

**ADEME**



Agence de  
l'Environnement  
et de la Maîtrise  
de l'Energie

# Le photovoltaïque en France en 2012

VERSION FRANÇAISE

du rapport rédigé pour le Programme photovoltaïque de l'Agence internationale de l'énergie

*Photovoltaic Power Applications in France  
National Survey Report 2012*

*Prepared for  
The INTERNATIONAL ENERGY AGENCY  
COOPERATIVE PROGRAMME ON PHOTOVOLTAIC POWER SYSTEMS  
Task 1 - Exchange and dissemination of information*

*by  
ADEME  
(French Agency for Environment and Energy Management)*

Yvonnick Durand

Mai 2013

Les informations contenues dans ce rapport peuvent être utilisées librement à condition de mentionner la source :  
« Le photovoltaïque en France en 2012, ADEME pour IEA PVPS, mai 2013 ».

## SOMMAIRE

Avant-propos .....	1
Introduction.....	2
1 Synthèse .....	3
2 Mise en œuvre des systèmes photovoltaïques .....	5
2.1 Applications des systèmes photovoltaïques en France .....	5
2.1.1 Aspects statistiques .....	6
2.2 Puissance installée.....	6
2.2.1 Puissance PV mise en service en 2012 .....	6
2.2.2 Puissance PV cumulée en fin 2012.....	8
2.3 Faits marquants de la mise en œuvre, principaux projets.....	10
2.3.1 Contexte général.....	10
2.3.2 Les tarifs d'achat.....	10
2.3.3 Les appels d'offres.....	11
2.4 Faits marquants de la R&D .....	12
2.5 Budgets pour le soutien du marché et de la R&D .....	13
2.5.1 Mesures de soutien du marché.....	13
2.5.2 Budget public R&D.....	14
3 Activité industrielle .....	14
3.1 Principaux changements de portage en 2012.....	14
3.1.1 Photowatt repris par EDF ENR .....	15
3.1.2 Tenesol intégré à SunPower .....	15
3.2 Matériaux, lingots et plaques de silicium .....	15
3.3 Cellules et modules photovoltaïques .....	15
3.3.1 Cellules photovoltaïques au silicium cristallin.....	15
3.3.2 Cellules photovoltaïques à concentration .....	16
3.3.3 Modules photovoltaïques .....	16
3.4 Fabricants et fournisseurs d'autres composants.....	18
3.4.1 Matériels et machines pour l'industrie photovoltaïque .....	18
3.4.2 Équipements électriques et électroniques.....	18
3.4.3 Composants de structure et produits intégrés au bâti .....	18
3.5 Acteurs à l'aval de la filière.....	19

	3.5.1	Les installateurs.....	19
	3.5.2	Les développeurs et exploitants.....	19
3.6		Prix des modules.....	19
3.7		Prix des systèmes.....	19
3.8		Emplois et formation.....	20
	3.8.1	Emplois.....	20
	3.8.2	Formation.....	20
3.9		Valeur de la production photovoltaïque.....	21
4		Cadre du développement.....	21
4.1		Mesures de soutien et actions de promotion.....	21
	4.1.1	Tarifs d'achat.....	21
	4.1.2	La Contribution au service public de l'électricité.....	22
	4.1.3	Crédit d'impôt développement durable.....	22
	4.1.4	Soutien des collectivités locales.....	22
	4.1.5	Autres soutiens à la filière photovoltaïque.....	22
	4.1.6	Politiques indirectes.....	22
4.2		Intérêt des compagnies d'électricité.....	23
	4.2.1	Groupe EDF.....	24
	4.2.2	Groupe GDF SUEZ.....	24
4.3		Intérêt des collectivités locales.....	24
4.4		Politique qualité et normes.....	25
	4.4.1	Normes photovoltaïques.....	25
	4.4.2	Attestation de conformité des installations.....	25
	4.4.3	Avis techniques.....	25
4.5		Qualification et marque de qualité.....	26
	4.5.1	Essais et certification.....	26
	4.5.2	Marques de qualité et labels.....	26
5		Conclusion et perspectives.....	27

## AVANT-PROPOS

Ce rapport sur la situation du photovoltaïque en France en 2012 est préparé par le Service des réseaux et des énergies renouvelables de l'ADEME. Il s'inscrit dans un travail collectif défini par le programme de coopération sur les systèmes photovoltaïques de l'Agence internationale de l'énergie (IEA PVPS).

Le rapport est initialement rédigé en anglais pour un lectorat international anglophone. La version anglaise est disponible sur le site [www.iea-pvps.org](http://www.iea-pvps.org).

Le lecteur de cette version française ayant une connaissance du pays et du photovoltaïque français pourra trouver des explications, des détails et des redondances qui lui paraîtront inutiles. De même certaines informations qui lui sembleraient pertinentes peuvent ne pas figurer pour des raisons de confidentialité. Aussi, se rappellera-t-il de la démarche.

**L'Agence internationale de l'énergie (IEA)**, fondée en novembre 1974, est un organisme autonome dans le cadre de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) qui effectue un important programme de coopération sur les questions de l'énergie entre ses 28 pays membres. Le programme sur les systèmes photovoltaïques (IEA PVPS) est l'un des projets de coopération établi depuis 1993. Ses participants mènent des études dans le domaine des applications de la conversion photovoltaïque de l'énergie solaire.

Vingt-trois pays participent au programme PVPS : Allemagne, Australie, Autriche, Belgique, Canada, Chine, Corée, Danemark, Espagne, États-Unis, France, Israël, Italie, Japon, Malaisie, Mexique, Norvège, Pays-Bas, Portugal, Royaume-Uni, Suède, Suisse et Turquie.

La Commission européenne et des associations américaines et européennes d'industriels participent aussi au programme (European Photovoltaic Industry Association, US Solar Electric Power Association, US Solar Energy Industries Association et International Copper Association).

Le programme PVPS est dirigé par un comité directeur (*Executive committee*) composé d'un représentant de chaque pays ou organisation participante, tandis que la gestion des groupes de travail (*Tasks*) est placée sous la responsabilité d'animateurs (*operating agents*). Les informations sur les travaux en cours sont disponibles sur le site de l'IEA PVPS. [www.iea-pvps.org](http://www.iea-pvps.org).

**L'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME)** est un établissement public à caractère industriel et commercial, placé sous la tutelle conjointe du ministère en charge de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie et du ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche.

L'ADEME participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale, l'Agence met à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, ses capacités d'expertise et de conseil. Elle aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans ses domaines d'intervention : déchets, sols pollués et friches, énergie (dont efficacité énergétique et énergies renouvelables), climat, air et bruit.

L'ADEME est signataire de l'accord de coopération IEA PVPS. L'Agence participe au comité directeur du programme PVPS et aux travaux du groupe de travail n° 1 par le biais de son Service des réseaux et des énergies renouvelables.

[www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

## INTRODUCTION

Ce rapport présente le statut de la production d'énergie électrique d'origine solaire photovoltaïque, en France, en 2012. Il décrit le cadre politique et financier du déploiement, la situation actuelle des marchés et de l'industrie, les mesures de soutien, les programmes de R&D et enfin donne quelques pistes sur les perspectives. Les informations proposées se focalisent sur l'année 2012 et intègrent quelques données importantes du premier trimestre 2013.

Ce rapport est préparé dans le cadre précis d'une étude internationale entreprise par le programme de coopération IEA PVPS sur les systèmes photovoltaïques. Chaque pays participant au programme produit son propre état des lieux en suivant un guide commun de rédaction.

Une synthèse annuelle est publiée sous le titre *Trends in photovoltaic applications – Survey report of selected IEA countries*. Cette synthèse est disponible sur le site [www.iea-pvps.org](http://www.iea-pvps.org).

Les principales sources d'information utilisées sont les suivantes :

Rapports et études de l'ADEME, tableaux de bord du Service de l'observation et des statistiques (SOeS), rapports et études du Syndicat des énergies renouvelables (SER) et du Syndicat ENERPLAN, publications « Systèmes solaires, Observatoire des énergies renouvelables » (Le Journal du photovoltaïque, Le Journal des énergies renouvelables), magazine Plein Soleil, sites internet (photovoltaïque.info, l'écho du solaire, etc.), données de fournisseurs d'équipements, publications et communiqués des industriels, plaquettes événementielles, contacts avec des professionnels du domaine.

Les études, documents et articles de presse cités ci-dessous ont été très utiles pour l'élaboration du rapport :

- Tableau de bord éolien-photovoltaïque, Service de l'observation et des statistiques (SOeS) du Commissariat général au développement durable, n° 396, février 2013 ;
- Marchés, emplois et enjeu énergétique des activités liées aux énergies renouvelables, ADEME (réalisation In Numeri), juillet 2012 ;
- Contribution de l'ADEME à l'élaboration de visions énergétiques 2030-2050, ADEME, novembre 2012 ;
- Annuaire de la recherche et de l'industrie photovoltaïque française 2013/2014, Syndicat des énergies renouvelables (SER-SOLER), mai 2013 ;
- Observ'er, Le Journal du photovoltaïque, n° 7 (338 Acteurs face à leur avenir), avril 2012 et n° 8, novembre 2012 (Atlas des grandes centrales PV > 750 kW) ;
- Observ'er, Le Journal des énergies renouvelables, n° 207 à n° 212, 2012 ;
- Bilan électrique RTE 2012.

## 1 SYNTHÈSE

Ce rapport est établi par l'ADEME dans le cadre d'une étude collective entreprise par les partenaires du programme de coopération sur les systèmes photovoltaïques de l'Agence internationale de l'énergie (AIE/IEA). Le rapport décrit pour l'année 2012, la situation de la production d'électricité photovoltaïque en France dans ses aspects politiques, industriels et économiques.

### Puissance photovoltaïque installée

La puissance totale des systèmes photovoltaïques raccordés au réseau électrique durant l'année 2012 est évaluée à 1 079 MW. La baisse de 38 % par rapport à 2011 est encore plus marquée en nombre d'installations, moins 58 %. Les systèmes photovoltaïques répartis (*grid-connected distributed*), principalement intégrés au bâtiment représentent une puissance de 756 MW et les centrales photovoltaïques au sol (*grid-connected centralised*) 323 MW. La capacité photovoltaïque installée en France continentale compte pour 35 % des nouvelles capacités de productions électriques mises en service en 2012. Les systèmes photovoltaïques autonomes installés hors réseau (*off-grid*) présentent un faible volume avec environ 0,2 MW.

La capacité totale cumulée du parc photovoltaïque, opérationnelle en fin 2012 dépasse la barre des 4 GW avec 4 003 MW (281 724 systèmes), en augmentation de 37 % par rapport à 2011. Les systèmes résidentiels de puissance inférieure ou égale à 3 kW comptent pour 86 % du nombre total d'installations et 16 % de la capacité totale tandis que les systèmes de puissance supérieure à 250 kW représentent 0,3 % du nombre d'installations et 44 % de la capacité totale. La production annuelle 2012 d'électricité photovoltaïque couvre 0,7 % de la production globale d'énergie électrique du pays.

### Mesures de soutien

Le gouvernement a mis place deux importantes mesures de soutien. Les tarifs d'achat garantis et les appels d'offres pour la réalisation et l'exploitation des systèmes de puissance unitaire supérieure à 100 kW. Les particuliers peuvent bénéficier, en plus des tarifs d'achat, d'un crédit d'impôt. Les collectivités locales ont leurs propres programmes de promotion et fonctionnent en général par appels d'offres. Les tarifs d'achat favorisent les systèmes photovoltaïques intégrés au bâtiment (IAB, intégration totale ou ISB, intégration simplifiée). Ils sont révisés chaque trimestre sur la base du volume total des projets présentés au cours des trimestres précédents. Dès la signature des contrats d'achat, les tarifs s'appliquent pendant une période de 20 ans. Pour les applications résidentielles intégrées au bâtiment ( $\leq 9$  kW) le tarif était établi au 1<sup>er</sup> trimestre 2012 à 0,3880 EUR le kWh et au quatrième trimestre à 0,3415 EUR le kWh. Sur la même période, le tarif pour les systèmes ISB (36 kW-100 kW) a perdu 14 % à 0,1837 EUR/kWh. Pour tout autre type d'applications de puissance inférieure à 12 MW le tarif a subi une réduction de 24 % sur l'année pour s'établir à 0,0840 EUR/kWh tout en bénéficiant pour le 4<sup>e</sup> trimestre d'une nouvelle mesure annoncée par le gouvernement en octobre 2012. Il s'agit d'une majoration du tarif pouvant atteindre 10 % dans le cas où les modules photovoltaïques installés sont fabriqués dans l'Espace économique européen. La grille tarifaire a été simplifiée en début 2013 (3 catégories de tarifs contre 5 auparavant) et la majoration tarifaire allait pouvoir s'appliquer à ces trois catégories.

Le coût de la promotion à travers les tarifs d'achat garantis est financé par les abonnés au réseau électrique à partir de leur Contribution au service public de l'électricité (CSPE).

L'appel d'offres pour les systèmes de 100 kW à 250 kW allait permettre de sélectionner, durant l'année 2012, 145 MW de projets sans atteindre l'objectif total fixé à 240 MW. L'appel d'offres pour les systèmes de puissance supérieure à 250 kW a connu un bon taux de réponse si bien que 520 MW de projets ont été sélectionnés en 2012 en dépassant de 70 MW la cible initiale. La CRE, organisme public en charge de ces questions, a lancé en début 2013 un nouvel appel d'offres pour les systèmes de 100 kW à 250 kW avec un

volume cible de 120 MW. Pour les systèmes de puissance > 250 kW un nouvel appel d'offres portant sur un volume de 400 MW sera lancé en octobre 2013.

### **Recherche et développement technique**

Les principaux projets de R&D sont financés par les organismes publics nationaux ADEME, ANR et OSEO. Sous les auspices du Ministère de l'Écologie et au sein du programme national d'investissements d'avenir, l'ADEME a sélectionné en 2012 neuf projets dans le cadre du programme AMI PV. De son côté, l'ANR, a retenu sur cette même année cinq nouveaux projets de recherche dans son programme PROGELEC (Production renouvelable et gestion de l'électricité). OSEO, qui accompagne l'innovation des PME et PMI a soutenu en 2012 deux nouvelles initiatives industrielles. Les projets entrepris en partenariat privé/public pour une durée de 3 ans à 5 ans ont reçu sur la période 2011-2012 un soutien de ces trois agences pour un montant d'environ 100 MEUR (avances remboursables et subventions).

### **Prix des modules et des systèmes photovoltaïques**

En France, le prix moyen des modules photovoltaïques d'origine européenne est estimé en 2012 à 0,72 EUR/W. La baisse des prix observée sur le marché ces deux dernières années a engendré un développement important des systèmes de moyenne et de grande puissance.

Pour les installations résidentielles intégrées au bâti (IAB), le prix installé était environ 3,7 EUR/W en 2012 (avec modules européens). On relève le prix moyen de 2,10 EUR/W pour un système de puissance supérieure à 36 kW.

Les installations avec intégration simplifiée (ISB) pour bâtiments commerciaux et industriels revenaient à environ 2,0 EUR/W et les centrales au sol de grande puissance à environ 1,6 EUR/W (tous les prix indiqués sont hors TVA).

### **Industrie photovoltaïque**

En 2012, l'industrie française des composants photovoltaïques a dû affronter la vive concurrence internationale. Les sociétés industrielles pionnières du développement photovoltaïque en France ont été restructurées. Les petites entreprises d'installations ont été les plus touchées. Le tissu industriel sur toute la chaîne de valeur a été dans l'ensemble préservé. Un réseau actif de développeurs et d'exploitants indépendants s'est bien développé.

En amont de la filière la préparation de silicium de qualité solaire photovoltaïque est au stade de projet industriel. L'industrie élabore des lingots de silicium multicristallin (capacité annuelle équivalente à 130 MW) et les débite en plaques minces (capacité 70 MW). Les industriels des cellules au silicium cristallin proposent une capacité annuelle de production de 115 MW environ. Le niveau de production 2012 est estimé à 50 MW. Une douzaine de fabricants de modules photovoltaïques répondent à des marchés diversifiés. Leur capacité annuelle de fabrication est d'environ 750 MW avec une production 2012 d'environ 300 MW. On observe de nouvelles initiatives dans le secteur de la concentration CPV (cellules et modules) et les suiveurs solaires pour les centrales au sol.



## 2 MISE EN ŒUVRE DES SYSTÈMES PHOTOVOLTAÏQUES

### 2.1 Applications des systèmes photovoltaïques en France

Les systèmes de production d'énergie électrique par conversion photovoltaïque (PV) de l'énergie solaire sont utilisés en France depuis les années 1980. D'abord pour électrifier des sites situés en dehors des réseaux électriques (habitations, fermes, systèmes de pompage de l'eau, relais de télécommunication,) et, plus récemment, pour se constituer en centrales électriques débitant dans le réseau public de l'électricité.

Les systèmes photovoltaïques sont constitués de composants électriques et électrotechniques : les modules photovoltaïques exposés au rayonnement solaire constituent le cœur du générateur d'énergie électrique (les modules sont montés en panneaux, chaînes et groupes), les onduleurs transforment le courant continu issu des groupes photovoltaïques en courant alternatif adapté à son application. Les batteries électrochimiques stockent l'énergie électrique pour toutes les utilisations où cela est nécessaire (cas des sites isolés hors réseau). D'autres éléments d'installation et de dispositifs de contrôle et de sécurité complètent les systèmes.

La puissance unitaire d'un système photovoltaïque est égale à la somme des puissances de tous les modules photovoltaïques qui le constitue.

NOTE - La puissance d'un module PV est mesurée dans les conditions normales d'essai (STC). Les données de puissance photovoltaïque publiées dans ce rapport sont exprimées en W et ses multiples, kW et MW. Certains professionnels parlent de puissance-crête exprimée en Wc (en anglais Wp, peak-watt). Nous ne retenons pas ici ce vocable non normalisé.

Pour répondre aux exigences des statistiques de l'IEA PVPS, le rapport considère trois catégories de systèmes photovoltaïques :

- 1) Système de production **répartie raccordée au réseau** de distribution (*grid-connected distributed*) : installation de production d'énergie électrique appliquée aux bâtiments d'habitation, bâtiments tertiaires, commerciaux, industriels et agricoles ou simplement appliqué à tout environnement construit (puissances dans la fourchette kW-MW).

NOTE - La vente d'énergie électrique est en général une source secondaire de revenus pour le propriétaire de l'installation.

- 2) Système de production **centralisée raccordée au réseau** (*grid-connected centralised*) : installation de production d'énergie électrique de grande puissance montée au sol (puissance supérieure au MW).

NOTE - La vente d'énergie électrique est en général la principale source de revenus pour le propriétaire de l'installation.

- 3) Système de production **hors réseau** de distribution (*off-grid*) : installation appliquée à l'électrification rurale d'habitations isolées (*off-grid domestic*) ou à l'alimentation d'équipements techniques comme des relais de télécommunication, des dispositifs de pompage de l'eau, etc. (*off-grid non-domestic*). Les puissances mises en jeu sont de l'ordre de 1 kW à 100 kW.

NOTE - Ces systèmes autonomes comprennent une batterie de stockage et éventuellement une source complémentaire d'énergie électrique (groupe thermique, aérogénérateur...).

Le plan de travail de l'IEA propose de rendre compte individuellement des systèmes *off-grid domestic* et des systèmes *off-grid non-domestic*. Cette nuance n'est pas retenue dans ce rapport.

Aujourd'hui, l'essentiel des systèmes photovoltaïques (PV) installés en France sont raccordés au réseau de distribution électrique. Les systèmes photovoltaïques utilisés en dehors du réseau, représentaient encore 50 % de la puissance totale opérationnelle en fin 2006. Cette application est maintenant marginale.

La volonté du gouvernement de promouvoir le développement du photovoltaïque en France s'est manifestée par la publication d'un décret en 2006 statuant sur l'obligation d'achat de l'énergie électrique photovoltaïque à un tarif avantageux pour le producteur. La stratégie étant de favoriser l'utilisation du photovoltaïque intégré aux bâtiments. En fin 2012, les systèmes de production répartie installés sur les bâtiments représentaient 76 % de la puissance totale cumulée et les systèmes de production centralisés (centrales au sol) 24 %.

### **2.1.1 Aspects statistiques**

#### **2.1.1.1 Systèmes raccordés au réseau**

Les données relatives aux systèmes photovoltaïques raccordés au réseau sont issues de la publication du Service de l'observation et des statistiques (SOeS) du Commissariat général au développement durable (n° 396, février 2013). Le SOeS se fonde sur les fichiers gérés par les différents opérateurs du réseau de transport et de distribution : ERDF, RTE, SEI et les principales entreprises locales de distribution (ELD).

Les statistiques du SOeS considèrent les systèmes physiquement raccordés au réseau électrique durant l'année 2012. Les systèmes installés et en attente de raccordement en fin 2012 ne sont pas pris en compte. En ce sens, ce rapport destiné à l'IEA ne répond pas exactement au cahier des charges car, dans l'exercice proposé, il s'agit de comptabiliser ce qui est installé durant l'année, c'est à dire ce qui représente l'activité industrielle et commerciale dont le rapport veut témoigner. Afin de ne pas créer de confusion entre les différentes sources d'information disponibles, il a été décidé de se caler sur les données globales du SOeS.

On notera que le SOeS ne décline pas les données selon les trois catégories d'applications telles que définies par l'IEA pour ce rapport (applications à la production répartie et centralisée raccordées au réseau et applications hors réseau). C'est l'Atlas des installations photovoltaïques de puissance supérieure à 750 kW publié par Observ'er/Le Journal du photovoltaïque (novembre 2012) qui a permis de déterminer la puissance totale des applications photovoltaïques centralisées, montées au sol. La différence entre les données globales du SOeS et les centrales au sol répertoriés dans l'Atlas Observ'er a conduit à l'évaluation des systèmes de production répartie (toiture industrielle, agricole ou commerciale, ombrière de parking, etc.). Cependant, certaines données de l'Atlas sont imprécises. Il a été parfois nécessaire d'interpréter ce qui pouvait être une application centralisée au sol (puissance supérieure à 1 MW) et une application de production répartie. Le résultat de cette évaluation est présenté dans les Tableaux 1a, 1c, 1d, 2a et 2c et illustré par la Figure 1.

#### **2.1.1.2 Systèmes hors-réseaux**

Pour les données relatives aux systèmes photovoltaïques installés hors-réseaux (*off-grid*) le fonds FACE pour l'électrification rurale indique une puissance inférieure à 70 kW en 2012. Les puissances des systèmes dits d'applications professionnelles comme l'alimentation électrique des relais de télécommunications ou les dispositifs de pompage de l'eau sont plus difficiles à cerner. Les applications se réalisent essentiellement en départements d'outre-mer avec un volume annuel estimé à 130 kW.

## **2.2 Puissance installée**

Dans ce rapport, les systèmes photovoltaïques considérés ont été installés en France durant l'année calendaire 2012. Par France, on entend la France métropolitaine avec l'île de Corse et les départements/régions d'outre-mer (Guadeloupe, Guyane, Martinique, Mayotte et Réunion).

### **2.2.1 Puissance PV mise en service en 2012**

La puissance photovoltaïque raccordée au réseau électrique en France durant l'année 2012 a été de 1 079 MW contre 1 759 MW en 2011 (source : SOeS). La puissance des systèmes

de production répartie (*distributed*), principalement intégrés au bâtiment a atteint 756 MW et la puissance des centrales photovoltaïques au sol (*centralised*) a été estimée à 323 MW (sources : SOeS, Atlas Observ'er et ADEME). La puissance des applications hors-réseau a été évaluée à 0,2 MW (sources : FACE et ADEME).

Le Tableau 1a résume la puissance mise en service en 2012 selon les trois catégories d'applications.

**Table 1a – Photovoltaic power installed during calendar year 2012 (MW)**

Grid-connected			Off-grid
Distributed	Centralised	Sub-total grid	Domestic and Non-domestic
756	323	1 079	0,2

Sources: SOeS, Atlas Observ'er, FACE and ADEME.

Le Tableau 1b détaille, selon les classes de puissances, les nouvelles installations raccordées au réseau durant l'année 2012 (source : SOeS). La baisse de 38 % en puissance totale raccordée au réseau par rapport à 2011 (1 759 MW) est encore plus marquée en nombre d'installations, moins 58 %, avec 34 538 systèmes en 2012 contre 82 330 en 2011. La baisse d'activité par rapport à 2011 est de 57 % sur le nombre d'installations de puissance inférieure à 9 kW et de 33 % sur les systèmes de puissance supérieure à 250 kW. Sur l'ensemble de l'année, les systèmes PV de puissance supérieure à 250 kW ont représenté près de 59 % de la puissance raccordée, du fait du raccordement d'un certain nombre de grandes centrales photovoltaïques.

**Table 1b – Grid-connected installed capacity during calendar year 2012**

Power range	Installation number	Power (MW)
0 – 3 kW	23 827 (69 %)	66 (6,1 %)
3 kW – 9 kW	5 907 (17,1 %)	36 (3,3 %)
9 kW – 36 kW	2 209 (6,4 %)	50 (4,6 %)
36 kW – 100 kW	1 246 (3,6 %)	97 (9,0 %)
100 kW – 250 kW	1 100 (3,2 %)	197 (18,3%)
> 250 kW	249 (0,7 %)	632 (58,7 %)
Total	34 538 (100 %)	1 079 (100 %)

Source: SOeS.

Sur la période 2008-2012, 105 centrales au sol (>1 MW) ont été installées pour une puissance cumulée de 898 MW (Tableau 1c, France métropolitaine y compris Corse, hors DOM) (source : Atlas Observ'er, nov. 2012).

**Table 1c – Power and number of ground-mounted centralised systems by power range**

Power range	1 to 5 MW		5 to 10 MW		10 to 50 MW		50 to 65 MW		Total	
	MW	nb	MW	nb	MW	nb	MW	nb	MW	nb
<b>Continental France, Corsica, not DOM</b>										
2012	25	10	0	0	174	9	115	2	314	21
2011	85	27	160	22	165	12	0	0	409	61
2010	19	10	36	5	101	4	0	0	155	19
2009	8	2	5	1	0	0	0	0	14	3
2008	0	0	7	1	0	0	0	0	7	1
Total	137	49	208	29	440	25	115	2	898	105

Source: Atlas Observ'er, 2012.

Le Tableau 1d présente la puissance annuelle installée entre 2005 et 2012.

**Table 1d – PV power capacity annually installed by application (MW)**

Application	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Off-grid	1,1	1,5	1,0	0,4	6,3	0,1	0,1	0,2
Grid-connected distributed	5,9	9,4	36,6	97	150	653	1 317	756
Grid-connected centralised	0	0	0	7	35	164	442	323
Grid-connected sub-total	5,9	9,4	36,6	104	185	817	1 759	1 079
Total (MW)	7,0	10,9	37,6	104,4	191,3	817,1	1 759,1	1 079,2

Sources: SOeS, preceding IEA PVPS Report France. Grid-connected centralised figures from preceding IEA NSR were reviewed to take into account latest adjustments from SOeS, Atlas Observ'er and ADEME.

## 2.2.2 Puissance PV cumulée en fin 2012

Le Tableau 2a présente la puissance totale cumulée en fin 2012 selon les catégories de systèmes : raccordés au réseau (*grid-connected*) et hors-réseau (*off-grid*).

La capacité totale du parc de production photovoltaïque raccordée au réseau en fin 2012 dépasse la barre des 4 GW. Avec 4 003 MW (281 724 systèmes) la capacité nationale est en augmentation de 37 % par rapport à la fin 2011 (2 924 MW et 247 186 systèmes).

**Table 2a – Cumulative installed PV power at the end of 2012 (MW)**

Distributed	Grid-connected		Sub-total grid	Off-grid
	Centralised ground-mounted			Domestic and non-domestic
3 032	971		4 003	29,6

Sources: SOeS, Atlas Observ'er and ADEME.

Le Tableau 2b présente la puissance cumulée en fin 2012 selon les classes de puissances telles que proposées par les statistiques du SOeS. Les systèmes résidentiels de puissance inférieure ou égale à 3 kW représentent 86 % du nombre total d'installations et 16 % de la puissance totale cumulée tandis que les systèmes de puissance supérieure à 250 kW représentent 0,3 % du nombre d'installations et 44 % de la puissance totale cumulée.

**Table 2b – Grid-connected cumulative installed capacity as at end of 2012**

Power range	Installation number	Power (MW)
0 – 3 kW	242 793 (86 %)	645 (16 %)
3 kW – 9 kW	15 333 (5,4 %)	85 (2,1 %)
9 kW – 36 kW	12 938 (4,6 %)	318 (7,9 %)
36 kW – 100 kW	4 905 (1,7 %)	350 (8,7 %)
100 kW – 250 kW	4 888 (1,7 %)	847 (21,2 %)
> 250 kW	867 (0,3 %)	1 759 (44 %)
Total	281 724 (100 %)	4 003 (100 %)

Source: SOeS.

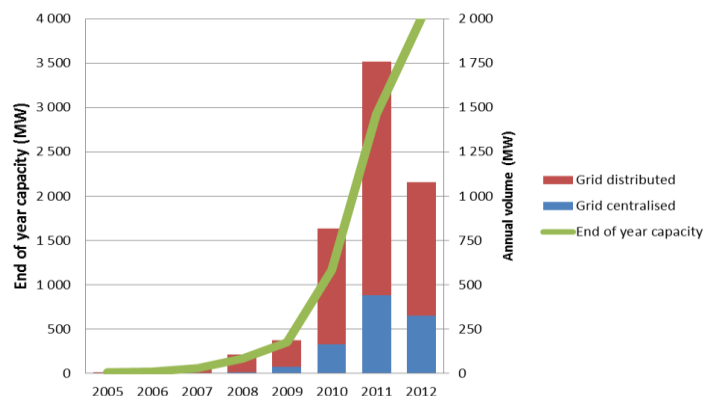
Le Tableau 2c rappelle les puissances cumulées au 31 décembre de chaque année depuis l'année 2005 selon les catégories de systèmes, raccordé au réseau (réparti et centralisé) et hors-réseau. Les données publiées dans les précédents rapports NSR pour IEA PVPS ont été réajustées à partir des dernières informations du SOeS (par exemple 2 924 MW raccordés en fin 2011 au lieu de 2 831 MW publié précédemment) et de l'Atlas Observ'er des systèmes PV > 750 kW.

**Table 2c – Cumulative installed PV power by application as at 31 December (MW)**

Application	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Off-grid	20	21,5	22,5	22,9	29,2	29,3	29,4	29,6
Grid-connected distributed	13,0	22,4	59	156	306	959	2 276	3 032
Grid-connected centralised	0	0	0	7	42	206	648	971
Grid-connected sub-total	13	22,4	59	163	348	1 165	2 924	4 003
Total (MW)	33,0	43,9	81,5	192,6	377,2	1 194,3	2 944,4	4 032,6

Sources: SOeS, preceding IEA PVPS Report France. Grid-connected centralised figures from preceding IEA NSR were reviewed to take into account latest adjustments from SOeS, Atlas Observ'er and ADEME.

La Figure 1 représente l'évolution de la puissance du parc photovoltaïque national raccordé au réseau entre 2005 et 2012 (raccordements annuels et parc en fin d'année).



**Figure 1 - Annual and cumulated evolution of grid-connected installations in France**

L’Atlas des systèmes photovoltaïques de puissance supérieure à 750 kW (Observ’er, novembre 2012) permet d’identifier les technologies des modules photovoltaïques utilisés dans cette gamme de puissance (324 systèmes pour une puissance totale de 1 320 MW). Les modules au silicium cristallin comptent pour 58 % de la puissance installée, toutes applications confondues (production répartie et production centralisée), et les modules à couches minces 42 % (Tableau 2d). Un bilan plus complet sur l’ensemble des 4 003 MW installés en France n’est pas disponible mais on peut dire que la technologie du silicium cristallin représente environ 85 %.

**Table 2d – PV module technologies for systems > 750 kW**

Module technology	Cell Material	Power percentage
Crystalline silicon	Multicrystalline silicon (mc-Si)	35 %
	Single crystalline silicon (sc-Si)	23 %
Thin film	CdTe/CdS	40 %
	a-Si:H and CIGS	2 %

Source: Atlas Observ’er.

En fin 2012, on comptait 29 centrales PV au sol de puissance supérieure à 10 MW, totalisant 576 MW, la plus puissante étant de 115 MW.

En dehors des applications aux centrales au sol, les modules photovoltaïques sont essentiellement montés sur les toits de bâtiments en mode d’intégration total (IAB) ou simplifié (ISB). Des montages en surimposition de toiture se trouvent surtout dans les départements d’outre-mer. Les applications aux abris de parking (ombrières PV) et aux serres agricoles connaissent un certain développement.

Les principales zones d’installations en France métropolitaine se situent dans les régions où l’ensoleillement est le plus important. Parmi les régions les plus actives on notera : Provence – Alpes – Côte d’Azur (14,4 % de la puissance totale cumulée), Midi-Pyrénées (11,3 %), Aquitaine (11,2 %), Languedoc-Roussillon (8,9 %), Rhône-Alpes (7,0 %) et Pays de la Loire (7,0 %). La région Bourgogne et la région Centre ont doublé leur capacité durant 2012.

Les départements d’outre-mer (DOM) représentent 7,8 % de la puissance totale nationale et 2 % du nombre d’installations. L’île de la Réunion compte à elle seule près de 50 % de la puissance installée en DOM. On note une importante diminution des demandes de raccordement d’installations photovoltaïques dans les régions d’outre-mer (DOM) et en région Corse en conséquence de la limite des 30 % d’énergies intermittentes fixée par EDF SEI.

Quelques exemples de réalisations 2012 : l’industriel automobile Renault a inauguré 59 MW d’installations photovoltaïques sur les toits de six sites industriels français. La couverture de serres agricoles est une application bien développée en 2012 par Fonroche Énergie et Solairedirect. La Compagnie du Vent (groupe GDF SUEZ) a mis en place une centrale de 3,8 MW avec système de suivi solaire mono-axe de la société Exosun. EDF EN a mis en

service, en région Lorraine, la plus grande centrale européenne d'une puissance totale de 115 MW (65+50).

Le Tableau 3 positionne la production d'électricité d'origine photovoltaïque dans le contexte général du marché de l'énergie électrique en France continentale (hors Corse et hors DOM) en 2012. Les données retenues par la publication « Bilan électrique RTE 2012 » sont un peu différentes des statistiques SOeS. RTE considère une puissance PV opérationnelle de 3 515 MW (production 4 GWh) en fin 2012 et une puissance PV installée en 2012 de 1 012 MW. Ainsi, selon RTE, le photovoltaïque représente 2,7 % de la capacité totale nationale et 0,7 % de la production nationale d'énergie électrique. On retient que la capacité PV installée en 2012 représente 35 % des nouvelles capacités de production électrique mises en service en France continentale (centrales gaz : 34 %, éolien : 26 %).

**Table 3 – Photovoltaic power and the broader national electricity market**

Ratio of total PV power output to total electricity generation capacity	Ratio of new PV power output (2012) to new electricity generation capacity (2012)	Ratio of total PV electricity production to total electricity production
2,7 %	35,4 %	0,7 %

Source: *Bilan électrique RTE 2012*.

Le concept relatif à l'autoconsommation de l'électricité produite par des systèmes photovoltaïques installés en toiture suscite de l'intérêt. Les entreprises industrielles et commerciales disposent, bien souvent, d'une surface adéquate en toiture et consomment en général leur électricité pendant la journée. Les systèmes PV sont dimensionnés afin de permettre l'utilisation directe de plus de 95 % de la production.

## 2.3 Faits marquants de la mise en œuvre, principaux projets

### 2.3.1 Contexte général

Le plan français d'action en faveur des énergies renouvelables prévoit de porter à au moins 23 % la part des énergies renouvelables dans la consommation d'énergie à l'horizon 2020. En 2009, la Programmation pluriannuelle des investissements (PPI) de production d'électricité a prévu un volume cible de 5 400 MW de photovoltaïque raccordé au réseau en 2020. La progression spectaculaire du secteur PV, a conduit le Gouvernement à contrôler dès la fin 2010 l'impact financier des mesures de soutien. En mars 2011, un arrêté a mis en place un nouveau système de tarifs d'achat ajustables chaque trimestre pour les projets de puissance inférieure à 100 kW et un système d'appel d'offres pour les installations de puissance supérieure à 100 kW. La cible annuelle a été fixée à 500 MW pour les installations souhaitant bénéficier des mécanismes de soutien : 100 MW pour les installations résidentielles jusqu'à 36 kW intégrées au bâti (IAB), 100 MW pour les installations de 36 kW à 100 kW en mode d'intégration simplifié (ISB), 120 MW pour les installations entre 100 kW et 250 kW et 180 MW pour les installations de plus de 250 kW. La cible annuelle allait être révisée en fin 2012 pour être portée à 1 000 MW pour l'année 2013.

### 2.3.2 Les tarifs d'achat

L'arrêté du 4 mars 2011 prévoyait une réduction trimestrielle du tarif d'achat (*feed-in tariffs*) en fonction du nombre de demandes complètes de raccordement effectuées les trimestres précédents. Pour les installations de moins de 3 kW intégrées au bâti, le tarif est passé de 0,580 EUR/kWh en fin 2010 à 0,3415 EUR/kWh en fin 2012. Pour les centrales au sol le tarif est passé de 0,276 EUR/kWh en fin 2010 (moratoire de 3 mois pour ces applications) à 0,084 EUR/kWh en fin 2012 (Tableau 4a).

La grille des tarifs d'achats a été simplifiée et modifiée par l'arrêté du 7 janvier 2013 pour entrer en vigueur le 1<sup>er</sup> février 2013. Le tarif d'intégration au bâti T1 s'applique maintenant quel que soit l'usage du bâtiment et ceci pour les installations de puissance inférieure à 9 kW (Tableau 4b). Les tarifs d'achat sont applicables pour les options de vente de l'énergie

en totalité ou de vente partielle. Comme auparavant, des coefficients de dégressivité s'appliquent chaque trimestre à ces tarifs.

Une nouvelle mesure a été mise en place à la fin de l'année 2012. Il s'agit d'une majoration du tarif d'achat de l'électricité si les modules photovoltaïques ont été fabriqués sur un site de production installé au sein de l'Espace économique européen : 10 % si le processus de fabrication est complet (lingot/plaque/cellule au Si cristallin ; cellule et module au Si cristallin ; module à couche mince) et 5 % si le processus est partiel (cellule ou module au Si cristallin). La nouvelle mesure est entrée en vigueur partiellement au 4<sup>e</sup> trimestre 2012 (tarif T5, Tableau 4a) et dans sa totalité partir du 1<sup>er</sup> février 2013 sur toutes les applications (Tarifs T1, T4 et T5, Tableau 4b).

**Table 4a – Applicable PV feed-in tariffs as at Q1 2012 and Q4 2012 (EUR/kWh)**

PV system type	Building usage	PV power (W)	Tariff (EUR/kWh) Q1 2012	Tariff (EUR/kWh) Q4 2012
Building-integrated photovoltaic system (IAB)	T1 – Residential use	P ≤ 9 kW 9 kW < P ≤ 36 kW	0,3880 0,3395	0,3415 0,2988
	T2 – Building for education or health activities	P ≤ 36 kW	0,3009	0,2279
	T3 – Other type of building	P ≤ 9 kW	0,2609	0,1976
Simplified building-integrated (ISB)	T4 – Any type of building	P ≤ 36 kW 36 kW < P ≤ 100 kW	0,2249 0,2137	0,1934 0,1837
Other installations	T5 – Any type of installation (Ground mounted...)	0 kW < P < 12 MW	0,1108	0,0840*

\*T5 tariff increased by 5 % or 10 % for modules manufactured in the European Economic Area.

**Table 4b – New applicable PV feed-in tariffs as at Q1 2013**

PV system type and tariff category	PV power (W)	Tariff (EUR/kWh) Q1 2013*
T1 Building-integrated photovoltaic systems (IAB)	P ≤ 9 kW	0,3159*
T4 Simplified building-integrated systems (ISB)	P ≤ 36 kW 36 kW < P ≤ 100 kW	0,1817* 0,1727*
T5 Other installations	0 kW < P < 12 MW	0,0818*

\*T1, T4 and T5 tariffs increased by 5 % or 10 % for modules manufactured in the European Economic Area.

En France, la gestion financière des contrats d'achats d'énergie électrique photovoltaïque est de la responsabilité d'EDF Agence Obligation d'Achat (EDF OA) et des entreprises locales de distribution (ELD). La société ERDF, en charge du réseau électrique, établit les contrats de raccordement et d'accès au réseau public de distribution et d'exploitation (systèmes photovoltaïques < 36 kVA). Rappelons que le tarif défini lors de la signature du contrat est garanti pour une période de 20 ans. Une fois sécurisé, le tarif d'achat d'un projet n'est plus affecté par la dégressivité trimestrielle. Il est indexé chaque année sur deux indices définis par l'Insee.

La source du financement de cette politique de promotion, est alimentée par les consommateurs d'énergie électrique à travers la Contribution au service public de l'électricité (CSPE) identifiée sur leurs factures.

### 2.3.3 Les appels d'offres

Deux types d'appels d'offres portant sur des installations photovoltaïques de puissance supérieure à 100 kW ont été lancés en 2011 avec les premiers résultats publiés en 2012. Leur gestion est confiée à la Commission de régulation de l'énergie (CRE), autorité administrative chargée de réguler les marchés de l'électricité et du gaz.



La sélection des projets est effectuée sur la base du prix auquel le candidat souhaite que l'électricité livrée au réseau soit rémunérée sur une durée de 20 ans.

- le premier type d'appel d'offres portait sur la réalisation et l'exploitation d'installations photovoltaïques d'une puissance comprise entre 100 kW et 250 kW. Les installations devaient respecter les conditions d'intégration simplifiée au bâti. Cet appel d'offres a été divisé en sept périodes de candidature dont la puissance cible totale a été fixée à 300 MW dont 120 MW pour la première période et 30 MW pour les six périodes suivantes. 218 projets (45 MW) ont été retenus pour la première période alors que l'objectif était de 120 MW. La 2<sup>e</sup> période a retenu 109 projets (21 MW). Les 3<sup>e</sup>, 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> périodes lancées au second semestre 2012 ont permis de sélectionner 369 projets (79 MW). Au total ce sont 145 MW de projets qui ont été retenus alors que la cible pour les périodes considérées était de 240 MW. On remarque que les projets retenus sont localisés dans les zones les plus ensoleillées de France pour assurer la meilleure productivité énergétique. Le prix de vente moyen de l'électricité proposé par les candidats de la première période de l'appel d'offres s'élève à 229 EUR le MWh et à 194 EUR le MWh pour la 4<sup>e</sup> période.

Le ministère de l'Écologie (MEDDE) a jugé que les résultats avaient été peu satisfaisants en termes de retombées industrielles notamment pour la filière française. En conséquence, les deux dernières périodes de candidature prévue en début 2013 ont été suspendues et remplacées par un nouvel appel d'offres lancé en mars 2013. Il vise la construction de toitures PV d'environ 700 m<sup>2</sup> à 2 000 m<sup>2</sup> pour un total de 120 MW d'ici 2015 et ceci en trois tranches de 40 MW. Un cahier des charges modifié tiendra compte, non seulement du prix d'achat de l'électricité produite, mais aussi du bilan carbone du processus de fabrication des modules photovoltaïques. La date limite de remise des offres pour la première tranche de 40 MW a été fixée au 31 octobre 2013.

- le second type d'appel d'offres lancé en septembre 2011 portait sur la réalisation et l'exploitation d'installations photovoltaïques d'une puissance supérieure à 250 kW (PV sur bâtiment ISB, centrales au sol, ombrières d'aires de stationnement, PV à concentration et solaire thermodynamique) : 105 projets pour un total de 520 MW ont été retenus soit 70 MW de plus que l'objectif fixé à 450 MW. Pour ce type de projets les exigences ont été accrues sur la qualité environnementale et industrielle des projets avec notamment l'intégration d'obligations de recyclage en fin de vie et de démantèlement et de l'obligation de fourniture d'une analyse de cycle de vie.

Un nouvel appel d'offres dans cette catégorie > 250 kW a été lancé en mars 2013 pour une puissance cumulée maximale de 400 MW et concerne les installations sur bâtiment (ISB), les aires de stationnement (ombrières), les centrales au sol à concentration et les centrales au sol avec modules classiques équipés d'un système de suivi du soleil. Le cahier des charges diffère de celui du premier appel d'offres par la prise en compte de la contribution à l'innovation technique et du bilan carbone des modules PV utilisés (compte pour 30 % dans la notation finale). L'objectif est de privilégier les projets porteurs pour le développement industriel et la création d'emplois en France.

Les professionnels attendaient avec impatience la concrétisation des mesures d'urgence promises par le ministère en fin 2012 pour assurer la survie de la filière jusqu'à l'adoption de la loi de programmation sur l'énergie. L'initiative a été bien accueillie mais ils ont fait remarquer que le calendrier envisagé allait laisser jusqu'à la publication des résultats en 2014 un déficit d'activité pendant plus d'un an. Ils estiment aussi que les critères de sélection choisis et le mode de notation proposé ne permettent ni d'assurer le niveau de visibilité nécessaire à des investissements industriels pour les fabricants implantés en France, ni d'assurer la qualité des projets développés.

## 2.4 Faits marquants de la R&D

Pour mettre en œuvre la politique du gouvernement, les ministères s'appuient sur les organismes dont ils ont la tutelle comme l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de



l'énergie (ADEME), l'Agence nationale de la recherche (ANR) et OSEO (accompagnement de l'innovation dans les PME/PMI).

La recherche publique couvre des études très en amont de la chaîne de valeur (programme PROGELEC de l'ANR), des projets finalisés et des prototypes industriels (programme AMI PV de l'ADEME, aides à la réindustrialisation d'OSEO). Environ 40 équipes de recherches et pratiquement tous les fabricants de matériaux et de composants sont impliqués dans les programmes de R&D en partenariat public/privé.

L'ADEME a publié deux appels à manifestations d'intérêt AMI PV et AMI Solaire à la fin de l'année 2009, dans le cadre du grand programme national d'Investissements d'avenir (IA). Le programme AMI PV a retenu neuf projets et les premiers travaux d'avancement ont été présentés le 15 novembre 2012 à Sophia Antipolis lors de la réunion nationale intitulée « Journée ADEME, recherche et innovation photovoltaïque ». Les thèmes abordés concernaient la production de silicium de qualité solaire photovoltaïque par voie métallurgique ; la fabrication de ruban de silicium cristallin ; la fabrication de modules à couche mince de CIGS par électrodépôt ; la fabrication de modules à couche mince de silicium amorphe et ses variantes ; la fabrication de cellules de type III-V pour le photovoltaïque à haute concentration; le développement de modules CPV à concentration ; le développement de procédés d'encapsulation à partir de polymères avancés.

L'Agence nationale de la recherche (ANR) maintient son effort sur le PV avec le programme PROGELEC (Production renouvelable et gestion de l'électricité, 2011-2013). Les cinq projets photovoltaïques sélectionnés en 2012 s'ajoutent aux cinq projets retenus en 2011. OSEO a apporté son soutien au développement d'un pilote de fabrication de cellules photovoltaïques au silicium cristallin type n et au développement de la technologie de dépôt par jet d'encre pour les couches minces organiques.

L'Institut national de l'énergie solaire (INES) connaît un développement important. Avec plus de 300 collaborateurs, l'INES s'implique dans de multiples projets en partenariat public/privé. Les organismes publics CEA, CNRS et les laboratoires des universités et des écoles d'ingénieurs concourent aux recherches et aux innovations. L'Institut photovoltaïque d'Île-de-France (IPVF) en relation avec l'IRDEP (EDF, CNRS) focalise son effort sur les matériaux en couches minces et les nouveaux concepts.

Du côté des applications du PV dans l'architecture, le projet d'habitat solaire urbain Canopea®, présenté par le Team Rhône-Alpes, a remporté la compétition *Solar Decathlon Europe 2012*. Ce projet de tour d'habitation à énergie positive est équipé d'un espace social sous une verrière utilisant des capteurs hybrides PV/T. La prochaine compétition internationale se déroulera au château de Versailles en 2014.

## **2.5 Budgets pour le soutien du marché et de la R&D**

### **2.5.1 Mesures de soutien du marché**

Le gouvernement a mis en place diverses mesures incitatives pour favoriser le développement du photovoltaïque en France.

#### **2.5.1.1 Tarifs d'achat de l'électricité**

Le coût de la politique de promotion du PV à travers les tarifs d'achats (voir 2.3.2) ne relève pas d'un budget public. Ce sont les clients des compagnies d'électricité qui contribuent au financement des tarifs promotionnels à travers la taxe CSPE (voir 4.1.2). La CRE a estimé le coût de la promotion par les tarifs d'achat PV à environ 1 500 MEUR en 2012.

#### **2.5.1.2 Appels d'offres de la CRE**

Le décret du 4 mars 2011 a mis en place la nouvelle stratégie du gouvernement en lançant des appels d'offres pour les systèmes photovoltaïques de puissance supérieure à 100 kW. Ces mesures sont détaillées dans le paragraphe 2.3.3.

### 2.5.1.3 *Crédit d'impôt, exonération d'impôt sur la vente et TVA*

Les particuliers, propriétaires d'une installation PV de puissance inférieure ou égale à 3 kW, bénéficient d'un crédit d'impôt développement durable (CIDD). Ce crédit couvre 11 % du coût des matériels indiqués sur le devis. Il est déduit directement de l'impôt sur le revenu à payer. Le maximum établi en 2012 est de 1 056 EUR. Le particulier est exonéré d'impôt sur la vente de l'électricité photovoltaïque. La TVA sur le prix du matériel et le coût de l'installation est de 7 % (au lieu de 19,6 %). Le coût de ces mesures était évalué à 670 MEUR en 2010.

### 2.5.1.4 *Aides des collectivités locales*

Le rôle tenu par les collectivités locales dans le développement du marché est important. Les Conseils généraux et régionaux ainsi que les communes attribuent des aides sous des formes diverses. Le niveau financier est variable. La liste des aides disponibles est fournie par le syndicat professionnel ENERPLAN. Certains conseils régionaux soutiennent des développements industriels en général en complément des aides OSEO. Le montant des budgets mis en jeu est difficile à établir (voir aussi 4.3).

### 2.5.2 *Budget public R&D*

En 2011/2012, les agences publiques ADEME, ANR et OSEO ont lancé de nouvelles initiatives de soutien à la R&D et au développement industriel (voir 2.4). Les avances remboursables sont un mode de financement privilégié (en cas d'échec les avances n'ont pas à être intégralement remboursées, contrairement à des prêts bancaires). Les subventions sont le deuxième mode de financement. Les budgets nationaux mis en jeu en 2011/2012 pour soutenir les projets (durée de 3 ans à 5 ans) s'établissent à environ 100 MEUR.

## 3 **ACTIVITÉ INDUSTRIELLE**

L'ensemble des métiers qui constituent la chaîne de valeur du photovoltaïque est représenté. L'annuaire de la recherche et de l'industrie photovoltaïque française (SER-SOLER 2013) décrit l'activité de 220 acteurs du domaine.

Dans la partie la plus amont on trouve des sociétés qui fabriquent des lingots, des plaques, des cellules et des modules et des entreprises qui construisent et développent des machines pour la production. Des sociétés appartenant à des grands groupes proposent des matériaux et des équipements. Les composants et équipements hors modules (BOS) comme les onduleurs, les câbles, les instruments de contrôle, les structures support, les suiveurs solaires, etc. sont pris en compte. La partie aval de la chaîne de valeur concerne toutes les activités de mise en œuvre : les études, l'intégration des composants, la réalisation, l'exploitation, la maintenance, le recyclage des matériaux, etc.

Ce chapitre s'intéresse plus particulièrement aux entreprises de matériaux et de composants photovoltaïques ayant des usines de fabrication en France. Les données relatives aux capacités annuelles de fabrication sont reprises des déclarations des industriels. Les niveaux de production 2012 sont plus difficiles à obtenir et font l'objet d'une estimation globale.

En 2011/2012, la surproduction mondiale, la baisse importante des prix des modules et le resserrement du marché français ont touché fortement les résultats des entreprises et certains projets d'expansion de capacité de fabrication ont été suspendus. Une période tendue qui a nécessité des mesures de chômage partiel dans certaines entreprises. Des sociétés ont déposé leur bilan, certaines ont changé de mains.

### 3.1 **Principaux changements de portage en 2012**

Deux entreprises, pionnières du photovoltaïque français, ont été restructurées en 2012.

### **3.1.1 Photowatt repris par EDF ENR**

Photowatt, créé en 1979, est le fabricant historique verticalement intégré (lingots, plaques, cellules et modules photovoltaïques au silicium multicristallin). En mars 2012, les actifs ont été attribués à EDF ENR (filiale de EDF Énergies Nouvelles) en acquérant en même temps 100 % du consortium PV Alliance qui développe sur un pilote de fabrication de nouveaux procédés de fabrication de cellules au silicium. La dénomination sociale de Photowatt est EDF ENR PWT.

### **3.1.2 Tenesol intégré à SunPower**

Tenesol est la seconde entreprise historique du photovoltaïque français. Cette société est impliquée de longue date dans la conception et l'installation de systèmes PV ainsi que dans la fabrication de modules photovoltaïques au silicium cristallin. Détenue par le groupe Total, Tenesol a intégré en 2012 le groupe SunPower, société californienne de cellules/modules au silicium monocristallin à haut rendement. Le groupe Total avait pris le contrôle de SunPower en juin 2011. La branche Outre-mer de Tenesol opère maintenant sous le nom de Sunzil (filiale des groupes Total et EDF).

## **3.2 Matériaux, lingots et plaques de silicium**

En France, le choix technologique soutenu par les pouvoirs publics a été historiquement la filière du silicium multicristallin (matériau cristallin à gros grains). Les lingots de silicium multicristallin s'élaborent par solidification directionnelle (Photowatt/EDF EN PWT, capacité annuelle équivalente à 70 MW) ou par coulée semi-continue en creuset électromagnétique (Emix, capacité annuelle équivalente à 60 MW). Pour le découpage des lingots de silicium en plaques fines l'industrie utilise des scies à fil. Photowatt a été le pionnier du développement de cette technique en coopération avec un mécanicien Suisse. Cette technique est maintenant utilisée par l'ensemble de l'industrie. La capacité annuelle de Photowatt/EDF EN PWT pour la découpe de plaques de silicium est équivalente à 70 MW.

Deux projets industriels présentent une alternative à l'opération de découpe de lingots : l'élaboration d'un ruban de silicium par la compagnie SolarForce (procédé RST) et, proposé par la société S'tile, la fabrication de plaques de silicium par frittage de poudre de silicium. Les travaux sur la préparation de silicium matière première (feedstock silicon) portent sur la voie dite métallurgique par opposition à la voie chimique traditionnelle. Ferropem Atlantica, Apollon Solar et l'INES collaborent au développement d'un pilote de production.

## **3.3 Cellules et modules photovoltaïques**

Dans la filière du silicium cristallin les cellules photovoltaïques sont élaborées sur des plaques (épaisseur environ 200 µm) de silicium (variante monocristallin, quasi-monocristallin ou multicristallin) ; les modules photovoltaïques sont construits à partir des cellules mises en série électriquement et protégées de l'environnement par encapsulation entre une plaque de verre à l'avant et un matériau à l'arrière (verre ou polymère).

Dans la filière des couches minces, cellules et modules sont formés dans une série d'opérations dont le point de départ est un support rigide ou flexible de grande surface. L'encapsulation se fait avec du verre ou un matériau polymère transparent en face avant.

### **3.3.1 Cellules photovoltaïques au silicium cristallin**

La société Photowatt (EDF ENR PWT depuis mars 2012) est le fabricant historique, verticalement intégré de lingots, plaques et cellules au silicium multicristallin obtenu par solidification directionnelle. La capacité annuelle de production de cellules photovoltaïques (dimension 156 mm x 156 mm) est de 70 MW. L'industriel travaille à l'amélioration de ses procédés industriels à travers son pilote PV Alliance en coopération avec le CEA-INES.

La société MPO Energy prépare un projet industriel de fabrication de cellules photovoltaïques au silicium cristallin en utilisant la technique d'implantation ionique pour

l'élaboration de la jonction. La capacité de la ligne de métallisation et de test est de 35 MW et la première ligne de fabrication aura une capacité annuelle de 70 MW. Le procédé utilisé a été développé dans le cadre du projet PV20 soutenu par OSEO, le conseil régional des Pays de la Loire et l'ADEME. En partenariat avec le CEA-INES la société a publié en avril 2012 un rendement de conversion cellule de 19,1 %.

La société Irysolar, filiale de l'équipementier Semco Engineering possède un pilote de fabrication de cellules au silicium (capacité 10 MW). Le projet Monoxen vise l'installation d'un démonstrateur de fabrication de cellules de type n. Ce projet a été lancé en octobre 2012 avec le soutien d'OSEO.

Pour résumer, en France, en 2012, la capacité annuelle de fabrication industrielle de cellules photovoltaïques au silicium cristallin est de 115 MW. La production 2012 est estimée à 50 MW.

### **3.3.2 Cellules photovoltaïques à concentration**

Voir paragraphe 3.3.3.3.

### **3.3.3 Modules photovoltaïques**

Les modules photovoltaïques s'identifient par le type de matériaux semi-conducteurs mis en œuvre. On distingue deux filières. La première utilise des cellules élaborées à partir de plaques (*wafer*) de silicium cristallin (monocristallin ou multicristallin). Le produit commercial est le module photovoltaïque au silicium cristallin. Celui-ci répond à la Norme d'homologation NF EN 61215. La seconde filière fait appel à des couches minces de matériaux semi-conducteurs tels le silicium amorphe hydrogéné et ses variantes ou les composés CIGS (Cu, In, Ga, Se) ou les composés CdTe/CdS. Ces couches minces sont déposées par des techniques diverses sur un substrat étranger (verre, acier, etc.). Celui-ci constituera la base du module commercial à couche mince. Le module photovoltaïque à couche mince répond à la Norme NF EN 61646.

#### **3.3.3.1 Modules au silicium cristallin**

Les deux fabricants historiques de modules au silicium cristallin sont Photowatt (maintenant EDF ENR PWT) et Tenesol (maintenant SunPower).

La société Photowatt/EDF ENR PWT fabriquait initialement les modules en France avec ses propres cellules. Dès 2011 cette activité a été confiée à des sous-traitants étrangers. La société a prévu de reprendre cette fabrication en France en octobre 2013. Les modules conservent leur appellation d'origine.

La société Tenesol/SunPower possède une usine de production de modules en France et une usine en Afrique du Sud. Total/SunPower a inauguré en 2012 une usine de production de modules photovoltaïques en Lorraine. Les modules sont fabriqués avec des cellules SunPower au silicium monocristallin à haut rendement.

Au cours des dernières années des entreprises se sont lancées dans la fabrication de modules à partir de cellules au silicium cristallin importées. En 2012 on recensait en France une douzaine de sociétés actives. Au cours de cette période une seule société (Auversun) a arrêté la production. En fin de compte le secteur a plutôt bien résisté aux difficultés en trouvant de nouveaux marchés ou en se diversifiant.

Les modules typiques ont des puissances unitaires de 200 W à 340 W. La capacité annuelle de fabrication de modules en France est de 750 MW environ et le volume de production 2012 est estimé à 300 MW.

Le Tableau 5 présente une liste des fabricants de modules ayant en 2012 un outil de production situé en France. La société Photowatt/EDF ENR PWT ne figure pas dans cette liste car ses modules ne sont pas manufacturés sur le territoire français (ce critère répond au cahier des charges du rapport IEA PVPS).

**Table 5 – Crystalline silicon PV module manufacturers operating in France 2012**

Bosch Solar Energy, Elifrance, Fonroche Énergie, Francewatts, KDG Energy, Luxol, Sillia Énergie, SNAsolar, Solarezo, Systovi, Tenesol/SunPower, Total/SunPower, Tournaire SA, Voltec Solar.
---

Sources: SER, ADEME.

Certaines de ces sociétés élaborent des laminés photovoltaïques qui peuvent être montés dans des cadres adaptés aux applications de l'intégration au bâti. D'autres développent et/ou fabriquent des tuiles photovoltaïques (celles-ci se différencient des modules traditionnels par leur surface plus petite) ou des modules photovoltaïque/thermique (PV/T) pour application au bâtiment.

En 2012, la société Bosch Solar France de Vénissieux a mis en route une deuxième ligne de fabrication pour atteindre une capacité annuelle de production d'environ 150 MW et la société Total/SunPower a inauguré une nouvelle ligne de capacité 44 MW à Porcellette en région Lorraine.

Des sociétés françaises possèdent des usines de fabrication de modules au silicium cristallin à l'étranger. Solairedirect et Tenesol/SunPower ont des usines en Afrique du Sud. Le groupe Total à travers sa filiale SunPower manufacture des cellules en Malaisie et aux Philippines et des modules aux États-Unis.

### 3.3.3.2 Modules à couche mince

La technique des couches minces de semi-conducteurs déposés sur un support de verre, de métal ou de plastique est attractive par la faible quantité de matériaux semi-conducteurs mise en jeu. En France, les matériaux retenus par les industriels sont le silicium amorphe hydrogéné (a-Si:H, technique de dépôt assisté par plasma, PECVD) et les composés CIGS (procédé d'électrodépôt). Les matériaux organiques (OPV) sont à leurs tout débuts industriels et les objectifs initiaux visent des applications de micropuissance.

En France, deux fabricants de modules au silicium amorphe sur substrat de verre : Free Energy Europe manufacture des modules de 5 W à 19 W et Solems SA spécialisé dans des modules de petites dimensions (< 0,1 m<sup>2</sup>). La capacité de production est d'environ 1 MW. En 2012, on ne compte pas en France de production à grande échelle de modules à couche mince pour les applications de puissance.

Deux sociétés sont au stade du développement industriel. La société Solsia, associée à Solems, développe un pilote de fabrication (PECVD) de modules de grande surface au silicium amorphe et variantes. La société Nexcis prépare l'industrialisation de modules à bases de CIGS par électrodépôt de cuivre, d'indium et de gallium, couplé à un recuit sous atmosphère de soufre et de sélénium. Ce procédé a été initialement étudié par l'institut IRDEP (institut mixte EDF et CNRS). Les modules sont bi-verres ou métal/polymère.

La société Saint-Gobain fabrique des modules à couche mince de CIGS dans sa filiale Avancis en Allemagne.

Dans le domaine des matériaux organiques (OPV) deux sociétés s'intéressent à des techniques d'impression jet d'encre : Armor et DisaSolar. On notera que l'entrée des matériaux OPV sur le marché de l'énergie électrique demande encore du développement.

### 3.3.3.3 Cellules et modules à concentration, suiveurs solaires

Le photovoltaïque à concentration (CPV, *concentrator PV*) est destiné à des régions à fort ensoleillement direct. Cette technique fait appel à des cellules photovoltaïques à haut rendement de conversion et des concentrateurs de lumière montés sur des suiveurs de trajectoire solaire.

L'entreprise Soitec a acheté la société allemande Concentrix Solar et développe des cellules photovoltaïques multijonctions GaInP/GaInAs/Ge à partir de technologies propriétaires. Soitec a inauguré une ligne de fabrication de modules CPV (env. 500 soleils avec lentille de

Fresnel) en décembre 2012 à San Diego (US). Cinq centrales CPV ont été mises en service en Afrique.

La société Heliotrop développe et commercialise un module à concentration (env. 1 000 soleils avec lentille de Fresnel). La société travaille en collaboration avec Exosun.

La société Exosun conçoit, développe et réalise des centrales photovoltaïques traditionnelles ou à concentration équipées de systèmes de suivi solaire brevetés. La centrale au sol mise en service en mai 2012 en Corse est la plus grande centrale photovoltaïque en France équipée de modules traditionnels montés sur des suiveurs solaires Exosun.

La société Axiosun, filiale de Sunpartner, commercialise et développe un concept de systèmes photovoltaïques au sol à basse concentration (12 soleils) avec un système de miroirs paraboliques. Deux projets ont été lancés au Maroc en 2012.

#### 3.3.3.4 *Recyclage des produits*

Les modules photovoltaïques sont entrés dans la directive européenne 2012/19/EU relative aux Déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE). La transposition en droit français est prévue pour février 2014. En France, l'association CERES (une centaine de membres) a développé en relation avec Photocycle Industries un modèle économique innovant pour la collecte et le recyclage des produits photovoltaïques. La société Arena Technologies spécialisée dans le traitement et le recyclage du silicium électronique se diversifie sur les matériaux photovoltaïques et la société Recupyl étudie des solutions de recyclage des modules à partir d'un savoir-faire sur les piles et les accumulateurs.

### **3.4 Fabricants et fournisseurs d'autres composants**

#### **3.4.1 *Matériels et machines pour l'industrie photovoltaïque***

Une vingtaine d'entreprises produisent des machines et des équipements pour la fabrication de lingots de silicium, de cellules et de modules. Les matériaux pour l'industrie (gaz, verres, polymères, graphite,...) proviennent d'une vingtaine de sociétés dont certaines sont leader dans leur domaine.

#### **3.4.2 *Équipements électriques et électroniques***

De nombreuses entreprises françaises importantes proposent l'ensemble des matériels et équipements électriques utilisés dans le raccordement, le contrôle, la mesure et le suivi des systèmes photovoltaïques. Les onduleurs qui convertissent le courant continu des générateurs photovoltaïques en courant alternatif font bien entendu partie des équipements proposés. Plusieurs entreprises françaises ont développé des gammes d'onduleurs et sont présentes sur le marché national et à l'export.

#### **3.4.3 *Composants de structure et produits intégrés au bâti***

L'annuaire du SER répertorie une cinquantaine d'entreprises spécialisées dans la production des composants de structure (éléments de couverture ou de façade des bâtiments, structures au sol, etc.). Le soutien tarifaire aux systèmes mettant en œuvre des composants photovoltaïques intégrés au bâti encourage les industriels à développer ce type de composants. De nombreux industriels contribuent à cette offre de produits d'intégration au bâti ou d'intégration simplifiée au bâti, en toiture ou en toiture-terrasse. Le Journal du photovoltaïque (n° 6, oct. 2011) décrit en détail plus de 70 produits pour l'intégration du photovoltaïque au bâti.

Les produits et procédés photovoltaïques pour l'intégration au bâtiment peuvent se prévaloir d'un Avis technique ou d'un Pass'Innovation Vert du CSTB (voir 4.4.3).

### 3.5 Acteurs à l'aval de la filière

#### 3.5.1 Les installateurs

L'installation est le fait d'un grand nombre d'entreprises. Le secteur est extrêmement hétérogène et on estime que de l'ordre de 80 % des installateurs appartiennent à des entreprises artisanales qui ne réalisent qu'une ou deux installations par an, tandis qu'un petit millier installent entre 10 et 20 systèmes. Quelques dizaines de grosses entreprises au maximum réaliseraient le tiers des installations (source ADEME).

Les installateurs peuvent se prévaloir de signes de qualité comme QUALIBAT, QUALIFELEC, QUALIPV, etc. délivrés par des organismes professionnels (voir 4.5.2.1).

#### 3.5.2 Les développeurs et exploitants

À côté des généralistes EDF et GDF SUEZ et leurs filiales, on compte un réseau très actif de développeurs et d'exploitants indépendants.

Le Tableau 6 présente une liste non exhaustive des sociétés qui ont mis en œuvre en 2012 des projets de puissance supérieure à 1 MW (source : Atlas Observ'er).

**Table 6 – Main developers of large grid-connected systems in 2012**

Distributed applications (2012 projects > 1 MW)	Centralised ground-mounted (2012 projects > 1 MW)
AE3000, Altus Energy, Arkolia Énergies, Armorgreen, Briand Énergies, Coruscant, Fonroche Énergie, Hanau Énergies, JMB Énergie, JP Énergie, Neoen, Solairedirect, Solar Invest, Solvéo Énergie, Ténergie, Urbasolar, Valéco Ingénierie...	Delta Solar, EDF EN, Energo, La Compagnie du Vent, Langa solar, Luxel, Sidec, Solairedirect...

Source: Atlas Observ'er.

L'activité des principaux développeurs et exploitants est bien décrite dans Le Journal du Photovoltaïque (hors-série n° 7, avril 2012, 338 Acteurs du photovoltaïque français).

### 3.6 Prix des modules

Le prix de vente moyen des modules photovoltaïques au silicium cristallin d'origine européenne est présenté dans le Tableau 7. La surcapacité de production au niveau mondial du fait des investissements massifs de fabricants asiatiques, a entraîné la chute des prix. Sur le marché spot l'indice *pvXchange* indique une baisse de 27 % des modules allemands en 2012 et 54 % sur deux ans. Pour les modules d'origine asiatique on observe une baisse de 60 % en deux ans. Cette baisse a engendré en France un fort développement des systèmes de moyenne et grande puissance.

**Table 7 – Typical crystalline silicon module prices (EUR/W)**

2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
5,10	4,80	3,17	2,00	1,66	0,91	0,72

Sources: IEA PVPS report France up to 2010 and SER 2011, 2012, Autan Solaire.

### 3.7 Prix des systèmes

Les prix moyens des systèmes photovoltaïques (Tableaux 8a et 8b) ont baissé au cours des dernières années. Pour les installations résidentielles intégrées au bâti (IAB) avec modules européens, le prix installé était de 8,4 EUR/W en 2007 et environ 3,7 EUR/W en 2012. On relève le prix pour un système de 9 kW sur un bâtiment neuf de 2,82 EUR/W et 2,10 EUR/W pour un système supérieur à 36 kW.

Les installations intégrées (ISB) aux bâtiments commerciaux et industriels sont passées de 7,8 EUR/W en 2007 à 2,0 EUR/W en 2012. Le prix clé-en-main des centrales au sol a baissé sur cette période de 75 % pour atteindre en moyenne 1,6 EUR/W (tous les prix indiqués sont hors TVA).

**Table 8a – Turnkey prices of typical applications in 2012 (EUR/W)**

Category/Size	Typical applications	average prices
Grid-connected less than 3 kW	Residential building-integrated system	3,7 EUR/W
Grid-connected 100 kW to 250 kW	Industrial, commercial agricultural large roof	2,0 EUR/W
Grid-connected ground-mounted > 2 MW	Centralised production, utility scale plant	1,6 EUR/W
Off-grid domestic 2 kW (with storage battery)	Principal residence	15 EUR/W

Sources: SER, Autan Solaire, FACE.

**Table 8b – Trends in system prices for three types of grid-connected systems (EUR/W)**

Application	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Residential building-integrated	8,4	8,2	6,9	5,9	3,9	3,7
Large commercial roof	7,8	7,6	6,4	5,5	2,6	2,0
Centralised production	6,3	6,2	5,2	4,5	2,0	1,6

Sources: IEA PVPS Report France up to 2010 and SER 2011, 2012, Autan Solaire.

**Étude de cas** : système résidentiel de 3 kW. Le prix clé-en-main typique pour un toit photovoltaïque intégré de 3 kW chez un particulier est de 12 000 EUR TTC maximum (avec TVA à 7 %). Le coût de raccordement au réseau de distribution d'environ 1 000 EUR est inclus dans le prix proposé. Le montant du crédit d'impôt accordé est au maximum 1 056 EUR. Les frais de gestion annuels pour l'achat de l'électricité sont de 162 EUR. La provision pour changement de l'onduleur au bout de 10 ans est de 100 EUR par an. Le surcoût de l'assurance multirisque habitation n'est pas systématiquement appliqué.

Le revenu annuel d'une installation avec tarifs du 1<sup>er</sup> trimestre 2013 (incluant les 10 % de majoration pour modules fabriqués dans l'espace économique européen), sera de 1 251 EUR dans le Sud de la France (production annuelle moyenne de 3 600 kWh) et 834 EUR dans le Nord de la France (production de 2 400 kWh). Le propriétaire recevra les premiers revenus environ 17 mois après la déclaration initiale des travaux à la mairie.

## 3.8 Emplois et formation

### 3.8.1 Emplois

En 2012, selon une étude de l'ADEME (juillet 2012), les emplois liés aux investissements ont été estimés à 16 400 (fabrication des composants, études et installation). Ils étaient évalués à 27 400 en 2011. Cette diminution des emplois se concentre dans l'installation et s'explique par la baisse du nombre d'installations de petite puissance (moins 57 % par rapport à 2011). Les emplois liés à la production d'énergie et l'entretien sont estimés à 1 600 en 2012.

### 3.8.2 Formation

La formation est un facteur important du développement des énergies renouvelables et de l'écoconstruction. Le Journal des énergies renouvelables (mars 2013) recense près de 600 formations dans ce domaine. Les acteurs du bâtiment se mobilisent avec l'entrée en vigueur des nouvelles réglementations thermiques (RT). Quelques formations photovoltaïques, nouvellement développées, sont destinées plus spécifiquement aux architectes ou aux techniciens de dépannage et de maintenance. L'INES-Education contribue à cette activité en proposant 14 stages. Les bureaux d'études Transénergie et Metrol sont très actifs avec leurs forums techniques spécialisés. Les sociétés Tecsol, Autan Solaire, Evasol, etc.



proposent leurs expériences de terrain. Les industriels tiennent aussi des cycles de formation spécifiques à leurs produits.

### 3.9 Valeur de la production photovoltaïque

La valeur de la production annuelle du secteur photovoltaïque français est estimée à 1,8 milliards d'euros en 2012, une diminution de 29 % par rapport à 2011. Le Tableau 9 présente l'évolution entre 2007 et 2012 (source : ADEME).

**Table 9 – Value of annual photovoltaic production in France (MEUR)**

Value	2007	2008	2009	2010	2011	2012*
Sales value	301	794	1 785	5 851	3 839	2 385
Export of PV products	117	91	33	62	43	43
Import of PV products	169	216	566	2 311	1 414	666
Value of production	248	669	1 252	3 602	2 469	1 762

Source: ADEME, \*provisional.

## 4 CADRE DU DÉVELOPPEMENT

### 4.1 Mesures de soutien et actions de promotion

Ce paragraphe donne des précisions sur les mesures de soutien décrites plus haut et présente les acteurs de la promotion du photovoltaïque français.

#### 4.1.1 Tarifs d'achat

(Voir aussi 2.3.2)

Le dispositif de soutien aux énergies renouvelables mis en place par la loi oblige l'agence EDF OA (EDF Agence obligation d'achat) et les entreprises locales de distribution (ELD) à acheter l'électricité produite à partir des sources d'énergies renouvelables à un tarif d'achat (*feed-in tariff*) plus élevé que le prix du marché, afin de leur permettre d'accomplir leur courbe d'apprentissage tout en assurant une rentabilité normale aux investisseurs. Le tarif d'achat est fixé par un arrêté, ou bien résulte d'un appel d'offres.

La politique des tarifs d'achat est financée par la CSPE (voir 4.1.2) payée par les consommateurs d'électricité sur leur facture.

Rappel des dates-clefs de la politique de soutien par les tarifs d'achat :

- 10 juillet 2006 : arrêté instaurant des tarifs d'achat bonifiés de l'électricité photovoltaïque (cette mesure faisait suite à la mise en place en 2004 d'un crédit d'impôt pour les particuliers de 50 % sur le prix des équipements) ;
- 10 décembre 2010 : suspension durant trois mois de l'obligation d'achat et du raccordement des installations photovoltaïques de puissance supérieure à 3 kW (le secteur résidentiel inférieur à 3 kW n'est pas concerné par la mesure).
- 4 mars 2011 : un arrêté indique les nouveaux tarifs d'achat applicables. Instauration d'un ajustement trimestriel pour les installations sur les bâtiments de moins de 100 kW et mise en place d'appels d'offres pour les installations PV de plus de 100 kW. Volume plafonné à 500 MW par an (valeur des tarifs 2012, Tableau 4a).
- 7 janvier 2013 : annoncé par le nouveau gouvernement en octobre 2012, la grille tarifaire est simplifiée (Tableau 4b) et une majoration des tarifs d'achat de 5 % ou 10 % est appliquée aux projets dont les modules photovoltaïques ont été fabriqués dans l'Espace économique européen. Le volume annuel est doublé et porté à 1 000 MW par an et de nouveaux appels d'offres pour les systèmes de puissance supérieure à 100 kW ont été mis en place.

#### **4.1.2 La Contribution au service public de l'électricité**

Instituée en 2003 par une loi, la Contribution au service public de l'électricité (CSPE) est une taxe, fixée par le gouvernement. Elle s'applique à la quantité d'électricité consommée par les particuliers et les industriels et s'élève à 10,50 EUR par MWh (juillet 2012). Le rôle est de compenser les surcoûts que supportent les opérateurs d'électricité pour l'ensemble de leur mission de service public. Par exemple, les surcoûts liés au principe d'assurer un prix égal de l'électricité pour tous les citoyens français (y compris ceux des départements d'outre-mer) ou les tarifications spéciales de personnes dans la précarité. Mais aussi les surcoûts résultant des politiques de soutien à la cogénération et aux énergies renouvelables.

#### **4.1.3 Crédit d'impôt développement durable**

(Voir 2.5.1.3).

#### **4.1.4 Soutien des collectivités locales**

(Voir 2.5.1.4 et 4.3).

#### **4.1.5 Autres soutiens à la filière photovoltaïque**

##### **4.1.5.1 Les pôles de compétitivité**

Trois pôles de compétitivité développent des actions dans le photovoltaïque : Tenerrdis en région Rhône-Alpes, Derbi en région Languedoc-Roussillon et Capenergie en région Provence – Alpes – Côte d'Azur. Les partenaires de chacun des pôles reçoivent des financements établissements publics et des collectivités locales, en fonction de l'intérêt technique, économique et social des projets déposés.

##### **4.1.5.2 Organisations professionnelles et associations**

Les syndicats professionnels ENERPLAN et SER-SOLER, les associations ASDER, CLER, HESPUL, mais aussi les associations d'utilisateurs et producteurs GPPEP et APESI sont très actives dans la promotion du développement du photovoltaïque et ont particulièrement montré leur dynamisme au moment de la campagne politique des élections présidentielles de mai 2012 puis dans la préparation du débat national sur la Transition énergétique (voir 4.1.6.3). Certaines de ces organisations sont partenaires de projets transnationaux dans le cadre du programme européen *Intelligent Energy Europe* (IEE) : le projet PV LEGAL achevé en février 2012 est poursuivi par le projet PV GRID (promotion de l'intégration de l'électricité photovoltaïque dans les réseaux de distribution).

##### **4.1.5.3 Événements**

Plusieurs événements se sont tenus au cours de l'année 2012 en vue de promouvoir la technologie et les applications du photovoltaïque. Le 14<sup>e</sup> colloque du SER le 7 février 2012 intitulé « Énergies renouvelables, énergies du siècle » a attiré les parlementaires et membres du gouvernement, les présidents de grandes entreprises énergétiques, des responsables de l'Administration et de la Commission européenne.

Le Salon des énergies renouvelables à Paris du 3 au 5 avril 2012 et la 6<sup>e</sup> édition du salon ENERGIAIA à Montpellier du 5 au 7 décembre 2012 ont offert des cycles de conférences et des rencontres d'affaires. La 5<sup>e</sup> édition des Journées européennes du solaire (JES) organisées par ENERPLAN et ses partenaires du 9 au 15 mai 2012 ont permis à un large public d'assister à 560 interventions didactiques dans toute la France.

#### **4.1.6 Politiques indirectes**

##### **4.1.6.1 Export et initiatives méditerranéennes**

Les opérateurs comme l'Agence française de développement (AFD), Ubifrance et le ministère de l'Économie avec les outils financiers FASEP (Fonds d'études et d'aide au

secteur privé) ou RPE (Réserve pays émergents) interviennent pour accompagner à l'export les entreprises françaises de la filière solaire.

La marque France Solar Industry, pilotée par le SER, regroupe les industriels actifs dans le PV, le CPV et l'énergie solaire thermodynamique. L'objectif est d'offrir aux acteurs français et notamment aux PME une visibilité suffisante pour se positionner sur les marchés internationaux. La réussite de la construction d'une usine photovoltaïque verticalement intégrée au Kazakhstan est à l'origine de cette initiative. Inaugurée en 2012, cette usine a bénéficié du savoir-faire des équipementiers français.

Plusieurs initiatives ont pour objectif de promouvoir une nouvelle politique de coopération et de développement dans toute la région méditerranéenne. L'Union pour la Méditerranée (UPM) compte parmi ses grands projets le Plan solaire méditerranéen (PSM) avec un objectif de 20 GW installé en 2020. L'institut IMEDER, regroupe des organisations professionnelles des deux rives de la Méditerranée. Sous son égide plusieurs événements comme des conférences et des salons ont été organisés en France, au Maroc et en Tunisie.

#### 4.1.6.2 *Les réglementations thermiques*

La Réglementation thermique RT 2012 fixe pour les bâtiments neufs un seuil maximal de consommation d'énergie primaire de 50 kWh/m<sup>2</sup>-par an. Cette réglementation offre de nouvelles occasions de développement pour la filière solaire française. La Figure 2 est un exemple de réalisation de bâtiment à basse consommation conforme à la RT 2012 et ceci n'est qu'une étape vers la prochaine réglementation RT 2020 dite Bâtiment à énergie positive (BEPOS) qui imposera aux nouveaux bâtiments de devenir des producteurs nets d'énergie.



Figure 2 – Low-energy building in Paris' 17<sup>th</sup> arrondissement (96 kW BIPV designed and installed by Sunvie).

#### 4.1.6.3 *Transition énergétique*

Le Gouvernement a voulu que s'ouvre dès le début de l'année 2013 un grand débat national sur la transition énergétique. La transition énergétique est le passage d'une société fondée sur la consommation abondante d'énergies fossiles, à une société plus sobre et plus écologique. Parmi les pistes de réflexion : la sobriété énergétique, l'optimisation des systèmes de production, l'utilisation accrue des énergies renouvelables. L'électricité solaire photovoltaïque aura sa place. Après concertation des acteurs et du grand public pendant le premier semestre un projet de loi sera présenté au Parlement au quatrième trimestre 2013.

#### 4.1.6.4 *Coopération Franco-Allemande*

L'Office franco-allemand pour les énergies renouvelables a pour objectif d'échanger entre les deux pays des expériences et des connaissances afin de réduire les obstacles au développement des énergies renouvelables. Une plateforme de communication entre les deux pays permet la mise en réseau des différents acteurs. Le rôle du solaire photovoltaïque dans le bâtiment de demain est un des axes de réflexion.

## 4.2 Intérêt des compagnies d'électricité

En France, les deux principales compagnies d'énergie EDF et GDF SUEZ sont impliquées avec leurs filiales dans le développement du photovoltaïque. Des sociétés plus petites ont

été créées pour le développement et l'exploitation des énergies renouvelables (voir 3.5.2 et Tableau 6).

#### **4.2.1 Groupe EDF**

EDF EN (EDF Énergies nouvelles) est une filiale d'EDF créée en 1990. EDF EN développe, construit et exploite des centrales d'énergies renouvelables en Europe et en Amérique du Nord. En fin 2012, la société disposait en France de 447 MW de centrales photovoltaïques. Mises en service en 2012, on note la plus grande centrale PV au sol européenne avec 115 MW à Toul-Rosières, en région Lorraine, la centrale de Crucey en région Centre (60 MW) et la centrale de Massangis en région Bourgogne (56 MW). Ces trois projets de revalorisation territoriale utilisent des modules à couche mince au tellure de cadmium.

EDF ENR (EDF Énergies nouvelles réparties) est une filiale d'EDF EN créée en 2007. Avec ses deux filiales EDF ENR Solaire et EDF ENR PWT, EDF ENR se présente comme le seul acteur français du solaire photovoltaïque présent sur toute la chaîne de valeur y compris la R&D.

- EDF ENR Solaire propose des systèmes PV pour tout type de toitures pour les particuliers (11 600 installations en fin 2012), les bâtiments agricoles, industriels et de collectivités avec des prestations de supervision et de maintenance.
- EDF ENR PWT (Photowatt) fabrique des lingots, des plaques, des cellules et des modules au silicium cristallin. En mars 2012, le groupe EDF ENR est entré en possession des actifs de la société Photowatt (voir aussi 3.1.1 et 3.3.1).

#### **4.2.2 Groupe GDF SUEZ**

GDF SUEZ intervient avec ses filiales comme intégrateur de systèmes, assembleur de projets clés en main pour particuliers et investisseurs institutionnels ou développeur/exploitant de centrales PV. Ses filiales comme la Compagnie du Vent, la Compagnie nationale du Rhône-CN'Air ou Ineo ont installé en France 41 MW (cinq centrales dont une de 26 MW). La centrale de Porette en Corse (3,8 MW) mise en service en 2012, est la seule centrale montée sur de suiveurs solaire mono-axe.

### **4.3 Intérêt des collectivités locales**

Les schémas régionaux du climat, de l'air et de l'énergie (SRCAE) préparés par les Régions en 2012 ont défini les pistes du développement avec plus de 13 GW d'installations PV en 2020.

La région Languedoc-Roussillon a lancé un fonds d'investissement avec trois banques partenaires accordant des prêts à taux préférentiels pour la réalisation d'installation en toiture. La région Poitou-Charentes a mis en place un micro-crédit régional « énergie verte » à 0 %. C'est un prêt pour les particuliers d'une durée de 6 à 60 mois dont les intérêts sont pris en charge par la Région. En partenariat avec Solairedirect cette Région a innové avec la création de la société d'économie mixte Ester (Électricité solaire des territoires). La région Midi-Pyrénées apporte une subvention de 20 % maximum pour les bâtiments neufs ou existants présentant une bonne efficacité énergétique. La région Aquitaine a lancé un appel à projets photovoltaïques en autoconsommation sur des bâtiments publics ou privés, neufs ou existants, s'inscrivant dans une approche globale d'efficacité énergétique, sans conditions d'intégration au bâti.

L'installation de générateurs photovoltaïques sur des toitures d'immeubles communaux est une application courante souvent entièrement financée par l'emprunt sans faire appel à des subventions. L'installation de centrales photovoltaïques au sol sur des espaces inutilisés comme les zones d'enfouissement de déchets sont des applications vertueuses prisées par certains acteurs locaux.

La Fédération nationale des collectivités concédantes et régies (FNCCR) compte près de 70 syndicats d'énergie menant régulièrement des actions sur les renouvelables. Treize MW de projets photovoltaïques ont émergé. La Fédération a fait remarquer que les appels d'offres lancés depuis 2011 encourageaient des projets de grande puissance, centralisés, peu adaptés aux capacités d'investissement des collectivités locales et pour lesquels seuls les grands groupes industriels pouvaient se positionner avec la conséquence de pénaliser le tissu local de PME et PMI. Les collectivités locales tout comme les syndicats de professionnels du photovoltaïque ont alerté les pouvoirs publics sur ce type de difficultés.

#### **4.4 Politique qualité et normes**

##### **4.4.1 Normes photovoltaïques**

La France ne développe pas de normes photovoltaïques mais adopte les Normes préparées soit par l'organisation internationale CEI/IEC soit par l'organisation européenne CENELEC.

La Commission photovoltaïque française UF82 de l'AFNOR-UTE est le comité miroir des comités IEC/TC82 et CENELEC/TC82. Cette Commission, avec ses 27 experts, participe à la rédaction des commentaires et au vote des projets de Normes. L'AFNOR-UTE est chargée de la traduction obligatoire de ces Normes internationales en français. C'est ainsi, par exemple, que la Norme IEC 61215 pour l'homologation des modules photovoltaïques est devenue la norme NF EN 61215. Les documents d'appels d'offres peuvent se référer aux deux appellations IEC ou NF EN.

Normes internationales disponibles en français et publiées en 2012 : NF EN 60904-8 Ed. 3 « *Dispositifs photovoltaïques – Partie 8 : Mesure de la réponse spectrale d'un dispositif photovoltaïque (PV)* » ; NF EN 62548 Ed. 1 « *Exigences de conception pour les groupes photovoltaïques (PV)* » ; NF EN 61701 Ed. 1 « *Essai de corrosion au brouillard salin des modules photovoltaïques (PV)* » ; NF EN 62109-2 « *Sécurité des convertisseurs de puissance utilisés dans les systèmes photovoltaïques – Partie 2 : Exigences particulières pour les onduleurs* » ; NF EN 50521/A1 « *Connecteurs pour systèmes photovoltaïques – Exigences de sécurité et essais* ».

Versions françaises livrées aux instances internationales en 2012 : EN 50530 : 2010/prA1 « *Efficacité globale des onduleurs photovoltaïques raccordés au réseau* » ; EN 50548 : 2011/prA1 « *Boîtes de jonction pour modules photovoltaïques* » ; CEI 62716 Ed.1 « *Essai de corrosion à l'ammoniac de modules photovoltaïques (PV)* » ; CEI 61730-1 am2 Ed.1 « *Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques (PV) – Partie 1 : Exigences pour la construction* ».

Les Spécifications techniques (TS), contrairement aux Normes n'ont pas l'obligation d'être traduites en français. Cependant, compte tenu de la pertinence de la série IEC TS 62257 sur les petits systèmes à énergie renouvelable et hybrides pour l'électrification rurale, la partie 1, Ed. 2 a été traduite « *Introduction générale à la série CEI TS 62257 et à l'électrification rurale* ». On soulignera l'effort important d'EDF R&D et de l'ADEME pour le développement de cette Spécification technique.

##### **4.4.2 Attestation de conformité des installations**

Toute installation de production d'électricité d'une puissance inférieure à 250 kVA ainsi que les installations électriques extérieures raccordées au réseau public doivent faire l'objet d'une attestation de conformité aux prescriptions de sécurité visée par le Consuel (Comité national pour la sécurité des usagers de l'électricité).

Les installations photovoltaïques à basse tension doivent faire référence aux préconisations du *Guide pratique UTE C 15-712-1 « Installations photovoltaïques raccordées au réseau public de distribution »*. Ce document vient en complément de la norme générale NF C 15-100 relative aux installations électriques à basse tension.

##### **4.4.3 Avis techniques**

Le CSTB (Centre scientifique et technique du bâtiment) a mis en place en 2008 une procédure d'évaluation qui permet d'établir que les produits et procédés photovoltaïques

utilisés sur un bâtiment minimiseront les risques de sinistres et rentreront bien dans les contrats de base des assureurs.

Les Avis techniques photovoltaïques (ATec PV) sont renouvelables, modifiables et publics. Ils sont attribués pour une durée maximum de 3 ans.

Le Pass'Innovation Vert du CSTB est une étape facultative avant de s'engager vers l'Avis technique. C'est une évaluation simplifiée obtenue dans un délai réduit. Il est attribué pour 2 ans maximum, durée qui permet de réunir les éléments nécessaires et d'acquérir le retour d'expérience suffisant afin d'établir un Avis technique. En fin 2012, 25 procédés photovoltaïques étaient validés en ATec PV et environ 80 procédés en Pass'Innovation Vert.

## 4.5 Qualification et marque de qualité

### 4.5.1 Essais et certification

CERTISOLIS TC, filiale du LNE et du CSTB, est le laboratoire d'essais et de certification des performances des modules photovoltaïques. Après deux ans d'activité le laboratoire a reçu l'accréditation COFRAC en 2012, le plaçant ainsi au niveau des exigences internationales en la matière. CERTISOLIS atteste que les modules PV sont conformes à la norme NF EN 61215 (silicium cristallin) ou NF EN 61646 (couches minces) et à la Classe II de sécurité électrique selon la norme NF EN 61140 ou NF EN 61730.

La marque CERTISOLIS MPV apposée sur les modules testés apporte les garanties sur leur conformité non seulement aux Normes en vigueur mais aussi sur la qualité de leur conception et de leur fabrication auditées annuellement.

Depuis la sortie de l'arrêté du 7 janvier 2013 portant sur la majoration des tarifs d'achat de l'électricité de 5 % ou 10 %, CERTISOLIS, et d'autres organisations accréditées, réalisent des audits pour établir un certificat attestant que les modules photovoltaïques (filières c-Si et couches minces), les plaques de silicium et les cellules au silicium cristallin sont fabriqués au sein de l'Espace économique européen.

### 4.5.2 Marques de qualité et labels

#### 4.5.2.1 Marques de qualité

Les entreprises des secteurs de la construction et de l'énergétique peuvent se prévaloir de certifications telles que QUALIBAT (EE/ENR), QUALIFELEC (SPV), QUALIPV (Elec, Bât), etc. Ces qualifications délivrées par des organismes professionnels reconnaissent l'aptitude des entreprises à réaliser les prestations photovoltaïques qui lui sont confiées (voir aussi 4.5.2.3).

#### 4.5.2.1 AQPV

L'Alliance qualité photovoltaïque (AQPV) est une marque gérée par le Syndicat des énergies renouvelables (SER). Le marquage *AQPV-modules* vise à promouvoir la mise sur le marché de modules photovoltaïques présentant des critères de qualité renforcés par rapport à la réglementation en vigueur, et dont la fabrication a été réalisée en France. Les modules de diverses provenances construits avec des cellules élaborées en France sont aussi éligibles. Le marquage *AQPV-Contractant général* est dédié aux entreprises de conception, d'installation et d'exploitation-maintenance de systèmes sur bâtiments.

#### 4.5.2.2 Reconnu Grenelle Environnement

L'ADEME a souhaité guider le particulier dans les différents signes de qualité qui accompagnent les entreprises et les produits. Rédigée en relation avec le ministère de l'Écologie et ses partenaires (FFB, CAPEB, Qualibat, Qualit'ENR, Qualifelec) une charte d'engagement définit les exigences à respecter. Ainsi, les qualifications ou les signes de qualité concernés porteront la mention « *Reconnu Grenelle Environnement* », ce qui

permettra aux particuliers de repérer plus facilement les entreprises apportant la confiance nécessaire pour réaliser les travaux d'économie d'énergie et d'énergies renouvelables.

## 5 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les pouvoirs publics français ont fait le choix de développer une filière photovoltaïque qui favorise l'intégration au bâtiment, en établissant, il y a six ans, un tarif d'achat garanti plus avantageux pour ces solutions. Le tarif est fonction du degré d'intégration des modules photovoltaïques et de la puissance de l'installation. Au-delà de 100 kW, le système de soutien passe par une procédure d'appel d'offres.

Ces mesures incitatives ont créé les conditions favorables à un développement soutenu des applications du photovoltaïque raccordé au réseau. En fin 2012, le parc photovoltaïque français atteignait la barre des 4 GW avec plus de 281 000 systèmes installés. Une augmentation de puissance de 37 % par rapport à l'année passée avec 1 079 MW installés en 2012.

En 2012, l'industrie française des composants photovoltaïques a dû affronter la vive concurrence internationale. Certains projets visant à augmenter les capacités de production ou à développer de nouvelles lignes de fabrication de cellules et de modules ont été suspendus. Les sociétés industrielles pionnières du développement photovoltaïque en France ont été restructurées. Ce sont les petites entreprises d'installations qui ont été les plus touchées. Cependant, le tissu industriel sur toute la chaîne de valeur a été dans l'ensemble préservé. Un réseau actif de développeurs et d'exploitants indépendants s'est bien développé.

Le nouveau gouvernement a reconnu que les filières de l'éolien et du photovoltaïque étaient en difficulté à la suite de modifications tarifaires et réglementaires répétées. Aussi, a-t-il lancé en fin 2012 et début janvier 2013 de nouvelles mesures pour relancer l'activité photovoltaïque : doublement des volumes cibles à 1 000 MW par an, simplification de la grille tarifaire, lancement de nouveaux appels d'offres et majoration des tarifs d'achat jusqu'à 10 % si les modules photovoltaïques utilisés dans les projets sont fabriqués dans l'Espace économique européen. Selon le ministère de l'Écologie l'ensemble de ces mesures générera des investissements de plus de 2 milliards d'euros et permettra la création ou le maintien d'environ 10 000 emplois.

Le débat national sur la Transition énergétique qui a commencé au dernier trimestre 2012 devrait déboucher sur un projet de loi en octobre 2013. L'industrie souhaite voir émerger à cette occasion une politique favorable à la filière photovoltaïque française.

Les Régions joueront un rôle important dans le développement du photovoltaïque. Leurs schémas régionaux du climat, de l'air et de l'énergie (SRCAE) définis en 2012 prévoyaient dans les premières approches plus de 13 GW d'installations PV en 2020. L'industrie a proposé un objectif de 20 GW de capacité installée à cet horizon et l'ADEME, de son côté, dans une étude prospective, a évalué le gisement photovoltaïque accessible à des conditions technico-économiques acceptables à 33 GW en 2030.

\*\*\*