiques conventionnels, Sources d'énergie renouvelables (SER) et systèmes solaires) ;*
- *Matériaux de construction hautement isolants à base de matières nano-structurées d'un genre nouveau. D'un encombrement réduit, ils offrent une solution alternative dans les rénovations de bâtiments et pour les éléments de construction complexes. ;*
- *Outils de planification tirés de la pratique applicables aux constructions écologiques durables ;*
- *Modèles de bâtiments faisant office à la fois d'unités de production d'énergie décentralisées et de fournisseurs de chaleur (combinaison de piles à combustible et de cellules photovoltaïques) ;*
- *Analyse sous l'angle énergétique de zones d'habitation urbaines et rurales, en particulier détermination en fonction du site des potentiels de rénovation et de leurs conséquences sur la consommation d'énergie. Ce genre de travail devrait permettre à l'avenir de tenir davantage compte des aspects non technologiques du développement durable.*

Grandes options des projets de démonstration 2004-2007

- *Systèmes d'aération simples, réglables en fonction des besoins, munis d'un dispositif de récupération de chaleur efficace ;*
- *Paquet de solutions standard pour rendre les bâtiments neufs et rénovés efficaces en termes énergétiques et respectueux de l'environnement. Le paquet doit comprendre des systèmes solaires bon marché ;*
- *Aération hybride et systèmes de protection solaire innovants destinés aux constructions comportant beaucoup de vitrages ;*
- *Minimisation de la consommation d'électricité des bâtiments et optimisation de l'intégration de l'éclairage dans l'agencement du bâtiment ;*
- *Emploi de la technologie de la maison passive dans les rénovations, en priorité pour le chauffage, l'aération et le chauffage de l'eau dans les immeubles et les bureaux ;*
- *Mini-centrales de production d'énergie intégrées pour le chauffage, l'aération, l'eau chaude, la chaleur solaire et l'électricité d'appartements répondant au standard de la maison passive. ;*
- *Harmonisation des standard énergétiques et application aux bâtiments autres que les bâtiments d'habitation, en prêtant une attention particulière à la question des émissions de CO₂ ;*
- *Bases pour l'exécution efficace de la législation énergétique et application de standards énergétiques plus contraignants.*

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. Néanmoins, elle s'élève actuellement encore à 8,4 litres d'essence aux 100 km.

Les possibilités de réaliser des économies d'énergie sont nombreuses. Le recours à des systèmes plus efficaces permettrait en outre d'augmenter de manière significative la part des Sources d'énergie renouvelables (SER) consacrée à la mobilité. 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%. Si **des deux-roues ou des véhicules à trois roues à haut rendement énergétique** remplaçaient la voiture – toujours pour les déplacements de proximité –, les besoins en énergie seraient divisés par 20 (et non par 4). Une **répartition modale** différente (par exemple, 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.** La réduction des émissions polluantes et du bruit reste également un thème d'actualité – 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, micro-contacts, 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 9,2 MCHF que les pouvoirs publics **consacrent actuellement** à la RD&D dans le secteur des transports paraissent **insuffisants**. Il est vrai que le trafic motorisé individuel constitue le gros du problème en partie faute de solutions techniques satisfaisantes, mais aussi parce que ces solutions, lorsqu'elles existent, ne sont pas vraiment acceptées par la population. Il convient donc d'affec-

ter une part significative des moyens supplémentaires alloués au programme socio-économique **Fondements de l'économie énergétique (FEE) pour l'étude du problème de l'acceptation dans le domaine des transports**. Il faut à cet effet consolider d'ici à 2007 les moyens affectés à RD&D dans le cadre du programme technique *Transports*, à savoir 4 MCHF annuels pour la recherche et 5 MCHF pour les installations pilotes et de démonstration (montant actuels : 3,2 et 6 MCHF ; voir le tableau au chapitre 7, p. 57).

Grandes options de la recherche 2004-2007

À court terme :

- Réduction du poids des véhicules ;
- Moyens de transports individuels à deux roues ;
- Amélioration du rendement des moteurs thermiques et d'autres convertisseurs d'énergie ; réduction des émissions polluantes (voir aussi le chapitre Combustion) ;
- Recherche de nouvelles formes de mobilité : possibilités de combiner transports publics, véhicules légers, voitures de location, auto-partage, trafic non motorisé, etc. ;
- Possibilités d'éviter de générer du trafic, questions de coûts et de réceptivité ;
- Enquêtes relative au marketing des véhicules économes : comment les vendre ?

À moyen terme :

- Réduction du poids des véhicules sans affecter la sécurité et le confort (cela concerne aussi bien les véhicules légers que les composants des véhicules de conception traditionnelle) ;
- Amélioration des systèmes d'entraînement (moteurs thermiques : moteur, transmission ; moteurs électriques : batteries, chargeurs, électronique de puissance, moteur) ;
- Récupération de l'énergie électrique (véhicules électriques et hybrides).

À long terme :

- Développement de nouveaux types d'entraînement (par exemple, à partir de piles à combustibles en combinaison avec de nouveaux types d'accumulateurs intermédiaires, tels les supercondensateurs. (voir le chapitre Stockage de l'électricité).

Grandes options du transfert 2004 - 2007

- Démonstration de composants pour véhicules efficaces ;
- Mise en œuvre de l'essai de grande envergure VELdue ;
- Encouragement de véhicules à deux-roues (vélo et scooter électriques).

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 Sources d'énergie renouvelables (SER), il est appelé à prendre une place toujours plus importante. Les possibilités de stockage direct de l'électricité (par exemple, 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 (par exemple, batteries, supercondensateurs) 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 du programme *Chimie solaire*, et le stockage à l'aide d'agents énergétiques *biologiques* dans celui du programme *Biomasse*.

Dans notre pays, le stockage centralisé d'énergie électrique en grande quantité, au moyen des bassins d'accumulation par pompage des centrales hydroélectriques, est très répandu et techniquement au

point. S'agissant du **stockage mobile d'énergie** (transports) et, pour des **quantités d'énergie moindres**, des installations stationnaires, la recherche se **concentre sur les batteries et les supercondensateurs (supercaps)**.

En Suisse, la recherche a atteint **un niveau élevé** dans les domaines des batteries et des *supercaps*. Celle-ci implique aussi bien les Hautes Écoles que le PSI, les Hautes Écoles spécialisées ou des entreprises privées. **Il faut en définir les grands axes de manière à conserver ce niveau**. Il convient donc de maintenir le montant des crédits annuels alloués soit 6 MCHF environ auxquels s'ajoute 1 MCHF destiné aux installations pilotes et de démonstration.

Grandes options de la recherche 2004-2007

À court et à moyen terme :

- *Amélioration des supercaps (puissance) ;*
- *Combinaison de divers types de batteries avec des supercaps (optimisation de la densité énergétique à très haute puissance, augmentation de la durée du cycle de vie) ;*
- *Amélioration des systèmes de batteries lithium-ion-, lithium-polymère et ZEBRA ;*
- *Utilisation dans les systèmes précités de nano-structures et de matières synthétiques conductrices de l'électricité ;*
- *Systèmes de batteries à commande dynamique.*

Grandes options du transfert 2004-2007

- *Démonstrations et applications des supercaps ;*
- *Essais pilotes de batteries ZEBRA, lithium-ion et lithium-polymère ;*
- *Optimisation de la fabrication.*

Transport de l'électricité

Dans le domaine du réseau de distribution d'électricité, le recours croissant à des installations de production décentralisées (cellules photovoltaïques, biomasse, piles à combustible, etc.) suscite des difficultés nouvelles pour l'exploitant, parce que le flux d'énergie ne va plus à sens unique et que son intensité est susceptible de se modifier. Cette situation a fait surgir de nouvelles **problématiques** sur le plan de la technique qu'il s'agira d'étudier : **l'action conjointe des multiples producteurs sur le réseau**, la formation d'îlots, l'offre de prestations du système, la stabilité des réseaux, les équipements de protection et la conduite de l'exploitation. Quelque 7% de l'électricité produite en Suisse est utilisée pour le transport et la distribution du courant. À la lumière des considérations faites plus haut sur la production décentralisée d'électricité, on conclut qu'il y a là un énorme potentiel d'optimisation. À cet égard, les **supraconducteurs à haute température (SHT)**, qui occasionnent peu de pertes à la distribution, sont promis à un bel avenir. Pourtant, ce domaine reste pour l'instant dans l'ombre, victime d'un développement technique qui ne s'est pas opéré dans le sens escompté et de l'arrêt, fin 1999, du projet de transformateur supraconducteur suisse. Mais dès que les supraconducteurs posséderont les propriétés requises, le développement des composants va à nouveau retrouver tout son attrait.

L'accent mis sur la promotion des unités de production décentralisées va sensiblement accroître l'importance de leur intégration technique. C'est pourquoi la recherche privilégie des **solutions systémiques**. Ce principe s'applique d'ailleurs également aux SHT : la recherche ne devra plus uniquement se concentrer sur les composants, mais davantage sur les systèmes. Il faudrait de même garantir une transmission à grande échelle du savoir-faire, afin que les connaissances techniques disponibles incitent les industries concernées à réaliser le transfert nécessaire.

Les moyens techniques directs actuels de réduire les pertes durant le transport sont plutôt limités (les SHT requièrent encore des travaux de recherche fondamentale qui ne relèvent pas de la recherche énergétique). Ces moyens figurent par ailleurs parmi les priorités du programme *Fondements de l'économie énergétique (FEE)*. C'est pourquoi proposition est faite de **réduire les crédits** de 5,7 MCHF par

année actuellement à 2 MCHF par année jusqu'en 2007 et de maintenir le crédit de 1 MCHF alloué aux projets pilotes.

Grandes options de la recherche et du transfert 2004-2007

À court et à moyen terme :

- *Test et recherche de solutions techniques et de systèmes alternatifs au niveau des réseaux de distribution ;*
- *Intégration techniquement et économiquement optimisée de systèmes décentralisés de production et de stockage dans le réseau ;*
- *Mesures visant à encourager une exploitation efficace des réseaux de distribution, compte tenu de l'augmentation constante des producteurs décentralisés ;*
- *Diffusion au niveau national du savoir-faire correspondant.*

À long terme :

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

Utilisation de l'électricité (appareils)

L'électricité revêt une importance cruciale dans notre vie quotidienne. Elle représente environ 20% 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, celle qui demande le moins d'investissements, est considérée comme rentable aujourd'hui en raison de la faiblesse persistante des prix du courant. **Les plus grandes économies possibles résident essentiellement dans les moteurs électriques et les appareils électriques et électroniques.** Environ 40% de l'énergie électrique est utilisée par des moteurs électriques. Les moteurs asynchrones triphasés occasionnent ainsi 50% des pertes d'énergie. L'immense majorité des moteurs restants sont des moteurs de dimension normale dont la puissance varie entre 1 kW et 22 kW. Diverses études montrent que l'augmentation du rendement des moteurs ne générerait que 3% d'économie d'énergie. Le potentiel est plus intéressant dans le **réglage du régime** – env. 10% d'économie – et dans **l'optimisation du système d'entraînement** – plus de 20% d'économie. C'est donc sur ce dernier domaine (système de régulation et de commande compris) qu'il convient de mettre l'accent. Des économies considérables seraient ainsi réalisables non seulement dans l'industrie et les arts et métiers (par exemple, par l'emploi d'entraînements intégraux avec commande électronique intégrée), mais aussi sur les installations techniques des bâtiments, comme les pompes, les ventilateurs, les systèmes d'aération, etc.

Les **appareils électriques et électroniques** – parmi lesquels, outre les appareils électroniques ménagers, de bureau et de divertissement, on rangera les appareils professionnels – se caractérisent souvent par d'importantes pertes dues à de longues périodes de fonctionnement en état de veille (*stand-by*). Ces appareils sont de plus en plus mis en réseaux informatiques, de télécommunication et de télématique. Or, comme les activités de communications sont en constante augmentation, il y a fort à parier que les pertes d'énergie suivront également cette tendance à la hausse. La mise en réseau d'entreprises de services étant en plein essor ou déjà achevée, les tendances les plus récentes indiquent que ces technologies vont de plus en plus envahir les ménages. Le même constat vaut pour les appareils multifonctionnels. Cette évolution est encore renforcée par l'Internet (commerce électronique, télévision à la demande, etc.), par l'existence de systèmes avantageux de gestion technique centralisée de maisons et par les besoins croissants de sécurité (sécurité contre l'effraction, surveillance de maisons, etc.). **Nombre d'appareils électriques et électroniques présentent un fort potentiel d'amélioration.** Les nouvelles technologies devraient donc être conçues d'emblée de manière à être aussi économes en énergie que possible. Étant donné la consommation parfois modeste des appareils considérés isolément, leur efficacité énergétique n'intéresse généralement ni les constructeurs, ni les utilisateurs. Pourtant, la consommation cumulée des ces appareils – que ce soit lors de leur fonctionnement normal ou en *stand by* – est énorme.

Dans le secteur des **bâtiments**, ce sont, en premier lieu **les installations techniques et les composants**, en particulier les pompes, les ventilateurs et l'éclairage – ainsi que leur combinaison – qui font grimper la consommation. L'utilisation croissante de ces installations va, selon une récente étude, provoquer une progression soutenue de la consommation de courant.

Compte tenu du **potentiel significatif d'amélioration de l'efficacité des appareils et des entraînements électriques**, il convient **d'intensifier** la recherche et les activités liées aux installations pilotes et de démonstration. Les moyens engagés passeront ainsi de 2,7 MCHF actuellement à 4 MCHF pour la recherche et de 0,4 MCHF à 1 MCHF pour les installations pilotes et de démonstration. Le principal champ d'activité de la Suisse doit être celui dans lequel elle possède sa propre production (par exemple, celui des appareils électroménagers ou, à la rigueur, des télécommunications) ou celui où, en coordination avec des partenaires internationaux, il est possible d'augmenter l'efficacité d'appareils de grandes séries. À cet égard, la coordination au niveau international est un élément central.

Grandes options de la recherche et du transfert 2004-2007

À court et à moyen terme :

- *Amélioration de l'efficacité des systèmes d'entraînement électriques et de leurs composants ;*
- *Démonstrations de mesures visant à augmenter l'efficacité des systèmes d'entraînement électriques dans l'industrie et les arts et métiers. Démonstration d'outils de conception d'entraînements efficaces*
- *Optimisation d'appareils gros consommateurs de courant en mode de veille (y compris des procédés de mesure et d'essai) ;*
- *Optimisation de la consommation (également en mode de veille) des appareils informatiques et de (télé)communication, de distributeurs automatiques utilisés dans les arts et métiers (par exemple, dans la restauration, l'hôtellerie et le divertissement), ainsi que des appareils électroménagers ;*
- *Démonstration de solutions visant à réduire les flux d'énergie et de matières (par exemple, par le recours à des technologies informatiques) ;*
- *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 informatique (par exemple, installations d'alimentation électrique sans coupure et installations de réfrigération) ainsi que dans la climatisation des bâtiments commerciaux ;*
- *Démonstration de bâtiments de services optimisés (par exemple, ventilation, climatisation, systèmes d'éclairage, réseaux informatiques) ;*
- *Démonstration de systèmes d'éclairage efficace (ménages et commerces) ;*
- *Transfert de savoir et sensibilisation des utilisateurs à tous les niveaux ;*
- *Suivi de l'évolution internationale dans le domaine de la thermoélectricité.*

À long terme :

- *Données de base pour des systèmes efficaces de gestion de l'énergie dans des composants de réseaux ;*
- *Mesures en vue d'augmenter l'efficacité des processus industriels gourmands en énergie, comprenant également des changements technologiques fondamentaux pour les processus.*

Couplage chaleur-force

Les installations à couplage chaleur-force (installations CCF) permettent d'exploiter et 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 du contenu énergétique des combustibles (exergie élevée, alors qu'elle est nettement moindre dans les chaudières classiques), en tirant partie des hautes températures atteintes pendant la combustion.

Pour le CCF, les **technologies** entrant en considération sont les suivantes : machines à piston à combustion interne (moteurs à gaz ou diesel), turbines à gaz et à vapeur, piles à combustible et machines Stirling. Deux types d'agents énergétiques sont employés en tant que **combustibles** : d'une part, les agents fossiles non renouvelables, comme les produits pétroliers, le gaz liquide, le gaz naturel ; d'autre part, les agents renouvelables comme le biogaz, le gaz d'épuration, le bois.

Le CCF est une **technologie située au carrefour** de plusieurs domaines et programmes de l'OFEN. Le CCF utilisant des combustibles renouvelables est traité par les programmes *Bois* et *Biomasse*, tandis que les principales orientations en matière d'augmentation de l'efficacité et de réduction des émissions polluantes sont traitées par le domaine *Combustion*. Les *Piles à combustible* disposent quant à elles de leur propre programme. La partie ci-après ne traite que du CCF utilisant des combustibles fossiles.

CCF utilisant des combustibles fossiles (sans les piles à combustible)

Les principes régissant les mesures concernant le CCF figurent dans le rapport stratégique *Le couplage chaleur-force dans le programme SuisseEnergie*⁴ du 23 août 2001 : seul le **CCF à alimentation fossile** associé aux **pompes à chaleur (PAC)** nécessite une forme de soutien particulier. Il s'agit de prévenir toute détérioration du bilan du CO₂ en Suisse. La stratégie combinée CCF-PAC permet, à production égale de chaleur utile, des économies de combustible fossile pouvant atteindre 50%.

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**. Il convient d'intensifier la recherche au cours des prochaines années. Pour ce faire, il faut instaurer une **collaboration et une coordination serrées** entre les programmes *Combustion*, *Piles à combustible*, *Biomasse* et *Bois*.

Au regard des activités prévues, les **crédits** seront revus à la **hausse** et passeront de 0,3 MCHF à 3 MCHF par an en 2007 pour la **recherche et le développement**. Quant aux moyens affectés aux installations pilotes et de démonstration, il resteront stables à 1 MCHF. Si la Suisse décidait, durant la période 2004-2007, de sortir du nucléaire, le CCF connaîtrait alors un important regain d'intérêt. Une telle éventualité impliquerait un relèvement conséquent des crédits pour la R+D et les projets P+D qui tiennent compte du calendrier fixé pour l'abandon de l'énergie nucléaire.

Grandes options de la recherche 2004 - 2007

- Augmentation de l'efficacité (valeurs cibles : rendement électrique supérieur à 35%, rendement global supérieur à 85%) ;
- Réduction supplémentaire des émissions ;
- Amélioration de la commande et du diagnostic.

Grandes options du transfert 2004 - 2007

- Recours à des installations CCF d'un rendement électrique supérieur à 33% et d'un rendement global supérieur à 80% ;
- Maintien des émissions à un faible niveau tout au long de la durée de vie ;
- Réduction des frais d'entretien et augmentation de la fiabilité ;
- Standardisation des installations et des systèmes.

⁴ voir www.suisse-energie.ch, thème *Marchés de l'énergie, agents et techniques énergétiques*, rubrique *Techniques énergétiques*

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%, voire 70% en combinaison avec des turbines à gaz. Dans ce sens, la pile à combustible **utilise de manière optimale les agents énergétiques primaires**, si l'on ne tient pas compte du traitement préalable du combustible dans un reformeur. Les piles à membrane polymère (PEMFC) sont directement alimentées par de l'hydrogène. Celles fonctionnant au méthane nécessitent le recours à un reformeur séparé pour transformer le méthane en hydrogène. Par contre, dans le cas des piles à électrolyte solide (SOFC), la température de fonctionnement élevée permet d'effectuer l'opération de reformage à l'intérieur même de la pile. Quand bien même la politique d'encouragement de la Suisse s'est concentrée jusqu'à aujourd'hui sur les piles à combustible fonctionnant à l'hydrogène et au gaz naturel, la recherche devrait étudier à l'avenir d'autres combustibles (comme le méthanol).

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.

Dans le souci de ne pas disperser les forces, le programme *Piles à combustible* se limite, dans le cas des technologies fonctionnant à l'hydrogène ou au méthanol, aux **piles à membrane polymère**. S'agissant du gaz naturel et des combustibles biogènes, la priorité de la recherche continuera à explorer la technologie **SOFC**. À cet égard, l'industrie et les Hautes Écoles suisses (EPFZ, EPFL, PSI, LFEM/EMPA) ont acquis en ce domaine un capital d'expériences qu'il convient d'accroître. Pour les piles à gaz naturel, le soutien s'est concentré sur deux projets : d'une part, le soutien au procédé développé par *Sulzer Hexis*, lequel sera bientôt commercialisé sous la forme d'une petite installation CCF. D'autre part, le recueil d'expériences tirées du fonctionnement d'installations stationnaires de démonstration dans des conditions réelles d'utilisation. Il faudra à l'avenir mettre également l'accent sur le développement et la démonstration de concepts novateurs.

La technologie des piles à combustible dispose d'un **fort potentiel de valeur ajoutée**, notamment dans les transports et pour d'autres applications où les économies énergie entrent en ligne de compte. Les **crédits** qui lui sont alloués vont donc **continuer à augmenter**. Les 5,6 MCHF octroyés annuellement à la recherche devraient passer à 10 MCHF en 2007. Parallèlement, il est prévu d'augmenter aussi les fonds consacrés aux projets pilotes et de démonstration, qui passeront ainsi de 2,3 MCHF à 3 MCHF par an.

Grandes options de la recherche 2004 - 2007

À court et à moyen terme :

- *Amélioration, sous l'angle des matériaux et de la technique de production, de la pile PEMFC développée conjointement par le PSI et l'EPFZ, destinée à des applications dans le domaine de la mobilité pour un niveau de puissance situé entre 1 kW et 10 kW (référence constituée par les systèmes de batterie concurrents existants) ;*
- *Élaboration de fondements pour le développement de nouvelles piles PEMFC et SOFC économiquement viables et adaptées à notre tissu industriel (par exemple, piles à combustibles intégrées et miniaturisées en remplacement des batteries Ni/Cd, Li ou hybrides) ;*
- *Mise au point de procédés de fabrication alternatifs bon marché pour les piles SOFC (combinaisons adéquates de matériaux) ;*
- *Élaboration de fondements en vue de l'emploi de combustibles biogènes.*

Grandes orientations du transfert 2004 - 2007

- *Installation sur des voitures et des embarcations de piles à combustibles développées en commun par le PSI et l'EPFZ de quelques kW de puissance, avec stockage, transformation et traitement du combustible ;*

- *Installation sur de petits véhicules (par exemple, machines de nettoyage, fauteuil roulant électrique ou véhicules pour terrains de golf) de piles à combustible PEMFC PowerPac afin de tirer des enseignements d'une utilisation quotidienne ;*
- *Démonstration et expériences de fonctionnement de nouveaux modèles de piles PEMFC et SOFC ;*
- *Recueil d'expériences et de données sur le fonctionnement des premières installations HEXIS-SOFC placées en contracting auprès de clients en tant qu'installations de démonstration de 1 kW ;*
- *Installations de démonstration de piles à gaz d'égouts et à biogaz, alimentées par des installations de co-digestion.*

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. Dans le domaine de la mobilité, par exemple, le moteur à combustion a encore de beaux jours devant lui. Dans ces conditions, l'utilisation rationnelle des agents énergétiques fossiles et alternatifs continuera à occuper une place centrale dans la perspective du protocole de Kyoto et des objectifs nationaux en matière de CO₂.

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** (par exemple, 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 CO₂. L'emploi de nouveaux combustibles (par exemple, déchets, méthanol ou hydrogène) y contribue, mais pose de nouveaux défis techniques (par exemple, adaptations des procédés). Les combustibles oxygénés recèlent un gros potentiel en termes de minimisation des émissions polluantes, au moment aussi bien de leur production que de leur utilisation. Il ne fait pas de doute cependant que les **nouveaux combustibles** prendront **beaucoup d'importance** dans la réalisation de cycles énergétiques et de matières répondant aux critères du développement durable. La réussite passe toutefois par la réalisation de progrès dans la recherche sur la chimie de la combustion.

La production d'électricité et de chaleur résultant de la **combustion de déchets par les usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM)** correspondait en 2001 à environ 1,7% de la consommation globale suisse d'énergie. Le potentiel est toutefois loin d'avoir été entièrement exploité : des mesures d'optimisation ciblées permettraient ainsi d'augmenter la production de courant et de chaleur, donc le rendement des UIOM.

La **recherche suisse** a acquis des compétences internationalement reconnues dans le domaine de la **combustion**, ce qui s'est traduit par le développement ces dernières années de plusieurs produits de qualité. Récemment, par exemple, elle a permis de mettre 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. Le **transfert** de ce type de **produits** est appelé à **s'intensifier**. La place scientifique suisse a acquis un savoir-faire spécifique dans les méthodes de calcul numériques, dans les procédés de mesure au laser, dans la méthodologie pour déterminer les caractéristiques réactionnelles sur le plan moléculaire, 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 collaborant davantage avec les centres de recherche internationaux et les Hautes Écoles spécialisées.

En premier lieu, les travaux de recherche doivent viser à augmenter les rendements totaux et à réduire les émissions polluantes. Pour cela, il faut compléter les fondements de la recherche, surtout en chimie de la combustion, et mettre l'accent sur de **nouveaux combustibles** et de **nouvelles techno-**

logies 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. Sans oublier d'inciter la recherche à employer des outils modernes (simulation et diagnostic).

Actuellement, 11 MCHF 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**, dans la mesure où le travail de la recherche va s'accélérer : on s'attend en effet à une plus grande implication de l'industrie, tandis que la collaboration internationale est appelée à s'intensifier à l'occasion du 6^e Programme cadre de recherche, de développement technologique et de démonstration européen. 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 1,7 MCHF à 3 MCHF par an.

Grandes orientations de la recherche 2004 - 2007

À court et à moyen terme :

- Combustion turbulente à hautes pressions (stationnaire et non stationnaire) ;
- Combustion à plusieurs étages et pré-mélange partiel ;
- Détermination des données réactionnelles aux fins de la modélisation des réactions chimiques lors de la combustion de nouveaux combustibles (spécialement dans les moteurs) ;
- Réduction des émissions polluantes et traitement des résidus ;
- Analyse des phénomènes catalytiques dans la chambre de combustion lors de la modification du carburant et du post-traitement des gaz d'échappement (interactions fluide-surfaces) ;
- Amélioration du procédé de production d'énergie dans le cas de la combustion de déchets (par exemple, pression de vapeur plus élevée, nouveaux matériaux d'habillage de la chaudière, optimisation technique des turbines).

À long terme :

- *Élaboration de bases relatives à la simulation numérique directe (simulation sur modèles libres), à savoir développement de codes CRFD (Computational Reaction Fluid Dynamics) sur la base d'une parallélisation à grande échelle, couplée à une validation systématique pas à pas.*

Grandes orientations du transfert 2004 - 2007

- *Démonstration des applications pratiques des résultats de la recherche en collaboration ciblée avec l'industrie et les Hautes Écoles spécialisées ;*
- *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), aussi bien qu'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** (par exemple, dans le domaine du séchage : le séchage aux micro-ondes est préférable au séchage classique par convection) peuvent également réduire fortement la dépense d'éner-

gie. 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 dans 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 applications 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 multi-secteurs** (dont la récupération de la chaleur fait largement partie aussi.) Les **fonds** consacrés chaque année globalement à ce domaine doivent être relevés de 2 MCHF actuellement à 3 MCHF. Les installations pilotes et de démonstration devraient connaître un regain d'activité ces prochaines années avec l'attribution d'un crédit de 1 MCHF par an.

Grandes orientations de la recherche et du transfert 2004 - 2007

À court terme :

- *Amélioration des méthodes d'intégration des procédés en vue de diminuer les besoins en énergie et en matières premières, ainsi que les émissions polluantes dans les procédés opératoires. Il y a lieu à cet égard de traiter en priorité les procédés en batch ;*
- *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 (par exemple, 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).*

6.2 Sources d'énergie renouvelables (SER)

Les réserves d'agents énergétiques primaires fossiles ne sont pas illimitées et leur transformation en énergie utile provoque des atteintes considérables à l'environnement. À l'instar de l'Utilisation rationnelle de l'énergie (URE), susceptible d'apporter une forte contribution à la réalisation des objectifs stratégiques, les **Sources d'énergie renouvelables (SER) se doivent de jouer à long terme un rôle de premier plan dans la consolidation d'un approvisionnement énergétique durable.** Cela, bien entendu, en complément de l'Utilisation rationnelle de l'énergie (URE). Le seuil de rentabilité est déjà atteint pour la **chaleur ambiante** (chaleur tirée de l'air ambiant, du sous-sol – **géothermie peu profonde** – et des eaux au moyen de pompes à chaleur), et cela en particulier pour les bâtiments neufs avec une puissance de chauffage de moins de 20 kW. En 2001, près de 40% des maisons individuelles construites cette année-là ont été équipées de pompes à chaleur, dont 41% avec des sondes géothermiques. Dans le domaine de la rénovation et pour ce qui est des bâtiments plus grands on est sur la bonne voie, mais des efforts sont encore à faire. L'**énergie éolienne**, le **solaire thermique** pour la production d'eau chaude (**chaleur solaire**) et les **biomasses** se rapprochent du seuil de rentabilité, tandis que la route est encore longue pour le **photovoltaïque**, la **chimie solaire** et la **géothermie profonde**. S'agissant toutefois du photovoltaïque, des produits nettement moins coûteux sont sur le point d'apparaître, grâce à la production industrielle prévue prochainement de cellules et de modules, réalisant par là un transfert des résultats acquis par la recherche.

Ces technologies d'exploitation des Sources d'énergie renouvelables (SER) possédant un potentiel significatif, elles font l'objet de recherches intensives à l'échelle mondiale, alliant réduction des coûts et maximisation de l'efficacité énergétique. Ces efforts offrent une réponse à la flambée prévisible à long terme des prix des agents énergétiques fossiles, résultant à la fois de l'épuisement inéluctable des réserves et d'une internalisation probable des **coûts externes** non pris en compte jusque là (atteintes à l'environnement, à la santé, etc. dues aux divers procédés de conversion de l'énergie). L'augmentation de la part des Sources d'énergie renouvelables (SER) dans l'approvisionnement énergétique globale est également souhaitable du point de vue de la **sécurité de l'approvisionnement**.

La Suisse fait œuvre de pionnière dans le domaine de l'utilisation des Sources d'énergie renouvelables (SER), comme d'ailleurs dans l'Utilisation rationnelle de l'énergie (URE). L'étroite collaboration entre la recherche et l'industrie facilite le développement de **produits aptes à être commercialisés**, disposant de bonnes **chances d'exportation**. Il y a lieu par conséquent d'intensifier sans réserve les efforts de la recherche dans les domaines précités.

Énergie solaire

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

Chaleur solaire

L'**utilisation active de la chaleur solaire** consiste à produire de la chaleur à température utile, généralement entre 20 °C et 60 °C, en utilisant des systèmes dédiés au captage de l'énergie solaire et munis de dispositifs de transfert de chaleur, pompes ou échangeurs. L'utilisation passive de l'énergie solaire est celle faite par des mesures architectoniques au bâtiment ; elle est traitée dans le programme *Bâtiment*.

En Suisse **plus de 50 pour cent des besoins d'énergie sont des besoins en chaleur à basse température pour la préparation de l'eau chaude et le chauffage des habitations.** Cette chaleur est finalement consommée à 45 °C et à 20 °C, respectivement, même si pour des raisons pratiques, des températures plus élevées sont nécessaires (60 °C pour éviter la légionellose, 35 °C pour la distribution du fluide dans le bâtiment). Le solaire thermique est bien adapté à cette demande. Plus de 20'000 m² de capteurs solaires sont installés en Suisse par an. C'est peu comparé à l'essor que prend le solaire thermique, par exemple, en Allemagne avec près de 1'000'000 m² par an depuis 2000.

Le préchauffage de l'eau sanitaire dans les grands ensembles est techniquement fiable et proche d'être économiquement rentable. **Nos systèmes pour eau chaude sanitaire sont, grâce à la recherche des années 90, parmi les meilleurs d'Europe en performance et durabilité.** Les prix restent élevés cependant dans notre pays. Un développement positif de la demande pour les systèmes combinés (eau chaude + chauffage, comprenant 6 à 10 m² de capteurs pour une villa) est observé dans toute l'Europe. Ces systèmes couvrent 25 à 40 pour cent des besoins d'une villa par ailleurs bien conçue et bien isolée thermiquement. Les systèmes peuvent être encore améliorés et standardisés pour augmenter les performances et diminuer les coûts initiaux.

Le **stockage saisonnier de chaleur à basse température dans le sol** (entre 5 et 30 °C) est au point grâce à nos projets pilotes. Il convient de mieux faire connaître la technique. Le stockage à plus haute température est possible pour les grands ensembles. Les projets nouveaux sont cependant rares en Suisse. Le marché est orienté vers la villa individuelle et de nouvelles solutions doivent être recherchées pour atteindre des taux de couverture solaire proches de 100 pour cent.

La Suisse a atteint un **niveau de connaissances élevé, internationalement reconnu**, dans l'utilisation tant active que passive de l'énergie solaire. Le solaire thermique est **une des Sources d'énergie renouvelables (SER) les plus proches des conditions du marché.** De nombreux progrès peuvent encore être faits pour réduire le coût des installations et augmenter leur fiabilité et crédibilité sur le marché suisse puis européen. La recherche dans ce domaine est une des plus rentables pour réaliser un objectif d'économie d'énergie fossile à court terme et doit être dotée d'un budget adéquat. Il en va de même pour le budget destiné aux projets P+D, qui assurent de transfert des résultats de la recherche à la pratique et la promotion du marché. Dans cette optique, il est prévu **d'augmenter les crédits globaux** de 7 MCHF à 10 MCHF par année.

Grandes options de la recherche 2004 - 2007

À court terme :

- *Qualifier les matériaux adaptés au solaire et les systèmes présents sur le marché grâce à des bancs de test performants ;*
- *Augmenter les performances des installations solaires combinées chauffage + eau chaude ;*
- *Développer des algorithmes de réglage optimal des installations pour eau chaude sanitaire et combinées ;*
- *Diminuer le coût des installations solaires par la standardisation et la certification ;*
- *Diminuer les volumes de stockage nécessaires pour l'habitat individuel ;*
- *Améliorer l'acceptation de la technologie.*

À long terme :

- *Développer de nouvelles techniques de stockage de chaleur par voie physico-chimique pour tendre vers l'autonomie à des coûts raisonnables dans les villas solaires ;*
- *Simplifier la boucle solaire pour réduire le coût de l'énergie produite ;*
- *Offrir de nouvelles solutions architecturales pour le captage solaire ;*
- *Développer des unités compactes pour la production d'électricité par voie thermique grâce à la concentration du rayonnement solaire, en collaboration avec l'industrie (produit d'exportation).*

Grandes options du transfert et de la promotion 2004 à 2007

- *Introduire des outils de simulation les fournisseurs du marché ;*
- *Introduire des régulateurs à contrôle optimal sur le marché du solaire thermique ;*
- *Optimiser des installations P+D de stockage souterrain de chaleur avec pompe à chaleur ;*
- *Réaliser une installation importante de stockage saisonnier sans pompe à chaleur ;*
- *Réaliser des installations solaires couplées à des réseaux de chauffage de quartier au bois ;*
- *Poursuivre la réalisation d'installations solaires dans les bâtiments "publics" (habitat groupé, hôtellerie, installations sportives, hôpitaux, restaurants, EMS).*

Photovoltaïque

La technologie de production de courant électrique au moyen de cellules photovoltaïques (PV) 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 2000, on recensait dans notre pays des installations photovoltaïques déployant une puissance globale de plus de 15 MW_c et produisant environ 12 millions de kWh (12 GWh) par année. Compte tenu de la croissance rapide du marché mondial, l'industrie – y compris en Suisse – s'intéresse de plus en plus à cette technologie.

Malgré l'abaissement constant des coûts, la rentabilité des installations PV reste un problème préoccupant. **Les activités seront donc encore axées sur la recherche de solutions et de procédés de fabrication à bas coûts pour les cellules et les modules, sur l'amélioration du rendement et la conception de produits standard**, en mettant cependant un accent tout particulier sur les solutions commercialisables et la mise au point de nouveaux produits industriels. Les solutions techniques, les processus et les procédés de fabrication doivent en outre se prêter à une application industrielle. La gamme des produits actuellement disponibles n'est pas étendue, tandis que leur adaptation aux exigences de l'industrie est insuffisante. Il y a donc lieu de poursuivre leur développement, en privilégiant une approche systémique.

Durant la période 2004-2007, il s'agira de traduire dans **des applications industrielles les résultats obtenus par la recherche en photovoltaïque au cours des vingt dernières années** : compétitivité, exportation, adaptation aux segments d'un futur marché de masse sont dans ce domaine les maîtres mots. Ce projet suppose une sérieuse diminution des coûts. Hormis cette stratégie axée sur la production, les cellules solaires des prochaines générations revêtiront une grande importance. Il y a ici un gros potentiel de synergie pour la recherche de pointe, comme la recherche sur les matériaux et la chimie. Afin d'être en mesure de suivre les évolutions rapides dans ce domaine, le PV se doit de multiplier les passerelles avec d'autres disciplines scientifiques, l'industrie et les sources de financement.

La Suisse occupe une position de leader dans de nombreux secteurs de la recherche en photovoltaïque. Eu égard à cette **situation favorable à la production de cellules photovoltaïques** et compte tenu du grand potentiel du photovoltaïque, **la recherche mérite d'être encore intensifiée.** Il est donc proposé de faire passer les fonds de 14,5 MCHF à 20 MCHF par an en 2007 ; il faudra également augmenter quelque peu les fonds alloués aux installations pilotes et de démonstration (de 2,1 MCHF à environ 3 MCHF par an).

Grandes options de la recherche 2004 - 2007

À court et à moyen terme :

- *Fabrication industrielle de cellules et de modules photovoltaïques fondée sur les technologies des couches minces (depuis les petits produits jusqu'aux applications énergétiques) ;*
- *Véritable intégration des cellules PV à couche mince à de nouveaux produits destinés au bâtiment ;*
- *Nouveaux composants de système constitutifs pour les systèmes hybrides, ceux en îlots et ceux couplés au réseau ;*
- *Production en continu et standardisation des produits et des systèmes.*

À long terme :

- *Matériaux pour les cellules photovoltaïques des prochaines générations (par exemple, cellules à base de molécules organiques, polymères, autres molécules carbonées, nanotechnologie)*

Grandes options du transfert 2004 - 2007

- *Transfert à grande échelle sur le plan national au moyen de projets jouissant d'une visibilité élevée dans le cadre de projets P+D ;*
- *Synergie avec des produits des domaines relevant de la technique du bâtiment ("green buildings – maisons écologiques") et les piles à combustibles (à moyen terme) ;*
- *Synergie avec les domaines du stockage et de la transformation d'énergie.*

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 rayonnement solaire. Ces procédés peuvent s'opérer à température ambiante et/ou à des températures ou à des concentrations de lumière très élevées. On peut citer, par exemple, la dissociation photochimique de l'eau, la calcination du calcaire ou la réduction à haute température de l'oxyde de zinc avec synthèse d'hydrogène. La grande majorité des projets de RD&D en sont encore au stade de prototype, mais pourraient à moyen terme jouer un rôle important dans l'offre d'énergie renouvelable. **HYDROPÔLE, la toute nouvelle Association suisse de l'hydrogène**, a précisément pour vocation la coordination entre les applications techniques et industrielles de l'hydrogène. La **neutralisation de substances toxiques** constitue également un important axe de recherche de la chimie solaire.

Les **travaux portant sur la fabrication, le stockage et l'utilisation de l'hydrogène doivent être intensifiés**. D'autant plus que la Suisse bénéficie, en raison de son capital hydroélectrique, d'une situation très favorable dans la perspective d'une économie "renouvelable" de l'hydrogène. De nouveaux développements sont de nature à favoriser l'instauration d'une **autarcie énergétique sur le plan local ou régional** : le développement de systèmes photoconducteurs d'un genre nouveau afin de transférer l'énergie rayonnante concentrée, l'absorption et le stockage d'énergie solaire rayonnante par le biais de systèmes écologiques, ainsi que l'exploitation **d'installations solaires mécaniques** (par exemple, moteur Stirling pour le fonctionnement d'une pompe à eau). Citons également les projets d'essaimage (*spin off*) suivants : le développement de matériaux absorbants efficaces, la réduction catalytique du dioxyde de carbone (CO₂) et l'utilisation efficace de la biomasse.

La Suisse a amassé une grande expérience en matière de chimie solaire. Elle peut compter sur des compétences scientifiques et sur une infrastructure efficace, qui soutient parfaitement la comparaison au niveau international – voire occupe sur plusieurs aspects une position de *leader* – et permet **l'application industrielle de plusieurs produits issus de la recherche**.

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. Ne serait-ce que pour maintenir **l'excellente renommée internationale** dont jouit notre pays dans ce domaine. Il faut que les crédits alloués à ce secteur pour la recherche augmentent de 7,9 MCHF actuellement à environ 12 MCHF d'ici à 2007 – alors qu'ils étaient en recul depuis 1998 – et qu'ils restent stables à 1 MCHF, s'agissant des installations P+D.

Grandes orientations de la recherche et du transfert 2004 - 2007

À moyen et à long terme :

- *Optimisation de la réaction de dissociation de l'eau pour la production d'hydrogène au moyen de processus photo-électro-chimiques à température ambiante et au moyen de cycles oxyde métallique – métal à haute température ;*
- *Nouveaux accumulateurs (ou matériaux de stockage) d'hydrogène (par exemple, carbone nanostructuré, composés de métaux légers comme l'Alanate, réservoir sous pression en matière composite) ;*
- *Nouveaux systèmes de distribution et d'utilisation de l'hydrogène (nouvelles applications techniques et nouveaux procédés, y compris leurs aspects économiques) ;*
- *Incorporation (solaire) de CO₂ dans des substances chimiques de base à application industrielle ;*
- *Neutralisation (à haute température) assistée par des procédés thermosolaires de composés métalliques et de métaux toxiques (par exemple, dans des matrices céramiques) ;*
- *Procédés thermo-solaires (à basse température) de séchage de produits alimentaires.*

Grandes options du transfert 2004 - 2007

- *Étude du domaine d'application et de la rentabilité de la fabrication d'hydrogène au moyen de processus photo-électro-chimiques et de cycles oxyde métallique – métal ; de la calcination thermo-solaire de matériaux calcaires ; de systèmes photoconducteurs ; de systèmes Stirling mécaniques solaires.*

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 seraient à même de le faire les techniques actuelles. **L'emploi de pompes à chaleur (PAC) permettrait de réduire très sensiblement les émissions de CO₂ et la consommation de combustibles fossiles**, même si le courant nécessaire au fonctionnement des PAC devait provenir d'agents fossiles. En combinant de manière optimale une centrale à énergie totale équipée (voir le chapitre *Couplage chaleur-force*, dans la partie relative au CCF alimenté en énergie fossile) et une PAC électrique, on parviendrait, aujourd'hui déjà, à réaliser des économies pouvant atteindre 50% par rapport aux chaudières actuelles à mazout ou à gaz.

Maintenant que la PAC occupe une part de marché de 40% environ dans les villas neuves, **il faut que la recherche parvienne à conjuguer augmentation de l'efficacité et abaissement des coûts**. Cela vaut spécialement pour les nouvelles PAC, fonctionnant à des températures pouvant atteindre 65 °C, développées au cours des années 2000/2003 et destinées au marché de la rénovation. De plus, les coefficients d'efficacité élevés des PAC, conséquences de l'optimisation de systèmes et de la standardisation, devraient se traduire par des coefficients de performance (COP) annuels également élevés sans porter atteinte à la fiabilité et en maintenant les coûts à un bas niveau. Autre priorité : le remplacement des fluoro-hydrocarbures par des fluides actifs naturels.

Les PAC de faible niveau de puissance sont très répandues. Leur emploi se raréfie à des niveaux de puissances supérieurs. Deux approches devraient permettre de lever les obstacles techniques et économiques dans ce domaine :

- Utilisation en réseau de sources de chaleur à température plus élevée, notamment STEP ;
- Production combinée de froid et de chaleur lorsque l'on se trouve en présence d'une demande simultanée de froid et de chaleur (par exemple, dans les restaurants et d'autres commerces) ;
- Utilisation combinée des PAC : à la fois pour chauffer et pour refroidir.

À cet effet, une collaboration avec les programmes *Géothermie* et *Solaire thermique* (stockage thermique) est souhaitable.

Pour que la PAC 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 5,6 MCHF à 9 MCHF par an. Un tiers de ces crédits (3 MCHF) devront en outre être consacrés à des projets pilotes et de démonstration.

Grandes options de la recherche 2004 - 2007

- *Augmentation de l'efficacité des systèmes PAC bon marché (source de chaleur - PAC - stockage de chaleur - distribution de chaleur) notamment pour le marché de la rénovation. Les systèmes de chauffage par PAC équipant les nouvelles constructions devraient afficher au minimum les coefficients de performance (COP) annuels suivants : air-eau 3,0, sol-eau 4,0, eau-eau 4,5. Les valeurs cibles correspondantes pour le marché de la rénovation sont respectivement 2,7, 3,0 et 3,3 (la température de départ requise pour l'utilisation pouvant atteindre 65 °C) ;*
- *Élimination de lacunes scientifiques s'agissant de l'emploi de fluides actifs écologiques n'entraînant pas de pertes d'efficacité en cours de processus ;*
- *Optimisation de systèmes lors de la production simultanée/alternative de chaleur et de froid.*

Grandes options du transfert 2004 - 2007

- *Taux d'utilisation global des PAC à absorption (mesuré sur la consommation d'énergie finale, le cas échéant sans la couverture de la charge de pointe) : au moins 150% pour les rénovations, 180% pour les nouvelles constructions.*

Puissance thermique inférieure à 50 kW

- *Rénovation uniquement pour les chauffages existants selon le cahier des charges de la SRHP (Swiss Retrofit Heat Pump), de préférence en remplacement de chauffages à résistance électrique.*

Puissance thermique supérieure à 50 kW

- *Rénovation de chauffages existants et de PAC pour production simultanée de froid et de chaleur ;*
- *Nouvelles constructions :*
 - *Le chauffage des nouvelles constructions équipées de capteurs thermiques (chaleur à distance pour le froid ou le chaud) est à encourager en priorité, notamment pour les sources de chaleur à la température la plus élevée (eau souterraine, eaux usées épurées, eaux usées non épurées, sous-sol) ;*
 - *Réalisation du potentiel d'économie d'énergie – parfois important – existant par rapport aux solutions actuelles dans la technique du froid, en axant les efforts sur l'utilisation combinée du froid et de la chaleur. L'objectif est d'obtenir un taux d'utilisation global supérieur de 25% pour le froid et la chaleur.*

Biomasse (bois, déchets, ressources régénérables)

Bon an mal an, la biomasse permet de produire quelque 9 milliards de kWh (9 TWh) d'énergie, dont 60% à partir du **bois** ; la production effective de bois d'énergie permettrait d'en doubler l'utilisation, soit environ 10 milliards de kWh (10 TWh). Aujourd'hui, 3 milliards de kWh (3 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 deux ou trois fois plus grand.

La Confédération s'est fixé pour objectif politique de doubler à moyen terme **l'utilisation de la biomasse**. Ainsi, pour un même taux de transformation et de rendement, sa quote-part dans la consommation globale d'énergie passerait de 3,7% à 7%. Il faut néanmoins tendre à une **amélioration supplémentaire du rendement énergétique, tout en veillant à réduire les émissions au maximum tout au long de la chaîne**.

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 combustion, la fermentation et la gazéification, ainsi que les optimisations de systèmes. De plus, cette forme d'énergie soulève encore des problèmes du fait de nouvelles conditions cadres en matière d'hygiène de l'air et de législation agricole.

La biomasse représente, après la force hydraulique, le deuxième agent énergétique renouvelable en importance sur le plan suisse. Elle possède une **grande marge de progression**. Signes particuliers de la biomasse : sa polyvalence (production de chaleur, de courant, de force, de gaz de synthèse, etc.), la variété de ses applications (chaudières, groupes générateurs, etc.) et ses bonnes possibilités de stockage. L'importance et la complexité de l'utilisation de la biomasse exigent une mise en réseau accrue des activités menées en Suisse et une intégration plus poussée sur le plan de la collaboration internationale. Il conviendrait à cet effet de développer un **centre de compétences** lequel requiert un **relèvement substantiel** des moyens engagés dans la recherche, de 3 MCHF à 10 MCHF. En revanche, les crédits affectés aux installations P+D – env. 3 MCHF – sont suffisants et devraient rester stables.

Grandes options de la recherche 2004 - 2007

Production de chaleur

- *Recherche portant sur des technologies de transformation efficaces ou des mesures secondaires visant à diviser par deux ou trois les émissions de particules et d'oxyde d'azote durant la combustion ;*
- *Mesures visant à l'amélioration de la qualité et à l'abaissement des coûts des installations ;*
- *Acquisition de connaissances sur les mécanismes de formation et l'impact des émissions (poussières fines, etc.)*

Production de courant et de chaleur

- Recherche appliquée et optimisation des processus de fermentation ;
- Recherche sur les flux de matières, comparaison et évaluation ;
- Développement et optimisation d'un système d'épuration des gaz pour réacteur de gazéification (y compris les résidus) ;
- Démonstration de traitement, de stockage et d'élimination des déchets biogènes.

Carburants

- Carburants issus des gaz de fermentation de " l'herbe énergétique ", du foin produit par l'entretien du paysage, des semences d'oléagineux, etc. ;
- Carburants tirés de lignes de déchets (huiles végétales usagées, déchets végétaux, etc.) ;
- Carburants tirés de matières premières renouvelables provenant de l'agriculture extensive.

Grandes options du transfert 2004 - 2007

- Transfert et introduction de nouveaux produits ; exploitation des expériences à long terme ;
- Développement d'une assurance qualité en matière d'installations de combustion et optimisation de l'exploitation des installations existantes ;
- Encouragement d'essais pratiques pour les systèmes de gazéification actuellement disponibles ;
- Construction en agglomération de 2 grandes installations de fermentation des déchets végétaux ;
- Installations de démonstration dans l'agriculture, dans l'industrie, chez les professionnels du traitement des déchets végétaux et dans les collectivités publiques (STEP) ;
- Développement et réalisation d'unités à bas coûts pour l'injection du biogaz dans le réseau gazier.

Géothermie

La géothermie est la seule parmi les Sources d'énergie renouvelables (SER) qui soit disponible en permanence et qui ne nécessite pas de stockage intermédiaire. **Le potentiel de la géothermie, compte tenu des profondeurs que permettent d'atteindre les technologies actuelles, est pratiquement inépuisable.** *A priori*, le potentiel géothermique suffirait à couvrir la demande de chaleur de la Suisse.

Jusqu'à présent, la géothermie suisse s'est concentrée sur les petits systèmes à sonde géothermique et sur l'utilisation thermique de la nappe phréatique destinés aux maisons individuelles et aux immeubles. Les grandes installations ont connu toutefois ces dernières années un net regain d'intérêt, avec l'arrivée des géostructures (chauffage et froid) et des champs de sondes géothermiques. Les **géostructures** (*éléments de béton en contact avec le sol*), notamment, possèdent encore une énorme marge de progression en Suisse. De même, les **deux tunnels d'AlpTransit** se prêtent à une utilisation potentiellement importante de la géothermie.

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 de l'eau froide qui y est injectée). Le développement rapide des techniques de forage profond dans l'industrie pétrolière et les importants progrès réalisés dans les méthodes de prospection géophysiques font que l'exploitation des zones profondes où règne une température élevée est économiquement plus intéressante. À cet égard, la Suisse fait œuvre de pionnière dans le développement de cette technologie : un sondage foré en vue de l'établissement d'une installation pilote a ainsi été réalisé avec succès à Bâle. Il est prévu d'y construire la première centrale géothermique du monde basée sur le procédé *hot-dry-rock*.

Le **site bâlois se prête bien à l'installation d'une centrale thermique géothermique** et il ne faut pas manquer l'occasion de profiter de ces travaux pour démontrer les performances de cette technologie. Il convient donc **d'augmenter les crédits** alloués aux installations pilotes et de démonstration de 1 MCHF à 5 MCHF afin de mener à bien l'analyse détaillée du projet. En revanche, le budget affecté à la recherche est approprié et doit être maintenu à son niveau actuel (environ 2 MCHF).

Grandes options de la recherche 2004 - 2007

À court et à moyen terme :

- Recherche sur les interactions entre les sondes thermiques et les pieux énergétiques (distances minimales à respecter pour éviter des interférences) ;
- Instruments de mesure mobiles et à bas coûts d'exploitation (par exemple, pour les tests de réponse) pour la conception de grands champs de sondes géothermiques et de systèmes de pieux énergétiques ;
- Questions relatives au remplissage et à la durée de vie des sondes géothermiques d'une profondeur supérieure à 300 mètres, essai de matériaux et de types de construction nouveaux pour de telles profondeurs ;
- Élaboration de données de base concernant l'utilisation de chaleur des deux tunnels d'AlpTransit (projet d'importance nationale) afin de fournir une base de décision aux Services cantonaux de l'énergie et à AlpTransit AG ;

À long terme :

- Développement d'instruments «intelligents», bon marché, conçus pour mesurer à moindre frais sur les installations à sondes géothermiques la température et d'autres paramètres importants ;
- Amélioration de la rentabilité des installations à sondes géothermiques par une diminution du coût des technologies de forage et par une simplification de la méthode d'installation des sondes géothermiques profondes (jusqu'à environ 500 mètres de profondeur) ;
- Étude de l'influence des variations de température sur les frictions auxquelles est soumise l'enveloppe des pieux énergétiques (pieux flottants ou suspendus).

Grandes options du transfert 2004 - 2007

- Procédé hot-dry-rock : mise en œuvre de l'installation pilote à Bâle (projet d'importance nationale) et évaluation des caractéristiques du site en vue de la réalisation d'autres projets réussis ;
- Contrôle des résultats (c'est-à-dire, mesures d'exploitation effectuées sur une période de chauffage de deux ans au moins) de grandes installations à caractère innovant ;
- Promotion ciblée de grandes installations géothermiques à fort contenu innovant.

Énergie éolienne

L'énergie éolienne est la forme d'énergie qui, avec un taux de croissance annuel de plus de 30%, connaît la plus forte expansion au monde. Le parc mondial d'installations éoliennes affiche actuellement une puissance totale installée de 24'000 MW_e et produit annuellement environ 36'000 GWh (36 TWh) d'électricité. On comptait en Suisse, à la fin 2001, 19 éoliennes pour une puissance totale de 5,32 MW_e et une production annuelle d'électricité de 5,6 GWh. La tendance est aussi bien à l'exploitation de parcs situés en mer qu'à l'aménagement de sites à l'intérieur des terres – y compris dans les régions de montagne – pour y installer de grandes éoliennes (puissance supérieure à 600 kW_e). La Suisse cherche à acquérir un savoir-faire dans la gestion d'installations érigées sur des sites difficiles d'accès (montagne) et soumises à des conditions climatiques extrêmes. Cette orientation ouvre des perspectives sur les marchés suisses et étrangers pour la branche suisse des appareils électriques et des appareils de mesure qui pourra vendre des produits, certes chers, mais de qualité supérieure. La recherche et le transfert privilégient le développement **de composants et de concepts idoines d'installations adaptées spécialement à un environnement difficile (glace, turbulences). Ces produits doivent en outre être facilement accessibles et pouvoir être montés sur des sites à la géographie tourmentée.**

Outre le défi technique qu'elle pose en raison de la configuration montagneuse des sites prévus en Suisse, l'énergie éolienne doit également faire face à un **problème d'acceptation** par la population. Un concept national devrait néanmoins permettre de concrétiser les objectifs fixés – porter la production annuelle d'énergie éolienne à 50 GWh, voire 100 GWh, d'ici à 2010 – et d'élaborer les bases nécessaires à la planification.

Les problèmes particuliers posés par **l'installation d'éoliennes dans les régions de montagne** et le fait que la Suisse possède une importante industrie de la sous-traitance dans le domaine des composants pour ce type d'installations justifient la relance des activités de recherche. Il s'agit également à cet effet de favoriser l'échange d'expériences au sein d'organismes internationaux. Il convient donc de débloquer 1 MCHF pour la R+D et de maintenir le crédit de 1 MCHF affecté à des projets P+D.

Grandes options de la recherche 2004 - 2007

- *Augmentation du degré d'acceptation de l'utilisation de l'énergie éolienne (évaluation de l'impact des installations éoliennes, mise sur pied de directives, concept national) ;*
- *Développement de composants d'un genre nouveau (générateurs à régime variable ne nécessitant pas d'entretien, pales de rotor intelligentes, etc.) ;*
- *Développement de modèles et de composants adaptés aux sites à la géographie tourmentée et aux conditions climatiques difficiles.*

Grandes options du transfert 2004 - 2007

- *Optimisation de l'électronique de puissance aux environs du MW ;*
- *Développement d'un centre de compétences «Énergie éolienne dans les régions de montagne» (projets dans des terrains accidentés, logiciels de modélisation, installations test) ;*
- *Concepts de production décentralisée de courant dans les régions périphériques.*

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. De plus, un gros potentiel reste à exploiter dans le turbinage de l'eau potable et des eaux usées grâce à de nouvelles installations standardisées.

On peut attendre de **l'économie privée** qu'elle s'implique à l'avenir davantage dans la recherche et le développement que nécessite encore l'utilisation de la force hydraulique. D'un autre côté, les nouvelles applications et la standardisation technologique recèlent encore des **potentiels** inexploités. Il faut donc porter les crédits alloués à la RD&D de 3,1 MCHF à 4 MCHF par année, répartis à part égale entre la recherche (2 MCHF) et le développement et les installations P+D (2 MCHF).

Grandes options de la recherche 2004 - 2007

- *Constructions modulaires compactes et dont le raccordement aux conduites existantes ne nécessite pas d'importants travaux ;*
- *Conception de pico-centrales à bas coût (production standardisée), compactes, portables ou mobiles, destinées à une exploitation en îlot (par exemple, exploitation alpestre) ;*
- *Concepts d'installations à monter entièrement ou partiellement soi-même, notamment en vue de l'auto-provisionnement ;*
- *Systèmes globaux innovants, technologies efficaces et économes en énergie : combinaison de la chaleur ambiante et de la chaleur de l'eau de turbinage, etc. ;*
- *Diminution des émissions sonores et des vibrations : bruit transmis par les corps solides et bruit aérien ;*
- *Diminution des dommages dus aux objets flottants, à la glace et autres débris ;*
- *Technologie en régime variable pour l'exploitation de turbines non réglées ou à réglage simple ;*
- *Recours à de nouveaux matériaux et procédés de fabrication plus économiques : synthétique, etc ;*

- *Régulateurs électroniques à bas coût comprenant des fonctions étendues en vue de l'optimisation de l'exploitation ;*
- *Mise au point de nouvelles solutions économiques pour l'électrification et l'automatisation intégrale de micro-turbines et de roues à eau, y compris reconstruction ou rénovation des roues à eau.*

Grandes options du transfert 2004 - 2007

- *Centrales types exploitant les eaux usées, en particulier pour le turbinage en amont des stations d'épuration des eaux usées ;*
- *Utilisation des pressions résiduelles et des différences de niveau dans les conduites existantes : eau potable, eau de drainage, irrigation, eau des tunnels, eau de refroidissement et de processus, etc. ;*
- *Nouvelles solutions pour les centrales à basse pression : centrales immergées, installations à l'air libre, siphons, turbines compactes à bas coût ; éventuellement roues à eau, kit pour intégration simple dans les ouvrages hydrauliques existants, etc. ;*
- *Utilisation des potentiels résiduels dans les barrages existants : différences de niveau des conduites d'amenée, débit de dotation et eau en excès, etc. ;*
- *Écologie et assurance qualité.*

6.3 Énergie nucléaire (ENu)

Fission nucléaire

Recherche réglementaire en matière de sécurité

La recherche réglementaire en matière de sécurité nucléaire sert de référence aux autorités de sécurité dans **l'évaluation de la sécurité des installations nucléaires**. La recherche réglementaire en matière nucléaire peut certes se limiter à l'étude de problèmes concrets de technique de sécurité affectant les centrales en service, mais elle peut aussi analyser de manière prospective des problèmes et des phénomènes d'ordre général touchant à la sécurité nucléaire. Activité d'utilité publique, elle a pour but d'adapter **à l'état de la science et de la technique les bases de l'exercice de la surveillance en matière de sécurité technique**. Elle est partie intégrante de l'activité de surveillance. La recherche réglementaire en matière de sécurité est une discipline à part entière dans la mesure où elle étudie les impératifs liés à la surveillance légale et aux obligations étatiques. Elle se distingue par conséquent de la recherche en matière de sécurité, laquelle poursuit également des objectifs purement scientifiques et commerciaux.

Qui dit vieillissement des centrales nucléaires, dit vieillissement des matériaux. Ce phénomène **prend de plus en plus d'importance du point de vue de la sécurité**, même si des **efforts de modernisation sont en cours** afin que les centrales nucléaires soient conformes à l'état actuel de la science et de la technique. Dans ce domaine, l'heure est aux systèmes de contrôle numériques. Derrière cette question se dessine en filigrane celle de **l'interaction entre l'homme et la machine**, laquelle pose de nouveaux problèmes. De manière générale, l'attention s'est davantage portée ces dernières années sur la place du facteur humain dans les structures de sécurité de systèmes techniques complexes. Sur le plan international, la tendance est à la régulation basée sur l'information du risque encouru. Il ne saurait toutefois y avoir d'activité de surveillance respectant ce dernier principe sans un effort accru dans le domaine de **l'étude probabiliste de sécurité**.

La perspective de la **désaffectation** des centrales et de **l'évacuation** (gestion) des déchets radioactifs n'est pas sans conséquences sur la recherche réglementaire en matière de sécurité nucléaire. Pour de nombreux domaines, les connaissances scientifiques sont encore insuffisantes pour permettre de motiver les décisions à prendre dans l'avenir.

La recherche réglementaire en matière de sécurité se doit de trouver des réponses aux défis énoncés au début de cette section. La Suisse n'est toutefois pas livrée à elle-même dans cette cause : nombre de projets de recherche ne peuvent en effet tout simplement pas être entrepris sans **coopération internationale**. La Suisse assume de ce fait une certaine responsabilité sur le plan international en participant activement à des projets multinationaux. Cette mise en réseau va d'ailleurs absolument dans l'intérêt de notre pays : un échange mutuel d'expérience et de savoir contribue à développer les compétences dont la Suisse a besoin pour maintenir la surveillance en matière de sécurité à un niveau élevé.

Le vieillissement des centrales nucléaires suisses concerne à plus d'un titre la recherche réglementaire en matière de sécurité. L'allongement des durées de vie et le rétrécissement des marges de sécurité profitent avant tout à l'industrie électrique, il est donc normal que celle-ci augmente sa participation financière, sans toutefois que cela ne nuise à l'indépendance de la recherche. À cet égard, il convient d'étudier un nouveau modèle de financement, comme, par exemple, la création d'un fonds. Il faut en outre intensifier la coopération sur le plan international. On peut donc admettre dans ces conditions une **baisse des crédits publics** de 7,5 MCHF à 6,5 MCHF.

Grandes options de la recherche 2004 - 2007

- *Science des matériaux : surveillance du vieillissement des composants ; diagnostic et analyse des effets du vieillissement sur les matériaux ; facteurs influençant l'usure des matériaux ; mesures préventives à prendre pour gérer l'usure des matériaux ;*
- *Nouvelles technologies et combustible : problèmes de sécurité lorsque le taux de combustion est élevé ; comportement du combustible à oxyde mixte (MOX) et du combustible à matrice inerte (IMF) ; systèmes de commande numériques ; nouveaux systèmes de sécurité ;*
- *Système homme-machine et facteurs organisationnels : "Errors of commission" (erreurs de manipulation des opérateurs) ; aménagement d'interfaces ; fiabilité humaine ; influence de la structure organisationnelle sur la sécurité, indicateurs de sécurité ;*
- *Méthodes de régulation : conditions de la régulation basée sur l'information du risque encouru, mesure et stimulation de l'efficacité de la régulation ; analyse de sécurité moderne, compte tenu notamment de l'évaluation et de la gestion des marges de sécurité ;*
- *Poursuite du développement de l'analyse probabiliste de sécurité (APS) ;*
- *Recherche liée à la désaffectation des installations nucléaires et au stockage final (gestion) des déchets radioactifs.*

Recherche en matière de sécurité portant sur les centrales nucléaires en activité

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. On ne saurait se passer de la collaboration des autorités de sécurité, laquelle génère d'importants effets de synergie. La recherche technico-scientifique dont il est question ici est consacrée à l'acquisition de nouvelles connaissances techniques et à leur application. Eu égard à l'âge que prennent les installations nucléaires, **il importe de veiller en particulier aux mécanismes de vieillissement.**

Comme pour la recherche réglementaire en matière de sécurité, l'industrie électrique doit accroître sa participation financière dans la recherche technico-scientifique et assurer les conditions d'un allongement de la durée d'exploitation des installations. Il y a donc lieu de ramener les contributions annuelles publiques de 10, 8 MCHF actuellement à 7 MCHF en 2007.

Grandes options de la recherche 2004 – 2007

À court et à moyen terme :

- *Recherche sur les matériaux (mécanique structurelle et de rupture, mécanismes de vieillissement, phénomènes de corrosion induits par l'environnement et le rayonnement, nouvelles méthodes de diagnostic)*
- *Comportement des centrales nucléaires suisses en cas d'incidents d'exploitation, d'accidents de référence et de défaillance partielle des systèmes de sécurité ;*
- *Optimisation du cycle du combustible des réacteurs à l'eau légère (taux de combustion nucléaire élevés, utilisation d'oxydes mixtes MOX) ;*
- *Analyse d'accidents dépassant l'accident de référence, étude de phénomènes isolés importants (chimie de l'iode et physique des aérosols, fuites dans les générateurs de vapeur) et définition de mesures de gestion des accidents ;*
- *Analyses des accidents et des risques (avec prise en compte spéciale de l'erreur humaine) ;*
- *Production d'information sur le risque encouru ("Risk informed regulation") ;*
- *Protection contre les radiations (transport et accumulation de substances radioactives dans le circuit de refroidissement, radio-analytique, dosimétrie) ;*
- *Culture de la 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 / NAGRA). Depuis une vingtaine d'années, une étroite collaboration s'est instaurée entre elle et le PSI, ce dernier se consacrant surtout à l'étude **des fondements scientifiques de la chimie des systèmes de stockage final et à celle de la migration des nucléides**.

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), des questions essentielles pour la prise de décisions doivent encore être résolues.

Ces prochaines années, deux faisceaux de questions absorberont les efforts de la recherche : **les déchets hautement radioactifs, les assemblages combustibles usés et les déchets moyennement radioactifs de longue durée**, d'une part ; **les déchets faiblement et moyennement radioactifs à courte durée de vie**, d'autre part. Pour les premiers, la balle est dans le camp des autorités pour la remise du justificatif de l'évacuation après les études faites dans l'argile à opaline du Weinland zurichois. S'agissant des seconds, il conviendra de poursuivre les études de systèmes à base de ciment, en tenant tout particulièrement compte des déchets tombant sous le domaine de responsabilité de la Confédération.

Il y a lieu de réduire les crédits publics alloués à ces travaux à 3 MCHF par année d'ici à 2007.

Grandes options de la recherche 2004 - 2007

À court, à moyen et à long terme :

- *Fondements de la chimie du stockage souterrain (codes de calcul, bases de données, comportement d'éléments à l'état de traces) ;*
- *Géochimie au niveau des interfaces (la sorption sur les roches, le ciment et ses minéraux constitutifs, l'incorporation des radionucléides) ;*
- *Transport des radionucléides dans les roches d'accueil et le ciment (essais de terrain et en laboratoire, modèles) ;*
- *Comportement à la lixiviation de matrices vitrifiées.*

Recherche prospective

La volonté politique de laisser l'option nucléaire ouverte suppose de conserver une capacité d'expertise pour de nouvelles installations potentielles et pour leurs cycles de combustibles. Pour la Suisse, cela implique une collaboration active dans les initiatives et dans les projets menés sur la scène internationale (par exemple, à GIF, **Generation IV Nuclear Power Plants (NPP) Initiative International Forum**, ou aux programmes de l'UE). À cet égard, outre son savoir-faire et ses infrastructures nucléaires, le PSI peut faire valoir ses projets portant sur des thèmes voisins (MEGAPIE) et ses grandes installations (SLS, SINQ, Laboratoire chaud), notamment parce que la résolution de problèmes de matériaux (fonctionnement à haute température, importants flux de rayonnement et de fluide de refroidissement) est décisive dans le développement de nombreux modèles. À court et à moyen terme, **la priorité est l'amélioration des réacteurs à eau légère (LWR) dotés de systèmes de sécurité passifs** et d'enceintes de confinement performantes. Ici encore, l'acteur principal est le PSI. La construction de réacteurs, dits "réacteurs à sûreté intrinsèque", reposera largement sur le savoir-faire des constructeurs étrangers. Le PSI peut toutefois se ménager une niche où il pourra mettre en valeur son savoir-faire et même l'accroître, du fait de sa participation à des projets importants. Une telle participation est possible à condition de disposer de fonds propres (*no cash-flow projects*, ou prise en charge de 50% du financement). Cet investissement est toutefois payant puisqu'il donne un accès complet à l'ensemble des connaissances scientifiques. Étant susceptibles d'avoir une influence sur les installations existantes, les aspects liés aux techniques de sécurité ont la priorité.

Vu les exigences politiques, la nécessité de promouvoir la relève scientifique et le caractère fondamental de ce domaine de recherche, l'engagement financier des pouvoirs publics est plus que justifié. Les crédits alloués ne devraient cependant pas excéder 2 MCHF par an. Une participation raisonnable de l'industrie électrique est en outre indispensable dans le domaine des combustibles et de la transmutation.

Grandes options de la recherche 2004 - 2007

À court et à moyen terme :

- *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, identification des fonctions) ;*
- *Étude conceptuelle et expérimentations dans le domaine de la physique des réacteurs (notamment pour les questions liées à la transmutation) ;*
- *Contributions à la compréhension : du comportement des matériaux confrontés à des hautes températures ; de la thermo-hydraulique ; du comportement des matériaux dans les circuits de refroidissement au plomb/bismuth liquide (MEGAPIE ; développement du concept d'AD(T)S)*

Fusion nucléaire

La fusion thermonucléaire contrôlée est considérée comme une importante source future d'énergie. Les recherches ont aujourd'hui atteint un stade qui permet d'aborder l'étape programmatique suivante, soit la construction d'un grand réacteur expérimental, appelé ITER, pour **démontrer la faisabilité scientifique et technique ainsi que la sécurité de la fusion**. Des études prospectives montrent que, dans les scénarios d'approvisionnement énergétique, la contribution de l'électricité produite par la fusion pourrait être significative, si une politique de réduction d'émission de gaz à effet de serre est mise en place. Bien que l'irradiation des structures du réacteur par les neutrons résultant des réactions de fusion puisse donner naissance à des composés radioactifs, un choix adéquat des matériaux (appelés matériaux à faible activation) permet de limiter ce phénomène à des isotopes à courte durée de demi-vie (quelques dizaines d'années), réduisant ainsi le problème du stockage à long terme des déchets. Incontestablement, la fusion est une source d'énergie dont l'utilité potentielle est immense, mais dont la réalisation à l'échelle industrielle dépend de facteurs économiques et sociaux difficiles à évaluer aujourd'hui. Comme pour toute recherche dans le domaine de la haute technologie, la recherche et le développement de la fusion thermonucléaire contrôlée nécessitent des investissements qui dépassent largement les possibilités d'un petit pays comme la Suisse.

Les principales questions techniques qui se posent encore dans ce domaine s'articulent autour des problèmes suivants :

- réalisation d'un plasma capable d'entretenir des réactions de fusion en régime continu
- optimisation du système d'extraction de chaleur et des particules
- optimisation du chauffage du plasma jusqu'aux températures nécessaires à la fusion
- développement de matériaux ne possédant qu'une faible activation.

Grâce à des accords internationaux, **les chercheurs suisses du Centre de Recherches en Physique des Plasmas (CRPP) de l'EPF de Lausanne sont pleinement intégrés dans le programme "Fusion" d'EURATOM de l'Union Européenne, ainsi que dans les activités couvertes par les huit Accords d'exécution en matière de recherche sur la fusion nucléaire sous l'égide de l'AIE**, et bénéficient du réseau international d'échange de savoir-faire ainsi mis en place. Ils accomplissent un excellent travail reconnu sur le plan international. Les travaux exécutés dans la recherche en fusion offrent de nombreuses retombées (*spin-off*). Ainsi, les résultats de recherche sur les matériaux sont applicables à d'autres secteurs énergétiques importants, notamment l'énergie solaire, les échangeurs de chaleur, les câbles supraconducteurs à haute température, etc. De même, les connaissances acquises en physique des plasmas profitent à de nombreux secteurs industriels suisses de pointe dans le domaine des procédés utilisant le plasma. Il est donc nécessaire et justifié de continuer à soutenir les travaux du CRPP, non seulement dans l'optique de leur finalité ultime, la maîtrise de la fusion, mais aussi en

raison de leurs multiples retombées en physique fondamentale et en recherche appliquée. En outre, ces activités garantissent des postes de formation de très haut niveau et contribuent ainsi à la formation de la relève scientifique du pays.

Le plus grand projet international actuel est la construction d'ITER. Ce réacteur est basé sur le principe du *Tokamak* (confinement magnétique du plasma), type de machine également étudié au CRPP. La planification stratégique du CRPP inclut, outre une activité nationale importante, une participation à haute visibilité scientifique et technique dans la construction d'ITER. On peut également s'attendre durant la prochaine décennie à d'importantes retombées industrielles liées à ce projet. Par son activité nationale, le CRPP prépare également la relève nécessaire pour l'exploitation scientifique d'ITER.

Le financement des recherches en fusion doit tenir compte de plusieurs aspects. Du point de vue énergétique, la contribution de la fusion aux scénarios de développement durable mérite un soutien financier en rapport avec l'enjeu. Du point de vue de la stratégie globale de la recherche, **un engagement important se justifie afin de développer une recherche de pointe en Suisse** durant la phase de construction d'ITER. **Les moyens investis dans la recherche pour la fusion doivent cependant toujours être pondérés en fonction d'autres projets** et du montant total des crédits à disposition de la recherche énergétique. En outre, l'industrie suisse devrait s'engager plus activement dans la construction du projet ITER et augmenter son apport financier à la recherche sur la fusion, ainsi qu'intensifier sa collaboration avec le CRPP afin de développer les retombées dudit projet dans les domaines de la technologie, de l'industrie et de la formation. Pour ces raisons, il est prévu de ramener progressivement l'effort financier actuel de 24,2 MCHF à 22 MCHF par an en 2007.

Grandes options de la recherche 2004 à 2007

- *Études concernant le confinement magnétique d'un plasma chaud avec le Tokamak du CRPP ;*
- *Développement de générateurs et de systèmes servant au chauffage à haute fréquence du plasma en vue d'ITER ;*
- *Amélioration et tests des matériaux pour champs magnétiques élevés et de la technologie des bobines magnétiques (installation SULTAN à l'Institut Paul Scherrer (PSI)) ;*
- *Développement de matériaux à faible activation et analyse des dommages dus aux radiations (installations d'irradiation, telles que SINQ, utilisant les sources de particules du PSI) ;*
- *Études des interactions plasma-paroi (collaboration avec l'Université de Bâle) ;*
- *Participation à l'exploitation scientifique du Tokamak européen JET, de même qu'à l'ingénierie et à la construction d'ITER ;*
- *Théorie et simulation numérique des phénomènes physiques dans un plasma en régime de fusion ;*
- *Étude de la physique des phénomènes importants pour la fusion dans les plasmas chauds en utilisant des installations spécialisées.*

6.4 Fondements de l'économie énergétique (FEE)

Production, distribution et consommation d'énergie doivent être d'abord appréhendées dans un contexte technique. La technique joue également un rôle fondamental dans les questions de sécurité ou d'économies. Toutefois, il ne faut pas négliger les **facteurs économiques, écologiques, sociaux et comportementaux**, car ce sont eux en fin de compte qui donnent un coup d'accélérateur au progrès technique ou au contraire le freinent. Pas plus que les autres domaines, le domaine de l'énergie n'échappe à leur emprise et c'est pourquoi ils méritent d'être étudiés avec sérieux. Or, il s'agit ici de combler des lacunes persistantes.

Politique de l'énergie

Pour des raisons les plus diverses (sécurité d'approvisionnement, sécurité des coûts, importance vitale pour l'économie, entre autres), 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 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, la mise en œuvre et l'acceptation des mesures décidées** ; car ce sont là des conditions *sine qua non* à la mise en œuvre de solutions responsables et efficaces.

Le crédit de 3 MCHF alloué actuellement suffit largement à la recherche d'instruments de politique énergétiques. Il convient donc d'en maintenir le niveau.

Grandes options de la recherche et du transfert 2000 – 2003

À court et à moyen terme :

- *Amélioration de la base de données et des statistiques énergétiques (indicateurs, monitoring, benchmarking, contrôle des résultats, statistique) ;*
- *Travaux complémentaires sur des modèles input-output ainsi que des modèles d'équilibre pour analyser les effets macro-économiques des mesures de politique énergétique (question d'efficacité et d'allocation dans une perspective régionale intégrée, effets d'innovation, prise en compte des coûts externes) ;*
- *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 économiques (contracting, accords, système de "bonus-malus"), mais aussi de prescriptions ; analyse du gain immédiat que procurent de nouveaux systèmes énergétiques ;*
- *Étude d'innovations et des processus qui y mènent, ainsi que des potentiels techniques dans le domaine de l'énergie (facteurs économiques et politiques influençant leur succès sur le marché) ;*
- *Analyse de l'acceptation par les acteurs des instruments agissant sur le marché ;*
- *Scénarios portant sur l'exploitation à long terme de sources d'énergie durables et sur les profils de consommation ;*
- *Analyse des effets et de l'efficacité des taxes et d'autres instruments.*

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, les prix de l'énergie et les liquidités, mais aussi des questions économiques les plus diverses, à commencer par le lien 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 (par exemple, 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 CO₂, exigent la mise en place d'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**.

Étant donné, d'une part, que le thème de l'approvisionnement énergétique durable se situe au carrefour de plusieurs domaines techniques et que, d'autre part, de nombreuses questions n'ont pas encore trouvé de réponses (en premier lieu celles portant sur les attentes de la société), il paraît indiqué de **relever les moyens** à disposition pour les faire passer de 8,7 MCHF actuellement à 11 MCHF en 2007.

Grandes orientations de la recherche et du transfert 2004 - 2007

À court et à moyen terme :

- *Politique d'adjudication des pouvoirs publics dans le cadre de l'approvisionnement énergétique ;*
- *Analyse des structures territoriales et de la consommation d'énergie ;*
- *Étude des nouvelles formes de mobilité (y compris développement de mesures) ;*
- *Évolution des prix pour différents agents énergétiques ;*
- *Durabilité des 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 ;*
- *Accès au réseau et prix de cet accès en relation avec l'ouverture du marché ;*
- *Marchés de l'énergie verte (conditions préalables, analyses des effets, etc.) ;*
- *Stratégies d'internalisation des coûts externes (données à collecter, spécificités régionales, utilisation des recettes, etc.).*

À long terme :

- *Questions de psychosociologie, d'éthique et de politologie ;*
- *Analyse des flux de matières et de la consommation d'énergie ;*
- *Analyse des effets structurels d'une réduction drastique des émissions de CO₂, accompagnée d'une analyse coûts-bénéfices.*

7. Attribution des crédits 2004 - 2007

L'attribution des crédits selon les grandes options de la recherche décrites au chapitre 6 repose sur les hypothèses suivantes (la base étant l'année 2001) :

- En dépit de la situation financière précaire de tous les organes pouvant assurer un soutien financier, il sera possible de stopper la baisse des crédits, constante depuis 1992. **Pour franchir au moins la barre des 213 MCHF (millions de francs) en 2007, il faut donc prévoir d'accroître de 20% les crédits d'encouragement alloués actuellement par les pouvoirs publics.** Ce pourcentage correspond à une augmentation annuelle de 3% à 4%, ainsi que le recommande d'ailleurs le *Message FRT 2004 – 2007* du Conseil fédéral.
- Dans le futur, les contributions provenant de crédits de l'UE atteindront toujours au moins le niveau de financement assuré actuellement l'OFES (soit au moins 18 MCHF par an).
- 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 les "fonds de recherche" du secteur privé est maintenu dans l'ordre de grandeur actuel.
- Comme c'est le cas aujourd'hui, on admet qu'il faut affecter une **part de 20% à la recherche fondamentale orientée.**
- On vise également à affecter une **part de 20% au soutien de projets pilotes et de démonstration** ainsi qu'à la recherche accompagnant ces projets.

Le tableau ci-après présente les valeurs cibles de l'attribution des crédits en 2007 (voir aussi à ce sujet la figure présentée dans le résumé à la page 3). Le tableau 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 2007** :

En cas de restrictions budgétaires :	En cas d'augmentations budgétaires :
→ pas de réduction des moyens prévus	↗ financement supplémentaire modéré
↘ forte réduction des moyens prévus	→ 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 capacité 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 que, à l'inverse, aucun élargissement financier ne soit prévu pour ces programmes.

L'augmentation de 15 MCHF sur quatre ans des crédits alloués aux installations pilotes et de démonstration implique une plus grande **participation conjointe de la Confédération, des Cantons et des Communes**. À cet égard, les Cantons sont appelés ces prochaines années à accroître leur effort financier dans la mesure où la recherche énergétique prendra de plus en plus de place dans les programmes des Hautes Écoles spécialisées (cantonales), ce type d'institution se prêtant bien par ailleurs à la réalisation de travaux sur des installations pilotes.

On considère que les **bailleurs de fonds actuels** vont continuer à soutenir la recherche énergétique et participer au **développement de ses activités**. On peut notamment s'attendre à ce que l'OFFT (par la CTI, qui a créé son propre domaine de prestations *Énergie*) apporte un soutien accru.

Une partie du budget de l'OFEN est également consacrée au financement de la recherche sectorielle de l'Administration mise en œuvre par l'OFEN pour ses propres besoins ("*Ressortforschung*"). Ce sont ainsi quelque 5 MCHF qui sont répartis à parts égales entre les *Fondements de l'économie énergétique (FEE)*, d'une part, et la *Recherche réglementaire en matière de sécurité nucléaire*, d'autre part.

DOMAINES DE RECHERCHE et leurs subdivisions	RÉPARTITION DES CRÉDITS				Adaptation ¹⁾ en cas de			
	2001, MCHF (valeur 2001)		2007, MCHF (valeur 2001)		réduction de budget		hausse de budget	
	R+D	P+D	R+D	P+D	R+D	P+D	R+D	P+D
I UTILISATION RATIONNELLE DE L'ÉNERGIE (URE)	40.5	14.2	53	22				
Bâtiment	5.6	1.7	13	6	↘	↘	→	↗
Transports	3.2	6.0	4	5	→	→	→	↗
Stockage et transport de l'électricité (dont pour batteries et supercaps)	11.8 (6.1)	1.2 (1.2)	8 (6)	2 (1)	→	→	→	→
Utilisation de l'électricité (appareils)	2.7	0.4	4	1	→	→	↗	↗
Couplage chaleur-force (dont pour les piles à combustible)	5.9 (5.6)	3.2 (2.3)	13 (10)	4 (3)	→	→	→	→
Combustion	9.4	1.7	8	3	↘	→	→	→
Procédés (industrie, arts et métiers, agricult.)	2.0	—	3	1	↘	↘	→	→
II SOURCES D'ÉNERGIE RENOUVELABLES (SER)	38.5	13.9	59	22				
Énergie solaire	26.6	5.7	38	7				
chaleur solaire (active, passive, stockage)	4.2	2.8	6	4	↘	↘	→	→
photovoltaïque (cellules et install. solaires)	14.5	2.1	20	3	→	↘	↗	→
chimie solaire (y compris l'hydrogène)	7.9	0.8	12	1	↘	→	→	→
Chaleur ambiante (pompes à chaleur)	3.3	2.3	6	3	↘	↘	→	→
Biomasse (bois, déchets, boues d'épuration)	3.0	3.7	10	3	→	→	↗	→
Géothermie	2.2	0.9	2	5	→	→	↗	↗
Énergie éolienne	0.5	0.9	1	1	→	→	→	→
Force hydraulique	2.8	0.3	2	2	→	↘	→	→
III ÉNERGIE NUCLEAIRE (ENU)	51.0	—	40	—				
Fission nucléaire	26.9	—	18	—	↘		→	
sécurité (y compris recherche réglementaire ²⁾)	18.3	—	13	—				
déchets radioactifs	4.9	—	3	—				
recherche prospective (nouveaux projets)	3.7	—	2	—				
Fusion nucléaire ³⁾	24.2	—	22	—	→		→	
physique des plasmas, méthodes de chauffage	22.6	—	18	—				
technologie de la fusion	0.4	—	1	—				
contributions pour l'intégration internationale	1.1	—	3	—				
IV FONDEMENTS DE L'ÉCONOMIE ÉNERGETIQUE (FEE)	12.9	1.7	16	1				
Politique énergétique (scénarios, instruments, mesures)	2.7	—	3	—	→		→	
Économie, société, environnement	8.7	—	11	—	↘		↗	
Transfert technologique	1.6	1.7	2	1	→	→	→	→
TOTAUX	143.0	29.8	168	45				
	172.8		213					

Attribution des crédits pour la recherche énergétique provenant des pouvoirs publics (valeurs effectives pour 2001 et valeurs indicatives pour 2007) et adaptation desdits crédits en cas de modification budgétaire.

R+D projets de recherche et de développement technologique

P+D projets pilotes et de démonstration

1) par rapport aux valeurs de planification pour 2007

2) dépenses pour la recherche réglementaire en 2001 : 7,5 MCHF ; objectif budgétaire 2007 : 6,5 MCHF

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

Annexes

A.1 Commission fédérale pour la recherche énergétique CORE

<i>Membres</i>	<i>représentant ...</i>
D^r Kaiser Tony, président Alstom Power Centre, directeur	l'industrie lourde
P^r D^r Favrat Daniel EPFL, Laboratoire d'Énergétique Industrielle, directeur	les EPF, l'AGS (<i>Alliance for Global Sustainability</i>)
P^r D^r Imboden Dieter EPFZ, Chaire de Physique de l'Environnement	les EPF, l'ASST / SATW, le FNS
Jakob Ernst Office des Eaux et de l'Énergie du Canton de Berne, chef de la Division Énergie	les Services cantonaux de l'énergie
Gerber Eva Haute École d'Art et de Design, directrice du Service de Transfert Scientifique et Technologique	les HES, la sociologie
Freitag Prankraz, Conseiller d'État Département des Travaux Publics du Canton de Glaris, chef du Département	les Directeurs cantonaux de l'énergie
P^r D^r Kunze Christian EIVD (École d'Ingénieurs du Canton de Vaud), directeur	les HES, le FNS
D^r Leutenegger Hajo Wasserwerke Zug AG, directeur	l'économie énergétique (eau et gaz)
P^r D^r Lux-Steiner Martha Christina Hahn-Meitner-Institut, Département de Recherche sur l'Énergie Solaire, directrice	les Universités, les relations internationales
Rohrbach Kurt BKW / FMB Energie SA, président de la Direction	l'économie énergétique (électricité), le PSEL
P^r D^r Schlapbach Louis LFEM / EMPA, directeur général	le LFEM / EMPA, la CTI
Togni Giuseppina eTeam GmbH, co-titulaire	les bureaux d'ingénieurs, les PME
P^r D^r Wavre Nicolas Management Consultant	les PME, les HES
D^r Wüstenhagen Rolf HSG, Institut d'Économie et d'Écologie, vice-directeur	les Universités, le SAM (<i>Sustainable Asset Management</i>)
D^r Zulliger Hans-Rudolf , (président et membre de la CORE jusqu'à fin 2003)	l'industrie, les PME, le SPG (<i>Sustainable Performance Group</i>), l'AGS (<i>Alliance for Global Sustainability</i>)
P^r D^r Zweifel Peter Université de Zurich, Institut de Socio-économie, Chaire d'Économie	les Universités

<i>Observateurs</i>	<i>Office</i>
D^r Schriber Gerhard OFEN, chef de la Section PC	OFEN
D^r Kunz Ulrich OFEFP, chef du domaine Recherche environnementale	OFEFP
D^r Zinsli Paul-Erich OFES, directeur suppléant	OFES
<i>Secrétariat</i>	<i>Adresse</i>
D^r Gut Andreas OFEN, Section PC	☎ 031 322 53 24 ; Fax 031 323 25 00 e-mail : andreas.gut@bfe.admin.ch

A.2 Organisation des domaines de l'OFEN et responsables

	Domaines de l'OFEN	Responsables de domaine à l'OFEN	Chefs de programme	
			R+D	P + D
I. Utilisation rationnelle de l'énergie (URE)	Bâtiments (et architecture solaire)	A. Eckmanns	M. Zimmermann	
	Transports	M. Pulfer	M. Pulfer	
	Accumulateurs et supercaps			
	Stockage et transport de l'électricité	F. Frey	R. Brüniger	
	Distribution et utilisation de l'électricité (appareils)			
	Couplage chaleur-force (sans piles à combustible)	F. Rognon	T. Kopp	M. Ehrbar
	Combustion	A. Hintermann	A. Hintermann	
	Piles à combustible			
Procédés (dans l'industrie, les arts et métiers, l'agriculture) y compris les rejets de chaleur	M. Stettler	M. Stettler		
II. Sources d'énergie renouvelables (SER)	Stockage de la chaleur solaire	U. Wolfer	J.-C. Hadorn	
	Énergie solaire thermique		J.-C. Hadorn	P. Renaud
	Énergie solaire photovoltaïque		S. Nowak	
	Chimie solaire y compris hydrogène	A. Hintermann	A. Reller	
	Chaleur ambiante (pompes à chaleur)	F. Rognon	T. Kopp	M. Ehrbar
	Biomasse (sans le bois)	B. Guggisberg	B. Guggisberg	B. Guggisberg
	Force hydraulique			N.N.
	Bois	D. Binggeli	D. Binggeli	
	Géothermie	M. Geissmann	H. L. Gorhan	
	Énergie éolienne		R. Horbaty	
III. Énergie nucléaire (ENu)	Technique et sécurité nucléaire	Chr. de Reyff *)	K. Foskolos (a.i.)	—
	Recherche réglementaire en sécurité nucléaire		S. Chakraborty	—
	Fusion nucléaire		J.-F. Conscience	—
IV. Fondements de l'économie énergétique (FEE)	Politique énergétique	L. Gutzwiller	L. Gutzwiller	
	Économie, société, environnement			
	Transferts technologiques	A. Gut, Chr. de Reyff, G. Schriber		

*) L'OFEN a uniquement ici un rôle de répondant

Adresse des responsables de domaines à l'OFEN**Daniel Binggeli**, Tel. 031 322 68 23**Andreas Eckmanns**, Tel. 031 322 54 61**Felix Frey**, Tel. 031 322 56 44**Markus Geissmann**, Tel. 031 322 56 10**Bruno Guggisberg**, Tel. 031 322 56 40**Andreas Gut**, Tel. 031 322 53 24**Lukas Gutzwiller**, Tel. 031 322 56 79**Alphons Hintermann**, Tel. 031 322 56 54**Martin Pulfer**, Tel. 031 322 49 06**Christophe de Reyff**, Tel. 031 322 56 66**Fabrice Rognon**, Tel. 031 322 47 56**Gerhard Schriber**, Tel. 031 322 56 58**Martin Stettler**, Tel. 031 322 55 53**Urs Wolfer**, Tel. 031 322 56 39Adresses communes à tous les responsables : **OFEN, 3003 Berne**Fax : 031 323 25 00 ; E-mail : prenom.nom@bfe.admin.ch**Adresses des chefs de programmes à l'extérieur de l'OFEN****Roland Brüniger**R. Brüniger AG, Zwillikerstr. 8, 8913 Ottenbach
tél. 01 760 00 66 – Fax : 01 760 00 68
E-mail : roland.brueeniger@r-brueniger-ag.ch**Sabyasachi Chakraborty**DSN / HSK, 5232 Villigen – HSK
tél. 056 310 39 36 – Fax : 056 310 39 95
E-mail : chakraborty@hsk.psi.ch**Jean-François Conscience**Office fédéral de l'éducation et de la science (OFES / BBW), Hallwylstr. 4, 3003 Bern
tél. 031 322 96 80 – Fax : 031 322 78 54
E-mail : jean-francois.conscience@bbw.admin.ch**Max Ehrbar**Interstaatliche Hochschule für Technik
Werdenbergstrasse 4, 9471 Buchs
tél. 081 755 33 96, Fax : 081 756 54 34
E-mail : max.ehrbar@ntb.ch**Konstantin Foskolos**PSI, 5232 Villigen – PSI
tél. 056 310 26 92 – Fax : 056 310 44 11
E-mail : konstantin.foskolos@psi.ch**Harald L. Gorhan**Neudörfli 10, 5600 Lenzburg
tél. 062 891 83 68 – Fax : 062 891 83 68
E-mail : harald.gorhan@bluewin.ch**Jean-Christophe Hadorn**Base Consultants SA, 51, ch. du Devin
1012 Lausanne
tél. 021 651 42 82 – Fax : 021 651 42 83
E-mail : jchadorn@baseconsultants.com**Robert Horbaty**ENCO, Postfach 235, 4435 Niederdorf
tél. 061 965 99 00 – Fax : 061 965 99 01
E-mail : robert.horbaty@enco-gmbh.ch**Thomas Kopp**Fachhochschule Ostschweiz
Oberseeestr. 10, 8640 Rapperswil
tél. 055 222 49 23 - Fax : 055 222 44 00
E-mail : thomas.kopp@hsr.ch**Stefan Nowak**Nowak Energie & Technologie AG
Waldweg 8, 1717 St. Ursen
tél. 026 494 00 30 – Fax : 026 494 00 34
E-mail : stefan.nowak@netenergy.ch**Armin Reller**Universität Augsburg, Universitätsstr. 1
DE - 86159 Augsburg
tél. +49 8215983000, Fax : +49 8215983002
E-mail : reller@physik.uni-augsburg.de**Pierre Renaud**PLANAIR SA, Crêt 108 A, 2314 La Sagne
tél. 032 933 88 40 – Fax : 032 933 88 50
E-mail : pierre.renaud@planair.ch**Markus Zimmermann**LFEM / EMPA-KWH, 8600 Dübendorf
tél. 01 823 41 78 – Fax : 01 821 62 44
E-mail : mark.zimmermann@empa.ch

A.3 Liste des abréviations (avec sigles en allemand)

AD(T)S	<i>Accelerator Driven (Transmutation) System</i>
AEE	Agence suisse des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique (AEE)
AEN	Agence de l'OCDE pour l'Énergie Nucléaire (NEA)
AEnEC	Agence de l'énergie pour l'économie (EnAW)
AGS	<i>Alliance for Global Sustainability</i>
AIE	Agence Internationale de l'Énergie (IEA)
APS	Analyse probabiliste de sécurité (PSA)
ASST	Académie suisse des sciences techniques (SATW)
CCF	Couplage chaleur-force (WKK)
CEDRA	Société coopérative nationale pour l'entreposage de déchets radioactifs (NAGRA)
CEPF	Conseil des Écoles polytechniques fédérales (ETH-Rat)
CME	Conseil Mondial de l'Énergie — <i>World Energy Council</i> (WEC)
CO ₂	Dioxyde de carbone
COP	Coefficient de performance (JAZ)
CORE	Commission fédérale pour la recherche énergétique
CRFD	<i>Computational Reaction Fluid Dynamics</i>
CRPP	Centre de Recherches en Physique des Plasmas, EPF-Lausanne
CSST	Conseil suisse de la science et de la technologie (SWTR)
CTI	Commission de l'OFFT pour la technologie et l'innovation (KTI)
DDC	Direction du développement et de la coopération (DEZA)
DETEC	Dép. fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (UVEK)
DSN	Division principale de la sécurité des installations nucléaires (HSK)
EAE	Agence de l'énergie pour les appareils électriques (EAE)
EMS	Établissements médicosociaux
ENET	Service d'information et de transfert technologique de l'OFEN pour la recherche énergétique
ENu	Énergie nucléaire — <i>Kernenergie</i> (KE)
EPFL	École polytechnique fédérale de Lausanne (ETHL)
EPFZ	École polytechnique fédérale de Zurich (ETHZ)
EURATOM	Communauté Européenne de l'Énergie Atomique
FEE	Fondements de l'économie énergétique — <i>Energiewirtschaftliche Grundlagen</i> (EWG)
FNS	Fonds national suisse de la recherche scientifique (SNF)
FOGA	Fonds de recherche et de développement de l'industrie gazière
FRUP	Fonds de recherche de l'Union pétrolière (FEV)
HES	Haute École spécialisée (FH)
HSG	<i>Hochschule St. Gallen</i>
IMF	<i>Inert Matrix Fuel</i> — Combustible à matrice inerte
ITER	<i>International Thermonuclear Experimental Reactor</i>
LFEM	Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherches, Dübendorf (EMPA)

LWR	<i>Light Water Reactor</i> — Réacteur à eau légère
MEGAPIE	<i>MEGAwatt Pilot Experiment</i>
Message FRT	Message relatif à l'encouragement de la formation, de la recherche et de la technologie
MOX	<i>Mixed Oxide Fuel</i> — Combustible à oxyde mixte
ODT	Office fédéral du développement territorial (ARE)
OFAG	Office fédéral de l'agriculture (BLW)
OFEPF	Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (BUWAL)
OFEN	Office fédéral de l'énergie (BFE)
OFES	Office fédéral de l'éducation et de la science (BBW)
OFFT	Office fédéral de la formation professionnelle et de la technologie (BBT)
OFROU	Office fédéral des routes (ASTRA)
PAC	Pompe à chaleur (WP)
PCRDT	Programme cadre de recherche, de développement technologique et de démonstration (RP)
P+D	Projets pilotes et de démonstration
PEMFC	<i>Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell</i>
PIV	Panneaux isolants sous vide (VIP)
PME	Petites et moyennes entreprises (KMU)
PNR	Programmes nationaux de recherche (NFP)
PRN	Pôles de recherche nationaux (NFS)
PSEL	Fonds pour projets et études de l'économie électrique
PSI	Institut Paul Scherrer
PV	Photovoltaïque
R+D	Recherche et développement [technologique] (F+E)
RD&D	Recherche, développement [technologique] et démonstration (FE&D)
RTD	<i>Research and Technical Development</i>
SAFE	Agence suisse pour l'efficacité énergétique
SAM	<i>Sustainable Asset Management</i>
SER	Sources d'énergie renouvelables — <i>Erneuerbare Energien</i> (EE)
SHT	Supraconducteur à haute température (HTSL)
SINQ	<i>Swiss Spallation Neutron Source</i>
SLS	<i>Swiss Light Source</i>
SOFC	<i>Solid Oxid Fuel Cell</i>
SPG	<i>Sustainable Performance Group</i>
SRHP	<i>Swiss Retrofit Heat Pump</i>
STEP	Station d'épuration des eaux usées (ARA)
UE	Union Européenne (EU)
UIOM	Usine d'incinération des ordures ménagères (KVA)
URE	Utilisation rationnelle de l'énergie — <i>Rationelle Energienutzung</i> (RE)
WEC	<i>World Energy Council</i> — Conseil Mondial de l'Énergie (CME)

Office fédéral de l'énergie OFEN

Worbentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen · Adresse postale : CH-3003 Berne

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