



9 décembre 2016

---

# **Recherche et innovation dans le domaine de l'énergie photovoltaïque en Suisse – évolutions actuelles et mesures d'encouragement de la Confédération**

Rapport du Conseil fédéral donnant suite au postulat 10.3080 Chopard-Acklin du  
10 mars 2010

---



## Table des matières

Glossaire et liste des abréviations .....	2
Index des illustrations.....	3
Index des tableaux .....	3
Résumé.....	4
1 Introduction.....	5
1.1 Contexte .....	5
1.2 Contexte politique: Masterplan Cleantech et Stratégie énergétique 2050.....	5
2 Développement du photovoltaïque dans le monde .....	7
2.1 Importance du photovoltaïque dans l’approvisionnement en énergie .....	7
2.2 Baisse du prix de revient de l’électricité photovoltaïque .....	8
2.3 Développement industriel .....	9
3 Photovoltaïque en Suisse.....	11
3.1 Le photovoltaïque dans la Stratégie énergétique 2050 .....	11
3.2 Evolution du marché de la demande en Suisse .....	11
3.3 Evolution du marché dans l’industrie .....	12
3.4 Photovoltaïque dans le contexte des cleantech .....	14
4 Développement technologique et recherche.....	14
4.1 Sur le plan mondial .....	14
4.2 Sur le plan national .....	16
4.2.1 Plan directeur de la recherche énergétique de la Confédération .....	17
4.2.2 Programme de recherche Photovoltaïque de l’Office fédéral de l’énergie .....	18
4.2.3 Centre national de compétences pour le photovoltaïque .....	19
4.2.4 Acteurs dans les hautes écoles .....	19
4.2.6 Transfert de savoir et de technologie .....	22
4.2.7 Exemples de collaboration entre les hautes écoles et l’industrie .....	23
5 Evolution des subventions.....	24
5.1 Sources de financement .....	25
5.2 Dépenses pour la recherche en photovoltaïque en Suisse .....	27
6 Conclusions .....	29
7 Bibliographie.....	31



## Glossaire et liste des abréviations

HES-BE	Haute école spécialisée bernoise
FRI	Formation, recherche et innovation
OFEN	Office fédéral de l'énergie
CdTe	Tellurure de cadmium
CIGS	Cuivre, indium, gallium et sélénium
CORE	Commission fédérale pour la recherche énergétique
CSEM	Centre suisse d'électronique et de microtechnique
Empa	Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherche
EPF	Ecoles polytechniques fédérales
UE	Union européenne
R+D	Recherche et développement
HJT	Technologie à hétérojonction
HSR	Hochschule Rapperswil
AIE	Agence internationale de l'énergie
IMT	Institut de microtechnique de l'EPFL à Neuchâtel
ISAAC	Istituto sostenibilità applicata all'ambiente costruito (SUPSI)
RESC	Recherche énergétique suisse coordonnée
CTI	Commission pour la technologie et l'innovation
LPI	Laboratoire de photonique et interfaces
PNR	Programme national de recherche
P+D	Pilote et démonstration
PERC	Passivated Emitter and Rear Cell (cellule avec émetteur et cellule arrière passivés)
PV	Photovoltaïque
SCCER	Pôle de compétence suisse en recherche énergétique
SEFRI	Secrétariat d'Etat à la formation, à la recherche et à l'innovation
Si	Silicium
FNS	Fonds national suisse
SPF	Institut für Solartechnik (HSR)
SUPSI	Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana
ZHAW	Université des sciences appliquées de Zurich



## Index des illustrations

- Figure 1** Investissements dans les nouvelles capacités de production d'électricité à l'échelle mondiale
- Figure 2** Capacité photovoltaïque globalement installée (cumulée), production de modules photovoltaïques et capacité de production existante
- Figure 3** Courbe d'apprentissage des modules photovoltaïques
- Figure 4** Production d'électricité d'origine renouvelable en Suisse jusqu'en 2050
- Figure 5** Evolution du marché du photovoltaïque en Suisse
- Figure 6** Acteurs de l'industrie photovoltaïque suisse
- Figure 7** Evolution du rendement en laboratoire de différentes technologies de cellules solaires
- Figure 8** Demandes de brevets dans le domaine du photovoltaïque de 1995 à 2011, selon les régions
- Figure 9** Acteurs des hautes écoles et de l'industrie qui couvrent la chaîne de création de valeur du photovoltaïque
- Figure 10** Vue d'ensemble des différentes institutions d'encouragement dans la recherche en photovoltaïque tout au long de la chaîne de création de valeur, de la recherche fondamentale au développement de produits
- Figure 11** Fonds publics pour la recherche énergétique en général et pour la recherche photovoltaïque en Suisse de 2005 à 2014
- Figure 12** Subventions pour le photovoltaïque selon différentes sources de financement pour les années 2006 à 2014
- Figure 13** Subventions de l'OFEN pour le développement technologique dans le domaine du photovoltaïque
- Figure 14** Répartition des dépenses
- Figure 15** Dépenses des pouvoirs publics pour la recherche photovoltaïque en Suisse

## Index des tableaux

- Tableaux 1** Classement des dix principaux fabricants de cellules et de modules photovoltaïques selon le chiffre d'affaires en 2015, en GW
- Tableaux 2** Nombre de projets en cours par année dans le domaine photovoltaïque



## Résumé

Le postulat 10.3080 «Renforcement de la recherche dans le domaine de l'énergie photovoltaïque. Coordination avec les besoins de l'industrie» a été déposé le 10 mars 2010 par le conseiller national Max Chopard-Acklin. L'exigence première du postulat est de renforcer la recherche suisse dans le domaine de l'énergie photovoltaïque: les institutions suisses de recherche, comme les Ecoles polytechniques fédérales et le Fonds national, déploieraient des efforts insuffisants pour accélérer le développement industriel de la technologie photovoltaïque et susciter les innovations en la matière. Le présent rapport montre comment le paysage de l'industrie et de la recherche a évolué ces dernières années dans le domaine du photovoltaïque. Il explique en outre comment les principales exigences du postulat sont concrétisées et en grande partie remplies par diverses mesures d'encouragement.

Le marché mondial du photovoltaïque a connu d'importants changements ces dernières années. Les marchés en pleine croissance ont généré des surcapacités. Les coûts et les prix ont donc notamment baissé dans tous les domaines partiels. L'évolution de la structure d'encouragement et des conditions-cadres a fortement marqué les marchés et l'industrie photovoltaïques, tant à l'échelle mondiale que nationale. Malgré ces changements considérables et la forte orientation sur les exportations, l'industrie photovoltaïque reste bien placée en Suisse. Dans plusieurs domaines partiels de la recherche et de l'industrie photovoltaïques, la Suisse compte des acteurs de premier plan au niveau international. L'évolution prévisible à moyen terme dans l'utilisation de l'énergie solaire offre des opportunités et des possibilités de développement au pôle industriel et technologique suisse pour jouer un rôle important sur ce marché international en pleine croissance et augmenter la création de valeur dans notre pays.

En Suisse, l'industrie photovoltaïque se répartit assez largement sur l'ensemble de la chaîne de création de valeur. Ces dernières années, nombre d'innovations y ont été constatées, notamment en ce qui concerne la mise en œuvre industrielle de nouvelles technologies de cellules solaires très efficaces et le développement de nouveaux produits pour l'intégration du photovoltaïque au bâtiment. Le contexte favorable de l'industrie photovoltaïque suisse s'explique par les importants efforts consentis ces dernières décennies dans la recherche et le développement, en particulier dans l'exploitation industrielle des innovations et le soutien des pouvoirs publics. Ces derniers représentent un volume annuel d'environ 30 millions de francs, soit deux fois plus qu'il y a dix ans.

En matière de recherche axée sur la mise en œuvre et le développement technologiques, il existe une bonne et étroite collaboration entre les institutions académiques (domaine des écoles polytechniques fédérales, des hautes écoles spécialisées et des universités) et les entreprises industrielles actives dans le domaine du photovoltaïque. C'est notamment le cas pour les projets où l'industrie fait directement part de ses besoins aux partenaires de recherche et où les possibilités de soutien sont bonnes. Comme le demande le postulat, les pouvoirs publics ont augmenté les moyens à disposition de la recherche dans le domaine de l'énergie photovoltaïque ces dernières années, en particulier pour les activités axées sur l'industrie et l'exploitation. Un centre national de compétences pour le photovoltaïque a notamment vu le jour au Centre suisse d'électronique et de microtechnique à Neuchâtel. La Commission pour la technologie et l'innovation (CTI) et le Fonds national suisse encouragent des projets industriels de manière ciblée dans le cadre du *plan d'action «Recherche énergétique suisse coordonnée»*.

Le Conseil fédéral est convaincu que la Suisse possède de vastes compétences dans le domaine du photovoltaïque, tant au niveau de la recherche que de l'industrie.



# 1 Introduction

## 1.1 Contexte

Le présent rapport répond au postulat 10.3080 «Renforcement de la recherche dans le domaine de l'énergie photovoltaïque. Coordination avec les besoins de l'industrie» déposé le 10 mars 2010 par le conseiller national Max Chopard-Acklin. Le postulat vise à renforcer la recherche suisse dans le domaine de l'énergie photovoltaïque. Il relève que le domaine des écoles polytechniques fédérales (domaine des EPF) et le Fonds national suisse (FNS) ne soutiennent pas suffisamment le développement de la technologie photovoltaïque au regard du marché du photovoltaïque – au moment du dépôt du postulat – en pleine expansion exponentielle en Europe. Il charge le Conseil fédéral d'examiner les questions suivantes et de faire part de ses conclusions:

1. Comment les activités du domaine des EPF et des hautes écoles spécialisées peuvent-elles être mieux adaptées aux besoins spécifiques de l'industrie photovoltaïque suisse?
2. Comment les subsides nécessaires à l'amélioration de produits commercialisables peuvent-ils être octroyés plus rapidement dans le domaine de l'énergie photovoltaïque?
3. Comment encourager les initiatives technologiques à différents stades de la chaîne de valeur du photovoltaïque, afin de pouvoir proposer au consommateur une énergie renouvelable à un prix avantageux?
4. Comment les acteurs de l'industrie peuvent-ils communiquer aux institutions de recherche leurs besoins de façon plus ciblée et plus efficace?

Le développement du postulat renvoie à l'industrie photovoltaïque, qui était alors significative en Suisse. Il souligne aussi l'importance du photovoltaïque en tant que ressource électrique et énergétique nationale.

Dans son avis du 12 mai 2010, le Conseil fédéral a relevé la longue tradition du soutien accordé par les pouvoirs publics à la recherche énergétique dans le secteur du photovoltaïque. Ainsi, l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) a apporté, grâce à son soutien financier de longue date, une contribution essentielle à la consolidation des compétences et au succès de la fabrication des cellules et de la technique des procédés dans plusieurs domaines technologiques. Ces dernières années, d'autres aides financières importantes ont été octroyées par la Commission pour la technologie et l'innovation (CTI), le FNS et les programmes-cadres de recherche de la Commission européenne. Le Conseil fédéral s'est montré convaincu que la Suisse possède de vastes compétences dans le domaine du photovoltaïque, tant au niveau de la recherche que de l'industrie.

Le Conseil fédéral s'est déclaré prêt à examiner plus en détail les questions soulevées par le postulat dans le cadre d'un rapport de synthèse établi en coordination avec le Masterplan Cleantech. Il a proposé d'accepter le postulat.

Le Conseil national a transmis le postulat le 8 juin 2011.

## 1.2 Contexte politique: Masterplan Cleantech et Stratégie énergétique 2050

La notion de *cleantech* comprend diverses technologies dans les domaines des énergies renouvelables, de l'efficacité énergétique, du stockage de l'énergie, des techniques environnementales et des sciences de la vie. Les cleantech constituent un marché d'avenir, marqué par une forte croissance mondiale. En 2011, le Conseil fédéral a adopté une stratégie en matière d'efficacité des ressources et d'énergies renouvelables, le *Masterplan Cleantech*. Ce dernier a permis à la Confédération de définir son rôle de pionnier, afin de fédérer des forces et d'exploiter les synergies entre les acteurs de la science, de l'économie, de l'administration et de la politique. Il reprenait déjà des exigences du postulat 10.3080.



Les objectifs du Masterplan Cleantech jusqu'en 2020 sont:

- consolider la base de savoir cleantech dans la recherche suisse, afin de hisser notre pays au rang de leader dans certains domaines de compétences cleantech;
- améliorer les conditions générales de la recherche, du transfert de savoir et de technologie et de la formation, afin de favoriser un haut niveau d'innovation dans le domaine cleantech, ce qui permet aux entreprises suisses d'utiliser efficacement les connaissances des hautes écoles pour les innovations cleantech;
- renforcer le développement, la demande et l'utilisation des technologies, des processus et des produits préservant les ressources dans les domaines de l'environnement et de l'énergie;
- positionner la place économique suisse au niveau international comme lieu de production et d'exportation leader dans le domaine des produits et services cleantech.

La réponse au postulat que représente ce rapport constitue actuellement la conséquence des développements politiques et industriels dans le domaine de l'énergie. Depuis 2011, de nombreuses mesures ont été prises dans le cadre de la mise en œuvre des points soulevés dans le postulat. En Suisse comme dans le reste du monde, l'industrie photovoltaïque est également soumise à une forte évolution (phase de consolidation). Les développements ont influencé la mise en œuvre de la stratégie Cleantech de la Confédération et ainsi le calendrier de l'élaboration du rapport donnant suite au postulat. En premier lieu figure la décision de la Suisse d'abandonner progressivement le nucléaire suite à l'accident nucléaire de Fukushima au Japon en mars 2011. L'élaboration de la Stratégie énergétique 2050 (SE 2050) a suivi cette décision, et le message relatif au premier paquet de mesures a été adopté par le Conseil fédéral le 4 septembre 2013. La SE 2050 vise à accroître l'efficacité énergétique et à développer les énergies renouvelables pour qu'il soit possible de renoncer à long terme à l'électricité d'origine nucléaire. Les mesures portent notamment sur le renforcement de la recherche et du développement en matière énergétique avec le plan d'action *Recherche énergétique suisse coordonnée*.

En sus de la SE 2050, le *message relatif à l'encouragement de la formation, de la recherche et de l'innovation pendant les années 2013 à 2016* et des instruments parallèles, tel le plan d'action *Economie verte*, ont repris quelques objectifs de la stratégie Cleantech de la Confédération, qui servait ainsi de principal instrument de coordination et d'exploitation des synergies.

Le *rapport sur la mise en œuvre des mesures du «Masterplan Cleantech – une stratégie de la Confédération en matière d'efficacité des ressources et d'énergies renouvelables»* rend compte de ces travaux entre 2011 et 2014.

Ces instruments ont permis d'initier des mesures qui étaient formulées dans le postulat 10.3080 sous forme de questions. La mise en place d'un centre national de compétences pour le photovoltaïque au Centre suisse d'électronique et de microtechnique (CSEM) en 2013 a aussi concrétisé un point essentiel du postulat, à savoir favoriser la coordination des activités de recherche avec l'industrie. Depuis 2010, les subventions accordées à la recherche énergétique sont systématiquement recensées dans la statistique de la recherche énergétique publiée par l'OFEN. Cela permet d'avancer des assertions fiables sur le développement de la recherche énergétique.



## 2 Développement du photovoltaïque dans le monde

### 2.1 Importance du photovoltaïque dans l'approvisionnement en énergie

A l'échelle mondiale, le photovoltaïque est de plus en plus perçu comme une technologie majeure pour l'approvisionnement en électricité et en énergie. L'énergie éolienne, l'énergie photovoltaïque, la géothermie et la biomasse sont des énergies renouvelables qui, selon le rapport *Renewable Energy – Medium-Term Market Report 2015* de l'Agence internationale de l'énergie (AIE), deviendront d'ici à 2020 les ressources énergétiques affichant la plus forte croissance dans le secteur de l'électricité. Le photovoltaïque (35%), l'énergie éolienne (39%) et la force hydraulique (21%) représenteront près de deux tiers de la nouvelle puissance installée dans le domaine des énergies renouvelables, avec une capacité supplémentaire de près de 700 GW d'énergies renouvelables dans le monde ces prochaines années. Pour 2020, l'AIE s'attend à ce que 2% de la production mondiale d'électricité proviennent du photovoltaïque. Dans l'ensemble, les énergies renouvelables en constituent environ 27%. Selon les prévisions de l'AIE, la part du photovoltaïque dans la production globale d'électricité devrait atteindre 16% d'ici à 2050.

La forte hausse de la part de la production d'électricité renouvelable dans le monde montre que cette évolution est en cours. D'après l'AIE, cette part a augmenté de 22% en 2013, ce qui correspond à une hausse de 5% par rapport à l'année précédente. Les investissements globalement réalisés entre 2012 et 2015 dans la production d'électricité renouvelable, y c. la grande hydraulique, constituent un autre signe positif. Ils représentaient plus du double des investissements dans les centrales à combustibles fossiles (charbon et gaz, p. ex.) au cours de la même période.

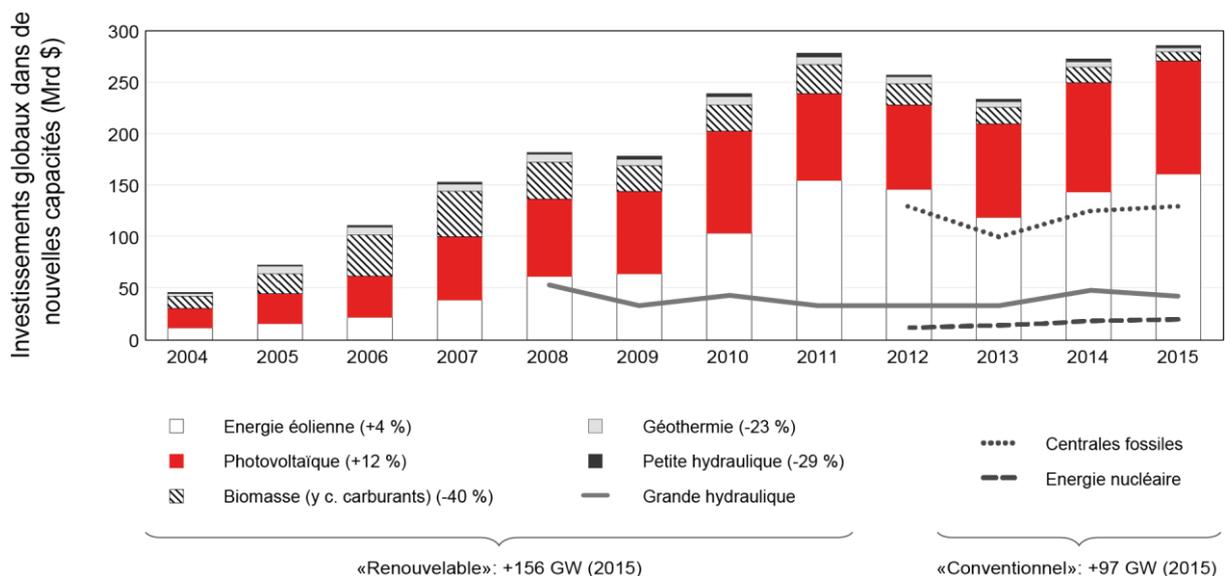


Figure 1 Investissements dans les nouvelles capacités de production d'électricité à l'échelle mondiale (source: BLOOMBERG 2016)

La puissance photovoltaïque installée à l'échelle mondiale a augmenté en 2015 pour atteindre 227 GW (figure 2). Dans le monde, le photovoltaïque contribue ainsi à 1,3% de la production globale d'électricité. En Europe, cette part s'élève à près de 4% et dépasse 7% dans trois pays européens. En comparaison, la part du photovoltaïque dans la production totale d'électricité en Suisse était d'environ 1,8% fin 2015 (cf. chapitre 3).



Tandis que l'Europe dominait le marché du photovoltaïque il y a quelques années, celui-ci se répartit aujourd'hui plus fortement sur plusieurs régions du monde. La construction record de nouvelles installations photovoltaïques en 2015 s'explique par une forte croissance en Asie (Chine et Japon: 15,2 et 11,0 GW) et aux Etats-Unis (7,3 GW). La Chine (43,5 GW), l'Allemagne (39,7 GW), le Japon (34,4 GW), les Etats-Unis (25,6 GW) et l'Italie (18,9 GW) sont les pays avec la plus grande puissance installée. La contribution européenne et asiatique à la capacité photovoltaïque globalement installée atteint à l'heure actuelle près de 100 GW chacune (42%). D'ici à 2020, plus de 150 GW de puissance photovoltaïque seront couplés au réseau rien qu'en Chine.

Des pays européens tels que l'Allemagne, l'Espagne et l'Italie ont déclenché cette évolution – développement massif allié à une forte réduction des coûts – par d'importantes mesures d'encouragement. En Europe, la construction annuelle de nouvelles installations photovoltaïques était en recul entre 2011 et 2014, ce n'est qu'en 2015 qu'une hausse a été enregistrée par rapport à l'année précédente. La raison de ce recul réside dans la diminution des mesures d'encouragement dans plusieurs pays européens. De plus, les coûts de production ont baissé moins rapidement. De nombreux acteurs européens l'imputent aux prix à l'importation minima des produits photovoltaïques chinois, que la Commission européenne a introduits au milieu de l'année 2013.

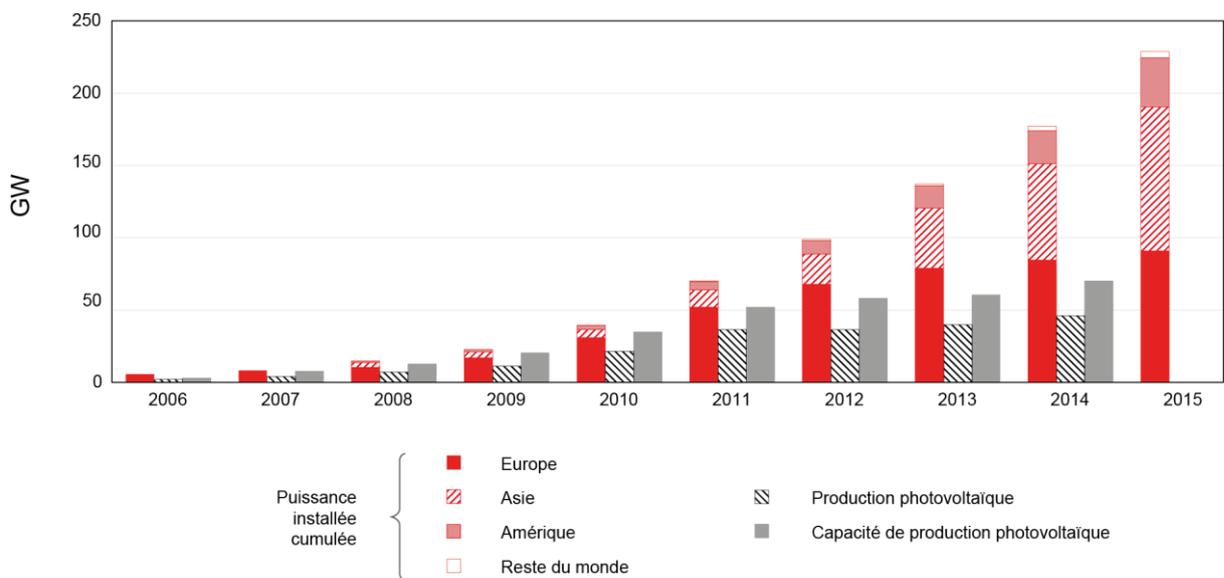


Figure 2 Capacité photovoltaïque globalement installée (cumulée), production de modules photovoltaïques et capacité de production existante (source: AIE, FRAUNHOFER)

## 2.2 Baisse du prix de revient de l'électricité photovoltaïque

Ces dernières années, la réduction des coûts dans le photovoltaïque s'est faite à une vitesse étonnante qu'aucun expert n'avait prévue sous cette forme. Selon l'association européenne Solar Alliance for Europe (SAFE), les premiers fabricants mondiaux ont pu réduire les coûts de production de 8 à 13% entre le début de l'année 2015 et la fin du premier trimestre 2016. Sur les 35 dernières années, on a observé une réduction des prix de l'ordre de 20% à chaque doublement de la capacité (cf. figure 3, graphique de gauche). La part des coûts des modules par rapport aux coûts du système (onduleurs, montage, planification, etc.) a fortement diminué ces dernières années et représente aujourd'hui moins de 50% des frais pour une installation typique en toiture. Les économies d'échelle, le développement technologique, à l'instar d'une forte diminution du



matériel utilisé, ainsi que d'importantes surcapacités du marché expliquent en grande partie la baisse des prix de revient des modules.

Selon Fraunhofer, la moyenne du prix de revient global du photovoltaïque était de 0,122 franc/kWh au second semestre 2015, contre 0,143 franc/kWh au second semestre 2014. Le tarif de rachat pour le courant photovoltaïque en provenance des grandes installations était selon lui en Allemagne de 8,7 ct. d'euro/kWh début 2015, par rapport aux 6 à 8,9 ct. d'euro/kWh pour l'électricité issue des éoliennes onshore.

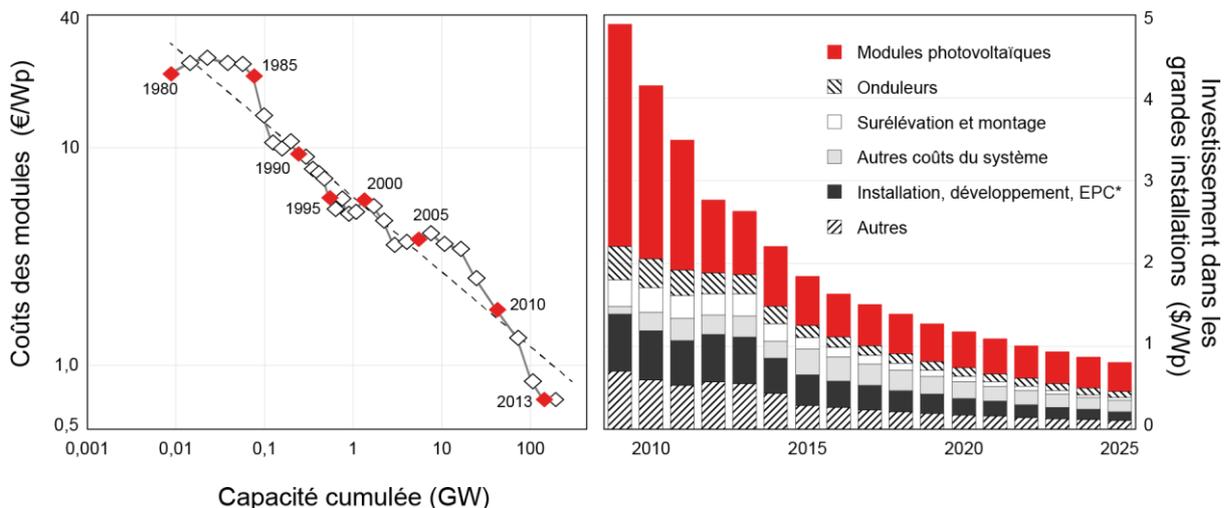


Figure 3 Courbe d'apprentissage des modules photovoltaïques: le prix du module baisse d'environ 20% à chaque doublement de la capacité globale installée (à gauche, Fraunhofer). Evolution des coûts d'investissement pour les grandes installations (à droite) (source graphique de gauche: Strategies Unlimited, Navigant Consulting, EUPD-research; source graphique de droite: IRENA, 2016)

Pour les plus grandes installations, typiquement exploitées par des entreprises d'approvisionnement en énergie, des prix de revient inférieurs à 100 francs/MWh sont aujourd'hui possibles. Dans son rapport *The Power to Change: Solar and Wind Cost Reduction Potential to 2025*, l'Agence internationale pour les énergies renouvelables (IRENA) suppose que le prix de revient pour les grandes installations photovoltaïques diminuera de 59% au cours de la période 2015-2025 et oscillera entre 30 à 120 francs/MWh.

Compte tenu de la réduction des coûts déjà réalisée et du potentiel existant – et pour autant que le développement technologique se poursuive –, le photovoltaïque est en voie de renforcer encore sa position comme mode de production d'électricité renouvelable meilleur marché ces prochaines années. Dans certaines parties du monde, c'est déjà le cas aujourd'hui. Selon les données de Bloomberg, de grandes installations ont été réalisées dans plusieurs pays dans le cadre de procédures d'adjudication avec contrats de prise en charge, avec des prix de revient conclus par voie contractuelle qui sont inférieurs à 60 \$/MWh.

Le développement futur dépend d'un cadre réglementaire stable ainsi que de (nouveaux) modèles de financement et d'organisation appropriés, combinés à une meilleure intégration dans le système électrique. Sans oublier un développement technologique aux progrès constants (cf. AIE 2014).

### 2.3 Développement industriel

Après un boom en 2011, une phase de consolidation importante est intervenue dans le secteur du photovoltaïque, notamment en Europe et en Amérique du Nord, mais aussi en Asie de manière différée. Elle découle de surcapacités importantes dans la production et d'une baisse subséquente des prix, alliées à des adaptations en partie drastiques de l'encouragement et des conditions-cadres. De nombreuses entreprises n'ont pas survécu à ce changement dans le monde, et en particulier en Europe: rien qu'en Allemagne, le



nombre de places de travail dans le secteur du photovoltaïque est passé de 128 000 en 2011 à moins de 50 000 en 2014. Plusieurs analystes s'attendent à de nouvelles corrections du marché.

Ces dernières années, il y a eu une forte délocalisation de la production des composants photovoltaïques vers la Chine. Une étude publiée en avril 2016 sur mandat de l'Agence suisse pour l'efficacité énergétique (SAFE) révèle que les fabricants photovoltaïques chinois ne produisent pas meilleur marché en raison des subventions, mais parce qu'ils ont des avantages réels en termes de coûts de production par rapport aux entreprises européennes et japonaises. D'après cette étude, les économies d'échelle et la standardisation constituent des facteurs importants et forment un avantage de plus de 10% en termes de coûts. En 2015, la part de fabricants chinois dans la production mondiale de modules photovoltaïques était de 71%, suivie du reste de la région Asie-Pacifique avec 14%. L'Europe fabrique encore près de 5% des modules photovoltaïques (cf. Fraunhofer 2016).

#### Les principaux fabricants dans le monde couvrent plus de deux tiers du volume du marché

	Entreprise	Siège de l'entreprise	GW	Part de marché
1	Trina Solar	Chine	5,7	11,5%
2	Canadian Solar	Canada	4,7	9,4%
3	Jinko Solar	Chine	4,5	9,0%
4	JA Solar	Chine	3,9	7,9%
5	Hanwha Q Cells	Corée du Sud	3,3	6,6%
6	First Solar	Etats-Unis	2,8	5,6%
7	ReneSola	Chine	2,7	5,4%
8	Yingli Solar	Chine	2,4	4,8%
9	Suntech (Shunfeng)	Chine	2,3	4,6%
10	Risen Energy	Chine	1,2	2,5%
1-10	Total	-	33,6	67,2%
	Reste	-	16,4	32,8%

**Tableau 1** Classement des dix principaux fabricants de cellules et de modules photovoltaïques selon le chiffre d'affaires en 2015, en GW (source: <http://de.statista.com>)

Si l'on compare les différentes technologies de panneaux solaires, la part des modules composés de cellules à base de silicium (Si) dépasse 90%. Près de 69% des modules sont composés de cellules en silicium polycristallins avec un rendement allant jusqu'à 16%, alors que 24% sont des modules composés de cellules en silicium monocristallins avec un rendement typique de 19%. La part des technologies à couche mince s'élève à près de 7% de la production globale de modules, avec un rendement maximal de 16% (cf. Fraunhofer 2016).

Une part importante de la technologie photovoltaïque utilisée dans le monde a fait l'objet de recherches et de développements en Europe, en sus de contributions à la recherche et de développements technologiques au Japon, en Australie ou aux Etats-Unis. Pour l'industrie photovoltaïque européenne, les innovations technologiques offrent le cas échéant la possibilité de regagner des parts de marché. C'est notamment le cas pour les fabricants de machines pour l'industrie photovoltaïque, avec de nouveaux procédés pour la production de cellules solaires haute performance et potentiellement bon marché. La technologie cellulaire «Advanced Passivated Emitter and Rear Cell» (PERC) et la technologie qui utilise des cellules de silicium haute performance (hétérojonction) sont considérées comme potentiellement concurrentielles pour une production européenne (PREU\_2015). Selon des études de PREU et de JRC de 2015, les coûts de production peuvent être globalement concurrentiels en Europe avec un degré d'automatisation élevé dans le processus de production ainsi qu'une concentration sur les modules haute performance et les applications spéciales, p. ex. dans l'intégration au bâtiment. L'utilisation généralisée de solutions de stockage décentralisées est aussi considérée comme un élément moteur du développement du marché du photovoltaïque en Europe. L'industrie de sous-traitance, le montage, la planification et la maintenance sont généralement des champs qui offrent de bonnes perspectives de développement pour le secteur européen et permettent une part importante de création de valeur régionale.



## 3 Photovoltaïque en Suisse

### 3.1 Le photovoltaïque dans la Stratégie énergétique 2050

La Suisse dispose aujourd'hui d'un approvisionnement énergétique sûr et bon marché. Les évolutions économiques et technologiques, de même que les décisions politiques prises dans notre pays et à l'étranger entraînent des changements fondamentaux sur les marchés de l'énergie. Afin de préparer la Suisse à y faire face, le Conseil fédéral a élaboré la Stratégie énergétique 2050. Celle-ci doit permettre au pays de tirer parti de la nouvelle situation et de conserver son niveau d'approvisionnement élevé. Parallèlement, la stratégie contribue à réduire la pollution de l'environnement liée à la consommation d'énergie en Suisse. En septembre 2013, le Conseil fédéral a transmis au Parlement le premier paquet de mesures de la Stratégie énergétique 2050 dans le but d'intégrer systématiquement les potentiels d'efficacité énergétique existants et d'exploiter les potentiels en matière de force hydraulique et de nouvelles énergies renouvelables (solaire, éolien, géothermie, biomasse). D'après les Perspectives énergétiques 2050, le potentiel des énergies renouvelables (sans la force hydraulique) exploitable à long terme est estimé à 24,2 TWh d'ici à 2050, dont 11,1 TWh/a reviennent à l'énergie photovoltaïque, 4,3 TWh/a à l'énergie éolienne, 1,2 TWh/a à la biomasse, 4,3 TWh/a à la géothermie, ainsi que 3,2 TWh/a aux stations d'épuration (STEP), aux usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM) et au biogaz. En 2015, la part du photovoltaïque dans la production d'électricité s'élevait à près de 2% (cf. Statistique suisse des énergies renouvelables, Swissolar 2016).

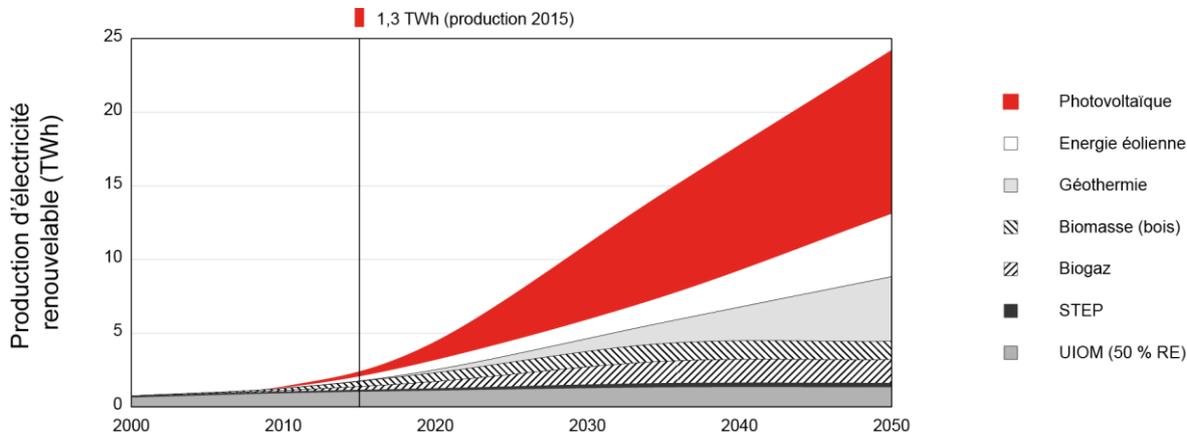


Figure 4 Production d'électricité d'origine renouvelable en Suisse jusqu'en 2050 (source: Perspectives énergétiques 2050, OFEN 2012)

### 3.2 Evolution du marché de la demande en Suisse

Sous l'impulsion de la rétribution à prix coûtant du courant injecté (RPC), de différents autres mécanismes d'encouragement et de mesures à l'échelle cantonale, de l'introduction d'une réglementation en matière de consommation propre et de commercialisation directe, et grâce à une réduction générale des coûts des systèmes photovoltaïques, un marché intérieur du photovoltaïque plus ou moins stable s'est développé ces dernières années, d'une capacité additionnelle de l'ordre de 300 MW par an. S'agissant de la nouvelle puissance installée chaque année, la Suisse figure actuellement dans la première moitié du classement par rapport à ses voisins européens.



D'après les indications de l'association professionnelle Swissolar, la puissance installée cumulée atteignait près de 1,3 GW fin 2015. Ce sont environ 160 W par habitant. Quelque 2% de la consommation nationale d'électricité ont ainsi pu être couverts par la production indigène issue des installations photovoltaïques. En Allemagne, la puissance installée était de 473 W par habitant en 2015, de 303 W en Italie. Près de 50% de toutes les installations sont dans une classe de puissance supérieure à 100 kW. Ces dernières années, un nombre croissant de grandes installations ont été construites, d'une puissance jusqu'à 5 MW.

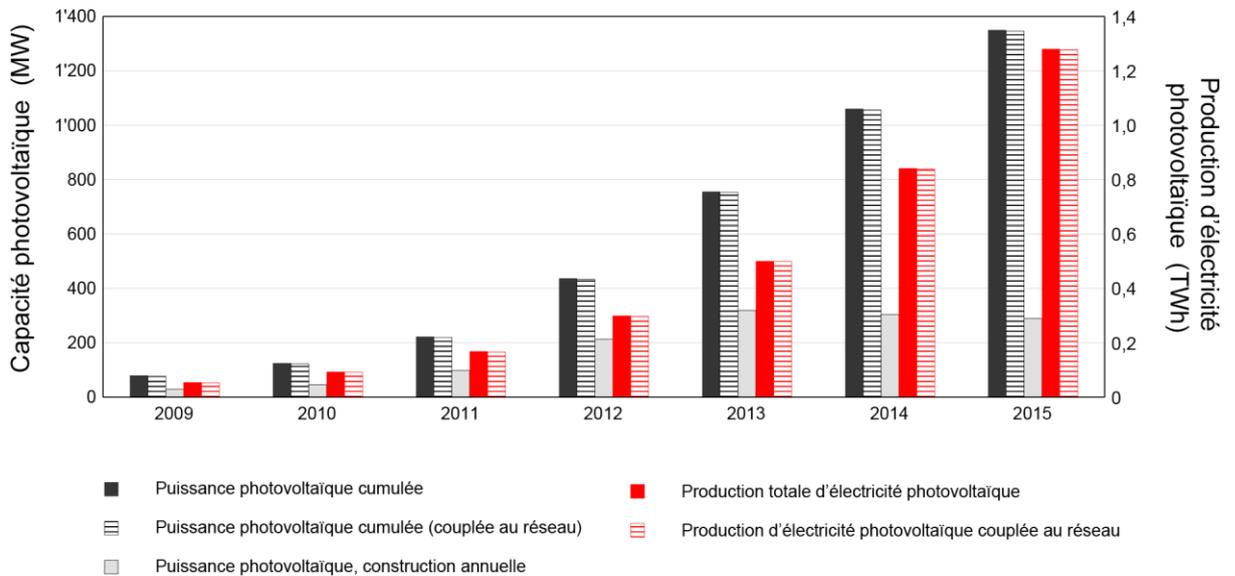


Figure 5 Evolution du marché du photovoltaïque en Suisse. Puissance photovoltaïque cumulée (MW) et production annuelle d'électricité (GWh) issue des installations photovoltaïques en Suisse (source: Swissolar)

### 3.3 Evolution du marché dans l'industrie

Malgré la concurrence internationale féroce et la phase en partie difficile à l'échelle internationale pour l'industrie photovoltaïque, les entreprises suisses sont aujourd'hui généralement bien placées tout au long de la chaîne de création de valeur dans le domaine de l'énergie photovoltaïque. Elles préparent des matériaux et des composants, fabriquent des onduleurs, fournissent des systèmes d'installation, des installations de production et des logiciels spécifiques au secteur. Les liens étroits entre l'industrie et les institutions de recherche dans les universités et les hautes écoles spécialisées constituent un facteur de succès important.



La figure 6 montre les nombreux acteurs de l'industrie photovoltaïque suisse sur la carte du pays, classés selon les activités principales dans le domaine des cellules solaires (■), des modules et de l'intégration au bâtiment (■) ainsi que de la technologie des systèmes et du montage (■).

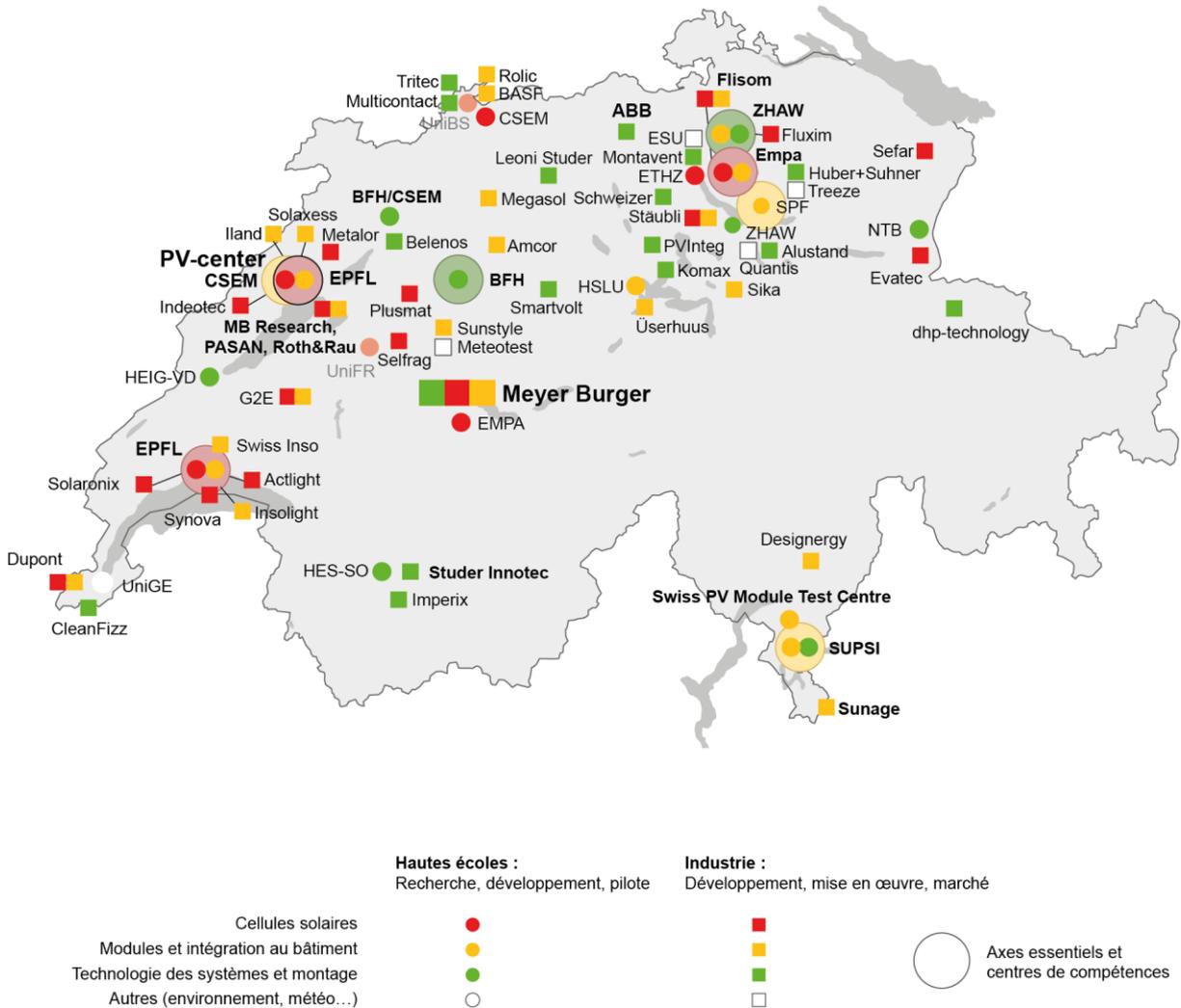


Figure 6 Acteurs de l'industrie photovoltaïque suisse (source: OFEN)

Dans le développement des cellules et des modules photovoltaïques, l'industrie suisse a rapidement acquis une position prépondérante à l'échelle mondiale dans la découpe des wafers de silicium. En plus des entreprises qui sont principalement actives comme fabricants d'installations de production et de traitement, il existe nombre d'acteurs industriels dans la sous-traitance de composants photovoltaïques, l'intégration du photovoltaïque au bâtiment et la technologie des systèmes (onduleurs, connecteurs, prises électrique, systèmes de montage, etc.). Les entreprises spécialisées dans la planification, la conception des installations et la surveillance constituent d'autres acteurs industriels. Comme le présent rapport l'a révélé, l'ensemble de l'industrie photovoltaïque suisse se répartit sur toute la chaîne de création de valeur liée au développement des technologies photovoltaïques. La production de modules photovoltaïques en Suisse est relativement faible.

D'après une étude de l'AIE, l'ensemble du secteur photovoltaïque (y c. installateurs et planificateurs) représentait près de 6000 places de travail en 2015, avec un chiffre d'affaires total d'environ 800 millions de



francs. Le taux d'exportation est de quelque 50%. Si l'on considère uniquement le secteur qui développe les technologies, le taux d'exportation est nettement plus élevé.

### 3.4 Photovoltaïque dans le contexte des cleantech

Le Masterplan Cleantech met en évidence la grande importance du secteur photovoltaïque pour notre pays d'un point de vue technologique, industriel et économique. Dans le rapport de 2011, le Conseil fédéral a analysé les forces et les faiblesses de la place suisse de la recherche et de l'industrie dans le domaine des cleantech et montré des domaines d'action et des mesures essentielles. Le rapport sur la mise en œuvre du Masterplan Cleantech pour les années 2011 à 2014 parvient à la conclusion que la stratégie Cleantech a fait ses preuves et suscité de nombreuses mesures au niveau de l'économie publique et privée. La plupart des mesures définies en 2011 ont été mises en œuvre avec succès.

Dans la recherche et le développement, les instituts suisses de recherche comptent parmi les leaders mondiaux dans plusieurs domaines du photovoltaïque. En 2011, la forte fragmentation du paysage de la recherche, avec un nombre important de petits instituts et groupes de recherche et de nombreux instruments d'encouragement, les subsides globalement insuffisants pour la recherche axée sur la technologie ainsi que le transfert trop passif de savoir et de technologie étaient perçus comme des faiblesses. Les régulations et les programmes d'encouragement axés sur le marché, le renforcement de la position concurrentielle des entreprises cleantech suisses dans le contexte international et la promotion de la formation et de la formation continue étaient cités comme des domaines d'action centraux.

L'industrie du photovoltaïque en Suisse peut bénéficier de nombreuses interfaces avec l'industrie des machines et des outils. Pour les technologies cleantech, le marché intérieur, avec la visibilité et la perception correspondantes, revêt une importance capitale pour le développement d'innovations. L'intégration du photovoltaïque au parc immobilier et au réseau électrique ainsi que l'interaction avec le stockage de l'énergie ou la mobilité électrique permettront en outre des synergies avec d'autres branches économiques. Le photovoltaïque peut servir de catalyseur pour les nouveaux systèmes et technologies énergétiques et la création de valeur qui en découle. Le courant solaire doit être intégré dans le réseau électrique du futur, ce qui contribue à la stabilisation du réseau en combinaison avec une gestion intelligente des consommateurs (réseaux intelligents).

Le photovoltaïque permet le développement d'une industrie qui peut assumer un rôle prépondérant en Suisse et concevoir des produits et des services exportables. On trouve de tels exemples dans le domaine de la construction des machines et l'électronique, dans le domaine des réseaux électriques avec de nouveaux systèmes de conduite du réseau et de distribution de l'énergie (réseaux intelligents), dans celui de l'architecture (solaire) et des éléments de construction qui sont énergétiquement efficaces ou produisent de l'énergie (photovoltaïque intégré), dans la combinaison du photovoltaïque avec d'autres technologies énergétiques telles que les pompes à chaleur, les piles à combustible et les systèmes d'électrolyse (*power to gas*), dans le pilotage global de bâtiments et de quartiers (*smart cities*) ou dans l'interaction du photovoltaïque avec les systèmes de stockage de l'énergie et l'énergie de réglage.

## 4 Développement technologique et recherche

### 4.1 Sur le plan mondial

La recherche en photovoltaïque s'occupe d'une part du développement des technologies existantes et disponibles sur le marché. D'autre part, elle étudie de nouveaux concepts de cellules et matériaux et les porte à la maturité industrielle. Outre la recherche proprement dite sur les cellules et les modules, l'amélioration des installations de production, la mise à disposition et le recyclage des matériaux constituent d'autres champs thématiques importants.



En plus du domaine crucial des technologies de cellules et de panneaux solaires, la recherche en photovoltaïque porte aussi sur d'autres thèmes qui traitent de l'intégration du photovoltaïque dans des systèmes globaux. Il y a par exemple le développement de technologies pour améliorer l'intégration du photovoltaïque au bâtiment (intégration au bâtiment), le développement de la technologie des systèmes (onduleurs) ou les études sur les indicateurs environnementaux (analyses du cycle de vie) et sur la valorisation des matériaux (recyclage). Avec la réduction constante des coûts, les aspects multisystémiques tels que l'intégration au réseau, les stratégies énergétiques dans le bâtiment et le thème du stockage notamment gagnent toujours plus en importance.

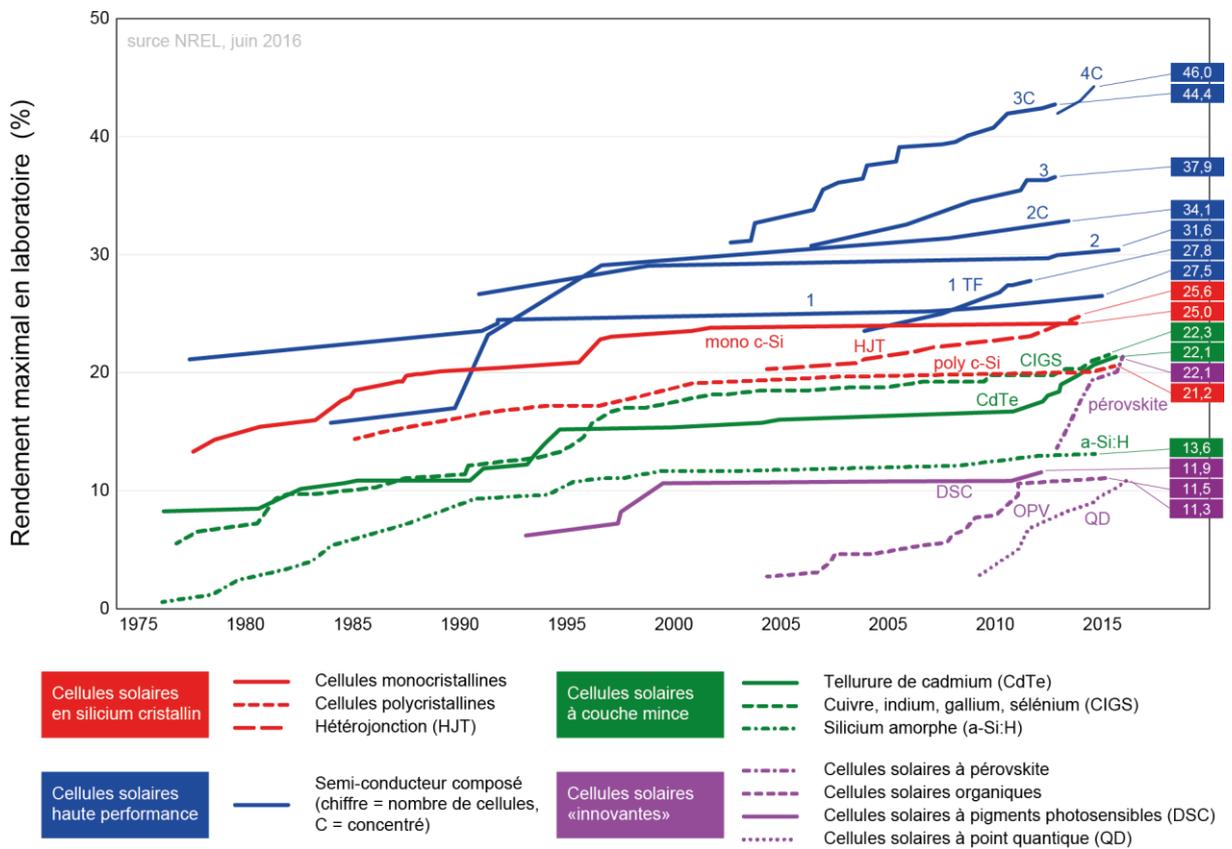


Figure 7 Evolution du rendement en laboratoire de différentes technologies de cellules solaires (source: NREL, état juin 2016)

L'évolution des rendements obtenus dans les laboratoires de recherche au cours des 40 dernières années donne une impression du développement continu dans le domaine des cellules solaires. Les rendements des différentes technologies de cellules solaires sont représentés sur la figure 7. Le développement constant observé se caractérise par certaines nouvelles technologies qui affichent des améliorations notables du rendement sur de relativement courtes périodes.

Dans le domaine des cellules en silicium cristallin, les rendements maximaux mesurés en laboratoire atteignent 25,6% pour les cellules monocristallines et 20,8% pour les cellules polycristallines<sup>1</sup>. Le rendement des modules composés de cellules en silicium disponibles sur le marché a progressé en une dizaine d'années de 12 à 17%. Dans le domaine des cellules à couche mince, les rendements maximaux obtenus en laboratoire

<sup>1</sup> Ces rendements records se rapprochent du rendement maximal théorique de 29,4% pour le silicium.



s'élèvent à 21,0% pour la technologie CdTe et à 20,5% pour la technologie CIGS. Les modules à couche mince disponibles sur le marché ont des rendements allant jusqu'à 16% (CdTe).

Des progrès considérables ont aussi été réalisés ces dernières décennies dans le photovoltaïque en tant que système global (modules, onduleurs, etc.). Comme indicateur, on peut se référer à l'évolution du *performance ratio* (coefficient de performance) des installations photovoltaïques. Cette valeur compare le rendement utile effectif d'une installation photovoltaïque au rendement escompté sur la base de l'énergie reçue à la surface du module et tient compte ainsi des pertes de conversion (onduleurs) et des pertes dues aux défaillances ou à la pollution. Alors que, selon le rapport Analysis of Long-Term Performance of PV Systems, IEA Photovoltaic Power Systems Programme, Task 13 (AIE 2014), cette valeur se situait en moyenne vers 70% il y a 10 à 15 ans, elle est aujourd'hui comprise entre 80 et 90%, soit avec une nette amélioration du photovoltaïque en tant que système global (KIC InnoEnergy 2015).

Une étude publiée en 2015 par l'Office européen des brevets et le Programme des Nations Unies pour l'environnement sur les innovations dans le domaine des technologies de protection du climat révèle qu'en la matière, le nombre de demandes de brevets a été multiplié par cinq dans le monde entre 1995 et 2011 (EPO\_UNEP\_2015). L'Europe fait partie des régions qui inventent le plus de nouvelles technologies pour la protection du climat, avec un cinquième de toutes les demandes de brevets dans le domaine des technologies durables. En matière de photovoltaïque, c'est le Japon qui a la palme des demandes de brevets.

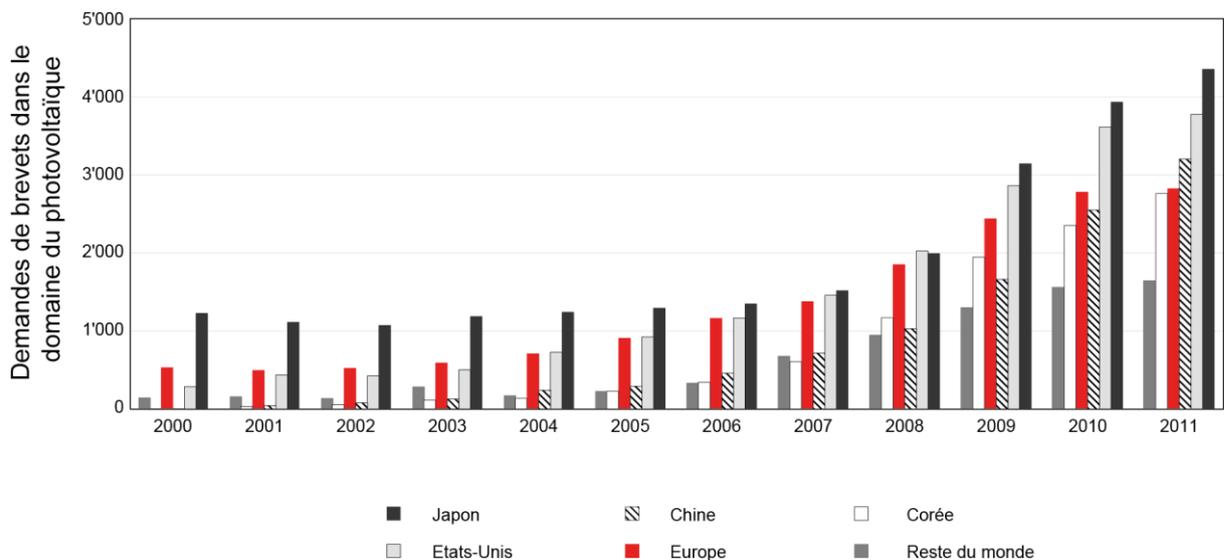


Figure 8 Demandes de brevets dans le domaine du photovoltaïque de 1995 à 2011, selon les régions (source: OEB, PNUE 2015)

## 4.2 Sur le plan national

Par rapport à la taille du pays, la Suisse présente une grande diversité d'acteurs dans le domaine de la recherche en photovoltaïque et du développement de technologies photovoltaïques. Les activités de recherche et de développement de qualité qui sont menées depuis des décennies dans les hautes écoles et certaines entreprises en forment la base. Des expériences précoces dans la réalisation d'installations pilotes et de démonstration ont aussi contribué à l'application des connaissances et des développements dans les produits industriels.



La figure 9 montre les domaines de sous-traitance importants pour la Suisse (matériaux, installations de production et de traitement, fournisseurs) en plus de la chaîne centrale de création de valeur du photovoltaïque. La répartition reflète le nombre d'acteurs et ne correspond pas forcément à la taille de l'activité dans un domaine partiel de la chaîne de création de valeur. En matière de développement et de production des modules, l'accent est par exemple mis sur le photovoltaïque intégré au bâtiment et son application en Suisse.

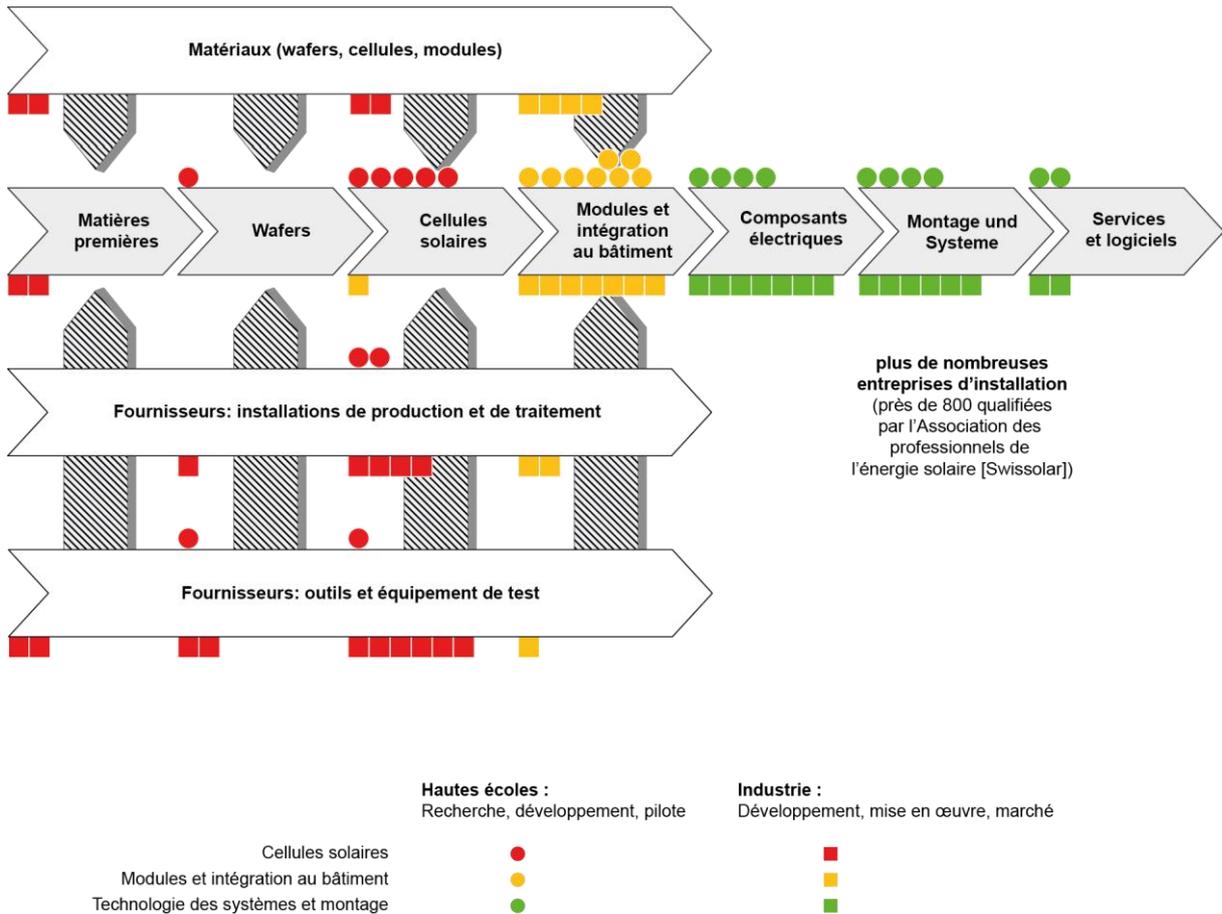


Figure 9 Acteurs des hautes écoles et de l'industrie qui couvrent la chaîne de création de valeur du photovoltaïque (source: OFEN)

#### 4.2.1 Plan directeur de la recherche énergétique de la Confédération

Dans le domaine du photovoltaïque, les projets de recherche, pilotes et de démonstration sont soutenus par plusieurs instances publiques, des projets avec différents degrés de maturité technologique. L'encouragement des projets suit dans la plupart des cas le principe ascendant, c.-à-d. que les partenaires définissent eux-mêmes le thème du projet et le soumettent au promoteur correspondant. Dans certains cas, les projets de recherche découlent d'appels d'offres (*calls*), en particulier pour les activités soutenues par la Commission européenne.

L'OFEN occupe une position particulière avec ses subventions par programmes. Il encourage et coordonne ainsi la recherche énergétique à l'échelle nationale et soutient l'émergence de nouveaux marchés pour un approvisionnement durable en énergie. Grâce à ces moyens engagés dans les programmes, l'OFEN peut de manière ciblée combler les lacunes dans le domaine de la recherche. Le Plan directeur de la recherche énergétique de l'OFEN pour la période 2013-2016 se fonde sur le Plan directeur de la recherche énergétique



de la Confédération, élaboré pour la même période par la Commission fédérale pour la recherche énergétique (CORE). Pour la mise en œuvre de son plan directeur, l'OFEN investit ses moyens de manière subsidiaire aux efforts des centres de recherche privés et publics dans le développement ciblé de technologies et de concepts innovants selon une approche par programmes. Il intervient là où des lacunes sont constatées dans le paysage de l'encouragement en Suisse. Les mandataires sont des particuliers, le domaine des écoles polytechniques fédérales, les hautes écoles spécialisées et les universités. Les projets soutenus ont droit à un suivi professionnel de l'OFEN, qui a la possibilité de faire appel à des experts et représentants d'autres organismes d'encouragement. Grâce à ses prises de position, l'expertise confirmée de l'OFEN influence également l'évaluation de propositions de projet émanant d'autres organismes promotionnels nationaux, cantonaux, municipaux ou privés. Par ailleurs, l'OFEN entretient des échanges réguliers d'informations entre différents programmes nationaux d'encouragement et soutient les mesures visant à la transmission des savoirs en général. Il est ainsi étroitement lié à tous les organismes d'encouragement sur la chaîne de création de valeur et veille au développement constant des connaissances ainsi qu'à leur mise en œuvre dans des applications concrètes.

#### 4.2.2 Programme de recherche Photovoltaïque de l'Office fédéral de l'énergie

Le programme de recherche *Photovoltaïque* de l'OFEN s'intéresse depuis trois décennies à la conversion directe de l'énergie solaire en électricité. Il porte sur des activités suisses dans le domaine de la recherche et du développement ainsi que dans les projets pilotes et de démonstration. L'accent est mis sur les projets axés sur l'application pratique et l'industrie. Grâce à l'utilisation subsidiaire ciblée des moyens à la disposition de la recherche en photovoltaïque et des ressources du domaine des installations pilotes et de démonstration, il est possible de promouvoir des solutions visant à réduire les coûts du système énergétique photovoltaïque dans plusieurs domaines prioritaires et de créer la condition nécessaire à la poursuite de leur mise en œuvre. D'après le Plan directeur de la recherche énergétique de l'OFEN pour la période 2013 à 2016, une priorité du programme de recherche réside dans l'encouragement de projets visant à développer des technologies applicables à moyen et à long terme. L'intégration du photovoltaïque aux bâtiments est une question débattue depuis longtemps qui a vu naître, il y a peu, quantité de nouveaux projets grâce aux nouvelles options offertes par le domaine des modules photovoltaïques colorés et à surface structurée, notamment avec la participation de différentes spin-off. Font également partie des priorités les thèmes de l'assurance-qualité et de l'intégration au réseau, ainsi que les modèles de prévision de la production.

En plus de l'encouragement subsidiaire de projets photovoltaïques, le programme de recherche *Photovoltaïque* de l'OFEN garantit aussi la collaboration avec les organisations internationales, par exemple en représentant la Suisse dans le programme technologique de l'AIE consacré au photovoltaïque, en collaborant à la Plate-forme technologique européenne du photovoltaïque ou en participant aux réseaux européens de promotion des technologies (European Research Area Networks)<sup>2</sup>.

Le fait que la recherche et le développement technologique dans le domaine du photovoltaïque en Suisse sont généralement bien positionnés aujourd'hui s'explique par une volonté d'encouragement stratégique. Le programme de recherche de l'OFEN constitue ici une exception, car il a permis de développer sans relâche, pendant plus de 30 ans, des compétences et des thèmes prioritaires ayant des effets positifs jusqu'à aujourd'hui.

Le paysage de la recherche en photovoltaïque est très fragmenté dans les hautes écoles suisses. Parmi les circonstances favorables figurent les instruments destinés à promouvoir la recherche, dont fait partie le programme de recherche de l'OFEN, les compétences et l'innovation traditionnellement élevées dans l'industrie des machines, l'excellence des établissements de formation ainsi que les conditions-cadres globalement avantageuses de la place économique suisse. Plusieurs instituts et laboratoires ont des difficultés à assurer une masse critique et un financement continu. C'est notamment le cas pour les hautes écoles spécialisées, où une grande partie des activités est financée par des fonds de tiers.

---

<sup>2</sup> ERA-NET on Solar Electricity for the Implementation of the Solar Europe Industry Initiative ([www.solar-era.net](http://www.solar-era.net))



Une partie des activités de recherche n'est pas liée à des instituts spécifiquement axés sur le photovoltaïque ou à des budgets de programmes correspondants, mais de manière plus générale à des postes de professeurs ou de chefs de groupe dans le domaine de la technique et de l'énergie. Ainsi, les moyens utilisés pour la recherche ne proviennent souvent pas de budgets spécifiques pour le photovoltaïque, mais sont en concurrence avec d'autres domaines technologiques et des décisions spécifiques à des projets. Lorsque des chaires sont repourvues, une continuité thématique n'est pas automatique et dépend des personnes nommées.

#### **4.2.3 Centre national de compétences pour le photovoltaïque**

Début 2013, le Centre suisse d'électronique et de microtechnique (CSEM) à Neuchâtel a lancé le centre photovoltaïque (PV-center), qui est soutenu pour une période de quatre ans par la Confédération (Secrétariat d'Etat à la formation, à la recherche et à l'innovation) à hauteur de 19 millions de francs (un tiers de fonds publics, un tiers de fonds privés et un tiers de fonds de tiers). Le soutien de la Confédération de 2013 à 2016 a eu lieu dans le cadre de l'encouragement du CSEM en vertu de l'art. 15, al. 3, let. c, LERI (contributions de base en faveur des «centres de compétences technologiques»), dont 19 millions de francs ont été affectés spécifiquement au PV-center. Pour les années 2017 à 2020, l'encouragement est maintenu «dans le cadre actuel», où la promotion des centres de compétences technologiques représente un axe prioritaire de la prochaine période FRI (cf. message FRI 2017-2020, p. 3040). En tant que centre d'envergure nationale orienté sur l'industrie et les applications, le PV-center met à profit l'expérience de plus de 25 ans dans le domaine de la recherche en photovoltaïque du Laboratoire de photovoltaïque (PV-Lab) de l'Institut de microtechnique de l'EPFL à Neuchâtel et du CSEM Muttenz, qui existe depuis 1984.

Le PV-center a pour objectif d'accélérer la mise en œuvre industrielle des résultats de la recherche et du développement, de faire avancer le développement de nouvelles technologies pour les cellules et modules photovoltaïques et, de manière générale, de contribuer à l'intégration du photovoltaïque comme un élément essentiel de l'approvisionnement en énergie sur le plan national. Le centre offre aux partenaires industriels un large éventail de possibilités de collaboration et d'utilisation dans le domaine du développement technologique.

Conformément au message relatif au plan d'action «Recherche énergétique suisse coordonnée», les institutions qui ont des activités de recherche dans le domaine photovoltaïque devraient collaborer avec le centre de compétence du CSEM au sein d'un réseau national. Les expériences acquises depuis le lancement du PV-center du CSEM en 2013 montrent toutefois que le rôle de la mise en réseau au niveau national ne peut être que conditionné par ce centre et que le PV-center du CSEM ne peut pas complètement remplacer les fonctions d'un SCCER. Alors que, grâce aux SCCER, la mise en réseau interuniversitaire des centres de compétence dans le domaine de la recherche appliquée est stimulée par des projets communs dans le cadre de lots de travaux, le PV-center du CSEM est fortement focalisé sur les activités de recherche et de développement proches de l'industrie et sur la mise en œuvre des innovations.

#### **4.2.4 Acteurs dans les hautes écoles**

En matière de développement de cellules solaires, plusieurs institutions de recherche – l'Empa, l'EPFL à Neuchâtel (IMT) et à Lausanne (LPI), le Centre suisse d'électronique et de microtechnique (CSEM) – comptent parmi les laboratoires de premier plan au niveau mondial. Tandis que la technologie du silicium amorphe en couche mince dominait par le passé, la recherche s'est élargie ces dernières années aux nouveaux systèmes dans le domaine des cellules en silicium cristallin (technologie à hétérojonction, PERC) alors que d'autres technologies en couche mince (CIGS, CdTe, CTZS) et de nouvelles approches telles que les cellules en pérovskite ont gagné en importance. Dans plusieurs institutions suisses de recherche, des activités de qualité reconnues dans le monde entier se déroulent aussi dans d'autres domaines de la recherche en photovoltaïque, à l'instar de l'intégration du photovoltaïque aux bâtiments et aux réseaux, de



l'assurance-qualité ou de la technique des systèmes électriques. De manière générale, elles ont nettement augmenté et les infrastructures de recherche se sont développées.

Les sections suivantes décrivent brièvement les principaux centres de compétences pour la recherche en Suisse.

### **Laboratoire de photovoltaïque et PV-center du CSEM**

Le Laboratoire de photovoltaïque (PV-Lab) de l'Institut de microtechnique (IMT) de l'EPFL à Neuchâtel existe depuis 1984 et peut se targuer de plusieurs performances pionnières dans le développement de nouveaux processus, notamment pour la fabrication de cellules solaires à couche mince en silicium. Ces dernières années, les activités de recherche portent sur le domaine des cellules solaires cristallines en silicium haute performance, en particulier sur le développement des hétérojonctions de silicium, où la longue expérience dans le dépôt de couches minces assisté par plasma joue un rôle important. Les projets actuels de recherche et de développement visent les propriétés des matériaux, le développement de différentes couches intermédiaires pour les cellules solaires (films pour fenêtre conducteurs d'électricité et optiquement transparents), la structuration des cellules pour mieux capter la lumière ou de nouvelles méthodes de mise en contact électrique. Il y a aussi une collaboration étroite avec d'autres partenaires du domaine des EPF dans le développement des cellules tandem obtenues à partir de deux cellules solaires empilées l'une sur l'autre.

En plus des activités de recherche dans le domaine des cellules solaires, le laboratoire travaille aussi sur des systèmes d'encapsulation pour modules solaires et de nouveaux systèmes de modules pour l'intégration au bâtiment. Ces dernières années, il a ainsi pu mettre au point une technologie qui permet aux fabricants de modules composés de cellules en silicium cristallin d'en adapter la couleur pour favoriser l'intégration du photovoltaïque au bâtiment, et notamment aux façades. Quant à la gestion des systèmes de stockage d'énergie photovoltaïque, il existe une collaboration avec le centre CSEM-BFH Stockage d'énergie (ESReC) à Bienne, porté conjointement par le CSEM et la Haute école spécialisée bernoise (HES-BE).

Les deux institutions, le PV-Lab de l'EPFL et le CSEM, travaillent en étroite collaboration. Ce faisant, le PV-Lab traite plutôt de thèmes de la recherche fondamentale, alors que le CSEM est très actif dans le domaine de l'application en collaboration avec plusieurs partenaires de l'industrie.

### **Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL)**

#### *Laboratoire de photonique et interfaces*

Le Laboratoire de photonique et interfaces (LPI) de l'EPFL à Lausanne est mondialement connu pour ses travaux fondamentaux dans le domaine des cellules solaires à pigments photosensibles (cellules Grätzel), qui y sont étudiées et développées depuis les années 1990. Des entreprises suisses (Solaronix, Glass2Energy) ont déployé de grands efforts pour continuer d'appliquer cette technologie à l'échelle industrielle, dans le cadre d'une collaboration avec l'EPFL.

Les cellules solaires à pérovskite, qui ont fait l'objet de recherches intensives ces dernières années, constituent un développement prometteur des cellules solaires à pigments photosensibles. En laboratoire, l'efficacité de ces cellules est passée de 4% à plus de 20% en six ans à peine, ce qui est unique dans le développement des cellules solaires. Le LPI compte parmi les laboratoires de premier plan à l'échelle mondiale, avec un niveau record en laboratoire de 21%. La stabilité à long terme de ces cellules et les matériaux utilisés pour les cellules en pérovskite constituent les défis majeurs pour la suite de la mise en œuvre de cette approche.



## **Empa (institut de recherche interdisciplinaire)**

### *Département «Films minces et photovoltaïque»*

Le laboratoire Films minces et photovoltaïque de l'Empa à Dübendorf étudie et développe depuis de nombreuses années des cellules à couche mince sur la base de semi-conducteurs composés (CdTe, CIGS et CZTS). Il compte parmi les premières institutions de recherche dans le monde pour cette technologie, en particulier dans le domaine CIGS. Une priorité du laboratoire concerne les techniques de traitement à basse température, ce qui permet de réaliser des cellules solaires CIGS sur des substrats polymères flexibles. Avec d'autres hautes écoles partenaires en Suisse, le laboratoire suit des approches prometteuses pour combiner la technologie CIGS avec d'autres technologies (pérovskite) dans des cellules tandem avec un potentiel de rendement de 30% et plus. Aussi bien les activités de recherche et de développement que la mise en œuvre pilote à l'échelle industrielle avec le partenaire Flisom sont soutenues par l'UE, la CTI, l'OFEN et le FNS dans le cadre de différents projets.

### *Département «Polymères fonctionnels»*

Une autre section de l'Empa étudie et développe depuis plusieurs années des matériaux et des polymères organiques novateurs pour une application dans des cellules solaires ou des composants semi-conducteurs organiques (LED). Cette approche peut permettre de produire des cellules solaires flexibles à très bon marché dans un procédé d'impression basé sur des matériaux de base avantageux. Ces dernières années, des progrès importants ont été accomplis en étroite collaboration avec différents partenaires de recherche suisses (p. ex. CSEM Muttenz) et européens et des entreprises industrielles suisses, par exemple dans la fabrication et la mise à l'échelle de films barrières transparents qui empêchent l'entrée de vapeur d'eau et d'oxygène dans les matériaux organiques et donnent ainsi aux cellules solaires organiques une stabilité à long terme.

En plus des activités photovoltaïques importantes dans ces deux départements, il existe aussi, dans le cadre de projets individuels, d'autres activités de recherche sur le site de l'Empa à Thoune en matière de découpe de wafers de silicium et de développement de nouveaux systèmes de cellules solaires (*extremely thin absorber solar cell*, ETA).

### *NEST*

Le bâtiment de recherche NEST a été inauguré en mai 2016. Dans les domaines de la construction et de l'énergie, il est difficile de lancer rapidement de nouvelles technologies et de nouveaux produits sur le marché. Les prix bas de l'énergie, les longues périodes d'investissement et les nombreuses réglementations entravent la propension des entreprises à prendre des risques. Aujourd'hui, un fossé sépare souvent les technologies qui fonctionnent dans les laboratoires et le marché qui exige des produits fiables arrivés à maturité. NEST accélère le processus d'innovation en proposant une plateforme qui permet de tester, améliorer et faire la démonstration des nouveautés en conditions réelles. Au lieu d'être soumis aux conditions d'un laboratoire, les solutions spécifiques doivent faire leurs preuves au sein du système que constitue le bâtiment. Une interaction permanente avec les utilisateurs permet une évaluation globale dans des conditions proches de la réalité.

## **Hautes écoles spécialisées**

*Institut de durabilité appliqué à l'environnement construit à la Haute école spécialisée du Tessin (Istituto sostenibilità applicata all'ambiente costruito, SUPSI-ISAAC)*

Le SUPSI-ISAAC au Tessin possède une longue tradition dans la garantie de la qualité des modules photovoltaïques et constitue un centre de compétences dans le domaine de l'intégration du photovoltaïque



au bâtiment. Les activités centrales sont les mesures de longue durée<sup>3</sup> et les services (*energy rating*) pour les modules photovoltaïques, les certifications des modules photovoltaïques conformément aux normes IEC et les études dédiées à l'intégration du photovoltaïque au réseau.

*Institut de technique solaire (Institut für Solartechnik) de la Haute école spécialisée de Rapperswil (HSR-SPF)*

Le *HSR-SPF* est un centre de test établi dans le domaine de la chaleur solaire, avec un pôle renforcé en matière de photovoltaïque. L'institut travaille en particulier sur la garantie de la qualité des installations photovoltaïques dans l'exploitation (laboratoire de test mobile). Des études sont aussi en cours sur les capteurs hybrides (chaleur solaire et photovoltaïque). Il existe une collaboration avec le SUPSI-ISAAC depuis quelque temps.

*Université des sciences appliquées de Zurich (ZHAW)*

Depuis quelques années, le site de Winterthour de la *ZHAW* met notamment l'accent sur les systèmes photovoltaïques. De nouveaux systèmes de modules et d'installations y sont développés (construction légère). Le site de Wädenswil se consacre aux questions liées à la technique des installations et à l'environnement.

*Haute école spécialisée bernoise (HES-BE)*

A la *HES-BE*, le site de Berthoud dispose d'un centre de compétences dans le domaine de l'assurance-qualité des onduleurs, avec une infrastructure de mesure et de test correspondante. Ce laboratoire est en outre spécialisé dans les mesures de longue durée des installations photovoltaïques sur des sites sélectionnés et se penche particulièrement sur les questions importantes touchant à la sécurité. Sur le site de Bienne, le centre *CSEM-BFH* Stockage d'énergie (*ESReC*) travaille dans le domaine de la gestion des systèmes de stockage d'énergie photovoltaïque.

*Autres activités de recherche*

Il existe d'autres activités de recherche pertinentes pour le photovoltaïque à la Haute école de Lucerne (*HSLU*) sur l'intégration au bâtiment et l'architecture, à la Haute école de technique de Buchs (*NTB*) et à la Haute école spécialisée de Suisse occidentale (*HES-SO*), en particulier sur les sites de Sion (*HES-SO* Valais) et d'Yverdon (*HEIG-VD*).

#### **4.2.6 Transfert de savoir et de technologie**

Au niveau de la recherche fondamentale, les moyens de l'OFEN spécifiquement disponibles pour le photovoltaïque permettent de créer un pont avec la recherche liée à l'industrie et le développement de produits.

Le transfert de savoir et de technologie entre la recherche et l'industrie à l'échelle régionale est soutenu par plusieurs centres de transfert de technologie. En règle générale, ceux-ci sont rattachés aux hautes écoles et aux instituts de recherche.

Des connaissances spécifiques, des inventions ou des innovations issues du domaine des hautes écoles entraînent souvent la création de nouvelles entreprises ou de nouveaux secteurs d'activité dans des entreprises existantes. Comme exemples de réussite, il y a notamment les entreprises *Flisom* avec un transfert de technologie de l'*Empa*, *Solaronix* et *Glass2Energy* avec un transfert de technologie de l'*EPFL* à Lausanne ou *Roth&Rau* (*Meyer Burger*), *Indeotec*, *Swissinso*, *Evatec* avec un transfert de technologie de l'*EPFL* à Neuchâtel. Dans la plupart des cas, les activités de recherche se poursuivent dans les hautes écoles

---

<sup>3</sup> ISAAC exploite la plus ancienne installation photovoltaïque couplée au réseau d'Europe, réalisée en 1982.



concernées parallèlement au développement de l'entreprise, ce qui permet un transfert continu de connaissances à long terme entre les hautes écoles partenaires et l'industrie.

Ces dernières années, des entreprises qui, dans un premier temps, n'étaient pas actives dans le domaine du photovoltaïque ont conclu des partenariats avec des hautes écoles afin de faire évaluer de manière approfondie leurs propres idées de recherche ou développements de produits. De tels travaux de développement peuvent par exemple s'insérer dans le cadre de projets de la CTI. Il existe de nombreux projets de ce type entre les instituts de recherche dans les hautes écoles et certaines entreprises. La collaboration mène à l'innovation et forme un personnel compétent en matière de technologies photovoltaïques.

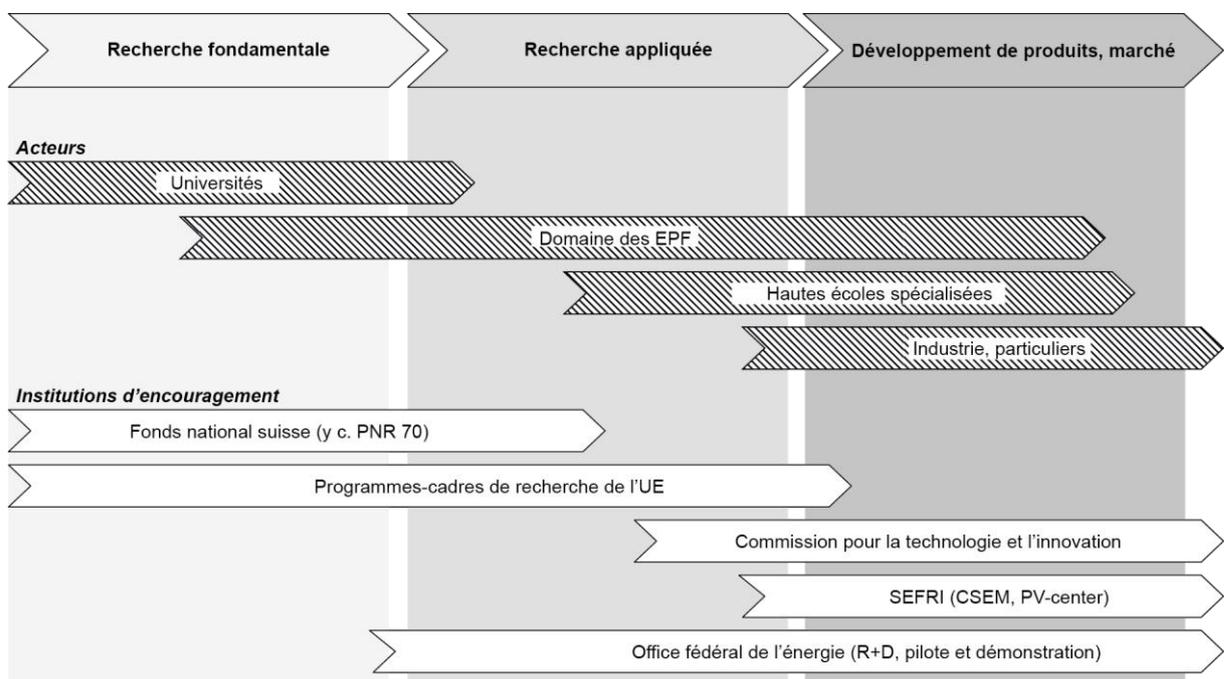


Figure 10 Vue d'ensemble des différentes institutions d'encouragement dans la recherche en photovoltaïque tout au long de la chaîne de création de valeur, de la recherche fondamentale au développement de produits (source: OFEN)

#### 4.2.7 Exemples de collaboration entre les hautes écoles et l'industrie

Ci-après, la collaboration étroite et fructueuse entre les institutions de recherche du domaine des EPF et l'industrie photovoltaïque suisse est illustrée à l'aune de deux grands projets pilotes. Ces projets sont complétés par de nombreuses autres coopérations entre haute école et industrie, soutenues en particulier par le biais des fonds de la CTI.

##### Ligne pilote pour les cellules solaires haute performance innovantes

Une combinaison de plusieurs approches novatrices – la réduction des matériaux utilisés grâce à une découpe plus fine des wafers de silicium, le développement de nouvelles cellules haute performance (technologie à hétérojonction) et une meilleure technologie d'interconnexion de cellules (technologie SmartWire) – a permis de développer ces dernières années une technologie haute performance prometteuse pour les cellules solaires. Grâce à la technologie «Smart Wire», l'utilisation de l'argent peut être diminuée jusqu'à 80% pour les contacts électriques. De plus, les cellules solaires sont plus résistantes aux dommages et il est possible de réaliser des modules photovoltaïques double face avec des cellules solaires à hétérojonction qui présentent un meilleur rendement énergétique. Cette technologie haute performance a le



potentiel de faire encore baisser les coûts de l'énergie solaire. L'étroite collaboration avec le Laboratoire de photovoltaïque de l'IMT de l'EPFL à Neuchâtel et le PV-center du CSEM, où une grande partie de cette technologie a été et est développée, revêt une importance capitale.

Depuis 2013, une ligne de production pilote pour les cellules solaires haute performance fondée sur la technologie à hétérojonction est mise en place dans le cadre du projet Swiss-Inno HJT du groupe industriel Meyer Burger, en collaboration avec le PV-center du CSEM à Neuchâtel. L'OFEN et le canton de Neuchâtel soutiennent ce projet. La technologie utilisée a été développée pendant plusieurs années en étroite collaboration entre le PV-Lab de l'EPFL à Neuchâtel et Roth&Rau Research. Il s'agit de wafers de silicium monocristallin qui sont recouverts d'une couche de silicium amorphe de quelques nanomètres. Cela permet d'atteindre un rendement de 21%, nettement supérieur au rendement moyen des modules composés de cellules en silicium cristallin (16%). De plus, cette technologie se distingue par un rendement énergétique particulièrement élevé (kWh/kW). La mise en place de cette ligne pilote – avec une capacité de production visée de 600 kWp/an – doit démontrer le potentiel de bas coûts de fabrication (moins de 0,65 franc/Wp). Le projet contribue à préparer le succès de la mise sur le marché de cette technologie et à soutenir globalement la place technologique suisse dans le domaine du photovoltaïque.

Le projet Swiss-Inno HJT du groupe Meyer Burger en collaboration avec le CSEM à Neuchâtel, qui s'étend sur plusieurs années avec un budget de 10 millions de francs, aide à faire avancer l'innovation technologique en Suisse dans le domaine du photovoltaïque. Le projet est soutenu par l'industrie, le CSEM, le canton de Neuchâtel et par l'OFEN en tant que projet pilote important.

### **Ligne de production pilote pour les cellules solaires flexibles en couches minces**

Dans le domaine des cellules solaires en couches minces, l'entreprise suisse Flisom développe des technologies innovantes permettant la production de modules solaires en couches minces plus flexibles et performants sur la base de CIGS. A l'été 2015, Flisom a mis en service une ligne pilote pour ces modules flexibles en couches minces CIGS près de Zurich. La capacité de production de l'installation est de 15 MW. De fins «films solaires» peuvent y être fabriqués dans un procédé de bobine à bobine, avec le potentiel de produire des modules de grande surface sur des substrats flexibles avec une efficacité comparable aux cellules solaires en silicium polycristallin (17%), qui sont couramment utilisées aujourd'hui, et de faibles dépenses en énergie et en personnel. Le développement de l'entreprise Flisom se fonde sur un transfert fructueux de savoir et de technologie de la division Films minces et photovoltaïque de l'Empa, avec lequel il existe depuis des années une étroite coopération en matière de recherche.

Les investissements par des bailleurs de fonds en grande partie étrangers sont dus à un transfert fructueux de savoir et de technologie de l'Empa à Dübendorf à l'entreprise Flisom. Le développement de la technologie et du prototype a été soutenu de manière déterminante par des fonds fédéraux (OFEN, CTI) et des projets de l'Union européenne. A l'heure actuelle, la montée en puissance (*ramp up*) en vue de la production de cellules solaires CIGS à titre pilote sur cette installation est soutenue par un important projet pilote de l'OFEN.

## **5 Evolution des subventions**

En 2014, près de 306 millions de francs de fonds publics ont été versés à la recherche énergétique, dont 112,4 millions de francs proviennent de fonds de tiers (CTI, OFEN, UE, FNS). En particulier dans le domaine du photovoltaïque, l'activité de recherche a fortement augmenté ces dernières années au regard du nombre de projets soutenus par des fonds publics et des moyens globalement investis par les pouvoirs publics dans le photovoltaïque.



## 5.1 Sources de financement

Selon la statistique de la recherche énergétique publiée par l'OFEN, les fonds consacrés par les pouvoirs publics au photovoltaïque dans les années 2005 à 2014 ont passé de près de 11 millions à plus de 30 millions de francs. Cette hausse est légèrement plus importante que l'augmentation des moyens pour l'ensemble de la recherche énergétique (cf. figure 11). Cela s'explique en particulier par le développement du PV-center du CSEM à Neuchâtel, soutenu par la Confédération à hauteur de 4,75 millions de francs par an dans le cadre du message FRI pour les années 2013 à 2016 et en étroite collaboration avec l'EPFL.

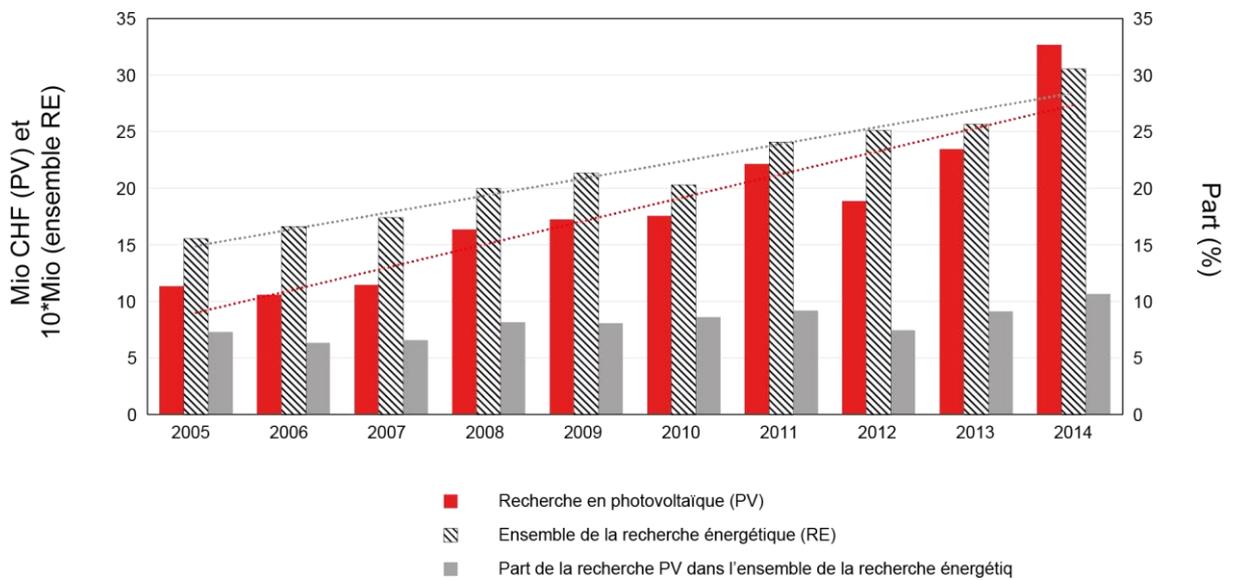


Figure 11 Fonds publics pour la recherche énergétique en général et pour la recherche photovoltaïque en Suisse de 2005 à 2014 (source: statistique de la recherche énergétique, OFEN)

Les fonds publics investis par les différentes institutions d'encouragement pour la recherche et le développement technologique dans le domaine du photovoltaïque ont augmenté constamment ces dernières années. Entre 2005 et 2014 notamment, la CTI disposait de moyens nettement plus importants pour les projets. A partir de 2013, on constate une augmentation sensible de l'encouragement dans le domaine des EPF et la mise en place d'un centre national de compétences au CSEM à Neuchâtel. Les fonds de l'OFEN destinés à la recherche et utilisés de manière programmatique et subsidiaire, qui sont d'une grande importance pour le maintien des compétences à moyen et long terme et pour la promotion de projets en matière d'assurance-qualité, ont en revanche diminué. Les chercheurs suisses participent en outre avec succès aux programmes-cadres de recherche de l'UE.

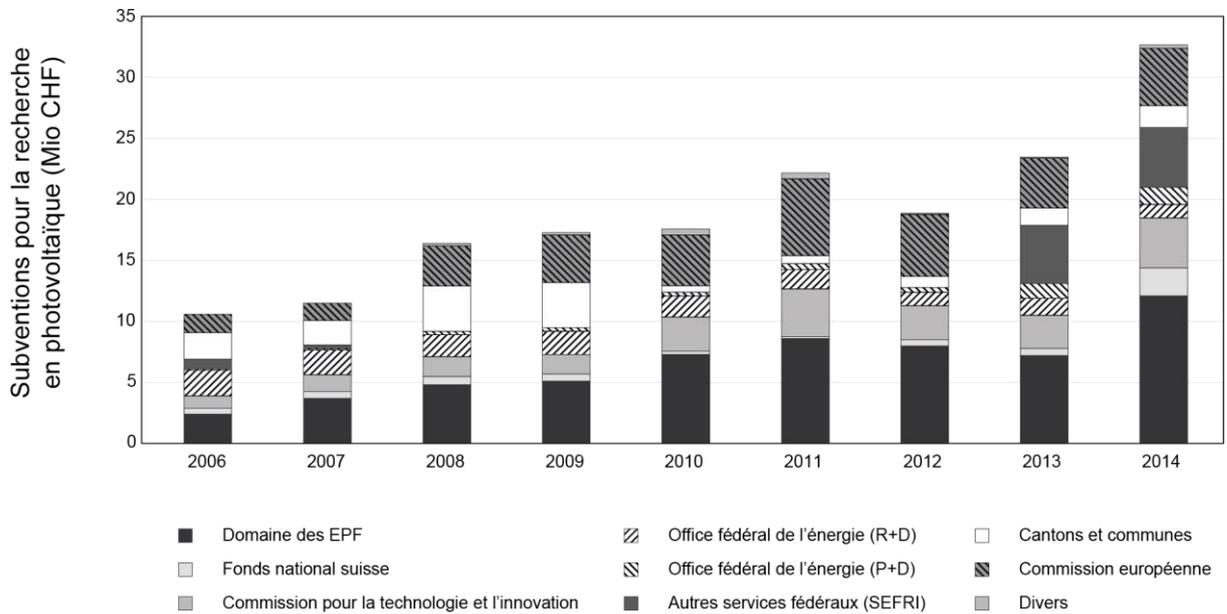


Figure 12 Subventions pour le photovoltaïque selon différentes sources de financement pour les années 2006 à 2014 (source: OFEN)

Les pôles de compétence suisse en recherche énergétique (SCCER) ont été mis sur pied dans le cadre du plan d'action *Recherche énergétique suisse coordonnée*. Cela n'a pas d'influence directe sur l'évolution des subventions accordées au photovoltaïque. Comme un centre de compétences dans ce domaine est déjà financé par la Confédération avec le PV-center, le photovoltaïque n'a plus été pris en compte lors de l'adjudication des SCCER (cf. message relatif au plan d'action «Recherche énergétique suisse coordonnée»).

Les projets pilotes et de démonstration sont un élément central pour le transfert des résultats de la recherche sur le marché. Tandis que les moyens de l'OFEN spécifiquement disponibles pour la recherche appliquée dans le domaine du photovoltaïque ont légèrement reculé pour rester plus ou moins stables ces dernières années, les fonds disponibles chaque année pour les projets pilotes et de démonstration entre 2015 et 2020 ont été relevés de 20 millions de francs supplémentaires. L'encouragement des projets phares a été relevé de 10 millions de francs par an. Les projets photovoltaïques en forment une partie importante.

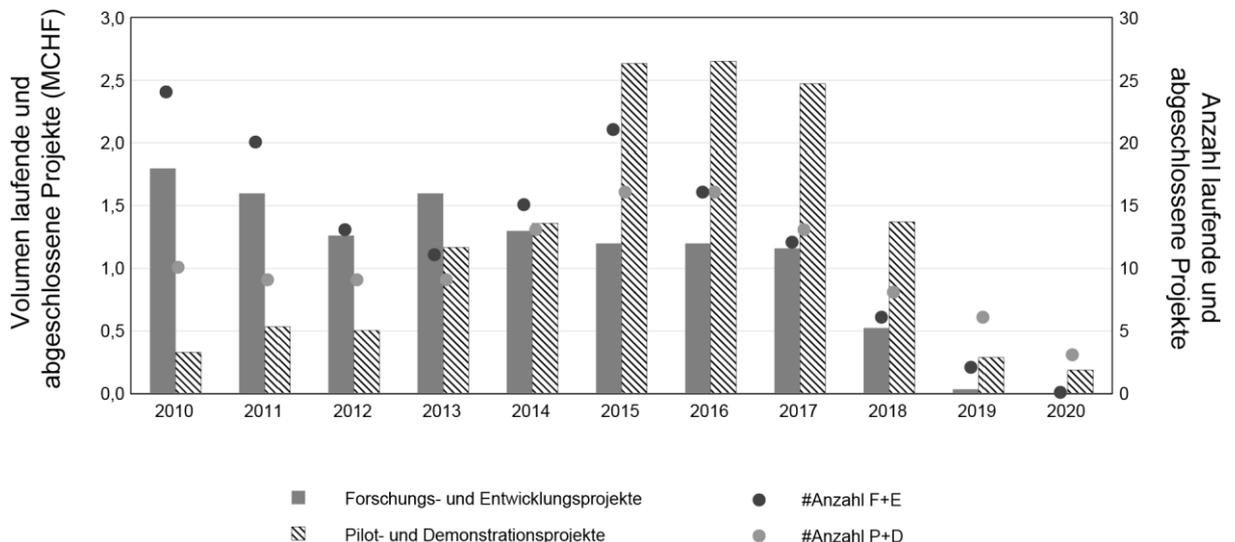


Figure 13 Subventions de l'OFEN pour le développement technologique dans le domaine du photovoltaïque. Plusieurs projets pluriannuels prennent fin à partir de 2018 (source: OFEN)



Les fonds de tiers alloués à la recherche énergétique ne représentent que 37% de l'ensemble des moyens. Plus de la moitié des subventions des pouvoirs publics proviennent directement du domaine des EPF (EPF Lausanne, EPF Zurich, Empa, PSI, WSL). Par son orientation stratégique, le domaine des EPF a ainsi une grande influence sur l'intensité de la recherche énergétique dans le domaine du photovoltaïque (p. ex. lorsque des chaires sont repourvues).

## 5.2 Dépenses pour la recherche en photovoltaïque en Suisse

La figure 14 montre la répartition des dépenses pour la recherche en photovoltaïque en Suisse entre 2010 et 2014, ventilée selon les universités, les hautes écoles spécialisées et le domaine des EPF. Les activités du domaine des EPF en représentent la plus large part. Il y a relativement peu d'activités de recherche en cours dans les universités cantonales en lien direct avec le photovoltaïque.

En Suisse, les hautes écoles spécialisées gagnent en importance, notamment en lien avec les questions d'assurance-qualité, dans le domaine de l'intégration au bâtiment ou s'agissant des défis de l'intégration du photovoltaïque et du stockage de l'énergie solaire.

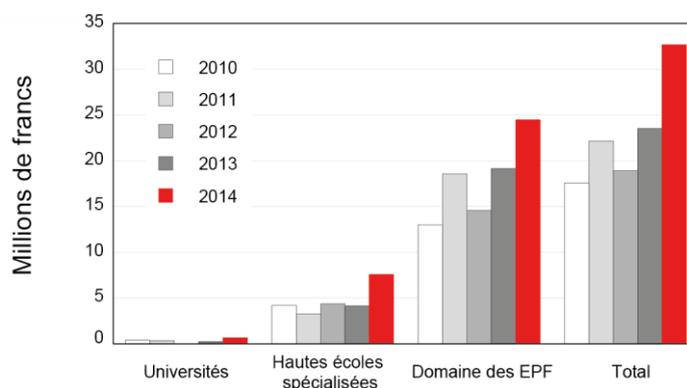


Figure 14 Répartition des dépenses (y c. pilote et démonstration) pour la recherche en photovoltaïque dans les hautes écoles suisses (domaine des EPF, hautes écoles spécialisées et universités) pour les années 2010 à 2014 (source: OFEN)

	Domaine des EPF*	Hautes écoles spécialisées	Universités	Total
2010	13,0 (73,8 %)	4,2 (24,0 %)	0,4 (2,2 %)	17,6
2011	18,6 (83,7 %)	3,2 (14,6 %)	0,4 (1,6 %)	22,2
2012	14,5 (76,5 %)	4,4 (23,0 %)	0,1 (0,5 %)	18,9
2013	19,1 (81,4 %)	4,1 (17,6 %)	0,3 (1,1 %)	23,5
2014	24,5 (74,9 %)	7,6 (23,2 %)	0,6 (1,9 %)	32,7

\* Le domaine des EPF comprend l'EPF de Lausanne, l'EPF de Zurich, l'Empa, le PSI et Eawag.

Le tableau 2 suivant indique le nombre de projets de recherche en cours par année dans le domaine du photovoltaïque. On y observe aussi une augmentation constante entre 2010 et 2016, et ce grâce aux nouveaux programmes nationaux de recherche du Fonds national suisse «Virage énergétique» (PNR 70) et «Gérer la consommation d'énergie» (PNR 71) lancés dans le cadre du plan d'action «Recherche énergétique suisse coordonnée», à un encouragement de projets toujours important de la part de la CTI et à une forte augmentation des projets pilotes, phares et de démonstration. Pour ventiler les projets selon le domaine des EPF, les hautes écoles spécialisées, les universités et l'industrie, il faut tenir compte du fait que plusieurs institutions sont impliquées simultanément pour de nombreux projets et que les partenaires de la recherche



et de l'industrie collaborent étroitement. Pour les projets industriels, seule la haute école partenaire est généralement soutenue par les pouvoirs publics.

	Domaine des EPF*	Hautes écoles spécialisées	Universités	Industrie	Total
2010	39	37	3	21	100
2011	40	39	4	20	103
2012	39	36	1	22	98
2013	44	45	1	16	106
2014	49	55	2	15	121

Tableau 2 Nombre de projets en cours par année dans le domaine photovoltaïque (source: OFEN)

La figure 15 ci-dessous montre la répartition des dépenses des différentes institutions de recherche en faveur du photovoltaïque. Dans le domaine des EPF, les activités se concentrent fortement sur l'EPFL (sur les sites de Neuchâtel et de Lausanne) et sur l'Empa. Les fluctuations importantes sont imputables aux variations des fonds de tiers (p. ex. projets de l'UE) et aux incertitudes lors de la saisie de la statistique de la recherche énergétique. A relever en outre que les activités ont fortement augmenté dans les différentes hautes écoles spécialisées.

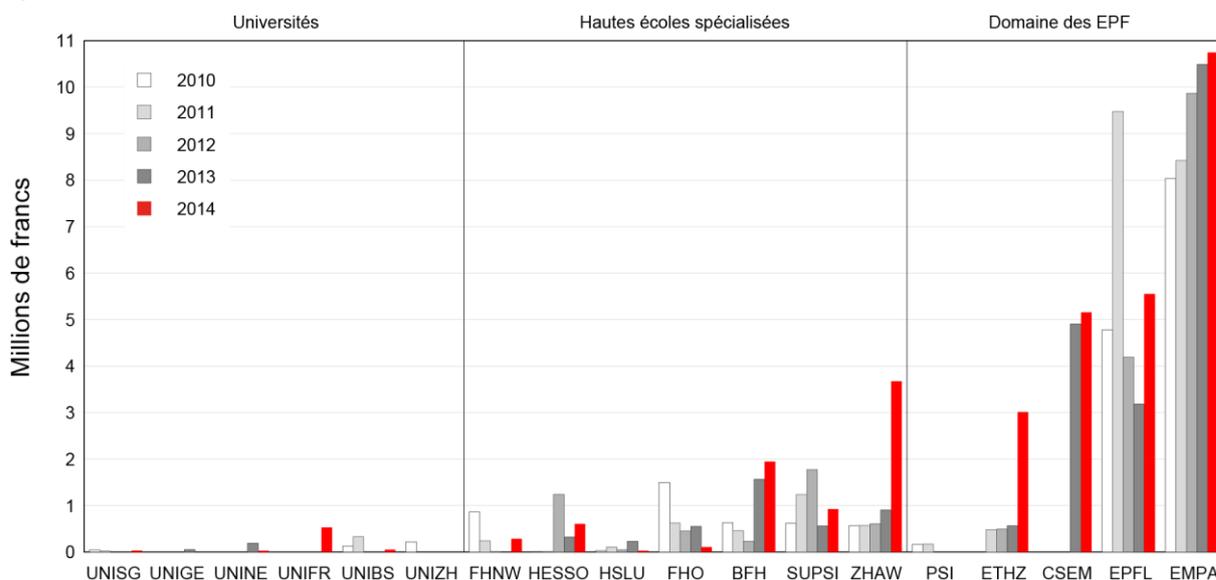


Figure 15 Dépenses des pouvoirs publics pour la recherche photovoltaïque en Suisse entre 2010 et 2014 (y c. P+D) dans les hautes écoles suisses (source: OFEN)



## 6 Conclusions

Le présent rapport répond au postulat 10.3080 «Renforcement de la recherche dans le domaine de l'énergie photovoltaïque. Coordination avec les besoins de l'industrie» déposé le 10 mars 2010 par le conseiller national Max Chopard-Acklin. Il décrit l'évolution dans les marchés et l'industrie du photovoltaïque ces dernières années et documente la mise en œuvre de la demande centrale formulée par le postulat, à savoir renforcer le photovoltaïque suisse.

Le marché mondial du photovoltaïque a connu d'importants changements ces dernières années. Les marchés en pleine croissance ont généré des surcapacités. Les coûts et les prix ont donc baissé dans tous les domaines partiels. L'évolution de la structure d'encouragement et des conditions-cadres a fortement marqué les marchés et l'industrie du photovoltaïque, à l'échelle tant mondiale que nationale. Malgré ces changements considérables et la forte orientation sur les exportations, l'industrie photovoltaïque reste bien placée en Suisse. Cela s'explique par les gros efforts consentis ces dernières décennies dans la recherche et le développement, en particulier dans l'exploitation industrielle des innovations et les soutiens des pouvoirs publics. C'est pourquoi un développement supplémentaire des instruments d'encouragement de la Confédération n'est actuellement pas indiqué.

S'agissant des questions de l'auteur du postulat, le rapport constate:

1. Dans plusieurs domaines, les hautes écoles suisses comptent parmi les institutions de premier plan dans le monde. De manière générale, il existe un transfert de savoir et de technologie bien établi entre les hautes écoles et l'industrie. Pour certains acteurs, notamment dans le domaine des hautes écoles spécialisées axées sur l'application, il est difficile de garantir les moyens pour un maintien et un développement des compétences à long terme. Ces moyens ont diminué ces dernières années.
2. Depuis 2010, les subventions accordées à la recherche énergétique sont systématiquement recensées par la statistique de la recherche énergétique publiée par l'OFEN. Cela permet d'avancer des assertions fiables sur le développement de la recherche énergétique et sur l'impact des différentes mesures d'encouragement. Les activités aussi bien dans le domaine de la recherche et du développement que pour les projets pilotes et de démonstration ont fortement augmenté ces dernières années. Il existe notamment de bonnes conditions d'encouragement pour les développements proches des produits et les projets pilotes. Les moyens alloués à la recherche photovoltaïque ont augmenté, passant de 17,3 millions de francs en 2009 à 32,7 millions en 2014. La Suisse offre un encouragement relativement important à la recherche en photovoltaïque par habitant en comparaison européenne.

Les subventions accordées à la recherche appliquée telle que celle du programme de recherche Photovoltaïque de l'OFEN revêtent une grande importance pour combler les lacunes entre la recherche fondamentale et la recherche liée à l'industrie. Elles doivent être disponibles dans une mesure suffisante en plus des moyens destinés à la recherche proche des produits et aux projets pilotes. Utilisées à bon escient, elles garantissent le développement et le maintien des compétences, et permettent ainsi des innovations technologiques à moyen et à long terme. Dans ce domaine de recherche, même l'absence d'un centre de coordination et de mise en réseau semblable au Pôle de compétence suisse en recherche énergétique (SCCER) se fait en partie sentir.

3. Nombre de projets sont menés en étroite collaboration entre les hautes écoles (spécialisées) et les acteurs de l'industrie photovoltaïque suisse. De nombreuses innovations ont été observées ces dernières années. Il en résulte un potentiel pour améliorer sensiblement la performance et les coûts des modules photovoltaïques. D'autres innovations portent sur de nouveaux produits pour l'intégration du photovoltaïque au bâtiment. Le centre national de compétences pour le photovoltaïque, qui existe depuis 2013 au Centre suisse d'électronique et de microtechnique (CSEM) à Neuchâtel, joue un rôle central dans le paysage de l'innovation.
4. Dans l'ensemble, la mise en réseau entre les hautes écoles et l'industrie est très marquée en Suisse, en particulier pour les start-up issues des hautes écoles. En plus des conférences internationales et de la



collaboration au niveau des projets, des ateliers thématiques variés et le Congrès photovoltaïque national, qui a lieu chaque année, apportent une contribution importante à cette mise en réseau.

En conclusion, le Conseil fédéral est convaincu que la Suisse possède de vastes compétences dans le domaine du photovoltaïque, tant au niveau de la recherche que de l'industrie.



## 7 Bibliographie

OFEN 2012: Perspectives énergétiques 2050, Office fédéral de l'énergie, Prognos (Bâle), et Ecoplan (Berne) ([www.ofen.admin.ch](http://www.ofen.admin.ch))

OFEN 2012: Potentiel des énergies renouvelables dans la production d'électricité, Office fédéral de l'énergie (2012) ([www.ofen.admin.ch](http://www.ofen.admin.ch))

OFEN 2013: Plan directeur de la recherche énergétique 2013-2016 de l'Office fédéral de l'énergie ([www.recherche-energetique.ch](http://www.recherche-energetique.ch))

OFEN 2016: Statistique suisse de la recherche énergétique 2010 à 2014 ([www.recherche-energetique.ch](http://www.recherche-energetique.ch))

ChF 2016: Rapport du Conseil fédéral. Motions et postulats 2015 ([www.bk.admin.ch/dokumentation/publikationen/00290/04599/index.html?lang=fr](http://www.bk.admin.ch/dokumentation/publikationen/00290/04599/index.html?lang=fr))

CF 2012: Message du 17 octobre 2012 relatif au plan d'action «Recherche énergétique suisse coordonnée» – Mesures pour les années 2013 à 2016 ([www.admin.ch](http://www.admin.ch))

CF 2013: Message du 4 septembre 2013 relatif au premier paquet de mesures de la Stratégie énergétique 2050 et à l'initiative populaire fédérale «Pour la sortie programmée de l'énergie nucléaire» ([www.admin.ch](http://www.admin.ch))

CORE 2013: Plan directeur de la recherche énergétique de la Confédération 2013-2016

CORE 2016: Plan directeur de la recherche énergétique de la Confédération 2017-2020

OEB/PNUE 2015: Les technologies d'atténuation du changement climatique en Europe vues à la lumière des brevets et des données économiques ([www.epo.org](http://www.epo.org))

DFE/DETEC 2011: Masterplan Cleantech – Une stratégie de la Confédération en matière d'efficacité des ressources et d'énergies renouvelables ([www.cleantech.admin.ch](http://www.cleantech.admin.ch))

Fraunhofer, ISE, PSE 2016: Photovoltaics Report 2018

Fraunhofer, ISE 2016: Recent Facts about Photovoltaics in Germany

AIE 2014: Analysis of Long-Term Performance of PV Systems, IEA Photovoltaic Power Systems Programme, Task 13 (<http://iea-pvps.org>)

AIE 2015: Medium Term Renewable Energy Market Report (MTRMR)

IRENA 2016: The Power to Change: Solar and Wind Cost Reduction Potential to 2025

KIC InnoEnergy 2015: How technology innovation is anticipated to reduce the cost of energy from European photovoltaic installations

NREL 2016: National Center for Photovoltaics (NCPV) at the National Renewable Energy Laboratory ([www.nrel.gov/ncpv](http://www.nrel.gov/ncpv))

SAFE 2016: The Price of Solar – Benchmarking PV Module Manufacturing Cost, Solar Alliance for Europe

SECO, SEFRI, OFEV, OFEN 2015: Masterplan Cleantech – Une stratégie de la Confédération en matière d'efficacité des ressources et d'énergies renouvelables: rapport sur la mise en œuvre des mesures 2011–2014 ([www.cleantech.admin.ch](http://www.cleantech.admin.ch))

Swissolar 2016: Le recensement du marché de l'énergie solaire en 2014. Extrait de la statistique suisse des énergies renouvelables, sur mandat de l'OFEN ([www.swissolar.ch](http://www.swissolar.ch))