



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'énergie OFEN

Plan directeur de la recherche énergétique 2017–2020



Résumé

La décision de principe, prise en 2011 par le Conseil fédéral et le Parlement, de sortir progressivement de l'énergie nucléaire et la transformation successive du système énergétique suisse qui en découlera d'ici à 2050 confère un rôle particulièrement important à la recherche énergétique de la Confédération. Les programmes de recherche énergétique de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) couvrent quasiment la totalité de l'éventail de la recherche énergétique. L'énergie nucléaire y occupe une place spéciale, l'OFEN n'assumant à cet égard qu'une fonction de renseignement.

L'OFEN, une instance de soutien importante

En 2014, les pouvoirs publics ont dépensé 305.9 millions de francs pour la recherche énergétique, la plus grande part revenant au domaine des EPF (51,6 %), suivi par la Commission pour la technologie et l'innovation (CTI, 12,5 %) et l'OFEN (11,2 %), dont l'activité de soutien à la recherche précédait celle de la Commission européenne (programmes-cadres de recherche, 7,2 %).

Les 34.4 millions de francs alloués en 2014 par l'OFEN se répartissaient comme suit: 18.2 millions de francs dans des projets du domaine de l'efficacité énergétique, 12.8 millions de francs dans des projets liés aux énergies renouvelables et environ 2.9 million de francs pour des projets de recherche en économie ou en sciences sociales. L'OFEN requiert environ 1 million de francs pour coordonner la recherche énergétique et il soutient les participations aux programmes de recherche de l'Agence internationale de l'énergie (AIE) à hauteur d'environ 1 million de francs dans le cadre de son budget.

L'OFEN assure une importante fonction de coordination

L'OFEN, une des principales institutions de soutien à la recherche, est aussi l'instance de coordination centralisée des divers instruments de recherche. Le besoin de coordination des activités menées par les pouvoirs publics s'est encore accru avec la mise sur pied, dès 2014, de huit pôles de compétence en recherche énergétique (Swiss Competence Centers in Energy Research, SCCER).

Comme l'OFEN siège au sein des organismes les plus divers, par exemple la promotion R&D de la Commission pour la technologie et l'innovation (CTI), le groupe de pilotage des SCCER, les programmes nationaux de recherche du FNS visant le virage énergétique, les commissions pour la recherche des diverses hautes écoles ou le groupe de pilotage Energieforschung Stadt Zürich, il

est en mesure de garantir des synergies entre les institutions de soutien et peut très largement éviter les affectations redondantes.

L'OFEN garantit l'intégration internationale

L'une des tâches essentielles de l'OFEN consiste à intégrer les chercheurs suisses dans les activités de recherche internationales. Outre divers accords multilatéraux, il s'agit surtout des programmes de recherche de l'Agence internationale de l'énergie (AIE) et de la Commission européenne.

Coopérations multilatérales

Outre les programmes de l'UE et de l'AIE, les coopérations multilatérales sont essentielles pour les chercheurs suisses. L'OFEN garantit, grâce à divers accords, que la Suisse participe à d'autres programmes internationaux tels que l'International Partnership for Geothermal Technology ou les accords avec l'Allemagne et l'Autriche («coopérations D-A-CH») dans les domaines des réseaux intelligents et des cités intelligentes («smart grids» et «smart cities»).

Agence internationale de l'énergie (AIE)

Les programmes de recherche de l'AIE, les «Technology Collaboration Programmes» (TCP)¹ sont un élément essentiel de l'encouragement de la Suisse à la recherche. L'OFEN veille à ce que les conditions-cadre nécessaires à la participation des chercheurs suisses soient réunies. La Suisse participe à plus de la moitié de la quarantaine des TCP. En outre, dans le cadre des TCP, l'OFEN met à la disposition des chercheurs suisses des aides subsidiaires à la promotion des projets.

Programmes-cadres de recherche de l'UE

Au printemps 2014, la Commission européenne a fortement limité la participation de la Suisse au programme-cadre de recherche Horizon 2020. Depuis lors, la participation des chercheurs suisses n'est plus possible qu'à titre de pays tiers s'agissant de l'encouragement proprement dit aux projets (troisième pilier ou «Societal challenges» du programme-cadre de recherche Horizon 2020) et l'OFEN n'est plus représenté dans les organismes dirigeants.

Entrée en vigueur

Le plan directeur de la recherche énergétique 2017–2020 de l'Office fédéral de l'énergie entrera en vigueur au 1^{er} janvier 2017. Il sera publié sous forme électronique en allemand et en français.

¹ Ancienne désignation: «Implementing Agreements»

Table des matières

1	Introduction	6
2	Aperçu du domaine politique de l'énergie.....	7
2.1	Orientation stratégique de la recherche énergétique de l'OFEN	8
2.2	Bases légales	9
2.3	Rétrospective de la période 2013–2016	9
2.4	Financement.....	12
2.5	Défis	14
3	Priorités de la recherche : période 2017–2020	17
3.1	Programmes de recherche «Efficacité énergétique»	18
3.1.1	Piles à combustible	18
3.1.2	Technologies électriques	19
3.1.3	Bâtiments et villes	19
3.1.4	Processus industriels	20
3.1.5	Mobilité	20
3.1.6	Réseaux	21
3.1.7	Systèmes énergétiques basés sur la combustion.....	22
3.1.8	Pompes à chaleur et technologie du froid.....	23
3.2	Programmes de recherche «Energies renouvelables»	25
3.2.1	Bioénergie	25
3.2.2	Photovoltaïque	26
3.2.3	Géoénergie.....	26
3.2.4	Energie solaire à haute température.....	27
3.2.5	Thermie solaire et stockage de la chaleur	27
3.2.6	Barrages.....	28
3.2.7	Force hydraulique.....	28
3.2.8	Hydrogène.....	29
3.2.9	Energie éolienne	29
3.3	Programmes de recherche «Economie et société»	30
3.3.1	Energie–Economie–Société.....	30
3.3.2	Déchets radioactifs.....	31
4	Financement pour la période 2017–2020	32
5	Acteurs et interfaces	33
5.1	Acteurs nationaux et interfaces	33
5.1.1	Interfaces avec le Fonds national de la recherche scientifique (FNS).....	33
5.1.2	Interfaces avec les offices fédéraux et d'autres services fédéraux	33
5.1.3	Interfaces avec la Commission pour la technologie et l'innovation (CTI)	36
5.1.4	Interfaces avec les SCCER.....	36
5.1.5	Institutions de soutien nationales	36
5.2	Coopération internationale	36

6	Organisation et assurance de la qualité	40
6.1	Organisation interne	40
6.2	Commissions et groupes de suivi	41
6.2.1	Commission fédérale pour la recherche énergétique (CORE)	41
6.2.2	Groupes de suivi	41
6.3	Assurance de la qualité	41
6.4	Transfert de savoir et de technologie	42

Annexes 44

A	Recherche de l'administration fédérale	44
B	Bases légales spéciales	44
C	Comité de coordination de la recherche de l'administration fédérale	45
D	Banque de données ARAMIS	45
E	Assurance de la qualité dans la recherche menée par l'administration fédérale	46
F	Organismes nationaux et internationaux dont l'OFEN est membre	46
G	Niveaux de maturité technologique (NMT)	48
H	Checkliste für die Forschungsförderung	50
I	Glossaire	53

Liste des figures et des tableaux

Figure 1	La chaîne de l'innovation	6
Figure 2	Evolution du soutien apporté à la recherche énergétique par les pouvoirs publics.	12
Figure 3	Evolution du soutien apporté à la recherche énergétique par l'OFEN	13
Tableau 1	Soutien apporté: NMT dans le domaine de l'efficacité énergétique	18
Tableau 2	Soutien apporté: NMT dans le domaine des énergies renouvelables	25
Tableau 3	Budgets prévus par l'OFEN pour la période 2017–2020	32
Tableau 4	Coopération de l'OFEN avec les autres services fédéraux	34
Tableau 5	Définition des différents niveaux de maturité technologique	49

1 Introduction

La recherche énergétique de la Confédération revêt une importance particulière depuis la décision de principe, prise par le Conseil fédéral et le Parlement en 2011, de sortir progressivement de l'énergie nucléaire et de transformer par conséquent successivement le système énergétique de la Suisse d'ici à 2050. Les programmes nationaux de recherche (PNR) du Fonds national de la recherche scientifique (FNS) relatifs au virage énergétique et à la gestion de la consommation énergétique, initiés en 2011 par le Conseil fédéral, ont été lancés en 2014. Simultanément, en 2014 également, les huit centres de compétence prévus par le plan d'action «Recherche énergétique suisse coordonnée»² (plan d'action) ont été institués (Swiss Competence Centers in Energy Research, SCCER). Ces mesures concourent à développer les capacités dans les domaines suivants: réseaux, stockage, biomasse, géothermie et force hydraulique, efficacité des bâtiments, efficacité des processus industriels, mobilité, socioéconomie et droit. Pour la période 2013 à 2016, le Parlement a voté 202 millions de francs. Pour la période 2017 à 2020, il a proposé de maintenir ce soutien. A partir de 2021, les centres de compétence devront poursuivre leurs activités de manière autonome au sein des hautes écoles.

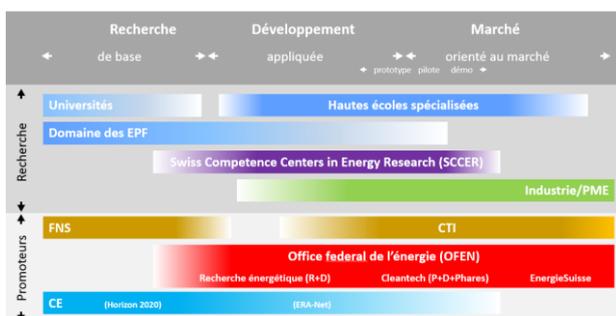


Figure 1 La chaîne de l'innovation
Le domaine couvert par le soutien à la recherche de l'OFEN va de la recherche appliquée aux projets pilotes, aux projets de démonstration et aux projets phares. SCCER: Swiss Competence Centers in Energy Research (pôles de compétence suisses en recherche énergétique). Source: OFEN.

Ainsi, le paysage de la recherche suisse a sensiblement changé au cours de ces dernières années. Cependant, si les capacités de recherche se sont fortement développées en termes de personnel (SCCER), les 46 millions de francs (sur 4 ans) alloués dans le cadre du plan d'action à la Commission pour la technologie et l'innovation (CTI) représentent peu de moyens supplémentaires dans le domaine de la recherche appliquée. Ce domaine est également couvert par la recherche de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) (Figure 1).

Le présent plan directeur de la recherche énergétique de l'OFEN couvre la période 2017 à 2020. Il repose largement sur le *Plan directeur de la recherche énergétique de la Confédération 2017–2020*³, qui est élaboré par la Commission fédérale de la recherche énergétique (CORE).

L'OFEN est l'une des principales instances de soutien

Pour mettre en œuvre le présent plan directeur, l'OFEN dispose de ressources promotionnelles propres qui sont affectées subsidiairement aux efforts consentis par les institutions de recherche publiques et privées. Les travaux sont coordonnés par le truchement des programmes de recherche de l'OFEN (Chapitre 3). L'OFEN, qui revendique environ 11,2 % (2014) des dépenses publiques dans le domaine de la recherche énergétique, est l'une des principales instances publiques de soutien (Figure 2).

La mise en œuvre des résultats sur le marché passe par une étroite coopération avec les services concernés au sein de l'OFEN (en particulier SuisseEnergie et Transfert de savoir et de technologie, TST) et d'autres services fédéraux tels que la Commission pour la technologie et l'innovation (CTI).

L'OFEN établit chaque année la Statistique de la recherche énergétique de la Confédération⁴, qui renseigne sur les dépenses de la recherche énergétique financée par les ressources publiques et fournit une récapitulation détaillée des flux de capitaux. Selon le dernier recensement réalisé en 2014, environ 51,6 % du montant versé par les pouvoirs publics (305,9 millions de francs) concernaient le domaine des EPF. Avec une part de 11,2 %, l'OFEN était – après la CTI – la troisième institution de soutien par ordre d'importance.

² www.news.admin.ch/message/index.html?lang=fr&msg-id=50481

³ Plan directeur de la recherche énergétique de la Confédération 2017–2020, www.recherche-energetique.ch

⁴ Statistique de la recherche énergétique de la Confédération, www.recherche-energetique.ch

2 Aperçu du domaine politique de l'énergie

La politique énergétique de la Suisse doit relever d'importants défis. Pour réaliser les objectifs fixés dans la Stratégie énergétique 2050 du Conseil fédéral, il convient de développer substantiellement les énergies renouvelables et améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments, de l'industrie, des transports et des appareils électriques. Il ne suffira pas d'intensifier les mesures actuelles pour trouver des solutions aux problèmes.

La recherche énergétique est axée sur le long terme

Il faut de nouvelles façons de penser, de nouvelles approches, de nouvelles technologies. Or, justement, quitter les sentiers battus exige une stratégie d'encouragement qui n'assimile pas avant tout chaque franc investi dans la recherche à la réduction immédiate de kilowattheures. La recherche a besoin d'un espace de liberté qui lui permette, fondamentalement, de saisir et de tester de nouvelles idées. L'encouragement de la recherche de l'OFEN y concourt, car il soutient, outre la recherche orientée vers la mise en œuvre, une recherche fondamentale axée sur l'application. L'OFEN est la seule instance de soutien des pouvoirs publics qui appuie des thèmes de recherche dans le domaine énergétique par le truchement de programmes de recherche organisés sur le plan national et déployés sur de longues périodes de cinq ou dix ans, voire davantage.

En instituant les SCCER dans le cadre du plan d'action, le Parlement a fortement influencé le paysage de la recherche en Suisse. En raison de la forte croissance des effectifs de personnel dans la recherche énergétique, les demandes de subventions se multiplient (ressources tierces). L'augmentation des ressources financières de la CTI pour les projets énergétiques, de quelque 11 millions de francs par an pour la période 2013 à 2016, ne couvre que partiellement cette demande supplémentaire.

Des projets de recherche pour un volume de 45 millions de francs ont été générés grâce aux deux programmes nationaux de recherche (PNR) qui, lancés à la fin de 2014 et courant jusqu'en 2019, couvrent les thèmes du «virage énergétique» et «gérer la consommation énergétique».

Intégration internationale des chercheurs suisses

Une recherche fructueuse comporte toujours une orientation internationale: la coopération internationale augmente l'efficacité des ressources affectées tout en permettant l'échange effectif de connaissances entre les chercheurs. La condition d'une coopération réussie, tout particulièrement dans le cadre de projets de l'AIE et

de l'UE, réside dans les contributions scientifiquement reconnues et de haute qualité fournies par la Suisse.

C'est pourquoi l'une des tâches principales de la recherche énergétique de l'OFEN, outre le soutien actif apporté aux projets de recherche économiquement risqués et la suppression des lacunes dans la chaîne de l'innovation (Figure 1), consiste à assurer la mise en réseau nationale et internationale des chercheurs suisses. Au-delà d'un vaste réseau de contacts, tissé au fil des décennies, l'OFEN recherche activement des projets prometteurs, relie les projets de recherche apparentés et soutient les chercheurs dans leur recherche de fonds de tiers.

Par l'entremise de l'OFEN, la Suisse est intégrée dans les principaux programmes de recherche de l'AIE, au premier titre les Technology Collaboration Programmes (TCP). La Suisse, qui est activement impliquée dans plus de la moitié de la quarantaine des TCP en cours, compte actuellement, avec cinq présidences, un nombre supérieur à la moyenne de représentants en position dirigeante. L'OFEN prend en charge les cotisations de membre, il finance la participation des chercheurs suisses et des spécialistes aux organismes de pilotage ou de conduite des TCP et il soutient les chercheurs suisses par des contributions dans les projets de recherche mis au concours dans le cadre des TCP. Ces mesures permettent de garantir la mise en réseau de quelque 6000 chercheurs à l'échelle mondiale tout en focalisant le soutien de l'OFEN sur des activités de recherche et d'innovation pertinentes pour les mesures et décisions politiques.

Depuis le printemps 2014, la participation de la Suisse au programme-cadre de recherche européen Horizon 2020 est fortement limitée. Depuis lors, les chercheurs suisses ne peuvent plus participer qu'à titre de pays tiers à l'encouragement de projet proprement dit d'Horizon 2020, le troisième pilier («Societal challenges»). Le financement, autrefois assuré par la Commission européenne, est assuré depuis 2014 par le Secrétariat d'Etat à la formation, à la recherche et à l'innovation (SEFRI).

La participation aux réseaux de l'espace européen de la recherche pertinents quant aux thèmes de l'énergie (European Research Area Networks, ERA-Net) demeure possible sans restriction. L'OFEN finance les projets suisses dans le domaine de l'«ERA-Net Cofund Action» (ERA-Net CFA, chapitre 5.2), dans le cadre de laquelle la Commission européenne accroit à concurrence de 15 millions d'euros le montant des subventions nationales regroupées pour les mises au concours communes de projets. L'OFEN budgete environ un million de francs par ERA-Net CFA et par an.

2.1 Orientation stratégique de la recherche énergétique de l'OFEN

Les tâches de l'OFEN sont axées sur la mise à disposition et la consommation durables d'énergie et sur la sécurité d'approvisionnement énergétique de la Suisse. Conformément à cette orientation stratégique, la recherche énergétique soutenue par l'OFEN est également axée sur la sécurité d'approvisionnement de la Suisse et sur l'efficacité du transfert de savoir et de technologie. Le cadre scientifique est fourni par le plan directeur de la recherche énergétique de la Confédération, qui est élaboré par la CORE³.

Le critère de positionnement unique

L'OFEN soutient un domaine de la chaîne d'innovation que le FNS et la CTI ne couvrent pas de la même manière (Figure 1). Contrairement à ces institutions de soutien, l'OFEN est en mesure d'encourager directement les chercheurs de l'industrie. Les entreprises privées sont aussi soutenues explicitement dans le cadre de projets pilotes et de démonstration, afin de garantir la mise en œuvre directe des résultats de recherche dans l'environnement commercial.

Ainsi, l'OFEN est en mesure de soutenir adéquatement les domaines de recherche, de la recherche appliquée à la preuve de la faisabilité économique en milieu réel.

Orientation stratégique vers l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables

La promotion de la recherche déployée par l'OFEN est orientée selon les axes «Efficacité énergétique», «Energies renouvelables» et «Economie et société». La classification des programmes de recherche de l'OFEN correspond à ces catégories.

La recherche sur l'énergie nucléaire est assurée par le PSI, l'EPFL et l'IFSN

Hormis le programme de recherche sur les déchets radioactifs, l'OFEN ne conduit aucun programme de recherche dans le domaine de l'énergie nucléaire. Mais il abrite un service de contact pour l'énergie nucléaire, qui est étroitement lié aux établissements de recherche correspondants et qui est à même de clarifier les éventuelles problématiques avec ceux-ci. L'Institut Paul Scherrer (PSI) mène les activités de recherche concernant la fission nucléaire⁵, l'EPFL se chargeant du domaine de la fusion nucléaire⁶. Enfin, l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN) est responsable de la recherche réglementaire en sécurité nucléaire⁷.

Principes directeurs de l'encouragement de la recherche à l'OFEN

La recherche énergétique de l'OFEN est guidée par les principes directeurs suivants:

1. **Conception globale:** la recherche énergétique doit s'inspirer d'une approche globale. Il convient en particulier de prêter davantage attention aux liens entre la technique et l'environnement et entre les aspects sociétaux et les aspects économiques en se concentrant sur des projets interdisciplinaires. L'OFEN s'engage spécialement dans des thèmes prometteurs que l'économie privée n'as pas encore abordés ou qu'elle n'a traités qu'insuffisamment à ce stade.

2. **Sécurité d'approvisionnement:** conformément à l'orientation stratégique, la recherche énergétique encouragée par l'OFEN est axée sur la sécurité d'approvisionnement de la Suisse et sur l'efficacité du transfert de savoir et de technologie.

3. **Pertinence des projets de recherche:** l'OFEN appuie surtout la recherche énergétique appliquée et orientée.

4. **Valeur ajoutée en Suisse:** la recherche énergétique de l'OFEN accorde la priorité aux projets de recherche menés par des groupes de chercheurs compétents, qui contribuent au développement stratégique des compétences, qui laissent présager une forte valeur ajoutée sur le territoire national ou qui apportent une contribution significative au développement durable global. La recherche n'est soutenue à l'étranger que si l'aide apportée entraîne aussi une valeur ajoutée en Suisse (sur le plan économique ou scientifique) ou si les résultats sont absolument nécessaires à la recherche de l'administration fédérale elle-même.

5. **Coopération avec l'économie privée:** l'allocation de ressources fédérales à l'économie privée suppose que les entreprises participent au financement des coûts de manière appropriée. On veut ainsi s'assurer de soutenir des projets qui ont de bonnes chances d'être mis en œuvre. La priorité est donnée à une large utilisation de la propriété intellectuelle obtenue par les entreprises privées grâce aux subventions publiques. A cet effet, on publie les résultats de recherche obtenus dans le cadre de l'encouragement de la recherche par l'OFEN.

⁵ www.psi.ch/organisation-nes

⁶ Swiss Plasma Center (SPC), www.epfl.ch

⁷ www.ensi.ch/fr/installations-nucleaires/recherche-sur-la-securite

2.2 Bases légales

L'engagement de la Confédération dans la recherche et l'encouragement de la recherche est légitimé à l'art. 64 de la Constitution fédérale (RS 101), qui dispose que la Confédération encourage la recherche scientifique et l'innovation. La loi sur l'encouragement de la recherche et de l'innovation (LERI, RS 420.1) précise les activités de recherche de l'administration fédérale: l'administration fédérale joue le rôle d'un organe de recherche dans la mesure où elle donne des mandats de recherche ou qu'elle soutient directement des travaux de recherche en vue de remplir ses tâches (art. 5). En vertu de la LERI et des lois spéciales, la Confédération encourage la recherche notamment par des contributions directes (art. 6). Les départements sont habilités à confier des mandats de recherche pour des tâches d'intérêt public ou à participer au financement des coûts de projets de recherche (art. 16). L'art. 24 du LERI oblige les organes de recherche à établir des programmes pluriannuels par lesquels ils renseignent sur les activités de recherche prévues. En outre, l'OFEN fonde son encouragement de la recherche dans les bases juridiques suivantes:

- art. 12 et 14 de la loi sur l'énergie (LEne, RS 730.0)
- art. 11 et 23 de la loi sur les aides financières et les indemnités (LSu, RS 616.1)

- art. 86 de la loi sur l'énergie nucléaire (LENu, RS 732.1)
- art. 6 de la loi sur l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (LIFSN, RS 732.2)
- loi sur la réduction des émissions de CO₂ (loi sur le CO₂, RS 641.71)
- art. 3^{bis} de la loi fédérale sur la police des eaux (RS 721.10)
- Ordonnance concernant la sécurité des ouvrages d'accumulation (OSOA, RS 721.102).

En outre, les travaux de la Commission fédérale pour la recherche énergétique (CORE) sont régis par les règlements spéciaux suivants:

- décision du Conseil fédéral concernant la création de la Commission fédérale pour la recherche énergétique
- art. 57 de la loi sur l'organisation du gouvernement et de l'administration (LOGA, RS 172.010)
- commissions extraparlimentaires: liste des critères pour l'examen selon l'art. 57d de la loi sur l'organisation du gouvernement et de l'administration (LOGA, RS 172.010).

2.3 Rétrospective de la période 2013–2016

La recherche énergétique et le programme de l'OFEN pour le soutien aux projets pilotes, aux projets de démonstration et aux projets phares ont soutenu en moyenne chaque année, durant la période de 2013 à 2016, quelque 300 projets de recherche et plus de 70 projets pilotes, projets de démonstration et projets phares. Ce faisant, l'encouragement de la recherche ne s'est pas limité à un soutien financier des projets de recherche: il comprenait, outre l'examen technico-scientifique des requêtes, un suivi des projets de recherche sous forme de conseil, par exemple grâce à la participation des responsables de recherche de l'OFEN dans les groupes de travail et de suivi.

Entre 2013 et 2016, les travaux ont été fortement marqués par les événements de Fukushima. On a activé le développement de huit SCCER, sous la responsabilité de la CTI, grâce au soutien déterminant de l'OFEN. Afin de garantir la coordination entre ces SCCER et les diverses instances de soutien des pouvoirs publics, l'OFEN siège dans les panels d'évaluation de la CTI, qui évaluent le travail des SCCER, ou il est représenté en tant qu'observateur dans les organismes de pilotage du SCCER.

L'OFEN a joué un rôle essentiel pour les programmes nationaux de recherche (PNR) «Virage énergétique» et «Gérer la consommation d'énergie» mis au concours dans le cadre du plan d'action du FNS, puisqu'il a dû examiner et évaluer la totalité des quelque 150 propositions de projet soumises. En outre l'OFEN est représenté en qualité d'observateur au sein des deux groupes de direction et il conduit le groupe de suivi de l'administration fédérale.

Bien que la Suisse ne puisse, depuis 2014, plus participer qu'à titre de pays tiers aux projets du programme-cadre de recherche Horizon 2020 de la Commission européenne, l'OFEN a participé de manière déterminante à l'élaboration des activités suivantes dans le cadre de l'«European Research Area Networks Cofund action» (ERA-Net CFA):

- ERA-Net CFA Smart cities and communities
- ERA-Net CFA Smart grids
- ERA-Net CFA ACT (Carbon Capture and Storage, CCS)
- ERA-Net CFA Geothermal

– ERA-Net CFA Solar Power Technology.

De plus, l'OFEN a participé à diverses activités traditionnelles du programme ERA-Net issu du septième programme-cadre de recherche de la Commission européenne.

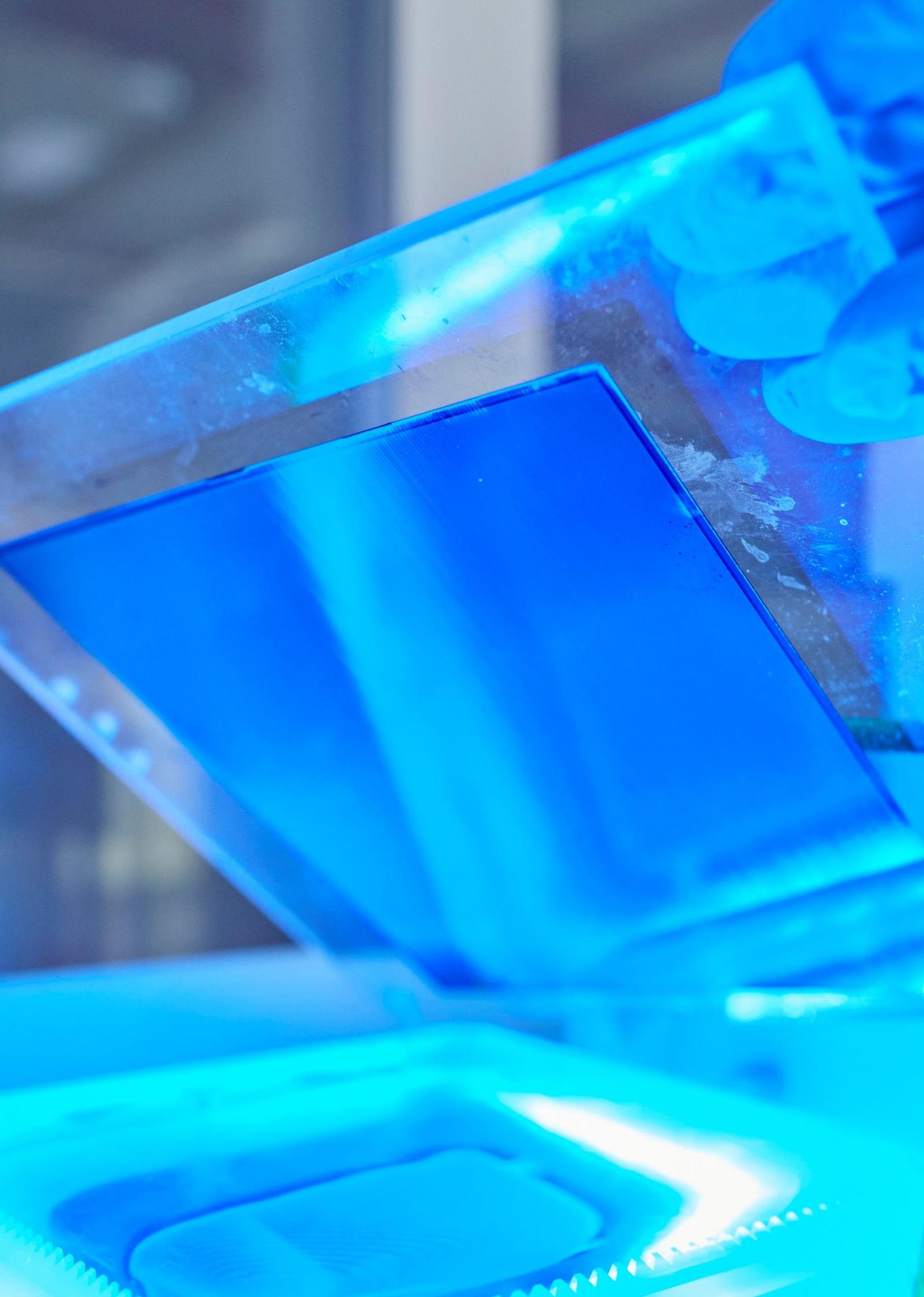
La Commission européenne couvre jusqu'au tiers du total des coûts des activités menées dans le cadre de ERA-Net CFA⁸.

En raison du lancement de la Stratégie énergétique 2050 et des ressources promotionnelles supplémentaires qu'elle implique, le nombre des projets que la recherche énergétique de l'OFEN doit évaluer a fortement augmenté. Outre les quelque 19 millions de francs par an à la disposition de l'OFEN pour les projets de re-

cherche, les ressources promotionnelles de l'OFEN pour les projets pilotes et de démonstration ont été portées d'environ 5 millions à 25 millions de francs par an. A ces montants viennent s'ajouter 10 millions de francs par an pour le programme phare de l'OFEN, nouvellement créé, et environ 5 millions de francs attribués à l'Office fédéral des transports (OFT) et à l'Office fédéral des routes (OFROU) dans le cadre de la Stratégie énergétique 2050. Compte tenu des quelque 11 millions de francs par an alloués en sus à la CTI pour des projets énergétiques, l'OFEN a examiné et évalué chaque année pour plus de 70 millions de francs de projets soutenus par les pouvoirs publics. De surcroît, il faut mentionner les PNR 70 et 71, mis au concours par le FNS, qui représentent un volume total de 45 millions de francs.

⁸ Depuis la perte du statut de pays associé, la Suisse ne peut plus profiter de ce paiement supplémentaire de la Commission européenne. Les chercheurs suisses dont les projets sont agréés par la Commission peuvent adresser une demande de fonds au SEFRI. S'agissant du domaine de l'énergie, dans le cadre d'ERA-Net CFA, le DETEC est toutefois signataire de la

convention de subvention («Grant agreement») passée avec la Commission. Comme le SEFRI ne peut pas transférer des capitaux à d'autres services fédéraux, les coûts de projet sont entièrement à la charge de l'OFEN. Cette situation restreint sensiblement les possibilités des chercheurs suisses de participer à l'ERA-Net CFA.



2.4 Financement

L'OFEN contribue actuellement à hauteur d'environ 11,2 % aux dépenses des pouvoirs publics dans le domaine de la recherche énergétique et du développement technologique en prise sur le marché (Figure 2). Grâce à sa recherche, l'OFEN soutient aussi, outre les projets proprement dits de recherche et de développement, les projets pilotes et de démonstration ainsi que les projets phares, l'interconnexion de la communauté des chercheurs suisses avec les programmes de recherche internationaux de l'AIE et de l'UE.

Evolution dans le domaine politique

La présente l'évolution des dépenses consenties par les pouvoirs publics pour la recherche énergétique entre 1990 et 2014. On observe, depuis 2006, une augmentation continue des dépenses affectées à la recherche énergétique. Depuis 2000, la part de l'énergie nucléaire a diminué de 31,6 à 14,2 %.

La Figure 2 illustre la baisse des ressources promotionnelles affectées par l'OFEN à la recherche et au développement (R&D) et la progression des fonds alloués aux projets pilotes, aux projets de démonstration et aux projets phares (P+D+L).

Ressources de financement direct (2017–2020)

Pour la période 2017–2020, l'OFEN envisage un budget en légère baisse pour la promotion de la recherche énergétique et du développement en phase avec le marché de nouvelles technologies énergétiques: en moyenne 17,9 millions de francs pour les projets R&D et 33.7 millions de francs pour les projets P+D+L par an. Cette évolution entre en contradiction avec le fait que la progression sensible des capacités de recherche dans les SCCER entraînera aussi, compte tenu du plan d'action, une augmentation des demandes d'encouragement de la recherche adressées à l'OFEN (acquisition de ressources tierces par les hautes écoles).

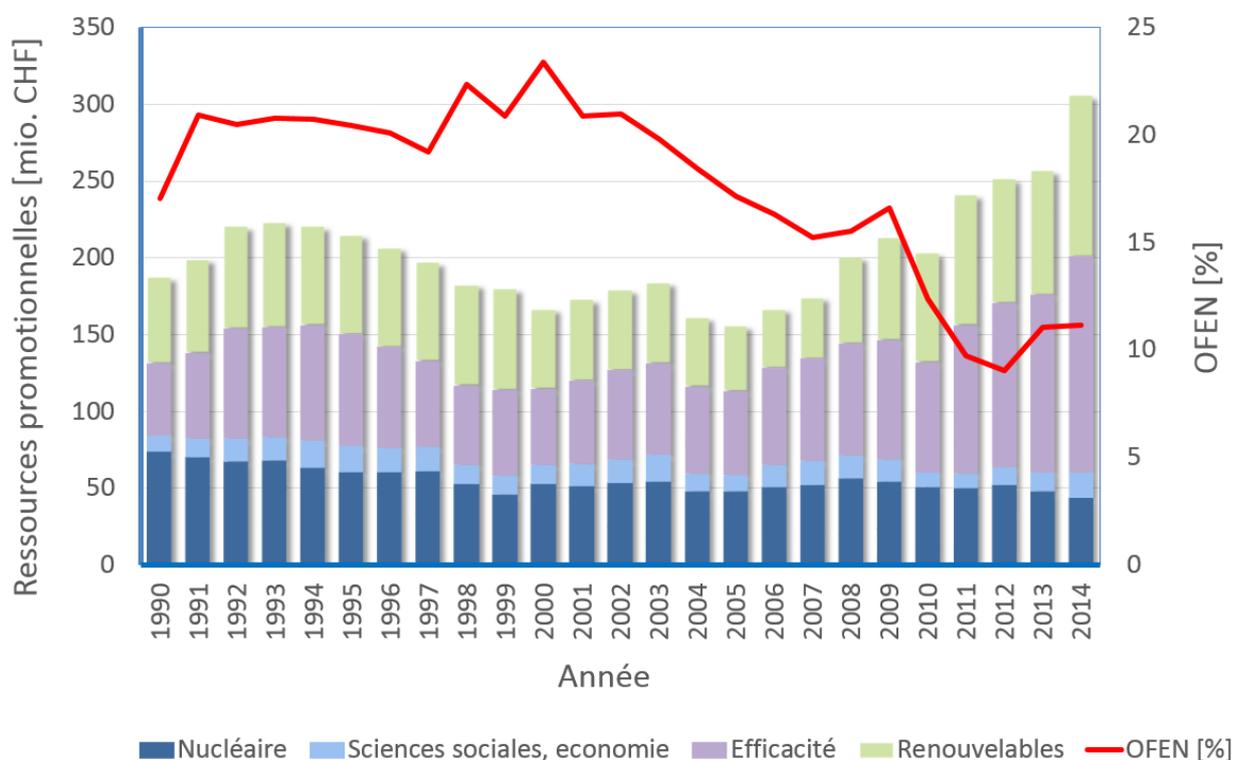


Figure 2 Evolution du soutien apporté à la recherche énergétique par les pouvoirs publics.

En 2014, les ressources promotionnelles de l'OFEN étaient d'environ 34 millions de francs. La part de l'OFEN dans l'encouragement de la recherche énergétique a baissé de 23,4% (2000) à 11,2% en 2014. Les valeurs ne sont pas corrigées du renchérissement. (Source: OFEN)

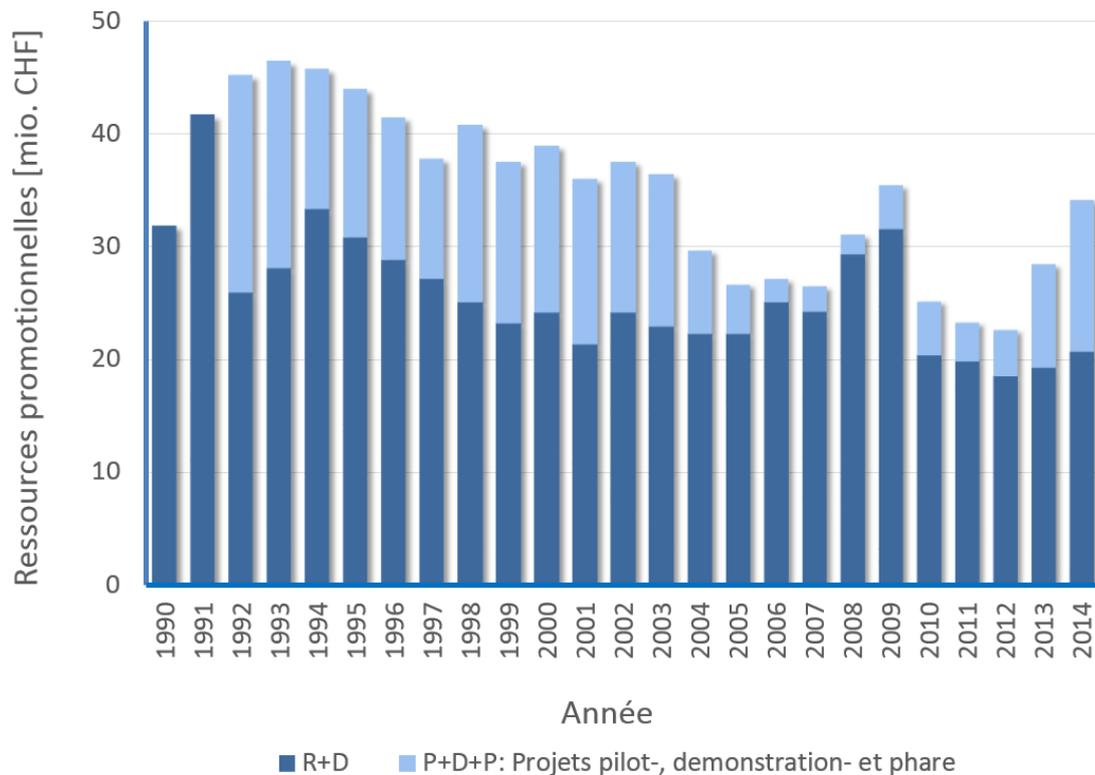


Figure 3 Evolution du soutien apporté à la recherche énergétique par l'OFEN

Jusqu'en 2009, les dépenses de l'OFEN et celles de l'IFSN étaient regroupées. En 2009, le Conseil fédéral a alloué à la recherche énergétique de l'OFEN, en exécution de la motion Theiler (06.3835), une augmentation de budget unique et limitée à un an de 4 millions de francs, dont 1 million de francs ont été utilisés pour des projets pilotes et de démonstration et 3 millions de francs pour les projets de recherche dans le domaine des énergies renouvelables. Ces 4 millions de francs n'étaient plus à disposition en 2010, année à partir de laquelle les dépenses de l'OFEN et celles de l'IFSN sont présentées séparément. Les valeurs ne sont pas corrigées du renchérissement. (Source: OFEN)

2.5 Défis

La tâche essentielle de la recherche énergétique est d'élaborer un portefeuille technologique permettant de mettre à disposition en temps utile, dans les délais prescrits, tant en Suisse qu'en Europe (en l'occurrence surtout dans l'UE) et sur le plan mondial (AIE), les technologies et les méthodes adéquates pour atteindre les objectifs de réduction de la consommation énergétique définis. Ces objectifs sont décrits dans diverses publications telles que les «Energy Technology Perspectives» (ETP) de l'AIE et les feuilles de route visant diverses technologies (AIE, UE).

La recherche énergétique de l'OFEN est surtout axée sur les objectifs de la Stratégie énergétique 2050. Outre les objectifs technico-scientifiques décrits au chapitre 3, ces objectifs comprennent aussi le lien étroit entre l'OFEN et tous les acteurs importants de la recherche énergétique nationale et internationale ainsi que la garantie d'accès de la recherche énergétique suisse aux programmes de l'AIE et de l'UE.

Un coût de coordination accru

L'OFEN a pour mandat de coordonner la recherche énergétique de la Suisse. A cet effet, l'OFEN entretient des échanges étroits avec les acteurs du domaine de la recherche énergétique suisse, notamment par des réunions de travail régulières, des visites de laboratoires et la participation à des conférences, de même que par (la participation à) l'organisation de conférences et de congrès.

Entre 2013 et 2020, les capacités de la recherche suisse seront sensiblement développées grâce aux SCCER créés dans le cadre du plan d'action. De ce fait, le nombre de scientifiques actifs dans le domaine énergétique ira croissant et posera d'importants défis à l'OFEN s'agissant de coordonner la recherche énergétique sur les plans national et international.

Augmentation ponctuelle des fonds de soutien

Le plan d'action et le message relatif à la Stratégie énergétique 2050 prévoient le développement des capacités dans le domaine de la recherche énergétique en Suisse, mais aussi l'allocation ponctuelle de ressources supplémentaires à son encouragement. Par exemple, le budget annuel de l'OFEN pour les projets pilotes et de démonstration a été relevé de 20 millions pour atteindre 25 millions de francs. Le programme phare de l'OFEN, doté de 10 millions de francs par an jusqu'en 2020, vient s'y ajouter. De plus, un budget annuel totalisant 5 millions de francs a été alloué conjointement à l'OFROU et à l'OFT pour des projets de recherche dans le domaine de l'énergie. Le budget de la CTI pour la période 2013–2016 a été haussé de 46 millions de francs, une somme exclusivement réservée aux projets de recherche dans le domaine énergétique, et 45 millions de francs supplémentaires ont

été alloués, en lien aux PNR 70 et 71, pour des projets de recherche durant cinq ans.

Tous les projets de recherche, projets pilotes, projets de démonstration et projets phares (co-)financés par l'OFEN sont évalués et accompagnés par des spécialistes de l'OFEN, tandis que tous les projets de la CTI liés à l'énergie sont examinés et évalués sur le plan du fond par l'OFEN.

Augmentation des appels d'offres sur le plan international

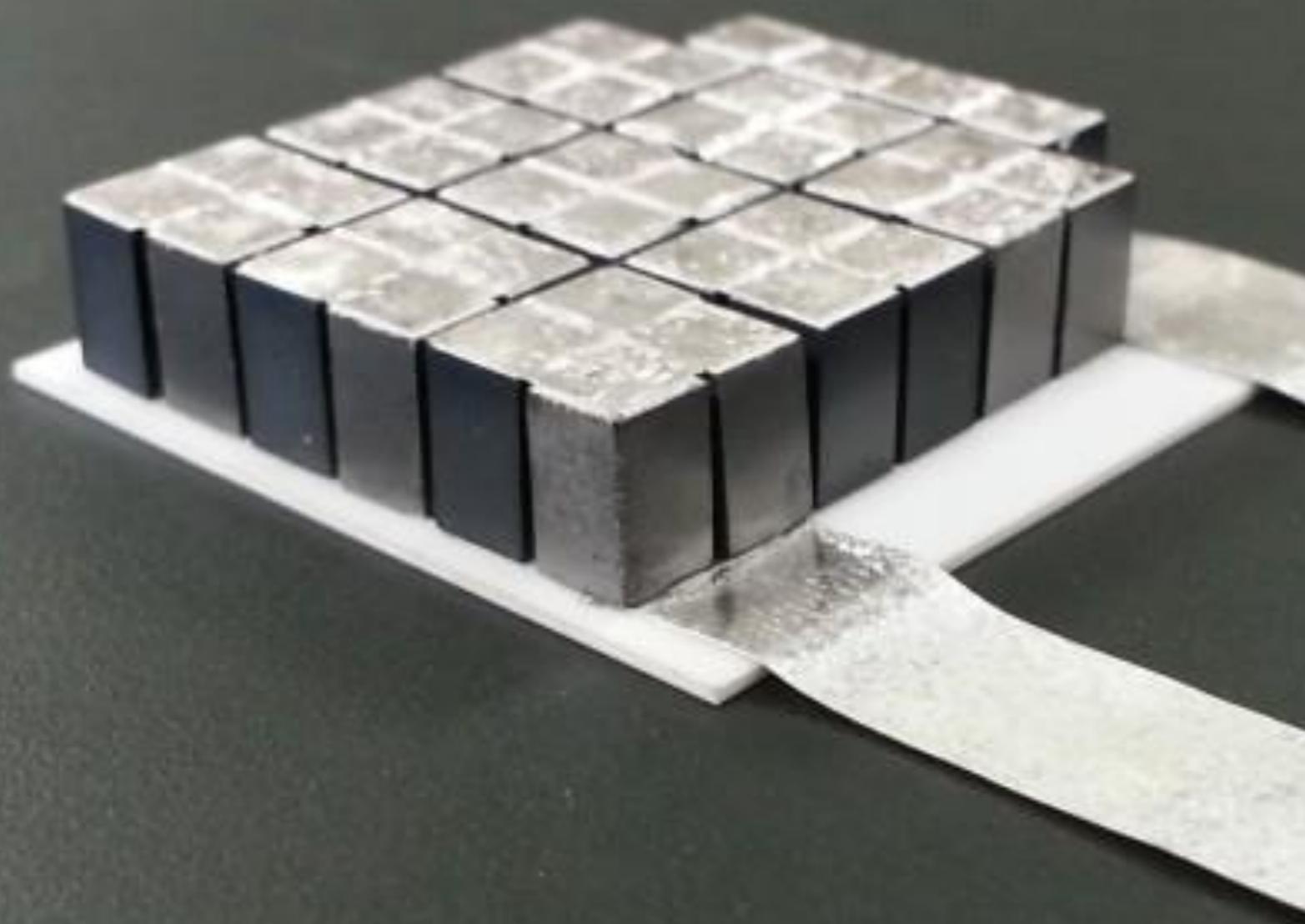
Les activités ERA-Net CFA deviennent un instrument toujours plus essentiel de la Commission européenne pour catalyser la coordination des agences de soutien nationales et renforcer ainsi l'espace européen de la recherche. Cette évolution implique que la Commission augmente de manière significative les ressources financières mises à la disposition des projets de recherche communs. Comme les mises au concours des projets compris dans ERA-Net CFA sont de l'ordre de plusieurs dizaines de millions d'euros, il faut compter avec une charge de travail conséquente tant pour élaborer les appels d'offres que pour évaluer les projets de recherche présentés, ceux-ci devant être coordonnés sur les plans national et international.

De multiples défis sous divers aspects

L'importance croissante de la recherche énergétique dans le cadre de la Stratégie énergétique 2050 entraîne divers défis pour la recherche énergétique de l'OFEN:

- En raison du fort développement des effectifs de la recherche énergétique suisse, il faut s'attendre à une augmentation sensible des demandes de soutien des pouvoirs publics, à commencer par l'OFEN et la CTI. Or, l'OFEN doit rester en mesure d'assurer la qualité de l'évaluation des propositions soumises.
- Aux fins d'assurance de la qualité, les programmes de recherche de l'OFEN devront continuer d'accompagner étroitement sur le plan scientifique les projets de recherche que l'OFEN soutient totalement ou partiellement.
- L'OFEN doit maintenir son important engagement dans l'accompagnement des travaux de recherche dans le cadre des PNR 70 et 71 et garantir la diffusion des résultats au sein de l'administration fédérale grâce à un soutien actif du FNS.
- L'OFEN, dont la participation à l'institution des SCCER a été décisive, soutient leur évaluation annuelle par des contributions importantes. Il faut ancrer et développer l'engagement de l'OFEN dans l'accompagnement des SCCER, par exemple en siégeant dans les organismes directeurs correspondants.

- Une coopération active au sein des organismes concernés doit permettre d'axer sur les objectifs de la Stratégie énergétique 2050 aussi bien l'encouragement de la recherche des institutions de subventionnement que les travaux conduits par les chercheurs suisses.
- Il faut garantir la coordination nationale et internationale des chercheurs suisses, dont le nombre va croissant.
- Il faut renforcer la participation des chercheurs suisses aux programmes de recherche de l'AIE.
- L'OFEN doit maintenir son engagement substantiel dans la conception des futures activités ERA-Net CFA tout en soutenant activement les chercheurs dans le financement de leurs propositions de projet.
- Vu l'augmentation probable des demandes de soutien adressées aux pouvoirs publics et la réduction attendue des budgets de l'OFEN pour la période 2017–2020, il convient d'améliorer l'utilisation des sources de financement actuelles et d'en trouver de nouvelles le cas échéant.



3 Priorités de la recherche : période 2017–2020

L'OFEN mène des programmes de recherche dans les domaines «Efficacité énergétique», «Energies renouvelables» et «Economie et société» présentés aux chapitres 3.1, 3.2 et 0.

L'OFEN aligne ses priorités en matière de recherche sur le plan directeur de la recherche énergétique de la Confédération

L'OFEN aligne ses objectifs en matière de recherche sur le plan directeur de la recherche énergétique de la Confédération, dans lequel se trouvent les objectifs à court et à long termes. Le concept actuel résume les objets de recherche pertinente pour l'OFEN.

On trouvera le Plan directeur de la recherche énergétique 2017–2020 et des informations détaillées sur les divers programmes de recherche sous www.recherche-energetique.ch. Les personnes de contact s'y trouvent notamment indiquées.

Le stockage de l'énergie

Le stockage de l'énergie constitue un cas particulier: il ne fait l'objet d'aucun programme de recherche spécifique, car divers programmes de recherche traitent de certains de ses aspects. La section suivante fournit un bref aperçu de différentes thématiques en lien avec le stockage de l'énergie. Le site de la recherche énergétique de l'OFEN (www.recherche-energetique.ch) indique si les projets et thèmes de recherche font actuellement l'objet d'un soutien actif.

Différentes technologies – chimiques, mécaniques, électriques ou thermiques – permettent de stocker l'énergie. Selon le contexte, le stockage peut utiliser par exemple les accumulateurs, les ultracondensateurs, les hydrocarbures, l'hydrogène, la biomasse, les volants d'inertie, les ressorts, l'air comprimé, les barrages d'accumulation, le sous-sol, les adsorbants ou les bobines supraconductrices. De ce fait, les technologies de stockage sont étudiées dans

divers programmes de recherche de l'OFEN. Les programmes de recherche suivants présentent en principe un lien avec le stockage de l'énergie:

- Barrages
- Bioénergie
- Déchets radioactifs
- Energie solaire à haute température
- Energie solaire thermique et stockage de la chaleur
- Force hydraulique
- Géoénergie
- Hydrogène
- Mobilité
- Technologies électriques.

La recherche dans le domaine de l'énergie nucléaire

A l'exception du programme de recherche consacré à la gestion des déchets nucléaires, l'OFEN ne mène pas de programme de recherche propre dans le domaine de l'énergie nucléaire. Des informations supplémentaires sur la recherche concernée peuvent être obtenues auprès des services compétents :

- fusion: EPFL, Swiss Plasma Center (SPC), www.epfl.ch
- technique et sécurité nucléaires: Institut Paul Scherrer (PSI), www.psi.ch/nes
- recherche sur la sécurité réglementaire: Institut fédéral de la sécurité nucléaire (IFSN) www.ensi.ch/fr/recherche-sur-la-securite.

3.1 Programmes de recherche «Efficacité énergétique»

L'OFEN couvre le domaine de l'efficacité énergétique par les programmes de recherche mentionnés aux chapitres 3.1.1 à 3.1.7, qui embrassent les thèmes du bâtiment, de la mobilité, des réseaux, des processus et des applications.

Principes de l'encouragement

Le soutien apporté par l'OFEN, dans le domaine de l'efficacité énergétique, est prioritairement axé sur l'augmentation des taux d'efficacité, l'amélioration des propriétés des systèmes (p. ex. dans le domaine des réseaux) ou sur l'accroissement de la sécurité d'approvisionnement.

Les principes sous-jacents à l'encouragement de la recherche sont présentés au chapitre 2.1. En outre, les mesures de soutien dépendent des niveaux de maturité technologique (NMT, annexe G). Le Tableau 1 indique, pour chacun des programmes de recherche du domaine «Efficacité énergétique», les NMT sur lesquels la recherche se concentre.

L'annexe H présente une liste de contrôle permettant d'évaluer dans quelle mesure un projet de recherche mérite d'être soutenu. Cette liste peut être téléchargée à partir du site web de la recherche énergétique de l'OFEN.

3.1.1 Piles à combustible

Les piles à combustible transforment l'énergie chimique directement en électricité et en chaleur avec une efficacité très élevée, en ne produisant que peu d'émissions polluantes. Leur domaine d'application est très large et des applications (pré-)commerciales existent dans les domaines les plus divers. De vastes parcs de piles à combustible stationnaires ont été réalisés récemment dans l'ordre du MW. A l'échelle mondiale, plus de 100 000 microsystèmes CCF (couplage chaleur-force) basés sur des piles à combustible sont en activité et plusieurs constructeurs de véhicules ont produit en série leurs premiers véhicules à piles à combustible. Globalement, la croissance du marché des piles à combustible rapportée à la puissance installée atteint un pourcentage à deux chiffres. L'Amérique du Nord et l'Asie revendiquent 88 % du volume de marché du domaine stationnaire. En nombre de pièces écoulées, les piles à combustible à faible température (Polymer Electrolyte Fuel Cell, PEFC) ont la plus grande part de marché pour les applications portables et de mobilité.

Les priorités spécifiques des activités soutenues par l'OFEN résident dans la recherche fondamentale axée sur les matériaux,

Programme de recherche	NMT
 Piles à combustible	3–8
 Technologies électriques	3–8
 Bâtiments et villes	3–8
 Processus industriels	4–8
 Mobilité	4–8
 Réseaux	3–8
 Systèmes énergétiques basés sur la combustion	3–8
 Pompes à chaleur et technologie du froid	4–8

Tableau 1 Soutien apporté: NMT dans le domaine de l'efficacité énergétique

Niveaux de maturité technologique (NMT, annexe G) pour les programmes de recherche dans le domaine de l'efficacité énergétique: la fourchette indique où se concentre le soutien apporté au programme de recherche visé.

dans le développement des systèmes, ainsi que dans les démonstrations et les essais menés dans le cadre de projets pilotes. Parmi les thèmes technologiques prioritaires, citons les PEFC destinées aux applications mobiles (qui impliquent la production d'hydrogène comme agent énergétique) et les piles à combustible à oxyde solide (Solid Oxide Fuel Cell, SOFC) dans les installations CCF pour les applications stationnaires fonctionnant au gaz naturel/biogaz. Il s'agit alors en général d'allonger la durée de vie et d'accroître la fiabilité des systèmes de piles à combustible, de modéliser et de valider expérimentalement les processus électrochimiques d'une pile à combustible, de développer des matériaux inédits, bon marché et fiables (membranes, interconnecteurs, matériaux de catalyseur) et d'intégrer les piles à combustible dans des systèmes complets (véhicules, installations destinées à garantir l'approvisionnement ininterrompu en électricité). Les projets pilotes et de démonstration permettent de réunir de précieuses informations en situation réelle et de démontrer la maturité de la technologie visée.

Les projets de recherche et les projets pilotes soutenus par l'OFEN sont toujours étroitement coordonnés avec les activités

encouragées par les autres instances de soutien nationales et internationales. La coopération de l'OFEN au sein de divers organismes nationaux et internationaux crée de nouvelles synergies.

3.1.2 Technologies électriques

L'électricité est partout présente dans notre société moderne, dans le milieu privé comme dans l'environnement professionnel. C'est une source d'énergie flexible. Selon l'application, elle est requise sous des modalités les plus diverses quant à la tension, au courant et à la fréquence. Elle est donc mise à disposition en conséquence et des transformations sont toujours nécessaires.

Des technologies de conversion efficaces doivent permettre de minimiser les pertes de transformation. L'électronique de puissance transforme l'électricité en minimisant les pertes grâce à des composants de puissance, des pilotages et des agrégats auxiliaires efficaces. Des technologies inédites et les composants de l'électronique de puissance promettent une amélioration considérable de l'efficacité. Il convient de les étudier. Il en va de même des transformateurs efficaces de toutes les classes de puissance.

Pour produire de l'électricité à partir de rejets de chaleur non utilisés dans la plage de basse température, on peut utiliser des technologies de conversion novatrices comme les technologies magnéto-calorique, thermoélectrique, pyroélectrique ou osmotique.

Les moteurs constituent le principal groupe de consommateurs d'électricité. C'est pourquoi, en coopération avec l'industrie, des recherches sont menées dans divers domaines d'application en

vue de réaliser des optimisations et d'obtenir des gains d'efficacité. Comme les convertisseurs peuvent souvent accroître l'efficacité des moteurs, on les inclut également dans les activités de recherche.

Les appareils ménagers revendiquent une part importante de la consommation énergétique en Suisse, raison pour laquelle on cherche, dans ce domaine, à trouver des technologies inédites et à réaliser des optimisations. La technologie transversale de l'isolation par le vide, par exemple, est prometteuse. Dans le domaine des technologies de l'information et de la communication, on élabore les bases et réunit les éléments concernant le comptage intelligent, la maison intelligente et l'amélioration de l'efficacité des appareils de communication. Enfin, dans la continuation des activités internationales de l'initiative 4E («Energy Efficient End-use Equipment» de l'AIE, le programme concernant les équipements électriques finaux efficaces) vise à préparer et diffuser des connaissances, nouvelles et déjà disponibles, concernant l'efficacité énergétique de divers appareils électriques.

En appliquant la technologie des supraconducteurs à haute température, il est en principe possible d'exploiter plus efficacement les moteurs, générateurs, câbles, etc. C'est pourquoi on observe les activités internationales et on examine certaines applications spécifiques, notamment sous l'angle de leur rentabilité.

3.1.3 Bâtiments et villes

Le programme de recherche Bâtiments et villes s'oriente selon la Stratégie énergétique 2050 et les objectifs de la Société à 2000 watts, qui lui servent d'indication générale. Le document «La voie SIA vers l'efficacité énergétique» sert d'instrument pour évaluer le degré de réalisation des objectifs dans les bâtiments. Les principaux thèmes de l'efficacité, des énergies renouvelables et de la production énergétique à faibles émissions conservent leur importance, tandis que l'influence exercée par les utilisateurs a davantage de poids.

S'agissant de la rénovation des bâtiments, les réflexions vont au-delà des mesures techniques judicieuses. Les considérations portent toujours plus sur les possibilités d'influencer le processus des travaux et de motiver les décisionnaires à augmenter la part des assainissements énergétiquement utiles.

Outre la qualité énergétique des bâtiments, le comportement des utilisateurs influence sensiblement les besoins énergétiques des bâtiments modernes. Cependant, l'étude des tenants et aboutissants, des indicateurs et des éventuels facteurs d'influence n'en est qu'à ses débuts. Il importe donc grandement de développer de nouvelles stratégies et approches pour obtenir de nouveaux produits. Mais la stabilité des concepts existants ne doit pas pour autant en pâtir (haute ou basse technologie). Les considérations concernant les exigences de confort et le critère de la suffisance, soit la question des justes proportions, jouent aussi un rôle prépondérant dans ce contexte.

L'interconnexion énergétique est un thème important. L'électricité, mais aussi l'énergie à basse température jouent un rôle de plus

en plus important dans l'approvisionnement énergétique des bâtiments et des villes. Les réseaux thermiques de moindre taille, le cas échéant dotés d'un système de stockage saisonnier en sous-sol, gagnent en importance. Les réseaux contribuent à un équilibre entre production centralisée, production décentralisée et consommation. Le programme de recherche s'intéresse aux interactions entre les bâtiments et aux interactions entre les bâtiments et les réseaux thermiques et électriques.

Le bâtiment du futur est aussi une unité de production électrique. Les bâtiments de ce genre ont gagné beaucoup de terrain ces dernières années, mais le potentiel de production électrique décentralisée n'est pas encore épuisé (p. ex. pour les façades) et son exploitation doit être encore complétée lors de constructions nouvelles comme lors d'assainissements. En outre, les bâtiments

3.1.4 Processus industriels

Les processus industriels, y compris le secteur des services, comptent pour 35 % dans la consommation énergétique globale de la Suisse. Les besoins de chaleur et de froid en revendiquent une part importante. C'est pourquoi les priorités du programme de recherche «Processus industriels» comprennent l'amélioration de la conduite des processus, y compris les techniques de régulation, les nouvelles méthodes d'optimisation de la récupération de chaleur ou de l'exploitation des rejets de chaleur, l'amélioration de la compréhension des systèmes quant aux températures de processus relativement basses, l'utilisation des énergies renouvelables, à commencer par l'énergie solaire, pour l'énergie de processus et l'amélioration de la thermodynamique des pompes à chaleur.

Il est par exemple possible d'améliorer l'efficacité énergétique des composants ou des installations en remplaçant les moteurs hydrauliques traditionnels par des moteurs électriques. Outre une amélioration de l'efficacité énergétique de l'installation, cette mesure peut accroître sa productivité.

Les phénomènes tribologiques des processus de glissement et d'écoulement doivent être mieux compris, de manière à pouvoir éviter des pertes de friction par le choix correct des matériaux et

3.1.5 Mobilité

La mobilité est responsable de plus du tiers de la consommation énergétique et de quelque 50 % des émissions de CO₂ de la Suisse.

du futur devront aussi contribuer à compenser les pointes de puissance sur le réseau électrique et il faudra les optimiser sous l'angle de l'énergie grise et des émissions grises de gaz à effets de serre. Les installations de technique du bâtiment font à cet égard l'objet d'une attention particulière.

L'introduction de technologies plus «intelligentes» dans le cadre des «cités intelligentes» influence durablement notre comportement et notre consommation d'énergie. A cet égard, la recherche se concentre sur les technologies et les systèmes interconnectés qui visent à réduire la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effets de serre (mobilité, infrastructures, approvisionnement énergétique et technologie de l'information) et sur le développement de concepts d'exploitation et de modèles d'affaires correspondants au niveau des villes et des communes.

la définition adéquate des surfaces. Souvent, la durée de vie des composants s'en trouve aussi prolongée.

Dans la mesure du possible, il faut minimiser les masses en mouvement dans les systèmes. Tel est le cas dans la construction automobile, par exemple pour les cylindres des moteurs à combustion. On peut notamment explorer ce type de construction légère par des méthodes basées sur les éléments finis ou par des simulations bioniques.

Grâce à la récupération de la chaleur produite par les compactionneurs, on peut ultérieurement exploiter jusqu'à 96 % de l'énergie utilisée sous forme de chaleur ou la convertir en électricité, par exemple en recourant à la technique ORC⁹, aux pompes à chaleur à adsorption ou à la thermoélectricité. S'agissant des deux dernières techniques, on recherche des méthodes capables d'accroître nettement le rendement de conversion.

L'amélioration du processus MCR¹⁰ et le recours aux systèmes autodidactes doivent permettre d'éviter l'exploitation inutile et les états de veille indésirés.

Les thèmes de recherche qui intéressent l'OFEN dans le domaine de la mobilité comprennent en particulier la mobilité individuelle, les transports publics et le transport des marchandises par la

⁹ ORC: Organic Rankine Cycle (cycle de Rankine à fluide organique)

¹⁰ MCR: Mesure-Commande-Régulation

route et le rail. Selon les cas, les thèmes de l'énergie liés à la navigation des navires et des aéronefs sont aussi abordés.

S'agissant de la mobilité individuelle motorisée, les priorités sont le développement de concepts de propulsion hautement efficaces, l'amélioration des caractéristiques des véhicules, l'utilisation des technologies d'information et de communication (TIC) en vue d'optimiser et de réduire les flux de trafic, d'éviter le trafic et de le transférer.

Les transports publics requièrent une quantité d'énergie disproportionnée pour la climatisation des habitacles. Outre l'amélioration des moteurs, la récupération et les autres caractéristiques des véhicules, l'amélioration de l'efficacité énergétique de la climatisation représente l'une des priorités majeure de la recherche.

En ce qui concerne le transport des marchandises, la recherche se concentre sur la technique de propulsion, les caractéristiques

des véhicules et les mesures visant à améliorer le taux d'occupation des véhicules, par exemple en recourant à des instruments de la technique d'information et de communication.

Pour tous les systèmes de transport, on cherche de nouveaux agents énergétiques renouvelables à faibles émissions de carbone ou exempts de telles émissions. Dans ce contexte, la priorité ne va pas à leur production mais à leur utilisation. Par exemple, s'agissant de mobilité électrique, les accumulateurs constituent, avec les moteurs hybrides, une option prometteuse pour des transports à faibles émissions. C'est pourquoi la recherche accorde la priorité aux accumulateurs à densité énergétique accrue, dont la durée de vie est plus longue, qui recourent à des substances faiblement toxiques et dont la consommation de matières premières rares est réduite.

Enfin, l'OFEN soutient les technologies de l'information et de la communication qui influencent sensiblement les taux d'occupation des modes de transport, la réduction du trafic ou le transfert du trafic pour tous les modes de transport.

3.1.6 Réseaux

Des programmes de recherche spécifiques couvrent l'étude des technologies de production, de conversion, de stockage et d'application les plus diverses pour le domaine de l'électricité. Le défi, s'agissant des réseaux, consiste à intégrer les différentes technologies en un système global efficace et susceptible d'être exploité de manière sûre, fiable et interopérable. De ce fait, le programme de recherche se concentre sur des questions technologiques liées aux réseaux et systèmes électriques, y compris les interfaces vers les divers agents énergétiques.

Pour être en mesure d'exploiter les réseaux de distribution locaux de manière sûre tout en intégrant d'importants volumes d'énergie renouvelable (garantie de la protection, respect de la qualité de la tension et de la capacité de puissance), de nouvelles technologies sont nécessaires pour influencer adéquatement les flux de puissance à l'intérieur des niveaux de réseau (p. ex. transformateurs réglables, FACTS¹¹, régulateurs de tension, gestion de l'injection, stocks décentralisés ou intégration de la demande).

Ces technologies, qui constituent des options de flexibilité, peuvent en outre contribuer individuellement ou groupées (p. ex. comme centrale électrique virtuelle) à l'équilibre du système global, notamment sous l'angle de la fréquence ou de la gestion des pénuries, tout en tenant compte du marché. Il faut en particulier prévoir de conduire des recherches sur leurs interactions (organi-

sationnelles et techniques) et sur les méthodes visant à les intégrer dans la planification, des réseaux de transport aux microréseaux.

De plus en plus, des techniques de mesure et de commande inédites permettent de déterminer l'état du réseau en temps réel de manière complète et d'établir des prévisions y relatives à court et à long termes. Outre le développement de cette technologie, le programme de recherche s'intéresse aux possibilités qu'elle offre de concourir à l'exploitation sûre du réseau, par exemple par le monitoring, le pilotage des éléments du réseau ou les concepts de protection et l'entretien durable du réseau. Les aspects suivants revêtent une importance particulière: degré de centralisation ou de décentralisation des approches correspondantes et des utilités qui leur sont liées (p. ex. optimum du système global), défis tels que la communication, l'amoncellement des données («big data») ou la standardisation et les risques (stabilité du système, protection et sécurité des données).

Le développement fulgurant de l'électronique de puissance permettra aussi à l'avenir d'assurer l'exploitation efficace du réseau avec du courant continu ou à basse fréquence. Le programme de recherche vise, par anticipation, des concepts correspondants pour les réseaux à haute, moyenne et basse tension.

¹¹ FACTS: Flexible AC Transmission System (système de transmission flexible en courant alternatif)

3.1.7 Systèmes énergétiques basés sur la combustion

La recherche dans le domaine de la combustion concerne plusieurs programmes de recherche de l'OFEN. C'est ainsi qu'elle étudie les processus de transformation de l'énergie pour les agents énergétiques chimiques issus de la biomasse ou de l'hydrogène, les moteurs actionnés à l'énergie fossile pour la mobilité, les applications dans de nombreux processus industriels ou les moteurs destinés à produire de l'électricité. A cette liste viennent s'ajouter les installations de couplage chaleur-force (installations CCF), qui fournissent par exemple de l'électricité et de la chaleur pour l'industrie ou pour les bâtiments.

Il faut continuer d'accroître le rendement des moteurs à combustion et utiliser des combustibles à faible teneur de carbone ou issus de sources renouvelables, afin de décarboniser l'approvisionnement énergétique de la Suisse. De plus, il faut encore réduire les émissions de polluants de l'air tant lors du démarrage à froid qu'à régime transitoire ou sous forte charge. Les installations CCF jouent un rôle important comme technologie de transition pour mettre en œuvre la Stratégie énergétique 2050. Ils servent à stabiliser les réseaux tandis que la production électrique variable augmente et ils contribuent à couvrir les besoins d'électricité accrus pendant la période hivernale.

Afin d'améliorer encore le processus complexe de la combustion, il s'agit de le comprendre mieux et de le représenter plus clairement. C'est pourquoi l'OFEN soutient le développement de modèles de simulation, de prototypes et de méthodes de mesure, auxquels s'ajoute l'étude des processus chimiques.

L'OFEN place une priorité de recherche dans le domaine des combustibles gazeux obtenus des énergies fossiles et renouvelables et qui recèlent un fort potentiel. Fondamentalement, la recherche vise l'amélioration de l'apport de combustible, la formation du mélange, l'allumage et le traitement des gaz d'échappement provenant de la combustion de méthane. Un objectif important consiste à réduire les émanations de méthane. Il en va de même des combustibles gazeux issus de la biomasse, qui comportent le défi supplémentaire de présenter une composition chimique variable. Les mélanges comportant de l'hydrogène, provenant par exemple d'installations de transformation de l'électricité en gaz («power-to-gas»), sont très prometteurs. A cet égard, il

importe que les chercheurs qui étudient la combustion coopèrent avec les développeurs de combustibles.

Les systèmes bicombustibles («dual fuel») capables d'utiliser des combustibles liquides et gazeux dans des proportions différentes doivent être encore développés, surtout pour les moteurs de grande taille. On comprend trop peu encore les processus complexes, physico-chimiques et relevant de la technique des fluides, de la formation des mélanges, de l'allumage, de la combustion et de la formation des polluants. Il s'agit d'en améliorer la saisie et la représentation au moyen d'expériences et en développant des modèles assistés par ordinateur.

Il en va de même des combustibles liquides, qui se composent d'une multitude de longues chaînes de molécules différentes. Mieux comprendre le processus de combustion aide à améliorer le fonctionnement des moteurs à combustion en charge partielle et à développer des concepts de combustion tels que la technique HCCI (Homogeneous Charge Compression Ignition). S'agissant de la combustion de combustibles issus de la biomasse ou produits synthétiquement, on s'intéresse aussi aux propriétés techniques et chimiques nécessaires à la combustion et au coût requis par la production des combustibles.

Il faut optimiser ou adapter le processus de combustion pour parvenir à améliorer l'efficacité de l'ensemble du processus, c'est-à-dire à accroître encore les paramètres du processus (pression, température) et les rendements des composants des compresseurs et des turbines, tout en réduisant les mécanismes de pertes (pertes de pression, pertes mécaniques, pertes de chaleur, refroidissement).

Afin de minimiser les effets sur l'environnement, il convient d'intégrer des modifications de processus qui entraînent une réduction supplémentaire des émissions de polluants (préparation des combustibles, combustion dans une atmosphère contenant de l'oxygène/des gaz d'échappement, épuration des gaz d'échappement) et qui améliorent encore l'efficacité globale (intégration/récupération de la chaleur, processus en plusieurs étapes).

Quant aux installations CCF, il faut encore améliorer leur rendement électrique en utilisant l'énergie des gaz d'échappement.

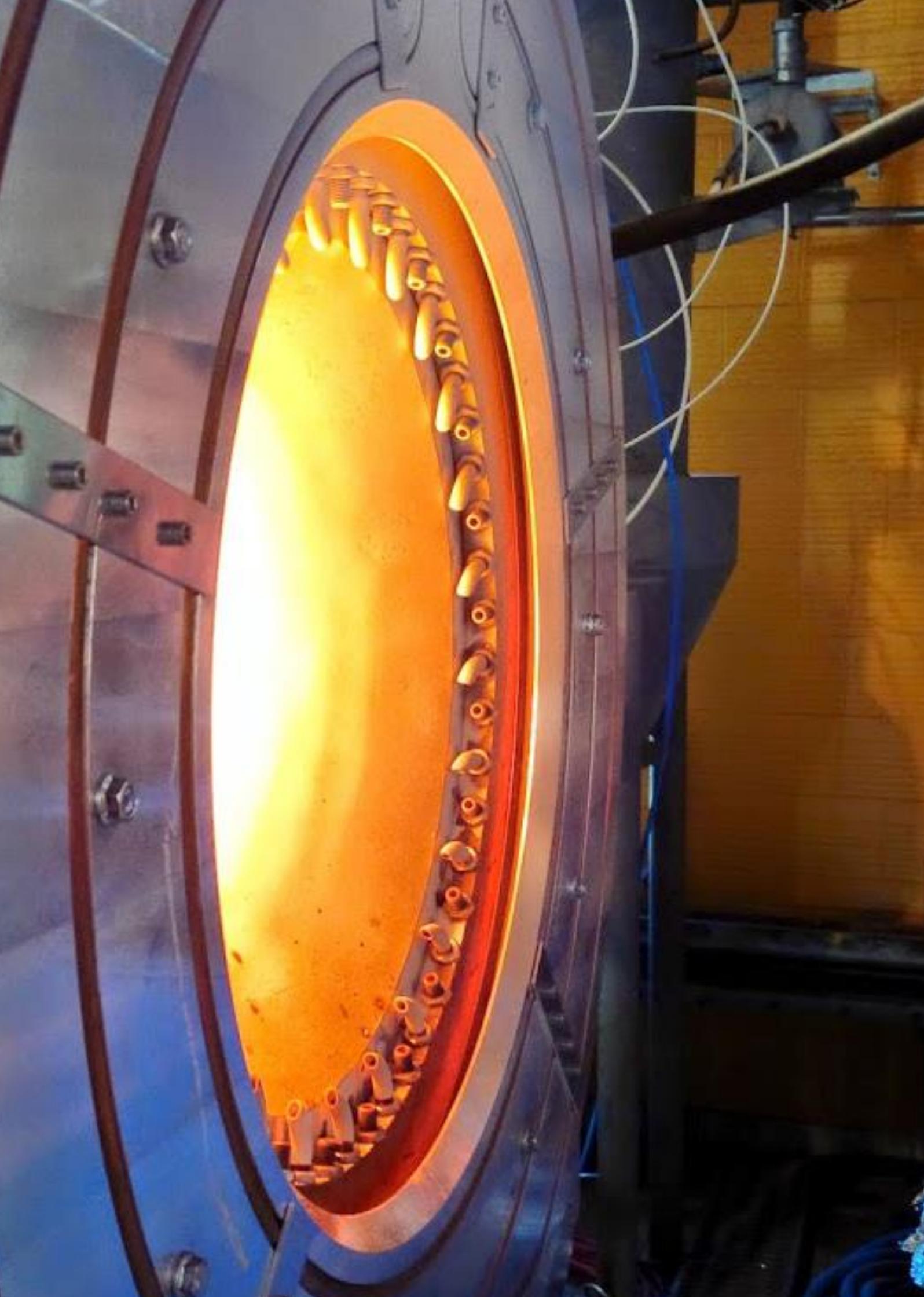
3.1.8 Pompes à chaleur et technologie du froid

La pompe à chaleur est une technologie hautement efficace qui permet, avec un faible apport d'exergie (de l'électricité p. ex.), d'exploiter une source de chaleur qui serait sinon inutilisable (anergie) pour le chauffage central, l'eau sanitaire et les différents processus. Cette technologie revêt ainsi une importance capitale pour un futur parc immobilier dépourvu d'agents énergétiques fossiles et pour l'amélioration de l'efficacité dans l'artisanat, l'industrie et les systèmes de mobilité. Les besoins accrus en climatisation et en réfrigération nécessitent aussi l'amélioration des installations de production du froid identiques sur le plan technologique.

Les pompes à chaleur atteignent aujourd'hui un rendement de 45%. Elles n'ont donc de loin pas exploité tout leur potentiel. Cette performance doit être augmentée par une recherche ciblée visant à améliorer le cycle, notamment aussi pour l'utilisation de fluides produisant un impact minimum sur l'environnement. Outre la compression à injection biphasé et l'utilisation d'énergie d'expansion, des systèmes très prometteurs, qui ne sont pas basés sur des machines à compression, feront l'objet d'évaluations et de recherches. Des microsystèmes seront par ailleurs développés, à l'exemple des turbocompresseurs, qui sont conçus pour des bâtiments ayant des besoins en eau minimes ou pour l'utilisation de faibles rejets thermiques dans la technologie des procédés. A cet égard, les systèmes requis doivent pouvoir travailler à des températures supérieures à 100 °C.

Les pompes à chaleur «intelligentes» peuvent exploiter la diversité des données des systèmes connexes – souvent interdépendants mais ne pouvant la plupart du temps pas être pilotés sur les plans temporel et physique – de manière à obtenir une exploitation hautement efficace et économique. A cet effet, les pompes à chaleur doivent être intégrées à des systèmes complexes comprenant des sources de chaleur, des consommateurs de chaleur, des systèmes de stockage et des systèmes énergétiques additionnels, photovoltaïques ou thermiques par exemple. Des facteurs d'influence externes tels que la disponibilité de l'électricité, l'état de saturation des réseaux d'électricité et la météo doivent également être pris en compte.

Les entreprises et les instituts de recherche suisses ont participé de manière déterminante au développement de la technologie des pompes à chaleur. Aujourd'hui comme hier, ils sont bien positionnés au niveau international et jouent également un rôle directeur dans des projets initiés par l'UE ou l'AIE. Leurs compétences doivent être renforcées grâce au soutien ciblé d'innovations prometteuses.



3.2 Programmes de recherche «Énergies renouvelables»

Dans le domaine des énergies renouvelables, l'OFEN dispose des programmes de recherche présentés ci-après. Tous étudient des énergies renouvelables importantes pour la Suisse.

Principes de l'encouragement

L'aide apportée par l'OFEN dans le domaine des énergies renouvelables est surtout axée sur la réduction des coûts et l'augmentation du rendement énergétique. Parallèlement, l'OFEN soutient également le développement de technologies inédites ou plus efficaces.

Le chapitre 2.1 présente les principes sous-jacents à l'encouragement de la recherche. Par ailleurs, l'encouragement s'oriente selon les niveaux de maturité technologique (NMT, annexe G). Le Tableau 2 indique, pour chacun des programmes de recherche dans le domaine des énergies renouvelables, les NMT sur lesquels se concentre le soutien à la recherche.

L'annexe H présente une liste de contrôle permettant d'évaluer dans quelle mesure un projet de recherche mérite d'être soutenu. Elle peut être téléchargée à partir du site web de la recherche énergétique de l'OFEN.

3.2.1 Bioénergie

Les thèmes de recherche importants aux yeux de l'OFEN dans le domaine de la bioénergie concernent la production d'électricité, de chaleur et de carburants. Dans ce contexte, les technologies de transformation prioritaires sont la combustion, la gazéification et la fermentation anaérobie. Des activités de recherche sont nécessaires dans ces trois domaines pour faire avancer les applications pratiques. Il s'agit d'améliorer l'utilisation de la biomasse pour obtenir des rendements plus élevés (p. ex. des volumes plus importants de gaz obtenus de la fermentation) tout en tenant compte des aspects écologiques et économiques. De plus, il convient d'exploiter les potentiels de biomasse non (encore) utilisés et qui seraient judicieux pour la Suisse sur les plans écologique et économique tout en développant et en appliquant des technologies adaptées à leur utilisation énergétique.

Outre le développement de nouvelles formules techniques pour transformer la biomasse en énergie, les options d'optimisation des installations actuelles constituent aussi une thématique, dans la mesure où un effet de levier potentiel est identifié en Suisse et que les approches sont novatrices. L'utilisation de sous-produits,

Programme de recherche	NMT
 Bioénergie	3–8
 Géoénergie	3–8
 Photovoltaïque	4–8
 Énergie solaire à haute température	2–8
 Thermie solaire et stockage de la chaleur	4–8
 Barrages	2–4
 Force hydraulique	4–8
 Hydrogène	2–8
 Énergie éolienne	4–8

Tableau 2 Soutien apporté: NMT dans le domaine des énergies renouvelables

Niveaux de maturité technologique (NMT, annexe G) pour les programmes de recherche dans le domaine des énergies renouvelables: la fourchette indique où se concentre le soutien apporté au programme de recherche visé.

non exploités à ce stade, pour obtenir une plus-value supérieure en fait aussi partie.

Un autre thème de recherche important est l'intégration intégrale des installations dans la perspective des futurs réseaux électriques et thermiques et de leurs interactions avec d'autres technologies relatives au pilotage, à la flexibilité, au stockage, etc.

Compte tenu de la topographie de la Suisse, les conceptions et solutions décentralisées jouent un rôle à ne pas sous-estimer. Il s'agit en l'occurrence de trouver des solutions de production énergétique opérationnelles et intéressantes économiquement.

Pour toutes les approches novatrices visant la transformation efficace et écologique de la biomasse en énergie, il s'agit de prouver la faisabilité technique et la rentabilité à l'échelle du laboratoire, mais aussi par des projets pilotes et de démonstration. Simultanément, il faut aussi réduire les entraves au fonctionnement du marché, et en retracer les origines.

3.2.2 Photovoltaïque

L'importance du photovoltaïque est en constante progression, sur les plans national et international, s'agissant de l'approvisionnement énergétique axé sur le développement durable. La Stratégie énergétique 2050 de la Suisse prévoit que près de la moitié de l'électricité renouvelable sera produite au moyen de la technique photovoltaïque.

D'une manière générale, les défis que ces technologies doivent relever consistent à réduire encore les coûts tout au long de la chaîne de création de valeur. Cet objectif est réalisable, pour une part déterminante, grâce aux gains d'efficacité supplémentaires des divers composants, à la mise en œuvre industrielle de nouveaux produits et de méthodes de production inédites, à l'assurance de la qualité et à une meilleure fiabilité des installations. Parmi les thèmes de recherche essentiels, citons encore les nouvelles solutions d'intégration du photovoltaïque tant dans les bâtiments que dans le réseau électrique et des aspects du développement durable tels que la réduction de l'énergie et des matières utilisées dans la production et le recyclage.

3.2.3 Géoénergie

Les thèmes de recherche qui importent pour l'OFEN dans le domaine de la géoénergie sont avant tout la géothermie, le stockage des gaz (CO₂, gaz naturel et autres gaz), le stockage thermique saisonnier de l'énergie dans le sous-sol et les technologies de prospection et d'exploitation des hydrocarbures. L'OFEN n'identifie que des besoins de recherche ponctuels s'agissant de la géothermie de surface pour produire de la chaleur, à savoir pour les installations complexes, pour la combinaison du chauffage et du refroidissement, pour le stockage de l'énergie ou pour les sondes géothermiques profondes (>300 m). Les projets de recherche s'y rapportant devraient surtout aborder des questions de qualité, d'efficacité ou de rentabilité.

A long terme, selon la Stratégie énergétique 2050, le principal potentiel pour la production électrique de la Suisse réside dans la géothermie pétrothermale (systèmes géothermiques stimulés, EGS). En l'occurrence, tant la recherche appliquée que la recherche fondamentale sont nécessaires, les projets pilotes étant particulièrement utiles. Des questions fondamentales doivent être étudiées, par exemple concernant les méthodes de prospection, l'exploitation des réservoirs, la sismicité induite et les nouvelles

Le programme de recherche «Photovoltaïque» coordonne l'encouragement de projets visant des thèmes de recherche susceptibles de fournir des amorces de solution pour l'ensemble des champs thématiques concernés.

Les priorités spécifiques aux activités soutenues par l'OFEN sont les suivantes: développement et réalisation industrielle de diverses technologies de cellules solaires telles que les cellules solaires au silicium basées sur la technologie de l'hétérojonction, les cellules solaires à couches minces de CIGS¹² ou des conceptions en tandem visant de très hauts rendements, développement de technologies modulaires d'un genre inédit pour une meilleure intégration des installations solaires dans les toits et les façades, intégration de l'électricité photovoltaïque dans le réseau électrique (modélisations et prévisions, développement de composants multifonctionnels et interaction avec des solutions de stockage décentralisées), assurance de la qualité et examens de la fiabilité des onduleurs et des modules, aspects de la durabilité de divers composants des systèmes photovoltaïques tels que les temps de retour énergétique¹³ des modules photovoltaïques.

méthodes de forage profond. Ces problématiques concernent aussi le stockage des gaz et les éventuels hydrocarbures. On attend que le SCCER concerné traite les thèmes de recherche correspondants. La prospection de la composition et l'utilisation durable du sous-sol profond de la Suisse constitue un autre thème essentiel de la recherche sur la géoénergie de l'OFEN. Les projets de recherche intéressants seront donc ceux qui font progresser la compréhension des processus qu'implique la construction d'un réservoir situé à plusieurs milliers de mètres de profondeur. On se concentrera par exemple sur les installations pilotes, afin de développer des méthodes d'ingénierie planifiables, reproductibles et contrôlables. Entre 2017 et 2020, dans le cadre de l'application des mesures politiques d'encouragement technologique visant à mettre en œuvre la Stratégie énergétique 2050, des projets pilotes industriels seront lancés dans le domaine de la prospection et de l'exploitation du sous-sol et dans le domaine de la technologie EGS. Outre les aspects liés aux ressources et à leur exploitation, les interactions entre l'utilisation des ressources du sous-sol, l'être humain, l'environnement et la nature devront faire l'objet de recherches plus intensives.

¹² CIGS: copper-indium-gallium-(di)selenide (diséléniure de cuivre-indium-gallium)

¹³ Durée d'amortissement de l'énergie, soit le temps pendant lequel une installation de production d'énergie doit être exploitée pour que l'énergie nécessaire à sa fabrication soit récupérée.

3.2.4 Energie solaire à haute température

Les systèmes thermiques solaires à concentration transforment le rayonnement solaire direct en chaleur à haute température pour produire de l'électricité ou pour déclencher des réactions chimiques. Au moyen de miroirs, ces systèmes focalisent les rayons du soleil sur un récepteur de chaleur fixé au point focal/sur la ligne focale, où l'énergie est soit transmise à un vecteur thermique, soit directement utilisée. Le coût de revient des centrales solaires thermiques à concentration («concentrated solar power», CSP) est supérieur à celui des systèmes photovoltaïques. Mais cette technologie comporte des avantages quant à son intégration dans le système énergétique (production prévisible grâce au stockage thermique; une production d'énergie en ruban est possible dans certains cas), de sorte que le photovoltaïque et les CSP se complèteraient bien.

Parmi les activités soutenues par l'OFEN, un accent est placé sur la thermochimie solaire (développement de réacteurs solaires et étude de divers processus thermochimiques pour produire de l'hydrogène et des gaz de synthèse, les «solar fuels»). Dans ce cadre, la mise en œuvre technique à plus large échelle constitue

en particulier une priorité. Une autre priorité est le développement d'éléments novateurs pour produire de l'électricité et de la chaleur de processus à partir d'énergie solaire thermique, à savoir: des systèmes à récepteur dotés de nouveaux fluides thermiques, des solutions de stockage à haute température d'un genre inédit, des systèmes de nettoyage actifs pour les réflecteurs, la combinaison d'énergie solaire obtenue par concentration et de chaleur de processus. On s'efforce de simplifier ces systèmes et d'en réduire les coûts en améliorant l'efficacité (températures plus élevées) et en diminuant l'utilisation de ressources (matériaux en moindres quantités ou moins chers). Comme la Suisse ne recèle pas vraiment de potentiel pour exploiter cette technologie, il s'agit de développer des amorces de solution novatrices pour en faire des technologies exportables. Une autre priorité est d'étudier de manière détaillée, à l'aide d'installations pilotes soumises à un monitoring scientifique, comment utiliser des installations pour produire de la chaleur de processus en Suisse. De telles recherches doivent apporter des éléments fondamentaux concernant aussi bien les aspects techniques que le potentiel économique de ce genre d'installations en Suisse.

3.2.5 Thermie solaire et stockage de la chaleur

Le programme de recherche Thermie solaire et stockage de la chaleur comprend le chauffage et le refroidissement des bâtiments. Les applications solaires à des températures comprises entre 0 et 150°C font l'objet du principal intérêt. Les priorités de la recherche entre 2017 et 2020 sont les suivants:

Collecteurs solaires thermiques: les collecteurs thermiques et les collecteurs PV/T¹⁴ doivent actuellement relever deux défis: ils doivent devenir plus minces et moins chers. C'est pourquoi l'on recherche des types de collecteur inédits qui permettent de réduire notablement les coûts par leur construction et les matériaux utilisés. Ces progrès permettront aussi de frayer la voie au développement d'éléments de façade multifonctionnels. En outre, il faudra poursuivre le développement et la démonstration de solutions techniques visant à empêcher la stagnation. L'intégration architectonique des bâtiments, en particulier des collecteurs colorés, reste aussi un thème s'agissant des projets pilotes et de démonstration.

Stockage de la chaleur: il faut maximiser la qualité exergétique des solutions de stockage thermique à base d'eau (stratification

des stocks) tout en améliorant les échangeurs de chaleur des accumulateurs de glace et en démontrant les solutions techniques du stockage thermique à haute densité.

Systèmes: ils doivent contribuer à réduire les coûts de l'énergie solaire. On a besoin d'optimiser la combinaison des collecteurs PV/T et des pompes à chaleur, d'intégrer la thermie solaire dans les réseaux anergiques (intelligents) à stockage de chaleur à court et à long termes et de procéder à des comparaisons avec les systèmes basés sur le PV/PC¹⁵. Il faut en outre démontrer les possibilités de régulation prédictive et de monitoring en temps réel.

Outils de planification: dans ce domaine, l'OFEN soutient la simulation de combinaisons de systèmes à optimisation automatique, l'intégration de prévisions satellitaires du rayonnement et le recours à des méthodes d'évaluation de l'acceptation des installations solaires dans l'environnement urbain.

¹⁴ PV/T: photovoltaïque-thermique

¹⁵ PV/PC: photovoltaïque-pompe à chaleur

3.2.6 Barrages

La sécurité des ouvrages d'accumulation dépend avant tout de la stabilité des constructions. Les principaux ouvrages – digues, murs ou barrages au fil de l'eau – occupent toujours le premier rang, mais le sous-sol, la butée de la retenue et les pentes inondées du bassin de retenue sont tout aussi importants. Il ne faut pas oublier les installations annexes, qui importent pour la sécurité, que sont les évacuateurs de crues, les vidanges intermédiaires et les vidanges de fond.

S'agissant de l'action exercée sur ces ouvrages par les événements naturels, il faut accorder une attention particulière aux crues et aux séismes. L'obsolescence doit aussi être prise en compte.

Durant la période 2017-2020, il est prévu d'étudier davantage les thèmes suivants:

- Les événements naturels extrêmes requièrent en particulier des recherches dans l'optique de la stabilité des barrages. Les éléments de base à élaborer devront permettre aussi bien d'estimer les impacts extrêmes sur le barrage et son comportement dans de telles conditions que d'évaluer les processus de défaillance possibles.
- Il faut examiner l'influence de l'obsolescence, comme celle provenant de la réaction aux agrégats alcalins, sur la stabilité des barrages. Il faut mieux comprendre les processus qui induisent le vieillissement, étudier le comportement de l'ouvrage concerné et analyser les mesures envisageables pour y répondre.
- S'agissant de la surveillance des barrages, il importe de développer et d'appliquer de nouvelles méthodes de surveillance. En outre, il faut amender les méthodes analytiques visant à interpréter les observations.

3.2.7 Force hydraulique

La Stratégie énergétique 2050 prévoit une augmentation d'environ 10% de la production électrique d'origine hydraulique par rapport à son niveau actuel. L'objectif de la recherche est d'exploiter complètement le potentiel de la force hydraulique suisse dans une perspective globale. Autrement dit, il s'agit non seulement de garantir la production actuelle dans des conditions de marché différentes et malgré l'influence du changement climatique et les exigences posées en termes d'écologie des eaux, mais aussi d'obtenir une augmentation considérable.

Les besoins de la recherche concernant la grande hydraulique résident en particulier dans l'adaptation de l'équipement électromécanique et des composants hydrauliques aux exigences modifiées du marché. Des possibilités de stockage supplémentaires, la disponibilité et la livraison rapides d'électricité aux heures de pointe sont autant d'exigences cruciales. Les turbines, les générateurs et les autres composants sont en outre davantage sollicités lorsque les changements de charge sont fréquents. Cependant, les incitations financières font actuellement défaut sur le marché européen pour que ces installations soient financées. Il est nécessaire de conduire des activités de recherche sur l'amélioration de la situation économique. Parallèlement, il faut que les actuelles installations deviennent capables de résister aux influences du changement climatique, notamment au recul des glaciers. L'apport accru de matières charriées et de sédiments fins dans les réservoirs et les voies d'eaux motrices réduit le volume

de stockage exploitable et accentue les phénomènes d'usure. Des activités de recherche sont nécessaires pour répondre à la demande d'amélioration de la situation écologique des eaux dans l'environnement des installations hydroélectriques, par exemple concernant le passage des poissons, la suppression de l'effet négatif des éclusées et le rétablissement des régimes de charriage. Enfin, il faut aussi conduire des recherches en vue d'optimiser l'exploitation et d'éventuellement agrandir les actuels systèmes hydroélectriques complexes comprenant plusieurs réservoirs, étages de turbinage et ouvrages de pompage. On suppose, en l'occurrence également, qu'il serait possible d'activer des potentiels non encore exploités.

Quant à la petite hydraulique, on y attend des gains de production considérables, bien que les suppléments effectifs soient en fait très faibles globalement. Elle est entravée par une acceptation sociopolitique limitée. La recherche doit en l'occurrence viser à réduire les effets écologiques et à trouver un consensus au sein de la société entre une exploitation accrue et une protection adéquate.

Les infrastructures n'ont guère d'impact écologique et peuvent par conséquent être réalisées partout rapidement et sans problème dès lors qu'elles sont rentables. Il est souhaitable de développer de nouvelles technologies dans ce domaine, même si les potentiels qu'elles permettent d'exploiter sont limités globalement.

3.2.8 Hydrogène

L'utilisation d'hydrogène produit de manière durable peut s'inscrire dans une solution globale d'approvisionnement énergétique durable et apporter une contribution importante conjointement avec diverses autres technologies, que ce soit sous forme de carburant pour la mobilité, dans l'industrie chimique ou comme stock d'énergie (électrique) à long terme. La production d'hydrogène par électrolyse et son utilisation constituent l'élément central de divers concepts de transformation de l'électricité en gaz («power-to-gas») actuellement en discussion. Intégrer l'hydrogène comme agent énergétique représente une entreprise complexe qui implique un horizon-temps éloigné et qui exigera encore d'importants efforts de recherche et développement.

Parmi les priorités des activités soutenues par l'OFEN, citons la recherche fondamentale sur les matériaux, le développement des

systèmes ainsi que la démonstration et les tests dans le cadre de projets pilotes. Les thèmes technologiques prioritaires sont fournis par divers modes de production d'hydrogène à partir de sources d'énergie régénératives: photocatalyse, production d'hydrogène solaire thermique, électrolyse (sous haute pression) (électrolyse alcaline et par une membrane à conduction protonique) et électrolyse solide à haute température. Il s'agit aussi du stockage et de la distribution de l'hydrogène de même que d'aspects techniques liés aux questions réglementaires (sécurité, précision des mesures). On étudie, dans divers concepts de transformation de l'électricité en gaz, les interactions entre la production électrique renouvelable et l'utilisation d'agents énergétiques chimiques (hydrogène, méthane) pour divers domaines d'application (mobilité, stockage à long terme).

3.2.9 Energie éolienne

Selon la Stratégie énergétique 2050, l'objectif de développement à long terme de l'énergie éolienne est d'environ 4 TWh. Cet objectif tient déjà compte des zones de protection de la nature et du paysage de même que des inventaires d'objets culturels et historiques. Pour permettre un tel développement et pour améliorer la rentabilité des projets d'énergie éolienne, il faut approfondir l'étude de l'acceptation des éoliennes et, à certains égards, de leur impact sur la faune.

La situation particulière de l'espace naturel suisse ne permet pas toujours d'extrapoler les observations faites à l'étranger. Les incertitudes sont encore considérables, eu égard aux expériences limitées dont on dispose, ce qui freine sensiblement la progression en raison de la structure fédéraliste des procédures d'aménagement et d'autorisation. En tablant sur un horizon de planification de dix ans ou plus, le développement des projets est entaché de grandes incertitudes, raison pour laquelle des projets de recherche sont surtout nécessaires dans les domaines de l'acceptation des projets et de leurs aspects juridiques. Les connaissances des facteurs qui déterminent l'acceptation, par conséquent le taux de réalisation des projets, sont encore lacunaires. De plus, on ne sait trop comment la population pourrait être impliquée dans le processus. Dans certains domaines, les autorités et les spécialistes sont dépourvus d'éléments de base clairs et reconnus pour évaluer les projets concrets.

La recherche apportera une contribution utile en l'occurrence, par exemple en fournissant des informations sur les émissions des

éoliennes. Le soutien apporté par le programme de recherche Energie éolienne vise clairement la recherche relative à l'énergie éolienne et la recherche technique. Des recherches d'accompagnement à l'intersection du domaine de la force éolienne et d'autres disciplines, comme l'ornithologie ou l'étude des émissions sonores, doivent être engagées en coopération avec d'autres offices fédéraux et avec leur soutien financier.

Il est particulièrement important en Suisse d'optimiser le rendement des installations, afin d'améliorer leur rentabilité et pour utiliser au mieux le nombre limité de sites adéquats. En Suisse, une large majorité des sites adéquats se trouve en (moyenne) montagne, ce qui pose quelques défis technologiques en raison de l'intensité plus élevée des turbulences et du climat rude. Des technologies de construction novatrices permettent d'envisager des sites supplémentaires ou d'optimiser l'exploitation sur les sites existants.

Fondamentalement, le programme de recherche s'emploie principalement à développer encore l'utilisation de l'actuelle technologie pour les éoliennes suisses de l'ordre du mégawatt. Les conceptions d'installations inédites ou les petites éoliennes ne revêtent qu'une importance secondaire en raison du volume de marché limité à l'échelle mondiale et parce que le milieu bâti, en Suisse, connaît généralement des conditions de vent insuffisantes.

3.3 Programmes de recherche «Economie et société»

Dans le domaine «Economie et société», l'OFEN dispose des deux programmes de recherche «Energie-Economie-Société» et «Déchets radioactifs».

Principes de l'encouragement

Dans le domaine «Economie et société», le soutien apporté par l'OFEN est principalement axé sur des problématiques écono-

miques et sur les aspects de l'acceptation des projets, de la participation aux processus politiques et du changement de comportement.

Les principes qui sous-tendent l'encouragement de la recherche ont été présentés au chapitre 2.1.

L'annexe H présente une liste de contrôle permettant d'évaluer dans quelle mesure un projet de recherche mérite d'être soutenu. Elle peut être téléchargée à partir du site web de la recherche énergétique de l'OFEN.

3.3.1 Energie–Economie–Société

La tâche du programme de recherche Energie-Economie-Société (EES) consiste à mener des activités de recherche axées sur l'application dans le domaine de la politique énergétique. De ce fait, le programme EES couvre des thèmes économiques, sociologiques, psychologiques et politologiques tout au long de la chaîne de création de valeur de l'énergie. L'objectif du programme de recherche est d'élaborer les bases scientifiques utiles aux diverses décisions de politique énergétique à venir.

La Stratégie énergétique 2050 du Conseil fédéral prévoit simultanément la sortie progressive de l'énergie nucléaire, le respect des objectifs climatiques et le maintien à son niveau actuel élevé de la sécurité d'approvisionnement de la Suisse. Ces objectifs simultanés impliquent une amélioration de l'efficacité énergétique et le développement de la production énergétique renouvelable. La recherche psychologique et socioéconomique doit générer une meilleure compréhension du comportement des acteurs et du fonctionnement des marchés tout en mettant en perspective les potentiels et les coûts des diverses mesures. Il faudrait en outre s'efforcer d'avoir une vue globale de la transformation du système énergétique et de mieux comprendre les relations transversales et les interactions des diverses mesures et des comportements.

Dans le cadre du programme de recherche, il faudra identifier et développer des instruments permettant de réaliser les objectifs

d'efficacité énergétique et de développement des énergies renouvelables à un coût macroéconomique aussi faible que possible. En outre, des bases devront être élaborées pour la deuxième phase de la Stratégie énergétique et, de ce fait, pour le passage du système d'encouragement au système d'incitation. Par exemple, aux yeux de l'OFEN, il importe que les ménages et les entreprises comprennent mieux les décisions en matière énergétique, afin que la mise en œuvre des objectifs d'efficacité énergétique soit couronnée de succès. En particulier, les effets des instruments spécifiques de politique énergétiques sont à cet égard d'un grand intérêt.

La structure efficace des marchés énergétiques constitue également une priorité de la recherche. A cet égard, la recherche doit notamment dégager les bases du développement de la production renouvelable. En outre, il faudra continuer d'analyser les conditions-cadre politiques, économiques et sociales ainsi que leurs effets. L'OFEN estime que des activités de recherche seront nécessaires pour étudier les effets macroéconomiques et les interactions des diverses mesures politiques. Les priorités mentionnées de la recherche devront permettre aussi bien d'appliquer des méthodes d'ores et déjà existantes aux nouvelles problématiques que de développer des modèles, des méthodes d'estimation et des bases de données.

3.3.2 Déchets radioactifs

Les activités de recherche réglementaires de la Confédération dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs sont coordonnées dans le cadre du programme de recherche Déchets radioactifs. Outre des projets technico-scientifiques, traités par l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN) dans un programme de recherche propre, la recherche financée par l'OFEN se concentre sur des projets qui émanent des domaines des sciences humaines et des sciences sociales.

L'objectif des travaux de recherche axés sur les sciences humaines et sociales est de clarifier les questions ouvertes qui sont liées à la gestion des déchets radioactifs. A cet égard, une priorité importante est accordée au plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes», la procédure suisse de sélection des sites de stockage des déchets radioactifs, laquelle doit durer jusque vers 2027 selon l'état actuel de la planification. C'est ainsi que la participation régionale dans la procédure de sélection, qui doit être large, sera accompagnée sous l'angle politologique dans le cadre d'un projet de recherche. Les résultats de cette recherche d'accompagnement doivent entre autres permettre à l'OFEN d'identifier les forces et les faiblesses des processus participatifs dans les procédures de sélection et d'améliorer ces processus au besoin. Ces résultats doivent aussi servir de base à une comparaison avec les autres projets importants, de manière à ce que les expériences et découvertes réunies dans le cadre de ce projet soient largement utilisables.

Les autres priorités du programme de recherche de l'OFEN concernent des questions du domaine de l'éthique et du droit et des aspects d'une perspective à long terme tels que la conservation des connaissances ou le marquage des dépôts en couches géologiques profondes.

La partie scientifique du programme de recherche, conduite par l'IFSN, est en particulier vouée à divers aspects de la conception du dépôt, au dépôt pilote et au monitoring technique de la sécurité, notamment en prévision du fait que les autorités fédérales compétentes auront à évaluer les demandes d'autorisation générale pour les dépôts en couches géologiques profondes destinés aux déchets faiblement et moyennement radioactifs et aux déchets hautement radioactifs. Selon l'état actuel de la planification, ces demandes d'autorisation devraient être déposées en 2022 environ.

4 Financement pour la période 2017–2020

En ce qui concerne la planification budgétaire des années comprises entre 2017 et 2020, l'OFEN part du principe que les ressources consacrées au domaine de la recherche et du développement (R&D) de l'OFEN vont diminuer par rapport à 2016 (Tableau 3).

Ressources planifiées pour la période 2017–2020

Le Tableau 3 présente les budgets prévus pour la période de 2017 à 2020 en faveur des projets de recherche, des projets pilotes et de démonstration et des projets phares de l'OFEN.

Les données sont des hypothèses et ne correspondent pas à des ressources financières engagées. Chaque budget annuel doit être entériné par les Chambres fédérales.

La ventilation du budget entre les différents programmes de recherche de l'OFEN est maintenue aussi constante que possible pendant toute la période comprise entre 2017 et 2020.

Les dépenses relatives aux projets de recherche dans les domaines d'ERA-Net (UE) et des accords bilatéraux (DACH, IPGT) sont couvertes par les programmes de recherche concernés. Le programme pilote et de démonstration de l'OFEN et SuisseEnergie participent de cas en cas aux projets mis au concours par ERA-Net.

	2017	2018	2019	2020
Projets pilotes et de démonstration et projets phares	31 000 000	34 300 000	34 700 000	34 700 000
Projets de recherche (sous mandat)				
Efficacité énergétique	7 500 000	7 600 000	7 700 000	7 800 000
Energies renouvelables	6 600 000	6 700 000	6 800 000	6 900 000
Economie et société	1 500 000	1 500 000	1 500 000	1 500 000
Recherche sous mandat (total)	15 600 000	15 800 000	16 000 000	16 200 000
Coordination ¹⁾	2 000 000	2 000 000	2 000 000	2 000 000
Total	48 600 000	52 100 000	52 700 000	52 900 000

Tableau 3 Budgets prévus par l'OFEN pour la période 2017–2020

Ces budgets reposent sur la directive du Conseil fédéral concernant le budget 2017 et sur le plan financier 2018–2020. Les Chambres fédérales doivent approuver le budget annuel global pour chaque année.

¹⁾ Y compris environ 1 000 000 de francs de dépenses pour la participation aux programmes de recherche de l'AIE: contributions des membres (Technology Collaboration Programmes) et mandats concernant des tâches de conduite (p. ex. Operating agents, Chair persons ou Vice chair persons, etc.). Les prestations propres de l'OFEN ne sont pas comprises.

5 Acteurs et interfaces

L'une des tâches essentielles de l'OFEN est de mettre les acteurs nationaux de la Suisse en réseau les uns avec les autres et avec la communauté internationale des chercheurs. A cet effet, l'OFEN a construit un vaste réseau de relations qui embrasse la totalité du domaine des hautes écoles et les institutions de recherche privées. Tous les projets de recherche soutenus par l'OFEN sont

accompagnés par les directions des programmes de recherche de l'OFEN. De ce fait, un échange de connaissances intensif est garanti avec les principaux acteurs de la communauté suisse de la recherche.

5.1 Acteurs nationaux et interfaces

S'agissant des organisations privées, les contacts couvrent aussi bien les grandes entreprises dont les activités de recherche propres sont importantes (p. ex. ABB ou IBM) qu'une multitude de PME innovantes (p. ex. Meyer Burger ou Awtec), y compris les start-ups et les bureaux d'ingénieurs. S'y ajoutent les coopéra-

tions avec des partenaires, qui présentent un effet de levier potentiel important (p. ex. La Poste, les CFF ou les entreprises d'approvisionnement en électricité telles qu'Axpo, BKW et diverses entreprises électriques municipales). Les programmes de recherche de l'OFEN se répartissent sur l'ensemble du territoire suisse.

5.1.1 Interfaces avec le Fonds national de la recherche scientifique (FNS)

Le Conseil fédéral a décidé en 1975 de recourir à l'instrument des programmes nationaux de recherche (PNR). Depuis lors, nombre de PNR ont été lancés et achevés¹⁶. Certains des PNR terminés et en cours présentent un lien avec l'énergie. Tel est le cas des PNR «Gestion durable de l'eau» (PNR 61), «Matériau intelligents» (PNR 62), «Ressource bois» (PNR 66) ou «Utilisation durable de la ressource sol» (PNR 68).

Suite aux événements survenus au Japon en 2011 (Fukushima), le Conseil fédéral a décidé en juin 2011 de n'admettre que le thème de l'énergie dans le cycle de sélection PNR 2011/12. Le FNS a été chargé de mettre au concours un PNR sur le thème du «Virage énergétique» (PNR 70, 37 millions de CHF) et un autre PNR sur le thème de «Gérer la consommation énergétique» (PNR 71, 8 millions de CHF). La recherche énergétique de l'OFEN, qui a participé à la procédure de sélection, est également active dans l'accompagnement de ces deux PNR.

5.1.2 Interfaces avec les offices fédéraux et d'autres services fédéraux

Les résumés suivants montrent que l'OFEV est l'office fédéral qui présente le plus de points de contact avec les programmes de recherche de l'OFEN (Tableau 4). En outre, l'OFEN et l'OFEV siègent en qualité d'observateurs dans les commissions de recherche correspondantes de l'OFEN (CORE), respectivement de l'OFEV (ORE).

Mentionnons aussi l'étroite coopération qui existe entre l'OFEN et la CTI. Les échanges d'informations entre ces deux institutions de soutien sont intensifs, puisque l'OFEN est représenté au sein du domaine d'encouragement Ingénierie de la CTI et parce que les deux institutions coopèrent étroitement au sujet des SCCER.

¹⁶ www.snf.ch

Offices fédéraux, services administratifs, services spécialisés, commissions		Energies renouvelables →→								
		Bioénergie	Géoénergie	Photovoltaïque	Energie solaire à haute température	Thermie solaire et stockage de la chaleur	Barrages	Force hydraulique	Hydrogène	Energie éolienne
DETEC	ARE	■★	■							
	OFROU		■							
	OFEV	■■★	■■				■■	■■	■	■■
	OFCOM									
	OFT		■						■	
	IFSN		■				■■			
	CSN									
DFI	OFSP									
	OFS									
	OSAV	■■								
	MétéoSuisse						■■			
DEFR	OFAG	■■★	■							
	CTI	■	■	■	■	■		■	■	■
	SEFRI		■	■	■				■■	
	SECO	■★	■	■						
DFAE	DDC	■■	■	■						
DFF	OFIT									
	RFA	■★								
	AFD	■★								
DFJP	METAS								■	
DDPS	OFPP						■■			
	CFG		■★							
	KBGeol		■■★							
	Swisstopo		■■■							
Diverse	SSS		■■■							
	FNS	■		■■	■■				■■	

Tableau 4 *Coopération de l'OFEN avec les autres services fédéraux*

- L'échange d'informations sur les activités du programme de recherche est régulier, par exemple grâce à la participation réciproque dans les groupes de travail respectifs.
- Les parties s'entendent pour les projets qui s'y prêtent (p. ex. en ce qui concerne la planification des projets) et/ou elles financent conjointement certains projets.
- Une consultation est organisée concernant les plans directeurs de recherche, les plans annuels, les agendas, etc.
- ★ Un groupe de coordination ou de pilotage (inter)départemental a été créé.

←← Efficacité énergétique							Economie et société		Coordination générale	Offices fédéraux, services administratifs, services spécialisés, commissions	
Piles à combustible	Technologies électriques	Bâtiments et villes	Processus industriels	Mobilité	Réseaux	Systèmes énergétiques basés sur la combustion	Energie–Economie–Société	Déchets radioactifs			
				■ ■			■ ■	★		ARE	DETEC
	■			■ ■			■			OFROU	
■	■	■ ■		■ ■	■	■ ■	■	■ ★	★	OFEV	
	■				■					OFCOM	
■	■			■ ■						OFT	
								■ ★		IFSN	
								■		CSN	
	■				■			★		OFSP	DFI
							■			OFS	
					■					OSAV	
										MétéoSuisse	
■	■	■	■	■	■		■		■ ■ ★	OFAG	DEFR
■ ■						■ ■			■ ■ ■ ★	CTI	
										SEFRI	
										SECO	
										DDC	DFAE
	■									OFIT	DFF
										RFA	
										AFD	
					■					METAS	DFJP
	■									OFPP	DDPS
										CFG	
										KBGeol	
								■ ★		Swisstopo	
■ ■	■				■				★	SSS	Diverse
										FNS	

Tableau 4 *Coopération de l'OFEN avec les autres services fédéraux*

- L'échange d'informations sur les activités du programme de recherche est régulier, par exemple grâce à la participation réciproque dans les groupes de travail respectifs.
- ■ Les parties s'entendent pour les projets qui s'y prêtent (p. ex. en ce qui concerne la planification des projets) et/ou elles financent conjointement certains projets.
- ■ ■ Une consultation est organisée concernant les plans directeurs de recherche, les plans annuels, les agendas, etc.
- ★ Un groupe de coordination ou de pilotage (interdépartemental) a été créé.

5.1.3 Interfaces avec la Commission pour la technologie et l'innovation (CTI)

La CTI soutient des projets novateurs provenant de toutes les disciplines scientifiques. L'encouragement des projets suit le principe «bottom-up» (*du bas vers le haut*): aucun thème ni aucune priorité de recherche ne sont prescrits, tous les thèmes de recherche sont en principe admis dans la mesure où les critères de soutien par la CTI sont respectés. Dans une large mesure, les

projets concernant l'énergie sont traités au sein du domaine d'encouragement Ingénierie, où l'OFEN est représenté. La coordination des projets de la CTI et de l'OFEN est ainsi assurée de manière optimale. Tous les projets concernant l'énergie sont examinés et commentés avant les séances du domaine d'encouragement Ingénierie par les spécialistes de l'OFEN.

5.1.4 Interfaces avec les SCCER

Un dense réseau de relations existe déjà avec les Swiss Competence Centers in Energy Research (SCCER) par le truchement des contacts traditionnels avec les hautes écoles. L'OFEN a apporté une importante contribution à l'institution des SCCER en 2013/2014: élaboration du plan d'action sous-jacent aux SCCER, des cahiers des charges et des documents d'évaluation; choix des

différents SCCER. Par l'engagement de son personnel, l'OFEN assure une fonction d'observateur au sein du comité de pilotage de la CTI et du panel d'évaluation qui examine les demandes et qui est compétent pour évaluer les SCCER chaque année. De plus, l'OFEN joue un rôle d'observateur dans tous les SCCER et il entretient des échanges réguliers avec leurs directions.

5.1.5 Institutions de soutien nationales

Outre les organes d'encouragement de la Confédération, d'autres institutions de soutien sont envisageables en Suisse, selon le domaine thématique, pour cofinancer des projets de recherche¹⁷.

Les programmes de recherche de l'OFEN coopèrent dans la mesure du possible avec ces institutions de soutien.

5.2 Coopération internationale

L'une des tâches essentielles de l'OFEN consiste à intégrer les chercheurs suisses dans les activités de recherche internationales.

Il s'agit avant tout des programmes de recherche de l'AIE et de l'UE, mais aussi d'accords multilatéraux spécifiques à un thème déterminé.

Agence internationale de l'énergie (AIE)

L'AIE revêt une importance cruciale pour la recherche énergétique de l'OFEN, qui y est représenté dans tous les organismes de direction intéressant la recherche énergétique: le Governing Board, le Committee on Energy Research and Technology (CERT) et les Working Parties qui lui sont attribuées – *Working Party on Fossil Fuels* (WPF), *Renewable Energy Technologies Working Party* (REW), *End-Use Technologies Working Party* (EUWP), ainsi que le *Fusion Power Coordinating Committee* (FPCC).

Les projets de recherche proprement dits sont réalisés dans le cadre des Initiatives sur la technologie énergétique de l'AIE (Technology Collaboration Programmes, TCP). L'OFEN participe actuellement aux TCP mentionnés ci-après:

- [Advanced Fuel Cells](#)
- [Advanced Motor Fuels](#)
- [Bioenergy](#)
- [Demand Side Management](#)

¹⁷ Document publié en allemand: «Angebote der Innovationsförderung im Energiebereich für Schweizer Firmen und For-

schungsinstitute», disponible sur le site www.bfe.admin.ch/cleantech ► Angebote der Innovationsförderung

- [Emission Reduction in Combustion](#)
- [Energy in Buildings and Communities](#)
- [Energy Efficient End-Use Equipment](#)
- [Energy Technology Systems Analysis Program](#)
- [Gas and Oil Technologies](#)
- [Geothermal](#)
- [Greenhouse Gas](#)
- [Heat Pumping Technologies](#)
- [High-Temperature Super Conductivity on the Electric Power Sector](#)
- [Hybrid and Electric Vehicles Technologies](#)
- [Hydrogen](#)
- [International Smart Grid Action Network](#)
- [Photovoltaic Power Systems](#)
- [Solar Heating and Cooling Systems](#)
- [SolarPACES](#)
- [Wind Energy Systems](#)

Commission européenne

Au printemps 2014, la Commission européenne a fortement restreint la participation de la Suisse au programme-cadre de recherche «Horizon 2020». Depuis lors, les chercheurs suisses ne peuvent plus bénéficier de l'encouragement de projet proprement dit (troisième pilier ou «Societal challenges» d'Horizon 2020) qu'à titre de représentants de pays tiers¹⁸. En raison de cette exclusion, l'OFEN n'est plus représenté au sein des organismes directeurs d'Horizon 2020. En revanche, la participation à ERA-Net en qualité de pays tiers demeure possible.

European Research Area Networks (ERA-Net)

L'objectif des réseaux de l'espace européen de la recherche (ERA-Net) consiste à coordonner les programmes de recherche nationaux et régionaux tout en renforçant l'espace européen de la recherche et certains secteurs industriels déterminés en Europe.

Dans le cadre d'un ERA-Net, des appels d'offres conjoints des pays parties prenantes sont lancés.

La Commission a développé des actions dites ERA-Net Cofund Action (ERA-Net CFA) pour renforcer les réseaux ERA-Net. Ces actions se distinguent des activités ERA-Net traditionnelles en ce que la Commission fournit à titre de supplément un tiers des fonds nécessaires au projet (mais au maximum 15 millions d'euros). L'OFEN a participé de manière déterminante aux travaux d'élaboration de la première ERA-Net CFA dans le domaine énergétique sur les thèmes des cités et communautés intelligentes («Smart cities and communities»), des réseaux intelligents («Smart grids»), de la fixation et du stockage du carbone («Carbon Capture and Storage», CCS), Solar Power Technology et de la géothermie («Geothermal»). Il met à disposition les moyens financiers nécessaires à la participation des chercheurs suisses, à savoir environ un million de francs par ERA-Net CFA et par an.

¹⁸ Les chercheurs suisses peuvent continuer de participer aux mises au concours, la Suisse ne pouvant pas être comptée au

nombre minimum exigé de trois pays. Les chercheurs doivent assurer eux-mêmes le financement.

Coopérations multilatérales

Coopérations DACH

L'acronyme DACH, qui signifie Allemagne-Autriche-Suisse, comprend dans le domaine de la recherche énergétique deux protocoles d'accord («Memoranda of Understanding», MoU) sur les thématiques des réseaux intelligents («Smart grids») et des cités et communautés intelligentes («Smart cities and communities»).

L'objet de la coopération comprend l'échange d'informations et de connaissances de même que la coordination des mesures de la politique d'encouragement. Dans ce cadre, des projets communs concrets doivent être initiés, financés et réalisés.

La participation de la Suisse aux coopérations DACH est garantie par l'OFEN.

International Partnership for Geothermal Technology (IPGT)

Depuis 2010, la Suisse est membre du Partenariat international pour la technologie géothermique (International Partnership for Geothermal Technology, IPGT¹⁹), un forum composé de représentants des gouvernements et de l'industrie des Etats-Unis, de l'Islande, de la Suisse, de l'Australie et de la Nouvelle-Zélande. D'importantes questions concernent par exemple la stimulation du système géothermique. Outre l'encouragement de projets communs de recherche, de développement et de démonstration, l'IPGT doit notamment mettre au point la recommandation concernant les coopérations multilatérales dans des domaines déterminés du développement technologique de la géothermie. Ce faisant, l'IPGT peut apporter une contribution essentielle pour intensifier la coopération entre chercheurs suisses et étrangers, de manière à initier un transfert de savoir-faire à partir de projets de recherche conçus à large échelle.

L'OFEN assure actuellement la présidence de l'IPGT.

¹⁹ <http://internationalgeothermal.org>



6 Organisation et assurance de la qualité

L'OFEN couvre pratiquement en totalité l'éventail de la recherche énergétique. Il ne se limite pas à attribuer des soutiens financiers: il accompagne de près les divers projets de recherche et représente activement les programmes de recherche au sein des orga-

nismes nationaux et internationaux. Les connaissances techniques nécessaires à cet effet sont soit disponibles à l'intérieur de l'OFEN, soit garanties par des personnes externe (directions de programme externes mandatées).

6.1 Organisation interne

Les tâches centrales de la recherche énergétique de l'OFEN sont prises en charge par la section Recherche énergétique. Les projets de recherche sont attribués à des programmes de recherche répartis en trois catégories: «Energies renouvelables», «Efficacité énergétique» et «Société et économie». La section Cleantech gère le programme des projets pilotes, de démonstration et phares de l'OFEN (P+D+L), la majeure partie des projets étant accompagnés techniquement par la séance des chefs de programme de la recherche énergétique. De ce fait, la section Recherche énergétique est étroitement impliquée dans l'évaluation des propositions.

Suivi des programmes de recherche

Les budgets des programmes de recherche (R&D) de l'OFEN sont gérés par la section Recherche énergétique, ceux du programme des projets pilotes, de démonstration et phares (P+D+L) le sont par la section Cleantech. Les trois programmes de recherche mentionnés ci-après sont rattachés à d'autres sections de l'OFEN qui les gèrent directement:

- le programme de recherche Energie-Economie-Société est géré par la section Régulation du marché de la division Economie;
- le programme de recherche Barrages est géré par la section Barrages de la division Droit et sécurité;
- le programme de recherche Déchets radioactifs est géré par la section Gestion des déchets radioactifs de la division Droit, force hydraulique et gestion des déchets radioactifs.

L'OFEN assume exclusivement une fonction de point de contact dans le domaine de l'énergie nucléaire (programmes de recherche Technique et sécurité nucléaire, Recherche réglementaire en sécurité nucléaire et Fusion nucléaire). Tant les objectifs que la gestion des budgets de ces programmes de recherche incombent aux services compétents correspondants: le PSI pour le programme de recherche *Technique et sécurité nucléaire*, l'IFSN pour le programme *Recherche réglementaire en sécurité nucléaire* et l'EPFL pour le programme *Fusion nucléaire*.

Organisation des programmes de recherche

Pour chacun des programmes de recherche, un spécialiste de la section compétente (chef du domaine de la recherche) est responsable de toutes les affaires administratives et de coordination concernant le programme de recherche dont il est chargé. Le cas échéant, un chef de programme mandaté épaulé ce spécialiste. Normalement, pour garantir la coordination avec les programmes de mise en œuvre et d'encouragement de l'OFEN axés sur le marché (programmes P+D+L, SuisseEnergie), les programmes de recherche disposent d'une personne de contact dans le domaine de marché correspondant de l'OFEN (responsable du domaine de marché), laquelle siège également dans le groupe d'accompagnement du programme de recherche concerné.

Deux fois par an, la recherche énergétique de l'OFEN organise une conférence des chefs de programme (celle du semestre d'hiver coïncidant avec la réunion de la CORE), afin de garantir la coordination entre les activités de recherche et les activités sur le marché menées par l'OFEN et les autres grands acteurs suisses du domaine de la recherche énergétique (p. ex. le domaine des EPF, les hautes écoles spécialisées, les universités, les SCCER, la CTI, le SEFRI, Euresearch).

6.2 Commissions et groupes de suivi

La recherche énergétique de l'OFEN peut s'appuyer sur un réseau de relations vaste et complet tant en Suisse que dans l'environnement international. Grâce à ce réseau, l'OFEN est en mesure d'obtenir à brève échéance des prises de position de spécialistes sur

la plupart des aspects de toutes les thématiques de la recherche énergétique. De plus, l'OFEN dispose d'un organisme consultatif pour les questions stratégiques: la commission fédérale extra-parlementaire pour la recherche énergétique (CORE).

6.2.1 Commission fédérale pour la recherche énergétique (CORE)

Le Conseil fédéral a institué en 1986 la commission fédérale extra-parlementaire pour la recherche énergétique (CORE) à titre d'organe consultatif en matière de recherche énergétique. La CORE élabore en outre tous les quatre ans le *Plan directeur de la recherche énergétique de la Confédération*, qui joue un rôle d'instrument de planification pour toutes les instances de soutien de la Confédération. Ce plan directeur facilite également l'orientation des services cantonaux et communaux chargés de mettre en œuvre les directives de politique énergétique ou qui disposent d'instruments d'encouragement propres en faveur de la recherche énergétique.

Par ailleurs, la CORE prend régulièrement position sur les questions concernant la recherche énergétique suisse et elle s'exprime

sur la recherche conduite par l'administration fédérale dans le domaine énergétique.

La CORE se compose de 15 membres nommés par le Conseil fédéral et qui représentent les principaux acteurs de la recherche énergétique suisse (p. ex. l'industrie, l'économie énergétique, le domaine des EPF, les hautes écoles spécialisées, les universités et les cantons). L'OFEN, l'OFEV, le SEFRI et la CTI siègent au sein de la CORE en qualité d'observateurs. On trouvera la liste complète et actualisée des membres de la CORE sous www.recherche-energetique.ch.

L'OFEN assure le secrétariat de la CORE. En règle générale, la CORE se réunit chaque année quatre fois une demi-journée et elle organise une retraite de deux jours pendant l'été.

6.2.2 Groupes de suivi

Dans la mesure où cela est judicieux, les programmes de recherche de l'OFEN disposent de leurs propres groupes de suivi, ils organisent des groupes de travail spécifiques aux projets ou

mettent régulièrement sur pied des conférences nationales lors desquelles les acteurs peuvent échanger des informations avec les institutions de soutien.

6.3 Assurance de la qualité

En matière d'encouragement de la recherche, l'OFEN agit selon les directives d'assurance de la qualité qui prévalent pour la recherche de l'administration fédérale²⁰. Selon ces directives, l'assurance de la qualité comprend pour l'essentiel les trois domaines partiels suivants: gestion de la recherche, comptes rendus et évaluation de l'efficacité.

Un système de contrôle des projets sera mis sur pied pour la période 2017–2020. Ce système doit permettre de traiter les procédures plus efficacement et sans redondance tout en présentant de manière plus transparente les diverses étapes de traitement.

Gestion de la recherche

L'évaluation des propositions de projets dans le domaine de la recherche et développement (R&D) passe par les directions de domaine ou de programme, d'entente avec la direction de la section. Les projets pilotes et de démonstration et les projets phares (P+D+L) sont évalués dans des groupes ad hoc spécialisés avant d'être soumis à la direction de l'OFEN.

La recherche énergétique de l'OFEN occupe quelque douze équivalents plein-temps en interne et quelque sept équivalents plein-

²⁰ L'assurance de la qualité dans les activités de recherche de l'administration fédérale, 9.11.2005, Comité de pilotage FRT;

www.ressortforschung.admin.ch/html/dokumentation/publikationen_fr.html.

temps en externe (scientifiques mandatés) pour évaluer et accompagner les projets de recherche. Ces collaborateurs, pour la plupart titulaires d'un doctorat, couvrent un large éventail scientifique et disposent d'une grande expérience dans la gestion de projet.

L'OFEN propose en outre aux collaborateurs de la recherche énergétique de suivre la filière de formation CAS²¹ en gestion de la recherche ou certains des modules de cette filière, fournie par l'Université de Berne, ou d'autres perfectionnements.

Comptes rendus

Tous les projets de recherche, les projets pilotes et de démonstration et les projets phares de l'OFEN sont enregistrés dans la banque de données de la Confédération ARAMIS²², qui est accessible au public. On peut accéder à davantage d'informations sur les programmes de recherche et leur organisation sous www.recherche-energetique.ch. Certains projets P+D+L soutenus par

l'OFEN sont présentés sur la carte Cleantech de l'OFEN²³. Parallèlement, les programmes de recherche de l'OFEN organisent des journées et des conférences spécialisées où sont présentés et discutés les éléments observés dans le cadre des projets de recherche soutenus par l'OFEN. Enfin, l'OFEN publie chaque année les dépenses consenties par les pouvoirs publics pour la recherche énergétique (www.recherche-energetique.ch). L'OFEN a institué un service de transfert de savoir et de technologie pour diffuser les résultats de recherche (chapitre 6.4).

Evaluation de l'efficacité

La recherche menée par l'OFEN ne fait pas l'objet d'une évaluation régulière. Une évaluation interne complète de la recherche énergétique est prévue à moyen terme.

6.4 Transfert de savoir et de technologie

En plus de soutenir des projets innovants menés par des entreprises et des hautes écoles, l'OFEN encourage le transfert de savoir et de technologie (TST) dans le domaine énergétique au moyen de divers instruments et mesures. Le TST joue un rôle essentiel pour l'avenir énergétique et la Stratégie énergétique 2050, puisqu'il soutient et accélère la diffusion de technologies et de modèles d'affaires novateurs. Les quatre principales orientations du programme TST de l'OFEN sont les suivantes: encouragement de l'effort d'innovation, fonction de catalyseur, coordination et information. La direction du programme Transfert de savoir et de technologie, hébergée par la section Cleantech de l'OFEN, coordonne les nombreuses activités TST entre les diverses divisions de l'OFEN et les autres services fédéraux.

Le transfert de savoir issu des projets de recherche et des projets P+D+L de l'OFEN se concrétise notamment par la publication d'articles spécialisés²⁴ et de clips d'information²⁵, qui décrivent brièvement les observations réalisées et les convergences. Ces publications sont prioritairement destinées aux entreprises, aux communes et aux villes susceptibles d'utiliser les nouvelles connaissances obtenues de même qu'aux journalistes scientifiques. Les articles spécialisés sont formulés de manière à être compris par l'ensemble du lectorat, de sorte qu'ils se prêtent au transfert de savoir vers un large public et ne se limitent pas aux spécialistes.

Les nouveaux articles spécialisés sont annoncés sur un canal Twitter²⁶ très prisé des journalistes scientifiques et des entreprises.

L'OFEN encourage le TST également par des groupes d'innovation, par des séminaires de détection des cleantech et par un concours entre les jeunes pousses. En coopérant avec des partenaires externes tels energie-cluster.ch²⁷, le programme TST réunit les entreprises et les hautes écoles dans des domaines d'affaires spécifiques au sein de groupes d'innovation. Dans ce cadre, de nouveaux projets d'innovation sont initiés, les principes de meilleure pratique sont définis quant aux aspects énergétiques et des activités et stratégies communes sont développées. C'est ainsi que l'on relève des groupes d'innovation dans les domaines suivants: isolation thermique à haute performance, bâtiment à bilan énergétique positif, aération douce, domotique, stockage de la chaleur et échangeur de chaleur. Grâce à des séminaires de détection des cleantech, on assure le transfert de savoir des représentants de l'économie et de la recherche vers les régulateurs et les membres de l'administration. En 2014, pour la première fois, on a organisé un concours d'idées commerciales inédites dans le domaine de l'énergie dans le cadre de l'ImpactHub²⁸ Fellowships Energy-Cleantech. Il a été couronné de succès.

²¹ CAS: Certificate of Advanced Studies

²² www.aramis.admin.ch

²³ www.bfe.admin.ch/geoinformation

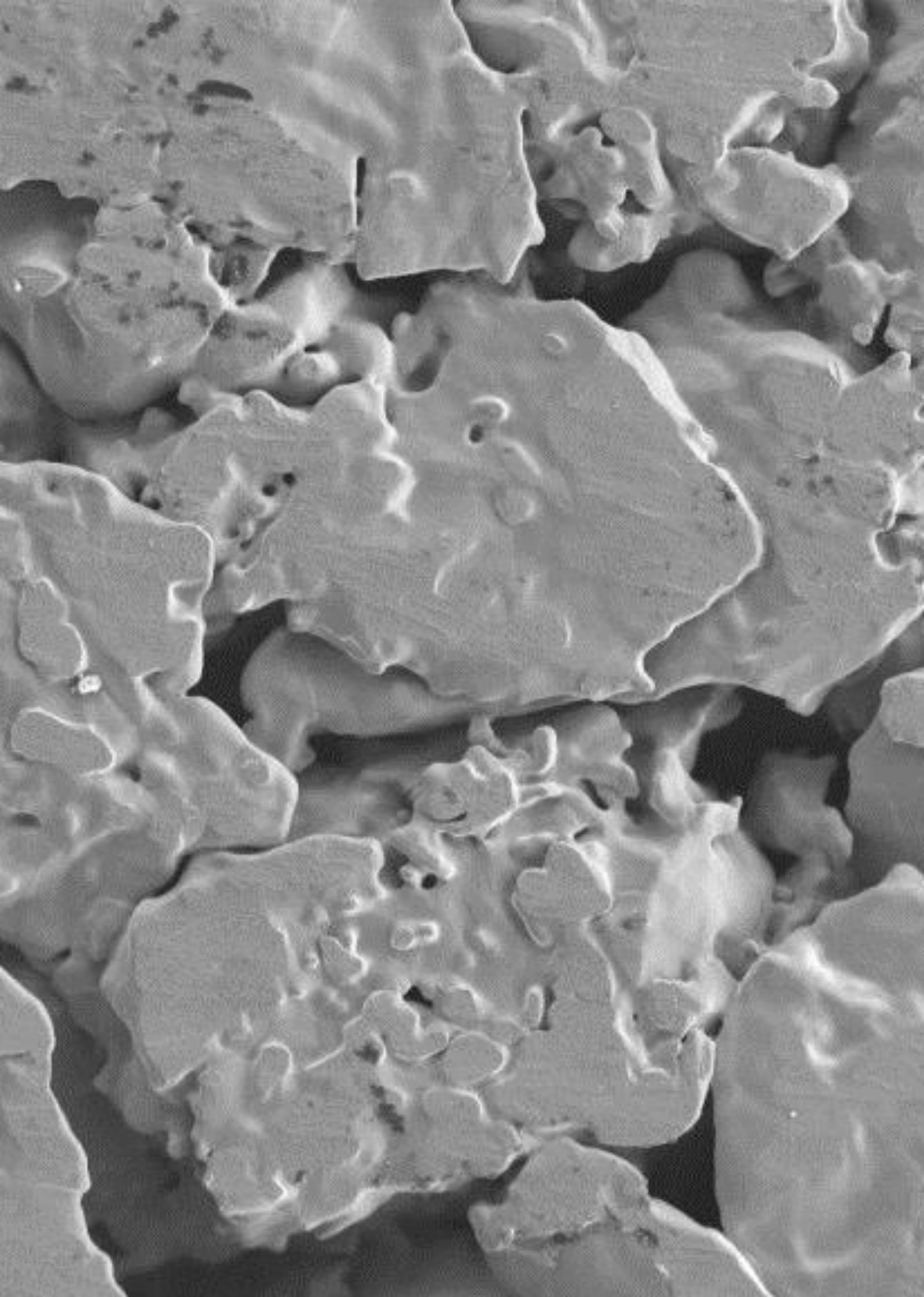
²⁴ www.bfe.admin.ch/ct/printmedien

²⁵ www.bfe.admin.ch/infoclips

²⁶ [www.twitter.com/bfecleantech](https://twitter.com/bfecleantech)

²⁷ www.energie-cluster.ch

²⁸ www.zurich.impacthub.net



A Recherche de l'administration fédérale

La recherche de l'administration fédérale («Ressortforschung»)²⁹ est la de recherche dont les résultats sont nécessaires à l'administration fédérale ou à la classe politique fédérale pour remplir leurs tâches, ou que ces mêmes acteurs lancent parce que ces recherches répondent à un intérêt public. Les activités de recherche menées par l'administration fédérale comprennent:

- la recherche en interne («intramuros»), c'est-à-dire l'exploitation des établissements de recherche appartenant à la Confédération;
- l'exécution de programmes de recherche nationaux propres, notamment en coopération avec les hautes écoles, les institutions de soutien à la recherche, la CTI ou d'autres organisations d'encouragement;
- les contributions aux établissements de recherche des hautes écoles pour qu'ils exécutent des programmes de recherche, dans la mesure où ces programmes concourent à remplir les tâches de l'administration fédérale, et les mandats de l'administration fédérale aux tiers.

La recherche de l'administration fédérale ne comprend pas les dépenses des hautes écoles et de leurs établissements financés par la Confédération, les contributions de la Confédération au FNS, à la CTI et aux institutions scientifiques visées par la loi sur l'encouragement de la recherche et de l'innovation (LERI, RS 420.1), à savoir les académies, les services scientifiques auxiliaires, etc., ni les contributions aux institutions et organisations scientifiques internationales, aux projets pilotes et de démonstration et aux projets phares au sens de l'art. 12, al. 2, LEnE (RS 730.0). La recherche de l'administration fédérale est décrite dans la LERI.

La tâche de la recherche énergétique de l'OFEN dépasse la recherche de l'administration fédérale proprement dite: les programmes de recherche de l'OFEN ont pour but de coordonner la totalité des activités de recherche énergétique menées en Suisse et ils soutiennent subsidiairement les projets de recherche et les projets pilotes et de démonstration utiles à la réalisation des objectifs de la Stratégie énergétique 2050.

B Bases légales spéciales

Outre son ancrage de rang supérieur dans la LERI, la recherche conduite par l'administration fédérale repose sur quelque 40 dispositions légales spéciales, en vertu desquelles la Confédération donne directement des mandats de recherche ou contracte des engagements financiers, ou formule directement des mandats d'évaluation, d'enquête ou d'examen supposant des travaux scientifiques correspondants.

De plus, nombre d'ordonnances précisent les tâches de la recherche. En outre, même dans les cas où aucun mandat légal explicite n'existe en matière de recherche, l'application et la mise en œuvre du droit en vigueur implique souvent des connaissances spécialisées qui doivent être actuelles et qui, de ce fait, exigent

des activités de recherche (p. ex. pour l'édiction de directives et d'ordonnances).

En plus des dispositions légales spéciales, quelque 90 traités, conventions ou adhésions au niveau international contiennent ou impliquent des engagements à conduire des recherches ou à consentir des efforts de recherche sur le plan national dans les thématiques concernées. Mais la recherche exécutée sur mandat est essentielle pour certains offices, également en l'absence de toute obligation de recherche contractuelle explicite, afin qu'ils puissent maintenir les contacts internationaux nécessaires. La recherche menée par l'administration fédérale permet d'assurer des

²⁹ www.ressortforschung.admin.ch

échanges d'égal à égal fondés sur l'état actuel des connaissances scientifiques.

Le Parlement lui-même, par des initiatives parlementaires, des motions, des postulats, des interpellations ou des questions, demande que soient élaborés des projets d'actes législatifs, des rap-

ports d'examen et des renseignements dont le traitement peut entraîner une plus ou moins grande activité de recherche au sein de l'administration fédérale.

On trouvera un aperçu des lois spéciales, des engagements internationaux et des mandats donnés par le Parlement sous: www.ressortforschung.admin.ch.

C Comité de coordination de la recherche de l'administration fédérale

Le comité de coordination de la recherche de l'administration fédérale³⁰ assume, pour le Conseil fédéral, des tâches générales de pilotage liées à la recherche menée par l'administration fédérale, notamment s'agissant de coordonner les plans directeurs de la recherche et les aspects d'assurance de la qualité³¹. Il soutient les offices fédéraux dans la mise en œuvre des directives d'assurance de la qualité et peut engager des évaluations³².

Les membres du comité de coordination de la recherche de l'administration fédérale sont les directrices et directeurs des offices fédéraux dotés de leur propre recherche, les représentants de la Chancellerie fédérale, de l'Administration fédérale des finances, du FNS, de la CTI et du Conseil des écoles polytechniques fédérales (Conseil des EPF). Le Comité de coordination de la recherche de l'administration fédérale assure la coordination stratégique de la recherche menée par l'administration fédérale et aide

sa présidence à assumer la responsabilité de l'ensemble du système. Il adopte des directives sur proposition de sa présidence, assume des tâches lors de la sélection de PNR (programmes nationaux de recherche) et des PRN (pôles de recherche nationaux) et procède chaque année au relevé des efforts de recherche humain et financier et du cadre budgétaire des crédits de recherche de l'administration fédérale pour en rendre compte au Conseil fédéral. En outre, il informe le Conseil fédéral sur les mesures en cours et les mesures prévues dans le domaine de la recherche menée par l'administration fédérale, par exemple sur les évaluations et les activités liées aux interventions parlementaires.

La coordination inter-offices et interdépartementale des ressources financières de la recherche menée par l'administration fédérale n'entre pas dans le domaine d'activité du comité de coordination de la recherche de l'administration fédérale.

D Banque de données ARAMIS

Le système d'information ARAMIS³³ contient des informations sur les projets de recherche et les évaluations que la Confédération réalise elle-même ou qu'elle (co-)finance. Les objectifs et les tâches de ce système sont décrits dans l'ordonnance relative au système d'information ARAMIS sur les projets de recherche et développement de la Confédération (RS 420.31):

- contribuer à la visibilité des activités de recherche et des évaluations de l'administration fédérale;
- éviter les doublons;
- fournir aux services fédéraux un outil permettant de gérer simplement les projets de recherche.

Le système d'information fonctionne comme une simple application de banque de données restituant tous les projets de recherche

³⁰ Ancienne désignation: comité de pilotage FRT

³¹ Grundsätze für die Erstellung der Konzepte 2013–2016 betreffen die Forschungsaktivitäten der Bundesverwaltung in den 11 Politikbereichen, Steuerungsausschuss BFT, mai 2011 (disponible seulement en allemand, traduction littérale: Principes pour l'élaboration des plans directeurs 2013–2016 concernant les activités de recherche de l'administration fédérale

dans les 11 domaines politiques, comité de pilotage FRT, mai 2011)

³² Rapports de controlling et d'évaluation sous: www.ressortforschung.admin.ch

³³ www.aramis.admin.ch

et contrôles d'efficacité, à savoir toutes les évaluations effectuées par l'administration fédérale à titre de projet individuel ou de projets liés entre eux. Le système ARAMIS fait donc office de pilier de l'assurance de la qualité pour la recherche de l'administration fédérale et il est ancré en conséquence dans les directives visant l'assurance de la qualité qu'a émises le comité de coordination de la recherche de l'administration fédérale. Sur la base d'ARAMIS, des informations détaillées sur le genre de recherche (intramuros, mandats de recherche, contributions à la recherche), les mandataires et les dépenses des offices sont réunies chaque année dans

le cadre des plans directeurs de la recherche, à l'attention du comité de coordination de la recherche de l'administration fédérale, en vue de coordonner la recherche entre les services fédéraux. On garantit ainsi que le comité de coordination est informé annuellement du développement et de l'affectation des ressources dont disposent les différents offices, de manière à ce qu'il puisse soutenir la planification de la recherche et l'allocation efficace des ressources.

E Assurance de la qualité dans la recherche menée par l'administration fédérale

Dans son rapport du 23 août 2006 intitulé *Pilotage de la recherche effectuée par l'administration fédérale*³⁴, la Commission de gestion du Conseil national (CdG-N) recommandait d'évaluer la mise en œuvre des directives d'assurance de la qualité édictées en 2005 par le comité de pilotage FRT. Donnant suite à cette recommandation, le comité de pilotage FRT a défini les deux objets d'évaluation suivants: *Mise en œuvre des directives d'assurance qualité dans la recherche de l'administration* et *Utilisation des résultats de la recherche de l'administration*. Il a décidé d'effectuer l'évaluation selon les standards internationaux sous la forme d'une

autoévaluation interne et d'une évaluation externe. Puis, le comité de pilotage FRT a mandaté le Conseil suisse de la science et de la technologie (CSST)³⁵ pour qu'il réalise une évaluation externe faisant appel à des experts internationaux.

Les résultats de l'évaluation montrent que l'assurance de la qualité dans les offices, qui représentent ensemble plus de 90 % des investissements de recherche de la Confédération, suit les principes arrêtés dans les directives du comité de pilotage FRT³⁶.

F Organismes nationaux et internationaux dont l'OFEN est membre

Le site www.recherche-energetique.ch présente une liste actualisée des organismes où siège la recherche énergétique de l'OFEN.

Les fonctions énumérées – conseil, membre, conseil de fondation, représentant – confèrent le droit de vote dans les organismes correspondants. La liste suivante était valable au 31 décembre 2016.

Organismes nationaux au niveau fédéral

- Membre du comité de coordination de la recherche de l'administration fédérale
- Membre du domaine d'encouragement Ingénierie de la Commission pour la technologie et l'innovation (CTI)
- Membre du panel d'évaluation des SCCER et du comité de pilotage des SCCER de la Commission pour la technologie et l'innovation (CTI)

³⁴ FF 2007 725 (www.admin.ch/ch/d/ff/2007/771.pdf)

³⁵ Depuis la fin de 2014: Conseil suisse de la science et de l'innovation (CSSI)

³⁶ Rapport final du Comité de pilotage formation, recherche et

technologie intitulé *Evaluation de la mise en oeuvre des directives d'assurance qualité et de l'utilisation des résultats de la recherche de l'administration fédérale*, avril 2010; www.res-sortforschung.admin.ch/html/dokumentation/publikationen_fr.html

- Observateur au sein des organismes directeurs des SCCER
- Membre du panel d'évaluation des PNR 70 et 71 du FNS
- Membre de l'organe de coordination de la Confédération pour la géologie (KBGeol)
- Membre du groupe d'experts chargés de l'évaluation de la garantie du risque géothermique
- Représentant de l'OFEN au sein du groupe de travail «Sous-sol» de l'administration fédérale
- Observateur au sein de la Commission fédérale pour la recherche énergétique (CORE)
- Membre de l'organe consultatif pour la recherche environnementale (ORE).
- Représentant de l'OFEN au sein de la Commission SIA 2040 pour la voie SIA vers l'efficacité énergétique de la Société suisse des ingénieurs et des architectes (SIA)
- Représentant de l'OFEN auprès de la Société suisse pour la géothermie (SSG)
- Conseil d'experts SIA énergie auprès de la Société suisse des ingénieurs et des architectes (SIA)
- Observateur au sein du comité de SuisseEole
- Représentant de l'OFEN auprès d'Electrosuisse
- Représentant de l'OFEN auprès de Newride
- Membre du jury décernant le Swiss Technology Award

Autres organismes nationaux

- Conseil du Réseau national de compétence technique du bâtiment et des énergies renouvelables (brenet)
- Membre du Steuerungsausschuss der Energieforschung (comité de pilotage de la recherche énergétique) de la Ville de Zurich
- Membre du Comité de la Schweizerische Gesellschaft für Netzinfrastukturforschung, SGN (société suisse de recherche sur les infrastructures de réseau)
- Conseil de la Forschungsstiftung Strom und Mobilkommunikation, FSM (fondation de recherche sur l'électricité et la communication mobile)

Organismes internationaux et multilatéraux

- Membre des organismes suivants de l'AIE: Governing Board, CERT, EUWP, REWP, ETIs' Executive Committees auxquels la Suisse participe
- Membre du groupe de pilotage DACH Smart grids
- Représentant de la Suisse au sein des organismes de pilotage de projets spécifiques d'INTERREG
- Représentant de la Suisse au sein de l'European Rail Research Advisory Council (ERRAC)
- Représentant de la Suisse auprès du GEOELEC
- Présidence de l'International Partnership for Geothermal Technology (IPGT)
- Représentant de la Suisse auprès du Cigré

G Niveaux de maturité technologique³⁷ (NMT)

Niveaux de maturité technologique (NMT) et segments autorisés pour la recherche énergétique, les projets pilotes et de démonstration et les projets phares (P+D+L).

NMT	Recherche		P	D	P	Définition	Objectifs	Participation financière de l'industrie
	fondamentale	orientée vers l'application						
1						Saisie et présentation des éléments de base.	Il s'agit du NMT le plus bas. A ce niveau, on amorce le passage de la recherche scientifique fondamentale à la R&D orientée vers l'application, par exemple par des études sur les propriétés de base de la technologie et par des expériences reposant sur l'observation de phénomènes visibles. Les informations disponibles comprennent des publications et d'autres documents de référence qui déterminent les principes sous-jacents à la technologie.	Non exigée
2						Détermination du concept, respectivement de la possibilité d'appliquer la technologie.	Une fois réunies les observations de base, il est possible de formuler des possibilités d'application pratique d'ordre spéculatif. Les hypothèses exprimées ne reposent pas nécessairement sur des éléments probants ni sur des analyses détaillées, mais elles sont soutenues par des études analytiques. Les informations disponibles comprennent des publications et d'autres documents de référence esquissant l'application possible et contenant des analyses qui étayent le concept. Le passage du NMT 1 au NMT 2 conduit de la recherche fondamentale à la recherche orientée vers l'application. En l'occurrence, la tâche principale consiste en des études analytiques ou descriptives, le but étant surtout de mieux comprendre le contexte scientifique. Des expériences permettent de corroborer les observations scientifiques sous-jacentes réalisées au NMT 1.	Non exigée
3						Preuve analytique et expérimentale des principales fonctions, validation caractéristique du concept.	La R&D active est engagée, notamment par des études analytiques et des analyses en laboratoire destinées à prouver concrètement les prévisions analytiques relatives aux divers composants. Les informations disponibles comprennent les résultats des essais de laboratoire, qui ont permis de mesurer des paramètres pertinents, et la comparaison avec les prévisions analytiques (pour les sous-systèmes importants). Au NMT 3, le travail quitte le bureau et entre dans la phase expérimentale, qui permet de tester la capacité du concept à fonctionner comme prévu. Les composants du système sont validés dans un système global sans être intégrés. Des modélisations et des simulations peuvent servir de compléments aux expériences concrètes.	Non exigée
4						Validation des composants ou du système en laboratoire.	Les composants sous-jacents sont intégrés dans un système, afin de garantir qu'ils fonctionnent l'un avec l'autre. La part reproduite du système visé est assez faible à ce stade. Il s'agit par exemple de composants réalisés spécialement en laboratoire et de tests à petite échelle. Les informations disponibles comprennent les résultats des expériences intégrées et l'estimation des écarts relevés entre les composants et résultats expérimentaux, d'une part, et les objectifs de performance visés, d'autre part. Les NMT 4 à 6 correspondent à la transition de la recherche scientifique vers les travaux de développement d'ingénierie. Le NMT 4 représente la première étape des essais du fonctionnement des divers composants intégrés dans le système global. Le système en laboratoire se compose généralement d'éléments déjà existants et de quelques composants spécialement développés. Ceux-ci exigent un traitement, un calibrage et un ordonnancement spécifiques.	P+D+L: au moins 60% des coûts de projet non amortissables R&D: non exigée

³⁷ En anglais: Technology Readiness Levels (TRL). Source: Technology Readiness Assessment (TRA) / Technology Maturation Plan (TMP) – Process Guide, U.S. Department of Energy, Office of Environmental Management, 2008

5					Validation d'un modèle de laboratoire semblable dans un environnement pertinent.	Les composants sous-jacents sont assemblés de manière à ce que la configuration du système corresponde quasiment à tous égards à l'application visée. Cette étape comprend par exemple des tests en environnement simulé dans des agencements de laboratoire haute-fidélité. Les informations disponibles comprennent les résultats obtenus par les essais en laboratoire, l'analyse des différences entre le système assemblé en laboratoire et le système/environnement visés, et l'interprétation des résultats d'expérience dans la perspective du système et de l'environnement visés. Le NMT 5 se distingue principalement du NMT 4 par l'adéquation plus précise du système et de son environnement avec l'application visée. Le système de test atteint alors presque le statut de prototype.	R&D: souhaitée P+D+L: au moins 60% des coûts de projet non amortissables
6					Validation d'un modèle ou d'un système pilote du même genre (prototype) dans un environnement pertinent.	Les modèles, respectivement les prototypes sont testés dans un environnement pertinent. Il s'agit là d'une étape importante pour démontrer la maturité technologique. Les informations disponibles comprennent les résultats de tests effectués par les ingénieurs et l'analyse des différences entre le modèle ou le prototype et son l'environnement visé. En outre, l'analyse interprétative des résultats d'expérience dans la perspective du système ou de l'environnement visés constitue un élément important. A partir du NMT 6 commence, au sens propre, le travail de développement ingénierial de la technologie vers un système exploitable. Par rapport au NMT 5, le NMT 6 se distingue principalement par le passage des essais de laboratoire au modèle et par la détermination des proportions en vue de mettre le système visé à l'échelle. Le prototype devrait être en mesure de remplir toutes les fonctions prévues pour le système visé. L'environnement de test devrait correspondre aussi précisément que possible à l'environnement visé.	R&D: non applicable P+D+L: au moins 60% des coûts de projet non amortissables
7				Démonstration d'un système prototypique en taille réelle dans un environnement pertinent.	Le saut est important entre le NMT 6 et le NMT 7, puisqu'un prototype fait désormais l'objet d'une démonstration dans un environnement pertinent. Il s'agit par exemple de prototypes de taille réelle testés sur le terrain. Les informations disponibles comprennent les résultats de test des essais in situ, l'analyse des différences entre l'environnement des essais et l'environnement visé, de même que l'interprétation de ces résultats dans l'optique de leur importance pour le système visé. Ainsi, la conception définitive est pratiquement réalisée.		
8					Qualification complète du système visé par les tests et les démonstrations.	La preuve du bon fonctionnement de la technologie sous sa forme définitive est apportée pour les conditions d'exploitation attendues. Dans presque tous les cas, le travail de développement proprement dit s'achève au NMT 8. Les informations disponibles comprennent les procédures d'exploitation quasiment achevées.	
9					Mise en exploitation réussie du système visé dans toutes les conditions d'exploitation attendues.	La technologie a atteint le niveau de développement visé. Sa mise en exploitation dans toutes les conditions d'exploitation attendues est réussie.	Projets phares et SuisseEnergie

Tableau 5 Définition des différents niveaux de maturité technologique

R&D: recherche et développement; P: projet pilote; D: projet de démonstration; L: projet phare.

Source: U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy, Golden Field Office, *Geothermal Technology Advancement for Rapid Development of Resources in the U.S.*, publié le 8 juin 2011

La recherche orientée vers l'application, soutenue par l'OFEN, couvre, selon le programme de recherche, les NMT 3, 4 ou 5, dans des cas exceptionnels aussi le NMT 2. Les NMT supérieurs sont couverts par les projets pilotes (NMT 5 à 7), les projets de démonstration (NMT 6 à 8) et les projets phares (NMT 9)

H Checkliste für die Forschungsförderung

Die Checkliste ist für technologieorientierte **Forschungsprojekte** – insbesondere gemäss den Kapiteln 0 und 3.2 – anzuwenden. Bei nicht-technologieorientierten Projekten (Kapitel 0) sind die mit * gekennzeichneten Kriterien nicht anwendbar. Ein Projekt muss sämtliche Zulassungsbedingungen erfüllen, damit es qualitativ bewertet werden kann. Sind eines oder mehrere Zulassungskriterien nicht erfüllt, wird das Projekt zurückgewiesen.

Für **Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte** existiert eine separate Vollzugsweisung³⁸

Zulassungskriterien

Formale Kriterien:

Kriterium		Erfüllt
F1	Sind die eingereichten Unterlagen vollständig (Gesuch plus allfällige Beilagen)?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
F2	Sind die benötigten Angaben und Informationen vollständig (Budgetplan, Zahlungsplan, ...)?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
F3	Ist der Antrag verständlich geschrieben?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
F4	Ist die Einwilligung von allen involvierten Projektpartnern schriftlich nachgewiesen?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
F5	Bei Ausschreibung: Wurde das angegebene Eingabedatum eingehalten?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein

Inhaltliche Kriterien:

Kriterium		Erfüllt
I1*	Richtet sich das Vorhaben an der Versorgungssicherheit der Schweiz aus und hat das Potenzial zur mittel- oder langfristigen Reduktion des Energieverbrauchs bzw. der Treibhausgasemissionen oder der Substitution nicht erneuerbarer Energie?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
I2	Stimmt das Vorhaben mit den wissenschaftlich anerkannten Grundsätzen überein (z.B. physikalische Gesetze)?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
I3	Dürfen die Projektergebnisse öffentlich zugänglich gemacht werden?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
I4	Liegt das Vorhaben im Kompetenzbereich des BFE bzw. innerhalb der ausgeschriebenen Themen?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
I5*	Ist das Vorhaben zweckgerichtet und anwendungsorientiert und dienen die Resultate einer praktischen Anwendung (staats-, geschäfts- oder kundengetriebene Zielsetzung)?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
I6*	Liegt die aktuelle Technologiereife im für das Programm passenden Wertschöpfungssegment (TRS gemäss Kap. 3)?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein

Begründung bei Nichterfüllung der Zulassungskriterien:

³⁸ www.bfe.admin.ch/pilotdemonstration

Qualitative Kriterien

Die Bewertung erfolgt auf einer Skala von 1-5 mit folgender Bedeutung:

- 1 ungenügend
- 2 unbefriedigend
- 3 ausreichend
- 4 gut
- 5 sehr gut

Um ein Projekt fördern zu können, müssen die Mindestbewertungen pro qualitativem Kriterium (Q1 bis Q5) erreicht oder übertroffen werden. Die darunter stehenden Aspekte fließen in die Bewertung ein, stellen aber keine Sub-Kriterien dar. Sie dienen als Anhaltspunkte für eine gesamtheitliche Bewertung.

Kriterium	Mindestbewertung
Q1 Organisation	3
Kompetenzen, Organisation Sind alle für das Projekt wesentlichen Kompetenzen abgedeckt? Ist eine klare Projektorganisation vorhanden?	
Vorgehensweise, Methodik Ist die vorgeschlagene Vorgehensweise für die angesprochene Fragestellung geeignet? Ist die Methodik adäquat zur Lösung der Fragestellung?	
Arbeitsplan Ist der vorgeschlagene Arbeitsplan realistisch und effizient angelegt? Sind klare und überprüfbare Etappenziele vorhanden?	
Q2 Exzellenz	3
Vorarbeiten, Qualität der Inputs Kann das Projektteam auf geleisteten Vorarbeiten aufbauen? Sind die Inputs von guter Qualität?	
Erfahrung, Anerkennung Weist das Projektteam breite Erfahrung auf od. genießt breite Anerkennung (anerkannte Fachleute auf ihrem Gebiet)?	
Potenzial Ist im Projektteam Erfolgspotenzial erkennbar?	
Q3 Projektinhalt	3
Politische/strategische/wissenschaftliche Relevanz Ist das Projekt relevant und trägt zu einem Schwerpunkt des EF-Konzepts inhaltlich bei? Ist es Teil einer internationalen Zusammenarbeit im Rahmen der IEA, der EU-Forschungsprogramme oder anderer Kollaborationen (z.B. DACH)?	
Wertschöpfung, Innovationsgehalt Lassen die Ergebnisse eine hohe Wertschöpfung für die Schweiz – in wirtschaftlicher oder wissenschaftlicher Hinsicht – erwarten? Baut das Projekt wesentliches Wissen oder Know-How auf und/oder verfolgt innovative, neuartige Ansätze?	
Kosten/Nutzen-Verhältnis, Subsidiarität Stiftet das Projekt einen hohen Nutzen im Verhältnis zu den damit verbundenen Kosten? Sind Eigen- und Drittmittel in angemessener Höhe zugesagt?	

Q4	Chancen, Risiken	3
	<p>Energetisches Potenzial Weist die Technologie/das Verfahren ein energetisches Potenzial auf oder hat Potenzial dazu, entsprechendes gesellschaftliches Verhalten zu beeinflussen?</p>	
	<p>Akzeptanz Wird die Technologie/das Verfahren nicht kontrovers diskutiert und/oder sind keine ausgeprägten Opponenten erkennbar?</p>	
	<p>Nachhaltigkeit Tragen die Ergebnisse zur nachhaltigen Entwicklung auf nationaler oder globaler Ebene bei?</p>	
Q5*	Diffusion	keine
	<p>Umsetzungspotenzial Ist im Projektantrag ein Umsetzungsplan vorhanden? Ist das Projektteam für die weitere Technologieentwicklung selber kompetent oder hat bereits mögliche Abnehmer? Sind für die Umsetzung Wirtschaftspartner adäquat zur Technologiereife (vergl. Anhang TRS) eingebunden?</p>	
	<p>Multiplikationspotenzial Weist die Technologie/das Verfahren technische oder wirtschaftliche Vorteile auf?</p>	
	<p>Öffentliches Interesse, Internationale Zusammenarbeit Löst das Vorhaben/Projekt öffentliches Interesse.</p>	

Begründung bei Nichterfüllung der Qualitätskriterien:

I Glossaire

4E	TCP Energy Efficient End-Use Equipment		étrangères
AFD	Administration fédérale des douanes	DFF	Département fédéral des finances
AIE	Agence internationale de l'énergie	DFI	Département fédéral de l'intérieur
CGD	Commission pour la gestion des déchets radioactifs	DFJP	Département fédéral de justice et police
ARAMIS	Administration Research Actions Management Information System	EES	Energie–Economie–Société
ARE	Office fédéral du développement territorial	EGRD	Expert Group on R&D Priority Setting
Brenet	Réseau national de compétence technique du bâtiment et des énergies renouvelables (Building and Renewable Energies Network of Technology)	EGS	Systèmes géothermiques stimulés (Enhanced Geothermal Systems)
CAS	Certificate of Advanced Studies	EGSE	Expert Group on Science for Energy
CCF	Couplage chaleur-force	EPF	Ecole polytechnique fédérale
CCS	Carbon Capture and Storage	EPFL	École polytechnique fédérale de Lausanne
CdG-N	Commission de gestion du Conseil national	EPFZ	Ecole polytechnique fédérale de Zurich
CERT	Committee on Energy Research and Technology	ERA-Net	Réseaux de l'espace européen de la recherche (European Research Area Network)
CFG	Commission fédérale de géologie	ERA-Net CFA	Action cofinancée des réseaux de l'espace européen de la recherche (ERA-Net Cofund Action)
Cigré	Conseil International des Grands Réseaux Électriques	ERRAC	European Rail Research Advisory Council
CIGS	Diséleniure de cuivre-indium-gallium (Copper-Indium-Gallium-(Di)Selenid)	ESC	Energy Science Center
CNS	Commission fédérale de sécurité nucléaire	ETP	Energy Technology Perspectives
CORE	Commission fédérale pour la recherche énergétique	EUWP	End-Use Technologies Working Party
CSSI	Conseil suisse de la science et de l'innovation	FACTS	Flexible Alternating Current Transmission System (système de transmission flexible en courant alternatif)
CSST	Conseil suisse de la science et de la technologie	FNS	Fonds national suisse de la recherche scientifique
CTI	Commission pour la technologie et l'innovation	FPCC	Fusion Power Co-ordinating Committee
DACH	Allemagne–Autriche–Suisse	FSM	Conseil de la Fondation de recherche sur l'électricité et la communication mobile (Forschungsstiftung Strom und Mobilkommunikation)
DDC	Direction du développement et de la coopération	GEOELEC	Geothermal Electricity Platform du European Geothermal Energy Council (EGEC)
DDPS	Département fédéral de la défense, de la protection de la population et des sports	HCCI	Allumage par compression homogène (Homogeneous Charge Compression Ignition)
DETEC	Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication	IFSN	Inspection fédérale de la sécurité nucléaire
DEFR	Département fédéral de l'économie, de la formation et de la recherche and Evaluation	INTERREG	Projets transfrontaliers destinés à promouvoir le dialogue entre les régions de l'UE et les pays voisins
DFAE	Département fédéral des affaires		

IPGT	International Partnership for Geothermal Technology	Plan SET	Plan stratégique pour les technologies énergétiques (Strategic Energy Technology Plan)
KBGeol	Organe de coordination de la Confédération pour la	PME	Petites et moyennes entreprises
LEne	Loi sur l'énergie	PNR	Programme national de recherche
LENu	Loi sur l'énergie nucléaire	PPP	Partenariat public-privé (Public Private Partnership)
LERI	Loi fédérale sur l'encouragement de la recherche et de l'innovation	PRN	Pôle de recherche national
LIFSN	Loi sur l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire	PSI	Institut Paul-Scherrer
LOGA	Loi sur l'organisation du gouvernement et de l'administration	PV/T	Photovoltaïque-thermique
LSu	Loi fédérale sur les aides financières et les indemnités	PV/PA	Photovoltaïque-pompe à chaleur
METAS	Institut fédéral de métrologie	R&D	Recherche et développement
MoU	Protocole d'accord (Memorandum of Understanding)	REWP	Renewable Energy Technologies Working Party
OFAG	Office fédéral de l'agriculture	RFA	Régie fédérale des alcools
OFCOM	Office fédéral de la communication	RS	Recueil systématique du droit fédéral
OFEN	Office fédéral de l'énergie	SCCER	Pôles suisses de compétence en recherche énergétique (Swiss Competence Centers in Energy Research)
OFEV	Office fédéral de l'environnement	SECO	Secrétariat d'Etat à l'économie
OFIT	Office fédéral de l'informatique et de la télécommunication	SEFRI	Secrétariat d'Etat à la formation, à la recherche et à l'innovation
OFPP	Office fédéral de la protection de la population	SGN	Société suisse de recherche sur les infrastructures de réseau (Schweizerische Gesellschaft für Netzinfrastrukturforschung)
OFROU	Office fédéral des routes	SIA	Société suisse des ingénieurs et des architectes
OFS	Office fédéral de la statistique	SOFC	Pile à combustible à oxyde solide (Solid Oxide Fuel Cell)
OFSP	Office fédéral de la santé publique	SSG	Société suisse pour la géothermie
OFT	Office fédéral des transports	SPC	Swiss Plasma Center
ORC	Cycle de Rankine à fluide organique (Organic Rankine Cycle)	SSS	Service sismologique suisse
ORE	Organe consultatif pour la recherche environnementale	Swisstopo	Office fédéral de topographie
P+D+L	Projets pilotes et de démonstration, projets phares	TCP	Technology Collaboration Programme
PEFC	Pile à combustible à électrolyte polymère (Polymer Electrolyte Fuel Cell)	TIC	Technologies d'information et de communication
Plan d'action	Plan d'action Recherche énergétique suisse coordonnée	TST	Transfert de savoir et de technologie

Crédit photographique

Photo de couverture	Copyright: Dr. Stefan Oberholzer, OFEN
Photo de la page 11	Copyright: Meyer Burger Technology AG
Photo de la page 16	Copyright: Laboratory Materials for Energy Conversion, EMPA
Photo de la page 24	Copyright: Dr. Erik Koepf, Solar Technology Laboratory, Institut Paul Scherrer
Photo de la page 39	Copyright: Colas Suisse SA
Photo de la page 43	Copyright: Dr. Felix Büchi, Electro Chemistry Laboratory, Paul-Scherrer-Institut

Office fédéral de l'énergie
Mühlestrasse 4
CH-3603 Ittingen
Adresse postale: CH-3003 Berne

Téléphone: ++41 31 322 56 11
Fax: ++41 31 322 25 00

contact@bfe.admin.ch
www.recherche-energetique.ch