

Juin 2010

# Les industries des ENR en Île-de-France : quel potentiel de développement ?

## 1. L'industrie photovoltaïque



INSTITUT  
D'AMÉNAGEMENT  
ET D'URBANISME

ÎLE-DE-FRANCE





# Les industries des ENR en Ile-de-France : Quel potentiel de développement ?

## 1- L'Industrie Photovoltaïque

Juin 2010

---

IAU Île-de-France  
15, rue Falguière - 75740 Paris Cedex 15  
Tél. : 33 (1) 77 49 77 49 - Fax : +33 77 49 76 02  
<http://www.iau-idf.fr>

Directeur général : François DUGENY  
Département Economie et Développement Local : Anne-Marie ROMERA, Directrice  
Etude réalisée par : Thierry Petit  
Cartographie réalisée par : Pascale GUERY  
N° d'ordonnancement : 6.10.001  
Mise en page couverture :  
Crédit photo de couverture : © Laurent Mignaux - Meeddat

# Remerciements

Je tiens particulièrement à remercier les membres du comité technique de cette étude qui ont apporté des informations précieuses et participé à sa relecture :

- Anne-Laure Barbe, responsable du pôle développement durable des territoires, ARD-Paris Île-de-France
- Xavier Desray, chargé d'études, Conseil régional d'Ile de France, unité développement
- Marie-Laure Falque-Masset, chargée mission Energie responsable des affaires européennes, ARENE idf
- Jean-François Moras, Chargé de mission développement industriel, DRIRE Idf
- Vincent Roumeas, chef de marché éco activités, ARD Paris-Île-de-France

Je souhaite aussi vivement remercier les personnes qui m'ont apporté de riches contributions et m'ont accordé un entretien :

- Jean-Marc Agator, responsable projet du pôle énergie climat, CEA Saclay
- Bernard Blez, directeur de programmes direction de la recherche, GDF suez
- Gilles Cochevelou, directeur R&D Total Gaz et énergies nouvelles
- Jean-François Guillemoles CNRS directeur adjoint à la recherche IRDEP (Institut de Recherche et Développement sur l'Énergie Photovoltaïque)
- Jean Philippe Laurent, directeur de la R&D Véolia énergie.
- Romain Poubeau, chargé de mission PV, Syndicat des énergies renouvelables (SER)
- Véronique Tanguy, responsable éco-innovation & veille Centre francilien de l'innovation (CFI)

<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<b>4</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>7</b>
<b>LE CHAMP DE L'ETUDE</b> .....	<b>9</b>
<b>1- ENERGIE SOLAIRE : DEFINITION ET PRESENTATION</b> .....	<b>10</b>
<b>2 - LES TECHNOLOGIES EN JEU</b> .....	<b>12</b>
<b>2.1- Les technologies du solaire</b> .....	<b>12</b>
2.1.1- Chaleur du rayonnement .....	12
2.1.2- Lumière du rayonnement.....	12
<b>2.2- Les technologies PV</b> .....	<b>13</b>
2.2.1- Définition .....	13
2.2.2- les technologies actuelles et en cours de développement .....	14
2.2.2- Avantages et limites prêtés à la technologie PV actuelle .....	17
<b>3 – LE MARCHE DU PV</b> .....	<b>18</b>
<b>3.1 – le marché mondial : l'Europe reste de loin le premier marché</b> .....	<b>18</b>
<b>3.2 – Le marché français</b> .....	<b>19</b>
<b>3.3 – Potentiel de croissance du marché</b> .....	<b>20</b>
<b>4- LES ACTEURS DE LA FILIERE ET LEURS STRATEGIES</b> .....	<b>21</b>
<b>4.1 – La chaîne de valeur industrielle dans le solaire photovoltaïque</b> .....	<b>21</b>
<b>4.2- Géographie mondiale de la production</b> .....	<b>22</b>
4.2.1- Une production mondiale géographiquement concentrée .....	22
4.2.2- Une concentration qui s'accroît à mesure que l'on remonte la chaîne de valeur .....	24
4.2.3- En France les sites de production se concentrent au sud... ..	25
<b>4.3- Structuration de la filière, stratégie et jeux d'acteurs</b> .....	<b>31</b>
4.3.1- Une filière concentrée en amont et concurrentielle en aval.....	31
4.3.2- Des stratégies variables suivant les entreprises mais avec des constantes liées à leur positionnement dans la chaîne de valeur .....	31
<b>4.4- Les principes de localisation et d'investissements des acteurs</b> .....	<b>34</b>
4.4.1- Investissements et fusions acquisitions dans l'industrie PV .....	34
4.4.2- Principes de localisation des acteurs du PV .....	34
<b>4.5- Les emplois actuels et futurs dans le monde et en France</b> .....	<b>36</b>
<b>5- QUEL POTENTIEL POUR L'IDF AU REGARD DU PV ?</b> .....	<b>38</b>
<b>5.1- Synthèse des ressources</b> .....	<b>38</b>
<b>5.2- Principaux acteurs industriels du PV présents en IDF</b> .....	<b>38</b>
<b>5.3- les acteurs clé du PV couches minces en Île-de-France</b> .....	<b>46</b>
<b>5.4- Les principaux acteurs de la recherche PV en IDF</b> .....	<b>47</b>
5.4.1- Les acteurs privés de la recherche PV en IDF .....	47
5.4.2- Les acteurs publics de la recherche PV en IDF.....	50
5.4.3- Les principaux thèmes de recherche sur le PV en IDF .....	53
<b>6- BENCHMARK DES ACTIONS PUBLIQUES D'AIDE AU DEVELOPPEMENT DU PV</b> .....	<b>58</b>

<b>6.1- Benchmark international des aides publiques au développement du marché PV.....</b>	<b>58</b>
<b>6.2- Un niveau d'aide à la recherche déterminant pour les filières industrielles.....</b>	<b>60</b>
<b>6.3- Exemples de soutiens locaux aux filières industrielles en Allemagne .....</b>	<b>61</b>
6.3.1- Solar Valley Mitteldeutschland, Halle, Sachsen Anhalt, Allemagne.....	61
6.3.2- Fraunhofer Institute for Solar Energy systems ISE, Freiburg, Land du Bade Würtemberg, Allemagne .....	64
<b>6.4- Le soutien à la filière PV en France.....</b>	<b>66</b>
6.4.1- La politique de soutien de la demande .....	66
6.4.2- La politique de soutien de l'offre .....	67
6.4.3- Les pôles de compétitivité français sur la thématique du PV .....	68
6.4.4- Exemples de soutiens locaux hors pôles aux filières industrielles .....	75
<b>6.5- Le soutien à la filière PV en IDF .....</b>	<b>78</b>
<b>7- ATOUTS, OPPORTUNITES ET RECOMMANDATIONS POUR DEVELOPPER UNE FILIERE INDUSTRIELLE PV EN ÎLE-DE-FRANCE .....</b>	<b>80</b>
<b>7.1- Une filière à envisager au niveau national.....</b>	<b>80</b>
<b>7.2- Atouts franciliens pour participer à l'édification d'une filière PV nationale, Analyse SWOT .82</b>	<b>82</b>
<b>7.3- Pistes d'actions possibles .....</b>	<b>84</b>
7.3.1- Objectifs visant à développer un marché local et l'emploi lié à l'installation et la maintenance	84
7.3.2- Objectifs plus spécifiquement destinés à développer une filière industrielle PV en IDF .....	85
<b>ANNEXES .....</b>	<b>91</b>
<b>1-Bibliographie .....</b>	<b>91</b>
<b>2-Sites internet.....</b>	<b>93</b>
<b>3- Extrait discours de l'union du Président Obama 3 mars 2009 .....</b>	<b>94</b>
<b>4- Méthode d'élaboration du fichier des établissements industriels du PV en IDF.....</b>	<b>95</b>
<b>Carte des implantations d'entreprises industrielle oeuvrant dans le PV (format A3).....</b>	<b>96</b>

# Introduction

Dans un contexte de confrontation à la plus grave crise environnementale prévisible de son histoire et dans lequel les enjeux énergétiques seront un des sujets majeurs de friction internationale du fait de la raréfaction attendue des ressources fossiles sur lesquelles s'est construit notre développement depuis près de deux siècles, la nécessité de mettre en œuvre des technologies énergétiques nouvelles et propres est devenue impérieuse. Dans un souci de développement durable, la mise en œuvre de solutions renouvelables en complément des autres solutions existantes n'est plus à prouver. De plus, à l'urgence climatique qui impose des changements en profondeur de notre mode de développement, s'ajoute un contexte plus conjoncturel de crise face auquel le potentiel économique et de gisement d'emplois que représentent les ENR n'est pas à négliger. C'est ce qu'ont bien saisi à la fois les entreprises qui y voient un relais de croissance et les pouvoirs publics qui souhaitent voir dans le développement de ces énergies une des clés de la sortie de crise et de la future croissance.

En 1997 avec le protocole de Kyoto, le monde prenait enfin officiellement conscience de cette nécessité. Cette conscience s'est à présent étendue à la majorité des pays du monde qui développent à leur niveau des politiques spécifiques visant à réduire leur contribution à l'effet de serre et aussi tenter de bénéficier de la manne économique que ce vaste marché représente, dans ce qui sera vraisemblablement analysé plus tard comme la troisième révolution énergétique après le charbon et le pétrole.

La France n'échappe pas à ce mouvement et s'est donné des moyens pour parvenir à cet objectif, notamment avec l'initiative du Grenelle Environnement. Au niveau local, les collectivités se sont elles aussi saisies de cette question à l'image de l'Île-de-France qui a lancé une série d'actions et de plans spécifiquement destinés au développement des ENR.

C'est dans ce contexte que se place cette étude dont l'ambition est de permettre à l'Île-de-France de bénéficier plus fortement des retombées économiques de son engagement en faveur du développement des ENR. Notre objectif est d'analyser la possibilité pour l'Île-de-France de développer et renforcer une ou plusieurs filières régionales incluant la composante industrielle sur cette thématique des énergies nouvelles et renouvelables.

Nous avons pris le parti de nous focaliser sur la partie amont de la filière à savoir la recherche et développement et la production de toute ou partie des équipements servant à générer de l'énergie à partir de ressources renouvelables. Cette partie de la filière, qui est la plus concurrentielle, est la plus à même de permettre de fournir un relais de croissance pour des territoires à vocation industrielle, de contribuer à renforcer l'excellence technologique de l'Île-de-France, d'offrir des emplois de tous niveaux, notamment à destination de la population ouvrière, et de contribuer à la diversité économique francilienne. Ceci permettra enfin de renforcer la place de l'industrie dans notre région en misant sur les synergies importantes existant ou pouvant exister avec d'autres industries localement très présentes. Ce parti pris répond notamment aux attentes du Schéma Régional de Développement Economique en particulier le maintien d'une économie régionale diversifiée qui entretienne en les faisant évoluer ses capacités industrielles.

Pour atteindre notre objectif nous nous proposons d'identifier les potentiels régionaux existants en matière d'énergies renouvelables. Il s'agira pour chacune des grandes familles d'énergies nouvelles et renouvelables (ENR) d'identifier les acteurs présents en Île-de-France tant dans le domaine industriel que de la recherche, d'identifier les potentialités de l'Île-de-France au regard des technologies émergentes et du marché et d'en dégager les points forts et les points faibles de la région.

Les grandes familles des ENR sont :

- Le solaire : thermique et photovoltaïque
- L'éolien : grand éolien, petit éolien, offshore
- La biomasse : solide (bois, paille, déchets), liquide (agrocarburants), gaz (biogaz)
- Les énergies de la terre : géothermie de basse température et pompes à chaleur
- L'hydraulique : hydroélectricité, marées, houle
- Les nouvelles énergies : L'hydrogène et les piles à combustible

A ces 6 familles il faut ajouter les technologies transversales intéressant l'ensemble de ces familles d'énergie :

- L'accumulation d'énergie
- La gestion de réseaux décentralisés et virtuels ou réseaux intelligents

Durant l'année en cours et au delà, une série d'études thématiques portant sur tout ou partie de chaque famille d'ENR cherchera à identifier les potentiels de notre région, à mettre en lumière les freins existants au développement de ces industries en IDF et de proposer des actions à mener pour les développer, en s'appuyant sur les informations recueillies lors d'audition des principaux acteurs de la filière et en s'inspirant d'actions menées par d'autres territoires européens.

Le présent document porte sur l'industrie solaire photovoltaïque.

Après avoir précisé le champ de l'étude, l'étude proposera une revue des technologies à l'œuvre actuelles et futures.

Un troisième chapitre portera sur l'analyse du marché tandis que le chapitre suivant traitera des acteurs de la filière et de leurs stratégies en termes de localisation de leur production, de structuration de la filière et de principes d'investissements directs à l'étranger.

A partir de ces éléments, le cinquième chapitre estimera le potentiel de l'IDF au regard de l'industrie PV tant en ce qui concerne ses ressources propres (ressources naturelles, habitants, surfaces de toiture, richesse...) que de la présence des acteurs industriels ou de la recherche, notamment ceux spécialisés dans la technologie « thin films » ou couches minces.

Un benchmark national et international des actions publiques visant à encourager le marché et les filières industrielles permettra d'alimenter notre réflexion sur l'opportunité de développer une filière PV à composante industrielle en IDF et les moyens d'y parvenir. Après une analyse de type SWOT (forces faiblesses, atouts menaces) ce dernier chapitre proposera quelques recommandations et pistes d'actions qui pourraient favoriser le développement d'une filière à composante industrielle au sein de la région Île-de-France.



# Le champ de l'étude

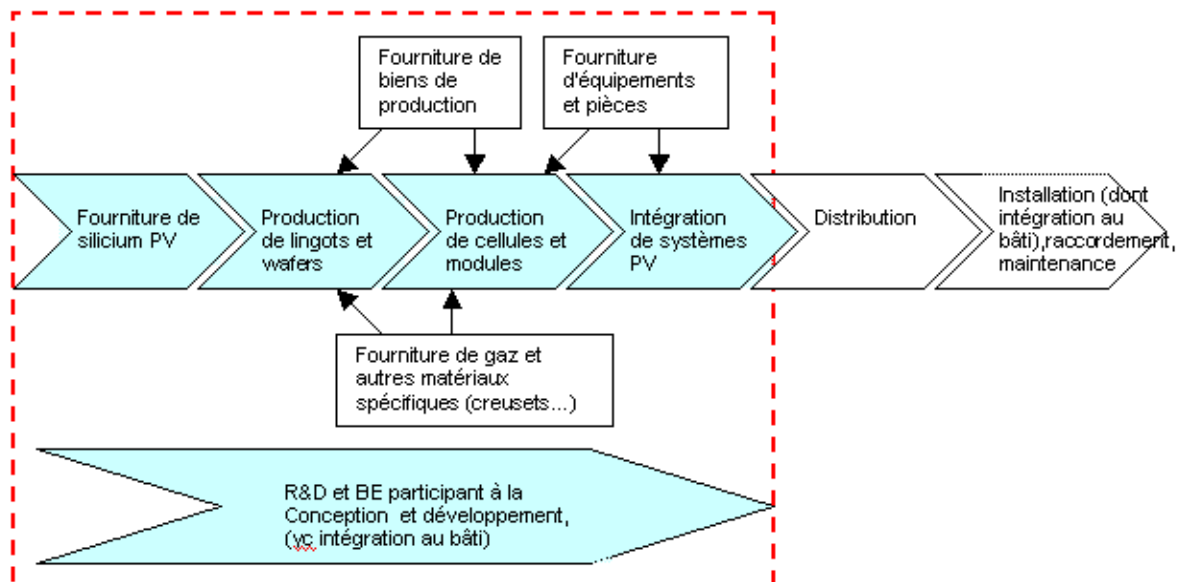
Comme nous l'avons indiqué en introduction, notre champ d'analyse couvre l'ensemble des activités de la filière ayant un lien avec la production manufacturière de tout ou partie d'équipements utilisant l'énergie solaire pour produire de l'énergie électrique.

Compte-tenu de la technologie actuelle et de la structuration de la filière (voir en détail l'analyse de la chaîne de valeur en partie 4, page 23), les composantes de la filière incluent la fourniture de silicium, la production de lingots, wafers, cellules et celle de modules PV pour le PV de première génération, du silicium, des cellules et modules pour le PV de seconde génération. Notre propos inclut aussi la fourniture d'outils et lignes de production (biens de production) pour réaliser ces différents produits intermédiaires et finaux. Il inclut encore la fourniture d'équipements et pièces (électronique, verre...), ainsi que de matières spécifiques entrant dans le process de production (gaz industriels, matériaux spécifiques comme des polymères, des creusets en graphite pour le moulage des pièces de silicium... Enfin, cela inclut en amont la recherche, publique et privée, cette dernière pouvant être réalisée par des entreprises n'ayant aucune activité dans le PV mais utilisant cette technologie dans leur processus de production (c'est notamment le cas du BTP), ainsi que les bureaux d'études participant à la conception et l'amélioration des process industriels sur ce thème du solaire PV quel que soit le niveau de la chaîne de valeur.

Nous avons volontairement laissé de côté l'aval de la filière qui comprend l'installation et l'intégration au réseau de ces équipements qui constitue pourtant le plus important gisement d'emplois à terme et est une des clés de la réussite pour un développement de la filière en amont. Cependant cette partie de la chaîne de valeur de la filière, qui fait largement appel à des entreprises artisanales et PME procède d'une logique totalement différente de l'amont de la filière est exclue du champ d'étude. Une étude menée par le cabinet Icare en 2009 pour le compte de l'AREne Idf porte plus spécifiquement sur ce segment de la filière et complète parfaitement notre propos<sup>1</sup>.

Celui-ci est donc représenté par la partie encadrée en pointillés rouge sur le schéma ci-dessous, les modules en bleu représentant le cœur de la filière PV.

## Schéma du champ de l'étude avec exemple de la filière Si de première génération



<sup>1</sup> « Etude exploratoire, état des lieux du photovoltaïque en Ile-de-France et conditions de mise en œuvre de la filière », Icare pour l'ARENE IDF, 2 février 2010.

# 1- Energie solaire : Définition et Présentation

L'énergie solaire est de loin l'énergie la plus abondante sur la terre avec environ 1 000W/m<sup>2</sup> par an (en moyenne 1 300 W/m<sup>2</sup> par an en France) mais c'est une énergie intermittente en ce sens qu'elle n'est pas disponible en permanence, notamment la nuit.

Après un premier boom dans les années 70 suite au premier choc pétrolier, le développement de l'énergie solaire avait subi un net ralentissement en partie du fait du contre choc pétrolier et de la forte baisse des cours des énergies fossiles. Récemment, avec la conjugaison d'une technologie mature dont les rendements ont fortement progressé et les coûts baissé, un nouveau choc pétrolier et les enjeux climatiques désormais largement admis, on a assisté à une renaissance et à une croissance exponentielle du marché PV depuis près d'une dizaine d'années.

## Elle peut être récupérée selon deux méthodes :

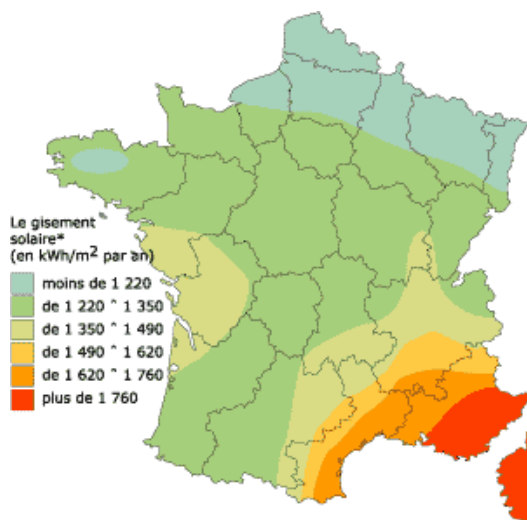
Le solaire passif : l'énergie solaire vient réchauffer un fluide dont la chaleur est utilisée pour le chauffage ou pour faire tourner une turbine ;

Le solaire photovoltaïque, l'énergie solaire vient exciter un matériau conducteur, produisant ainsi de l'électricité.

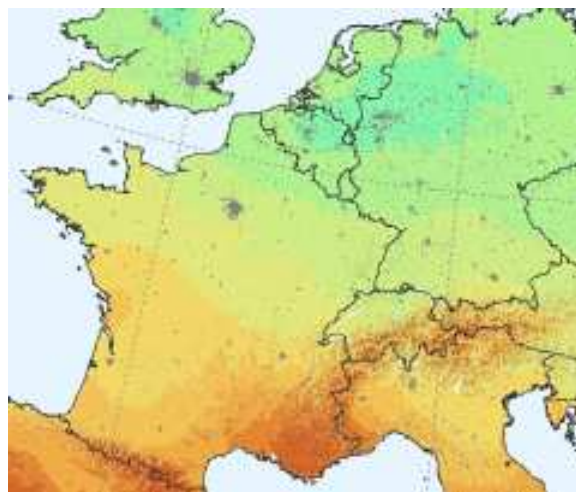
**Une place encore marginale** : la capacité photovoltaïque installée dans le monde est de l'ordre de 10 000 à 12 000 MWC<sup>2</sup> en 2009 et fournit moins de 1 % de la production électrique mondiale.

## Disponibilité de la ressource solaire en IDF

La ressource solaire en IDF est suffisante en intensité pour une application photovoltaïque, elle est comparable à ce que l'on trouve dans la majorité des régions françaises et surtout supérieure à ce que l'on trouve en Allemagne qui est le premier utilisateur mondial. Le niveau d'ensoleillement est inférieur de 30% aux maximales que l'on trouve dans le sud-est, la région la plus ensoleillée de France métropolitaine qui est notamment comparativement bien plus propice aux applications thermiques.



Source : ADEME



Source : PVGIS © European Communities, 2001-2008<sup>3</sup>

Ainsi, si l'on estime la moyenne d'ensoleillement en Ile-de-France à 1 200Kwh/m<sup>2</sup> et la puissance des cellules les plus performantes sur le marché à 15%, il suffirait en théorie de couvrir une surface de 2 700km<sup>2</sup> pour assurer la consommation électrique française de l'année 2008 (486 Twh<sup>4</sup> selon RTE), soit l'équivalent de la surface urbanisée de l'IDF (en gris sur la carte de droite) ou encore une grande partie du département des Yvelines. Bien entendu ceci n'est qu'une estimation théorique qui ne tient pas compte ni des pertes, ni du caractère intermittent de la ressource, ni de la viabilité économique de telles productions.

<sup>2</sup> megawatt-crête qui mesure la puissance maximale théorique procurée par les modules installés

<sup>3</sup> Crédits : Šúri M., Huld T.A., Dunlop E.D. Ossenbrink H.A., 2007. Potential of solar electricity generation in the European Union member states and candidate countries. *Solar Energy*, 81, 1295-1305, <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

<sup>4</sup> 1Twh=10<sup>9</sup> kwh ; 1 kwh=1000wh

Ainsi , selon l'ARENE Ile-de-France :

*« L'Ile-de-France, première région française en terme de population, présente probablement le plus grand potentiel régional en matière de solaire avec 10% du parc national de maisons individuelles et plus de 25% des logements collectifs équipés de chauffage central. Par ailleurs, si l'ensoleillement moyen annuel est plus faible au nord de la Loire que dans le Sud de la France, l'énergie du soleil peut en revanche y être utilisée sur une plus grande période (saison de chauffe plus longue) et il suffit d'installer seulement 20 % de surface de capteurs supplémentaires pour capter la même quantité d'énergie que dans le sud de la France. »*

## 2 - Les technologies en jeu <sup>5</sup>

### 2.1- Les technologies du solaire <sup>6</sup>

le soleil émet à la fois de la chaleur et des rayonnement, ces deux propriétés sont utilisées par des technologies de nature différente.

#### 2.1.1- Chaleur du rayonnement

Les utilisations de la chaleur du rayonnement solaire varient selon les niveaux de température :

Le solaire thermique : à basse et moyenne température, l'énergie solaire sert essentiellement de chauffage (eau, locaux). Si ces utilisations simples sont désormais développées à grande échelle, d'autres sont encore au stade de la démonstration comme le rafraîchissement solaire ou l'utilisation du solaire dans les procédés industriels.

Les températures plus élevées, en concentrant le rayonnement solaire, peuvent servir à la cuisson (fours solaires) ou fabrication d'électricité (centrales solaires) par principe thermodynamique. Cette dernière application est adaptée aux pays secs sans nuages.

Par ailleurs, la chimie solaire permet grâce à l'énergie solaire de produire de l'hydrogène, des réactifs ou de décontaminer un site.

#### 2.1.2- Lumière du rayonnement

Le solaire photovoltaïque : L'utilisation de la lumière du rayonnement solaire est également utilisée pour la production d'électricité.

Les cellules solaires également appelées photopiles sont assemblées en panneaux solaires capables de convertir directement la lumière en électricité. L'énergie des photons de la lumière est alors transformée en un courant électrique continu et recueillie par un matériau semi-conducteur.

Toutes ces technologies ne sont pas au même stade de développement. Certaines ont été mises au point il y a déjà de nombreuses années mais n'ont pas connu de développement industriel majeur, alors que d'autres en sont encore au stade de recherche. En revanche, l'utilisation du solaire pour chauffer l'eau et produire de l'électricité dans les habitations se démocratise, aidé par un contexte de hausse durable du coût des énergies fossiles et d'aides financières (crédit d'impôt, aides régionales/locales, tarifs de revente).

Dans les pages qui suivent nous présenterons les éléments concernant uniquement les industries solaires photovoltaïques. L'industrie photovoltaïque apparaissant en effet comme une des industries d'énergie renouvelable les plus dynamiques au niveau mondial comme nous le verrons au cours de cette étude.

---

<sup>5</sup> source : [www.jegindustries.com](http://www.jegindustries.com) et [www.enf.cn](http://www.enf.cn)

<sup>6</sup> L'essentiel des informations ont été tirées du site [http://www.actu-environnement.com/ae/dossiers/solaire/technologies\\_solaire.php4](http://www.actu-environnement.com/ae/dossiers/solaire/technologies_solaire.php4)

## 2.2- Les technologies PV <sup>7</sup>

### 2.2.1- Définition

La technologie du photovoltaïque (que nous abrègerons par PV) est directement issue de la recherche spatiale qui en a été le premier utilisateur dans les années 60 pour se répandre ensuite dans la société civile, notamment dès le premier choc pétrolier.

Les cellules PV sont constituées de semi-conducteurs à base de silicium (Si), de sulfure de cadmium (CdS) ou de tellure de cadmium (CdTe). Ces semi-conducteurs sont issus du matériaux de base produit en lingots puis découpés en fines lamelles pour être assemblés en cellules PV encapsulées avec leurs connections électriques pour former des modules. Elles se présentent sous la forme de deux fines plaques en contact étroit. Ce semi-conducteur est pris en sandwich entre deux électrodes métalliques et le tout est protégé par une vitre. Les technologies silicium dominent le segment PV avec 80% de parts de marché.

Le silicium est un des matériaux les plus abondants sur terre puisqu'il représente 27% de la croûte terrestre, il est de ce fait théoriquement relativement bon marché. Cependant l'industrie du PV et surtout celle des semi-conducteurs nécessite un silicium très pur et donc plus cher. Ce dernier représente encore 50% du coût de revient d'une cellule PV.

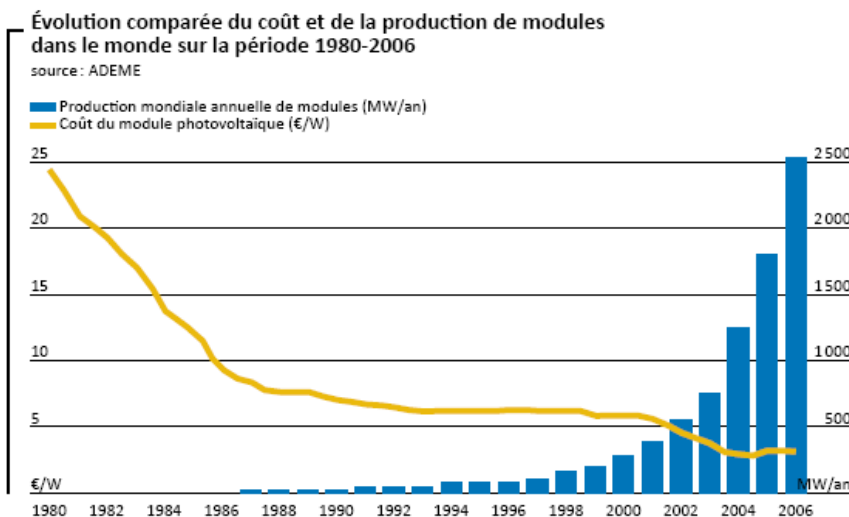
L'industrie basée sur le silicium est déjà ancienne et bien structurée, les coûts de production des cellules baissent régulièrement, tandis que leur technologie devient de plus en plus efficace.

Sur la période 1976-2001 les prix ont baissé de 20% à chaque doublement de la puissance installée. Cette baisse s'est fortement accélérée depuis 2006 avec notamment l'annonce par First Solar en mars 2009 d'un coût de production par watt de 0,98\$ soit presque une division par 4 du coût en 3 ans.

#### Une baisse continue du coût par Watt d'une cellule

Année	Coût en USD de 2007	Taux moyen Annuel de baisse
1975	99,6	
1985	10,68	-20,1%
1995	5,33	-6,7%
2006	3,84	-2,94%
2009	0,98*	-36,1%

Source : EPIA \* \$ courants 2009



Source SER

Enfin, du fait de l'absence totale de mouvements mécaniques ou de circulation de fluides, la durée de vie des panneaux est supérieure à 20 ans, ce qui contribue à réduire le coût d'exploitation des panneaux solaires. Ceci n'est pas négligeable dans le bilan final car le prix de production ne constitue in fine qu'une fraction du coût total pour l'utilisateur, la part liée à l'installation représentant environ la moitié du coût d'acquisition.

Lorsque le matériau est constitué d'un seul cristal, on parle de silicium monocristallin qui se présente sous un aspect uniforme de couleur gris-bleuté ou noire. Quand il est élaboré à partir de plusieurs cristaux assemblés, on l'appelle silicium polycristallin reconnaissable par une couleur bleue présentant l'aspect d'une mosaïque.

<sup>7</sup> source : [www.jegindustries.com](http://www.jegindustries.com) et [www.enf.cn](http://www.enf.cn)

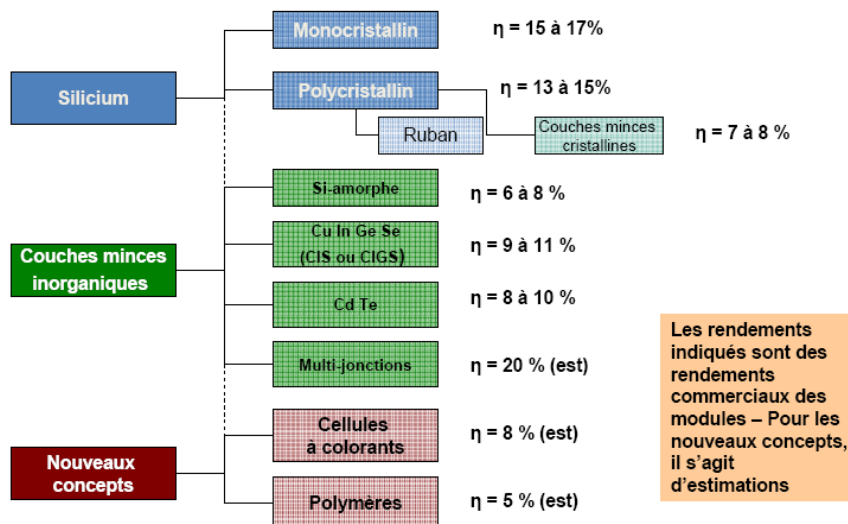
## 2.2.2- les technologies actuelles et en cours de développement

Alors que les limites théoriques de rendement sont de 87% suivant les lois de la thermodynamique, les meilleurs rendements actuellement obtenus en laboratoire sont de l'ordre de 40%, tandis que ceux obtenus en conditions réelles sont encore inférieures à 20%. En fait, la performance des cellules est variable et dépend de la capacité des matériaux à absorber la lumière, de l'efficacité de la conversion de cette lumière en électricité.

Les technologies actuellement majoritairement à l'œuvre que l'on appelle désormais la première génération permettent au mieux d'atteindre des rendements commerciaux de 15 à 17% pour les systèmes traditionnels en silicium monocristallin et polycristallin qui ont par contre le désavantage d'offrir un coût de revient élevé, notamment car ils font appel à beaucoup de matière première.

Les systèmes de seconde génération en couche mince actuellement sur le marché offrent des rendements plus faibles de 6 à 11% mais ont l'avantage d'offrir un coût de production nettement plus faible du fait d'une réduction de la quantité de silicium nécessaire (on est passé de 20g par watt en 1990 à 12g/watt en 2004 et on atteint 8g/watt en 2010).

Les nouvelles générations (les 3<sup>e</sup> générations) offrent pour le moment des rendements encore plus faibles de l'ordre de 5 à 8%, hormis le concept de multijonction qui semble plus prometteur avec 20% espérés.



Source : SEE<sup>8</sup>

Le rapport « perspectives énergétiques de la France à l'horizon 2020 »<sup>9</sup>, a identifié les pistes de recherche concernant le PV sur le plan de l'amélioration des technologies actuelles, de l'émergence sur le marché de nouvelles technologies et des technologies en phase de développement.

Il précise aussi les technologies clés associées à partir desquelles il a été possible de déduire quels étaient les acteurs franciliens impliqués ou disposant d'un potentiel pour s'impliquer dans la recherche de ce secteur.

### Amélioration des techniques actuelles : la première génération

En dehors de la recherche de plus grandes économies d'échelles, on peut s'attendre à une amélioration des technologies existantes basées sur le silicium avec une baisse des coûts de production de l'ordre d'un facteur 3 par rapport à 2006 (voir tableau p 12) selon deux axes principaux :

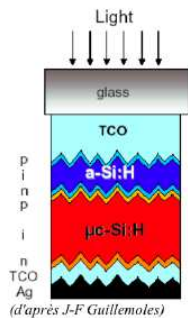
- amélioration du rendement de la découpe des cellules afin de réduire la perte de matière qui atteint 50% par le développement de technologies de découpe au laser.
- utilisation de silicium moins pur que celui de l'industrie électronique (le silicium métallurgique)

<sup>8</sup> SEE (société de l'électricité, de l'électronique et des TIC) tiré d'une présentation faite devant l'AG du 22 juin 2009

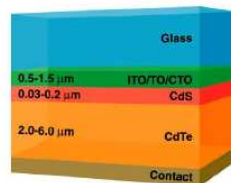
<sup>9</sup> « Perspectives énergétiques de la France à l'horizon 2020 » Centre d'analyse stratégique, septembre 2007.

### Nouvelle technologie en forte croissance : la seconde génération

-Développement de technologies de films flexibles, basés sur la technologie couches minces déposés sur un support souple en plastique. Ceci permet une utilisation d'une quantité bien moindre de silicium en divisant l'épaisseur du composant de base par 5, avec à l'arrivée un coût de production au Watt crête inférieur à 1€. Le développement de cette technologie à grande échelle est subordonné à une hausse de son rendement à des niveaux approchant ceux des panneaux PV classiques et à son intégration dans le bâtiment. Trois grandes familles de couches minces se partagent actuellement le marché :



**Le silicium amorphe :**  
découvert par hasard en 1960 – Rendement assez faible mais toujours très utilisé – Capte bien le diffus – Leader : Sharp



**Le tellure de cadmium :**  
Bonnes caractéristiques mais bridé par le problème du cadmium – Leader: First Solar



**Les calcopyrites (Culn,Ga,Se) :** Bonnes caractéristiques mais problème de l'indium – Leader: Nano Solar

(d'après Bernard Equer)

Source : SEE<sup>10</sup>

L'EPIA<sup>11</sup> estime qu'en **2009** la technologie **thinfilm** (ou couches-minces en français, terme que nous utiliserons dans la suite de cette étude), **représente 18% des capacités de production** mondiale sur un total de 16 000 MW (couches minces et technologie silicium classique). Cette part devrait progresser à **25% d'ici 2013** sur un total de 36 000 MW. Ceci correspondrait à un quasi quadruplement de l'offre couches minces passant de 2,5 GW en 2009 à plus de 4GW en 2013 pendant que les capacités de productions toutes technologies confondues feraient un peu plus que doubler.

### Nouvelle technologie en phase de développement : la troisième génération

Plusieurs pistes sont explorées pour les nouvelles générations PV dont :

-la concentration photovoltaïque : l'idée est ici de concentrer la lumière par des collecteurs intégrés à la cellule qui opèrent comme des loupes. Cette technologie permet d'atteindre des rendements de 35% à 41% en laboratoire pour un maximum envisagé de 45%. L'inconvénient de cette technologie est l'important échauffement auquel est soumis la cellule qui en retour voit sa durée de vie fortement réduite.

Cette technologie est particulièrement destinée à des régions disposant d'un fort ensoleillement direct.

- la multijonction offre aussi de bonnes perspectives de rendement commercial de l'ordre de 20%. Cela consiste en la superposition multiple de cellules ayant des bandes passantes différentes afin d'absorber le maximum de photons. Elle reste cependant coûteuse car la technologie d'assemblage de ces différents types de matériaux semi-conducteurs est complexe.

- les cellules à colorants capables d'absorber les photons à basse énergie

- les cellules organiques à base de polymères ont pour avantage d'offrir une grande souplesse à l'utilisation car les supports sont souples. Ils sont relativement peu chers mais souffrent d'un faible rendement et de problèmes de stabilité à long terme.

Cependant, une toute récente invention du California Institute of Technology (caltech) propose une cellule à haute efficacité à base de microfilms de siliciums insérés dans une structure polymère transparente dont le rendement à la lumière solaire en laboratoire est de 85%, avec un taux de transformation des photons reçus en électricité qui dépasserait 90%<sup>12</sup>.

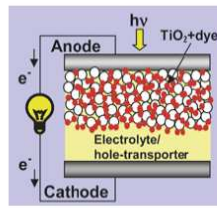
<sup>10</sup> SEE (société de l'électricité, de l'électronique et des TIC) tiré d'une présentation faite devant l'AG du 22 juin 2009

<sup>11</sup> EPIA, global market outlook for Solar PV Technology until 2014.

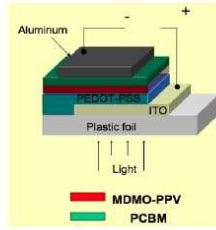
<sup>12</sup> « Des microfilms de silicium forment une cellule solaire », L'Usine Nouvelle n°3182, 4 mars 2010.



Les multijonctions :  
Vers les hauts rendements



Les cellules à colorants :  
découvertes en 1991 – Pas encore d'industrialisation

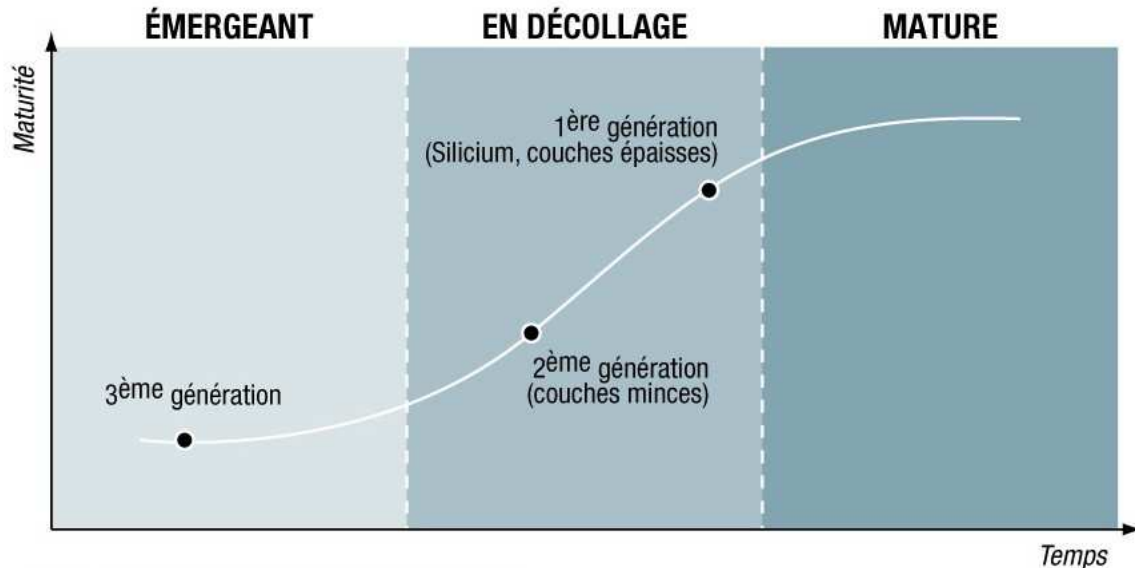


Les semi-conducteurs organiques :  
découverts en 1970 – Rendements faibles – Stabilité incertaine

Source : SEE

Le graphique ci-dessous synthétise l'évolution des trois générations de technologies PV sur une échelle maturité/temps. On constate que les technologies couches minces sont toujours en maturation, tandis que les nouvelles générations sont encore en gestation.

## Maturité des marchés et des technologies de solaire - photovoltaïque



Source : Etude "Filières vertes" MEEDDM / CGDD - oct. 2009  
© IAU îdF

### 2.2.3- Les technologies clés<sup>13</sup> et pôles d'excellence franciliens potentiellement associés au PV

Parmi la palette des technologies envisagées pour rendre le photovoltaïque plus compétitif, les industriels développent de nouveaux supports (CIS : cuivre-indium-sélénium, CdTe : tellure de cadmium, matériaux organiques). Ils cherchent à pallier son caractère intermittent par des systèmes de stockages intégrés, notamment par procédés électrochimiques (batteries).

Enfin, tout comme d'autres ENR intermittentes, la question de la gestion du réseau de production d'électricité devenu très décentralisée et de la prévision de production des sites de particuliers ou des centrales PV sera une des clés pour donner une large place à cette énergie au sein du bouquet énergétique national.

Les disciplines scientifiques concernées par ces nouveaux enjeux sont :

La chimie du solide, les matériaux et l'énergétique, optique, nanotechnologies

Les compétences technologiques concernées :

Les composants électriques, les semi-conducteurs, les matériaux-métallurgiques

<sup>13</sup> "Technologies clé 2010", rapport au gouvernement 2005



### Les liens avec les autres technologies :

Contrôle commande des réseaux et de la puissance  
Systèmes d'enveloppe du bâtiment  
Technologies d'intégration des ENR dans le bâtiment

### Pôles de compétitivité, clusters franciliens concernés :

Advancity (bâtiment, ENR), Optics valley (nanotechnologie, optique, technologie semi-conducteurs, découpe laser...), Systém@tic (gestion des réseaux décentralisés), Mov'EO (batteries, stockage), Réseau Mesure (capteurs...),

## 2.2.2- Avantages et limites prêtés à la technologie PV actuelle

<b>Avantages :</b>	<b>Limites :</b>
<p>-Haute fiabilité et montage simple -adaptation à des projets de toutes échelles de l'application nomade (milliwatt) aux centrales au sol de plusieurs MégaWatt en passant par l'habitat dispersé -Intégration à l'immobilier en général qui ouvre de larges perspectives -Production en ville sans nuisances et au cœur des sites de consommation ce qui réduit les pertes réseau -Coût de fonctionnement faible -Pas de rejet de GES ni de déchets pendant le cycle de production de l'énergie - Possibilité récemment acquise de recycler mécaniquement les cellules de silicium de l'industrie électronique en cellules PV sans rejets de produits polluants<sup>14</sup>.</p>	<p>-Energie intermittente : ensoleillement non régulier, ne fonctionne pas la nuit -Nécessité d'un système de stockage d'énergie pour sites isolés ou d'un couplage avec un autre système -Recyclage des panneaux solaires en fin de vie traditionnellement générateur de produits polluants<sup>15</sup> - Besoins en espace important par MW produit (0,55Mw par hectare) au regard d'autres technologies -Coûts d'investissement et de production du PV encore élevés au regard des rendements car c'est une haute technologie qui nécessite d'importants investissements. Mais les coûts de production sont en baisse constante. Selon Eurostaf<sup>16</sup> : <i>« Les coûts d'investissement unitaires (c'est à dire ramenés au kW installé) (...) sont 7 à 10 fois plus élevés que pour une centrale à gaz à cycle combiné, 4 à 6 fois plus importants que pour l'éolien et même 2 à 4 fois supérieurs à ceux des centrales nucléaires (qui figurent pourtant parmi les modes de production d'électricité les plus capitalistique) ; les coûts de production ne sont pas compétitifs puisqu'ils sont en moyenne dix fois plus élevés que ceux des autres moyens de production. »</i> -En cours de cycle de production des panneaux PV, on observe des rejets de GES qui ont une capacité de réchauffement très élevés<sup>17</sup></p>

<sup>14</sup> IBM Press Release: IBM Pioneers Process to Turn Waste into Solar Energy – <http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/22504.wss>

<sup>15</sup> l'EPIA (European Photovoltaic Industry Association) mène une réflexion sur ce thème [www.pvcycle.org/](http://www.pvcycle.org/)

<sup>16</sup> « Les perspectives de développement du photovoltaïque dans le monde » Eurostaf 2007

<sup>17</sup> Selon LEMONDE.FR du 22.12.08 : Le processus de fabrication des panneaux solaires nécessite l'utilisation d'un gaz 17 000 fois plus nocif pour le réchauffement de la planète que le dioxyde de carbone : le nitrogène trifluorure ou NF3. L'émission de ce gaz n'est pas régie par le protocole de Kyoto.

### 3 – Le marché du PV

Le marché du solaire photovoltaïque appréhendé ici par la puissance annuellement installée, est un des segments des ENR qui a connu la plus forte croissance ces 10 dernières années avec une progression moyenne de 40% des puissances installées mesurées en Méga Watt crête (MWc), la puissance maximale théorique procurée par les modules installés.

Ce marché se partage en deux catégories : le non connecté au réseau et le connecté au réseau.

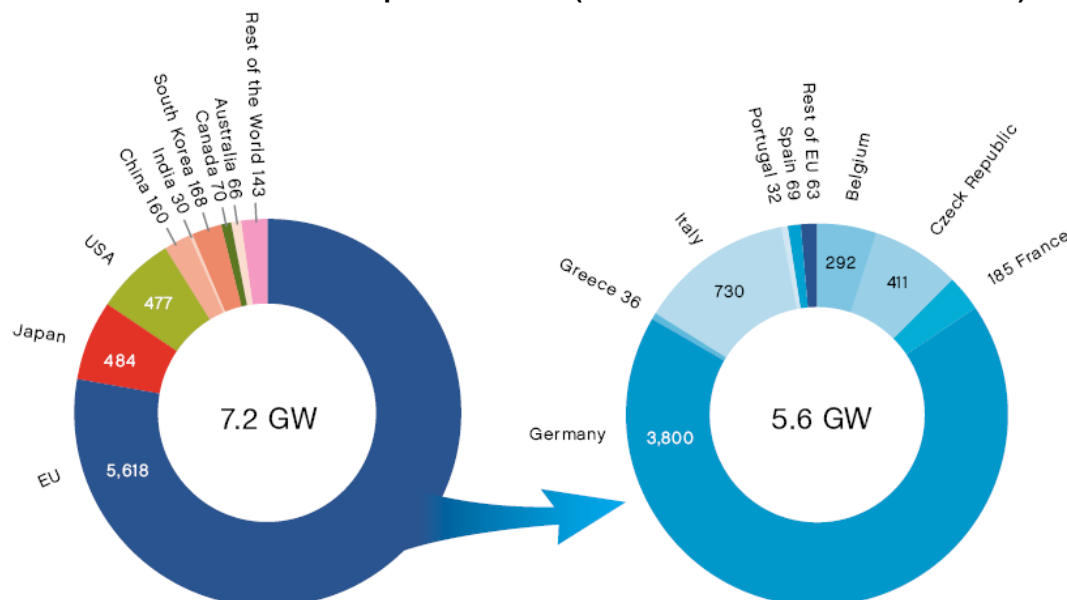
La première catégorie s'est d'abord développée pour des équipements isolés (balises, phares, stations de pompes éloignées, installations télécom...), puis l'habitat isolé. Cependant et notamment depuis la mise en place des tarifs de rachat à travers le monde, le marché du photovoltaïque est très majoritairement dominé par les systèmes raccordés au réseau du fait de conditions économiques très attractives. Cette connexion est soit le fait de particuliers soit le fait de grandes centrales de production photovoltaïques.

#### 3.1 – le marché mondial : l'Europe reste de loin le premier marché

La progression du marché PV avec +40% en moyenne annuelle depuis une dizaine d'années s'est accélérée depuis 2006 du fait d'une vague de mise en place de tarifs de rachat attractifs à travers le monde, qui ont notamment donné un formidable coup d'accélérateur aux projets de sites de production d'électricité à grande échelle basés sur la technologie PV, sites détenus par des investisseurs d'horizons divers.

Selon l'EPIA<sup>18</sup>, le marché mondial du PV représentait près de 7 200 MWc en 2009 au niveau mondial contre près de 5 600 MWc en 2008 soit une progression de l'ordre de 25% en une seule année et ce malgré la crise. Ce marché est très concentré dans les pays les plus riches (OCDE) qui représentent 95% des puissances installées, notamment au sein de l'UE qui représente à elle seule 77% du marché mondial pour 2009 (81% en 2008).

##### Marchés PV mondiaux et européens en 2009 (nouvelles installations raccordées)



Source : EPIA 2010

Les 5 principaux marchés par pays en 2009 sont l'Allemagne qui avec 3 800 MWc se place très loin devant l'Italie (730 MWc), puis viennent le Japon et les Etats-Unis avec respectivement 484 et 477 MWc puis enfin la République Tchèque dont le marché a bondi à 411 MWc. L'Espagne qui était le second marché mondial en 2008 avec environ 2 600 MWc a vu son marché s'effondrer à 69 MWc suite à l'éclatement de la bulle spéculative qui s'était formée sur cette technologie, éclatement provoqué par

<sup>18</sup> European Photovoltaic Industry Association, "global market outlook for PV until 2014", avril 2010, [www.epia.org](http://www.epia.org)

l'abaissement des tarifs de rachat. On note l'émergence des marchés indiens et chinois avec respectivement 143 et 160 Mwc.

La France avec un marché de 185 Mwc est le 7<sup>e</sup> marché mondial derrière la Belgique. Il faut cependant rappeler que ces statistiques ne prennent en compte que les installations raccordées au réseau, or la France souffre de délais de raccordement très longs qui masquent la réalité de son marché comme le montre le paragraphe suivant sur le marché français.

Le magazine en ligne Solarbuzz<sup>19</sup> souligne que le marché Européen est approvisionné à hauteur de 74% par des importations de cellules. Ces importations proviennent dans une large mesure de pays asiatiques, Chine et Taiwan en tête.

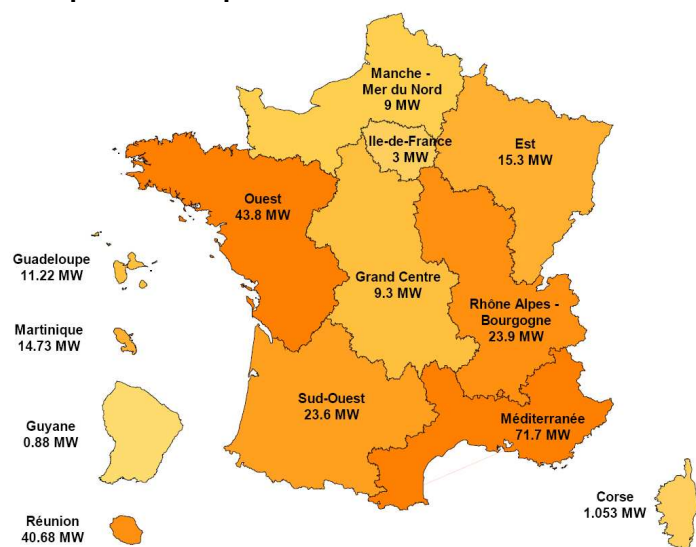
## 3.2 – Le marché français

Selon les chiffres du Syndicat des Energies Renouvelables (SER), le parc cumulé français atteignait 68,7 Mwc raccordés et 1 133 Mwc non raccordés **en décembre 2008**, soit un total de 1202 Mwc.

En **décembre 2009**, le SER indiquait respectivement 268Mwc et 3 438Mwc, soit un parc total de 3 706 Mwc ce qui correspond à une multiplication par plus de 3 en un an<sup>20</sup>. Il faut dire que la France a fait face à une vague de demande de raccordement avant la modification des tarifs de rachat prenant effet à partir de 2010 pour les projets acceptés.

Le parc francilien était de 3 Mwc à cette date. Pour mémoire, en 2004, l'Arene<sup>21</sup> avait estimé le parc installé en Île-de-France à 0,175 Mwc dont 0,122 Mwc hors réseau.

### Parc photovoltaïque raccordé au réseau au 3/12/2009



Source SOLER d'après ERDF, EDF-SEI

Au niveau du marché, c'est à dire l'ensemble du flux des nouvelles installations raccordées ou non au réseau, on peut estimer qu'il représenterait 2 504 Mwc pour la période décembre 2008 à décembre 2009, dont 2 210 pour la métropole, en s'appuyant sur les données du SER.

Dans ce marché l'IDF représente un marché de 7,7Mwc (dont 2Mwc raccordés entre décembre 2008 et décembre 2009 et une augmentation de la file d'attente au raccordement de 5,7Mwc). Le marché francilien représente ainsi 0,35% du marché national, en dernière position loin derrière les principaux marchés français de la zone Méditerranée (près de 950 Mwc), le Sud ouest (près de 500Mwc), les Dom-Tom (près de 300Mwc). Sur ces régions, l'essentiel des nouvelles installations était toujours en attente de raccordement, avec comme conséquence une explosion de la file d'attente.

L'ampleur et la difficulté de résorber la file d'attente de raccordement au réseau des installations souligne le succès du PV dans notre pays mais aussi l'importance d'une organisation administrative et de moyens adaptés.

<sup>19</sup> "Solarbuzz Reports World Solar Photovoltaic Market Grew to 7.3 Gigawatt in 2009", Solar buzz, 15 mars 2010, [www.solarbuzz.com/Marketbuzz2010-intro.htm](http://www.solarbuzz.com/Marketbuzz2010-intro.htm)

<sup>20</sup> Cette impressionnante progression de 2 200 MW en un an semble en contradiction avec les projections de l'EPIA, cependant ce dernier se base sur les installations raccordées, les délais de raccordement au réseau observés en France occultent ainsi la réalité du marché national.

<sup>21</sup> [www.arenedf.org/energies/solaire.html#solphoto](http://www.arenedf.org/energies/solaire.html#solphoto)

### 3.3 – Potentiel de croissance du marché

Le marché du PV est un marché mondial, c'est donc à ce niveau qu'il convient d'estimer le potentiel de croissance, même si l'approche des marchés locaux (nationaux ou continentaux) est plus aisée pour des entreprises arrivant sur le marché.

Selon les professionnels du secteur, malgré la crise, le marché a connu une croissance de 25% en 2009, qui est appelée à s'accélérer de nouveau dans les années à venir.

L'EPIA<sup>22</sup> prévoit pour 2014 un marché mondial compris entre 13 800 MWc et 30 000 MWc suivant le scénario. Cela représente une hausse annuelle de 20% à 40% par rapport au marché de 2009 estimé à 7 200 MWc.

Dans un contexte de doublement voire de quadruplement du marché mondial l'Europe ne représenterait plus que 50% du marché à cet horizon. Les marchés de demain seront les Etats-Unis qui représenteraient environ 20% du marché contre 6,6% actuellement puis la Chine qui deviendrait le 4<sup>e</sup> ou le 7<sup>e</sup> marché mondial suivant les scénarios soit 5 à 10% du marché.

L'Allemagne continuera à dominer le marché mondial peut-être rejointe par les USA.

Toujours en Europe, l'Espagne subissant le contrecoup de l'éclatement de la bulle verra son marché dépassé par l'Italie voire par la France qui dans la meilleure des hypothèses deviendrait le 6<sup>e</sup> marché mondial avec 4,3% et le 3<sup>e</sup> marché européen derrière l'Allemagne et l'Italie.

#### Synthèse du scénario de croissance du marché à l'horizon 2014

Continent ou pays	Nouvelles installations en 2008 (marché en MWc)	Nouvelles installations en 2009 (marché en MWc)	Nouvelles installations estimées en 2014 (MWc)	Rang mondial du marché estimé en 2014
Allemagne	2 002	3 800	4000 à 5500	1er ou 2e
Italie	730	730	1200 à 2000	3e à 5e
France	46	185	660 à 1300	6e à 8e
Espagne	2 605	69	675 à 1060	6e à 9e
<b>Total UE</b>	<b>5 252</b>	<b>5 618</b>	<b>7100 à 10900</b>	
Japon	230	484	1200 à 2400	3e à 5e
Corée du Sud	274	168	400 à 1100	8 <sup>e</sup> à 10e
Chine	45	160	600 à 2500	3e à 7e
Etats-Unis	342	477	3000 à 6000	1er ou 2e
<b>Total monde</b>	<b>5 559</b>	<b>7 218</b>	<b>13 800 à 29 980</b>	

Source : Estimations EPIA "global market outlook for PV until 2014"

Ces prévisions qui émanent de l'association professionnelle des industriels de l'industrie photovoltaïque laissent entrevoir quels pourraient être les prochains sites de développement de leurs activités de production.

A ce titre on peut supposer que les marchés chinois et américains vont générer une vague d'investissements dans ces pays dont il est probable que les industriels locaux vont tenter d'occuper les plus fortes positions afin de s'assurer les rentes de ces marchés intérieurs.

En Europe, la forte chute du marché espagnol risque de peser sur les investissements. Les capacités ainsi libérées pourraient chercher à fournir une partie de la nouvelle demande des marchés proches (France et Italie) avec pour conséquence un effet d'éviction sur les investissements qui auraient pu s'opérer directement dans ces pays.

On constate par ailleurs que ces perspectives semblent bien plus optimistes pour la France que celles fixées par les objectifs du Grenelle Environnement.

En 2008, ce dernier a fixé un objectif de 5 400 MW de parc installé d'ici 2020, ceci correspond à un marché annuel moyen de l'ordre de 450 MW sur les 12 ans de la projection. L'EPIA estime de son côté que sur la période 2008-2014, le cumul des nouvelles installations s'élèvera à 3 130 MWc au minimum et 5 390 MWc au maximum, soit un marché annuel moyen de 447 à 770 MWc. Ainsi 100% de l'objectif PV serait atteint 6 ans avant le terme du Grenelle 1. On a vu précédemment que le marché français annuel d'installation de nouveaux panneaux était de l'ordre de 2 500 MWc en 2009.

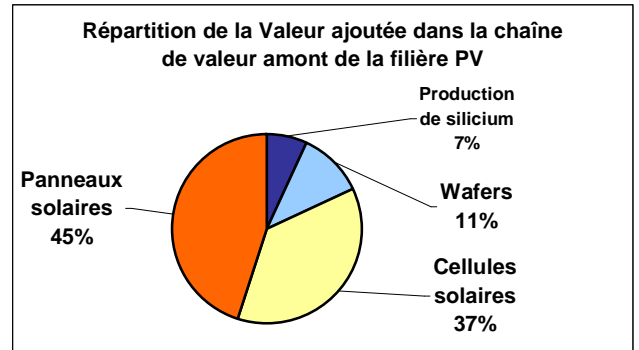
<sup>22</sup> European Photovoltaic Industry Association « Global Market outlook for PV until 2014 ». L'EPIA est la première association professionnelle mondiale de la filière PV et rassemble 95% des acteurs européens.

# 4- Les Acteurs de la filière et leurs stratégies

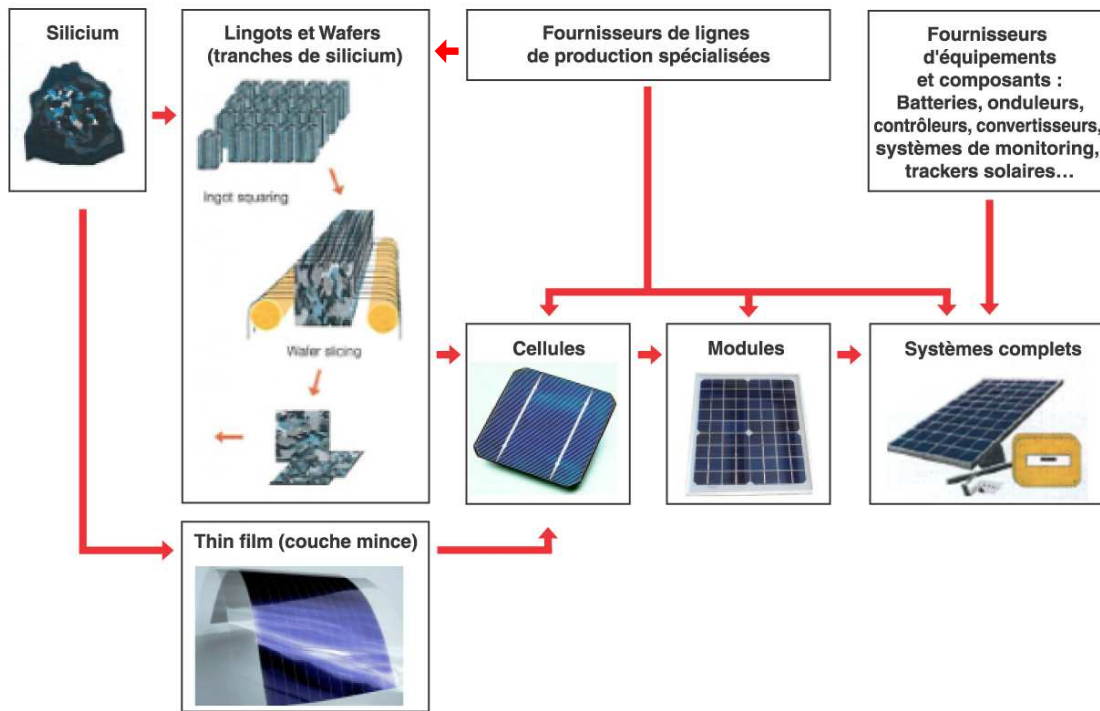
## 4.1 – La chaîne de valeur industrielle dans le solaire photovoltaïque

Au niveau mondial le chiffre d'affaires représenté par les activités PV, pour la seule partie amont de la filière à savoir la production, s'élevait à environ 12 milliards d'Euros en 2007.

Les intégrateurs et fabricants de panneaux solaires représentent la plus grosse part de la valeur ajoutée du secteur suivis par les producteurs de cellules. D'une manière générale, plus on remonte en amont de la filière et plus la part dans la valeur ajoutée est faible.



D'après : Les Echos 30 janvier 2008



→ Flux de produits  
D'après : IEA PVPS annual report 2008 et EPIA

## 4.2- Géographie mondiale de la production

### 4.2.1- Une production mondiale géographiquement concentrée

En 2009, le magazine Sun&Wind technologies a mené une enquête mondiale auprès de 216 producteurs de cellules, 482 producteurs de modules PV première génération et 113 producteurs de modules couches minces (2<sup>e</sup> génération) répartis dans 42 pays. Une autre enquête a permis de recenser les sites de production des producteurs de silicium PV (111 entreprises enquêtées) et de wafers (116 entreprises enquêtées) respectivement présents dans 14 et 16 pays.

Cette enquête a montré que la capacité de production mondiale de modules PV a doublé entre 2008 et 2009 passant de 10 000Mw environ à près de 20 000Mw.

La répartition géographique des capacités de production fait apparaître une très large domination de la Chine qui avec près de 10 000 Mwc dispose à elle seule de 50% des capacités de production mondiale. Le second pays producteur, l'Allemagne ne disposant que d'une capacité de 2 400 Mwc.

La très forte progression des capacités de production mondiale a concerné l'ensemble du globe. Cependant c'est en Asie que la croissance aura été la plus forte et en premier lieu en Chine qui a ravi à l'Allemagne sa première place en 2008. La Chine a en effet fortement développé son marché intérieur tout en menant une politique active d'exportation de ses produits qui selon les acteurs atteignent les standards de qualité des modules fabriqués en Occident.

La technologie relativement éprouvée du silicium mono ou polycristallin reste largement dominante, tandis que celle des couches minces, plus high tech, reste encore minoritaire dans la production globale de modules photovoltaïques (environ 22% des capacités de production mondiale en 2009). Cependant la technologie des couches minces progresse rapidement, la production de modules en couches minces a en effet été multipliée par 5 en 1 an (+680MW) contre +48% pour la technologie classique avec +1 200MW.

Si cette industrie est devenue mondiale, les capacités de production installées dans chaque pays émanent encore très majoritairement de sociétés nationales. Cependant on note quelques exceptions notoires comme la Malaisie, les USA ou encore le Royaume-Uni dont les capacités de production émanent pour partie, voire exclusivement pour le premier, d'investissements étrangers. Ce phénomène d'investissement direct étranger devrait croître à mesure que les marchés locaux prendront de l'ampleur et que les acteurs existants se concentreront, éliminant ou absorbant les plus petits ou les moins performants.

L'Asie est de loin le premier site mondial en termes de capacités de production de modules PV de première génération (silicium cristallin et polycristallin) avec 11 500 Mwc soit 57% du total. Cependant comme nous venons de le voir la Chine représente à elle seule 86% des capacités de production du continent. Le second pays en termes de potentiel de production est le Japon, suivi de près par l'Inde.

L'Europe est le second pôle mondial en termes de potentiel de production (29% du total) avec là encore une très forte domination d'un seul pays : l'Allemagne qui représente à elle seule 43% des capacités installées devant l'Espagne qui a connu un boom ces dernières années et dont les sites actifs en 2009 peuvent produire 1 200 Mwc de modules de première génération. Suivent l'Italie, la Hongrie, la Suède et le Royaume Uni. Ce dernier a accueilli en 2004 un important site de production de Sharp, premier producteur mondial, d'une capacité de 220 Mwc soit l'essentiel des capacités de production de ce pays. Sharp a ainsi réalisé au Royaume Uni le premier investissement asiatique en Europe en matière de site productif PV.

Dans cet ensemble, la France avec désormais plus d'une dizaine de sites de production de modules actuellement en activité représente quant à elle plus de 1% de la production mondiale et près de 4% des capacités de production européenne.

L'Amérique du Nord (USA, Canada, Mexique) est le troisième pôle mondial en termes de capacités de production de modules avec moins de 2 000 Mwc. Sur ce continent la domination est plus contestée puisque les Etats-Unis représentent 53% des capacités contre 42% pour le Canada et 5% pour le Mexique. Cependant les Etats-Unis se distinguent par une forte production de modules selon la technologie de couches minces.

Au Moyen Orient, Israël a développé d'importantes capacités de production.

## Capacités de production de cellules et modules PV par pays en 2009 (Mwc)

Estimation pour 2009		Cellules	Modules 1e génération			modules couches minces
Chine	Asie	8 753	9 915	USA	Amérique	1 511
Allemagne	Europe	3 311	2 397	Malaisie	Asie	870
Espagne	Europe	475	1 201	Chine	Asie	845
USA	Amérique	820	1 064	Allemagne	Europe	795
Canada	Amérique		847	japon	Asie	747
Italie	Europe	235	596	taiwan	Asie	335
japon	Asie	1 384	535	Inde	Asie	150
Inde	Asie	797	529	Espagne	Europe	103
Hongrie	Europe		375	Italie	Europe	77
Suède	Europe		263	Grèce	Europe	69
taiwan	Asie	2 495	252	Thaïlande	Asie	60
GB	Europe	30	230	Suisse	Europe	60
Israël	Moyen orient		216	Canada	Amérique	41
Corée du S	Asie	606	210	GB	Europe	30
France	Europe	76	200	Bulgarie	Europe	18
Croatie	Europe		110	France	Europe	1
Pologne	Europe	250	84	Tot Monde 2009		5 914
Mexique	Amérique		76			
Thaïlande	Asie	75	75			
Autriche	Europe	115	73			
Chypre	Europe		65			
Afrique du Sud	afrique		60			
Grèce	Europe	75	50			
Suisse	Europe	16	35			
Bulgarie	Europe		10			
Haïti	Amérique		10			
Russie	Europe	5	3			
EAU	Moyen orient	15				
Norvège	Europe	225				
Rep. Tchèque	Europe	260				
lithuanie	Europe	2				
Belgique	Europe	80				
Pays-Bas	Europe	150				
Ukraine	Europe	12				
Malaisie	Asie	150				
tot 2009		21 200	19 900			

Source : traitement IAU-idf d'après Sun&Wind magazine 9/2009 et 10/2009 sauf données France selon PwC 2010

La hiérarchie mondiale des pays producteurs de modules en couches minces est différente de celle des modules de première génération avec cependant des capacités de production 4 fois moindres.

Le nombre de pays producteurs selon cette technologie plus élaborée se restreint à 25.

Les Etats-Unis rassemblent en effet les plus grandes capacités de production de modules sur cette technologie, notamment grâce à l'usine Konarka qui a inauguré fin 2008 la plus grosse unité de production mondiale de modules couches minces avec 1 000 Mwc. Les Etats-Unis se placent loin devant la Malaisie qui s'est hissée au second rang mondial grâce aux importants investissements étrangers dont principalement celui de l'américain First Solar, leader mondial sur cette technologie qui s'y est implanté en 2007 et vient d'ouvrir sa quatrième usine sur le site de Kulim pour une puissance cumulée de 850 MWc en 2009 (selon le site du constructeur).

Suit ensuite dans ce classement la Chine avec exclusivement des producteurs nationaux dont Best Solar et QS Solar. La Chine devrait rapidement passer en seconde position étant donné l'ampleur des projets annoncés dans cette technologie pour l'année 2010 (+690 Mwc prévus).

Dans ce peloton de tête figurent enfin l'Allemagne sur la base de producteurs nationaux particulièrement concentrés à l'est du pays, puis le Japon avec notamment Sharp.

Si l'on considère l'Europe dans son ensemble, celle-ci représente le second pôle mondial de capacité de production de modules couches minces devant la Chine, avec une capacité de 1 153 Mwc estimée par notre source.

Les capacités de production françaises à cette date sont anecdotiques avec 1,2Mwc soit 0,02% des capacités mondiales. Le projet First Solar annoncé en Aquitaine devrait propulser la France au 3<sup>e</sup> rang européen et au 9<sup>e</sup> rang mondial. Pour le moment elle est encore devancée en Europe par la Suisse, la Grèce, le Royaume-Uni ou encore la Bulgarie.

## 4.2.2- Une concentration qui s'accroît à mesure que l'on remonte la chaîne de valeur

Toujours selon notre source, en remontant cette fois-ci la chaîne de valeur vers les producteurs de Wafers et de silicium de qualité PV, on constate que le nombre d'acteurs industriels et le nombre de pays concernés se réduit. Il en ressort que finalement peu de pays disposent sur leur sol de capacités de production émanant de l'ensemble des segments de la chaîne de valeur PV.

### Capacités de production par pays pour les wafers et le silicium de qualité PV (Mwc)

Estimation pour 2009		Silicium	Wafers
Chine	Asie	128 078	>16 000
Canada	Amérique	72 100	
Allemagne	Europe	49 850	1 765
USA	Amérique	49 628	1 508
japon	Asie	20 550	870
Corée du S	Asie	19 000	
Italie	Europe	5 000	
Russie	Europe	4 150	9 millions de pièces
Norvège	Europe	2 600	1 500
Inde	Asie	100	12
taiwan	Asie	80	200
GB	Europe	36	
Espagne	Europe	20 13 millions pièces	
Pologne	Europe	1,7 millions de pièces	
France	Europe		60
Grèce	Europe		60
Suisse	Europe		140
Ukraine	Europe		740
Monde		351 192	22 906

Source : traitement IAU-idf d'après Sun&Wind magazine 9/2009 et 10/2009.

nb : les données concernant la production de Wafers sont hétérogènes avec parfois une valeur en Mwc, parfois une valeur en nombre de pièces. Ces deux données ne sont pas additionnables, ce qui explique notamment l'estimation pour la Chine.

De nouveau la Chine ressort largement en tête. Elle figure parmi les quelques pays à bénéficier de la présence sur son sol de sites de production de l'ensemble des segments de la chaîne de valeur comme l'indique le tableau synthétique page suivante. Plusieurs pays européens ont comblé des manques dans leur chaîne de valeur à l'image de l'Italie qui produit désormais du silicium sur son sol, l'Espagne ou encore le Royaume Uni. Ces trois pays n'en produisaient pas en 2007.

Dans cet ensemble, la France se classe honorablement puisqu'elle dispose de sites de production sur 4 des 5 segments de la chaîne de valeur représentés dans le tableau ci-dessous, aux côtés de l'Inde, de la Corée du Sud et de l'Italie. La France ne dispose toujours pas d'un site de production de silicium sur son sol et reste donc dépendant de l'approvisionnement étranger, ce qui constitue un handicap pour les producteurs français.

Enfin, certains pays semblent se spécialiser sur quelques segments particuliers comme la Norvège présente sur la partie amont et totalement absente sur l'aval à savoir la production de modules. Elle semble complémentaire de la Suède qui est exactement positionnée à l'inverse.

Enfin la Malaisie semble se positionner comme une plate-forme de production et d'exportation pour des sociétés étrangères qui y implantent des sites de production de modules et cellules PV.



**Tableau synthétique de la présence de sites de production par pays et par segment de la chaîne de valeur PV**

Pays	Production de silicium PV	Production de wafers	Production de cellules	Production de modules 1 <sup>er</sup> gen	Production de modules Thin film
Allemagne					
Chine					
Espagne					
Japon					
Royaume-Uni					
USA					
Taiwan					
Inde					
Suisse					
<b>France</b>					
Corée du Sud					
Italie					
Suède					
Autriche					
Malaisie					
Ukraine					
Norvège					

Source : traitement IAU-idf d'après Sun&Wind magazine 9/2009 et 10/2009.

### 4.2.3- En France les sites de production se concentrent au sud<sup>23</sup> ...

A la fin 2009, les capacités de production françaises s'élevaient à 260Mw pour un marché national métropolitain de 2 200MWc<sup>24</sup>. Les projets annoncés devraient porter cette capacité à 330 MWc en 2011 et à 530MW d'ici 2012.

Les principaux sites existants, ainsi que les projets sont très majoritairement localisés au sud de la France, cependant quelques sites existent ou doivent se développer au nord de la Loire.

Pour le moment l'essentiel des sites de production émanent de sociétés françaises, mis à part le cas de Free Energy à Lens qui est une entreprise issue de capitaux néerlandais. On observe cependant qu'avec le décollage du marché français les projets se multiplient avec notamment l'arrivée d'investisseurs étrangers, notamment américains.

Les principaux sites français sont les sites « historiques » de Photowatt à Bourgoin-Jallieu dans l'Isère près de Lyon et de Tenesol à Toulouse qui représentent respectivement des capacités de production de 70MWc et 105MWc. Photowatt est le seul acteur à maîtriser l'ensemble de la chaîne : des lingots, wafers et cellules aux modules et systèmes.

A ce jour, l'amont de la filière à savoir la fourniture de silicium de qualité PV reste le point faible français. Un projet mené par Photon technologie a échoué du fait de la faillite de ce dernier, un autre projet est annoncé par Apollon Solar pour un site devant produire à terme 800 tonnes de silicium PV.

La France fait l'objet de plusieurs projets qui vont obérer la prédominance des acteurs historiques français :

- l'américain First Solar sur une technologie couches minces pour un site de 100MWc sur la commune de Blanquefort, qui inclura une unité de recyclage de panneaux solaires,
- les projets du consortium français PV20 (voir plus bas) pour 100 MWc,
- Fonroche Energie à Roquefort près d'Agen, un projet franco-espagnol avec 50 MWc mais 100 MWc prévus après 2010,
- Solaire Direct, avec deux unités de 36 MWc chacune, prévues dans le Poitou et en PACA.

On constate à ce titre que des start-up nées en Île-de-France (Apollon solar, Easy solar, Energiz, Solaire direct technologies, Solsia ou encore Nexcis, une spin off de l'IRDEP) où se trouve encore souvent leur siège ou encore des leaders mondiaux qui ont un siège en Île-de-France comme First Solar, souhaitent développer des sites de production dans d'autres régions françaises. A ce titre, l'Île-de-France apparaît comme un incubateur qui essaime ses projets industriels vers les autres régions françaises.

<sup>23</sup> Source SER : « Annuaire des fournisseurs de l'industrie photovoltaïque 2010 » : mars 2010 et site www.enf.cn

<sup>24</sup> Somme des évolutions du parc raccordé et de la file d'attente entre décembre 2008 et décembre 2009 selon les statistiques du SER.

Un consortium nommé PV20 ambitionne de créer une filière intégrée en France de l'amont à l'aval sur la base d'une cellule offrant un rendement commercial de 20%. Ce projet se concrétise par une implantation pour la métallisation et sérigraphie de modules en Mayenne sur la ville du même nom avec la société MPO leader du consortium PV20 et originellement spécialisé dans la fabrication de disques optiques notamment Blue ray. Le site collaborera avec celui d'Emix à La Souterraine qui lui fournira les lingots et plaquettes, de Tenesol qui fournira les cellules et modules et l'Ines qui assurera la recherche fondamentale.

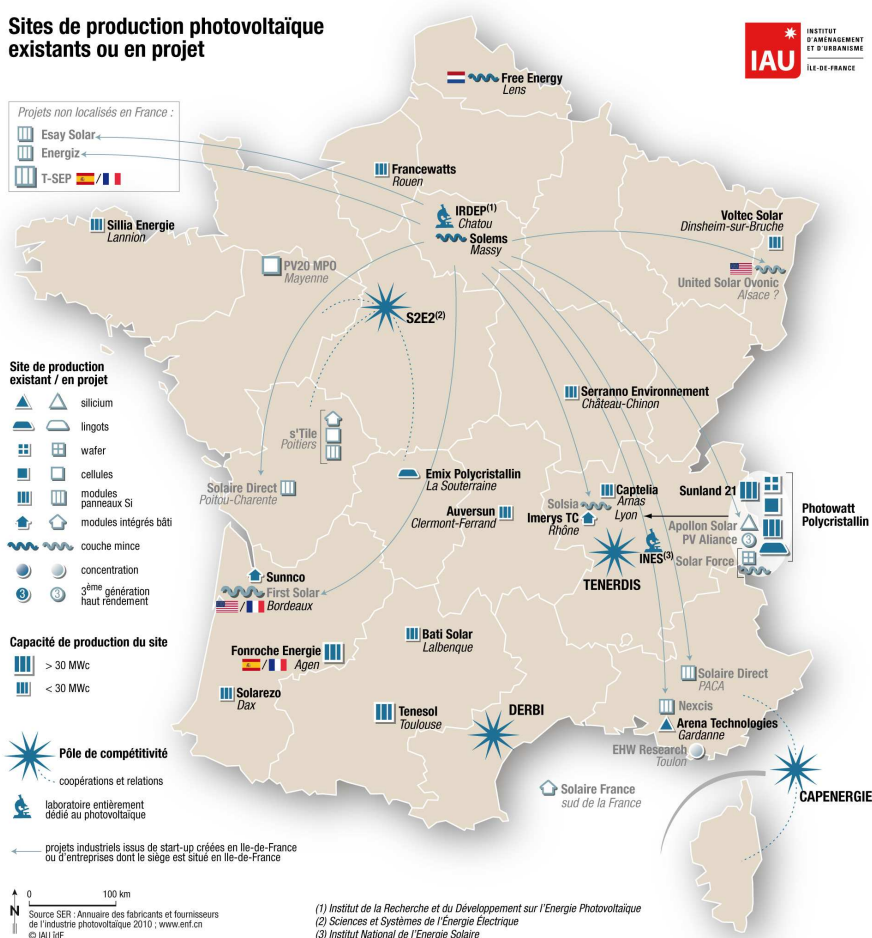
On observe l'existence ou l'arrivée de plus petits acteurs intégrateurs nationaux qui tentent de profiter de l'explosion du marché français à l'image de Serrano environnement à Château Chinon (58), Solarezo à Dax, Sillia energie à Lannion (22) et plus récemment Voltec Solar en Alsace qui a inauguré son site de production de 25 Mwc le 1<sup>er</sup> mars 2010.

Certains acteurs souhaitent se positionner sur les technologies d'intégration au bâti en particulier les tuiles solaires comme Solaire France qui a pour partenaire Saint Gobain Glass sur un site non localisé dans le sud de la France ou encore S'Tile pour un projet de site pilote à Poitiers en 2011 et une unité de production en 2012.

On compte actuellement trois sites en activité produisant des panneaux sur la technologie couches minces : Solems à Massy (91), Free Energy à Lens (62) et Serrano environnement à Château Chinon (58). Cependant plusieurs projets devraient rapidement augmenter les capacités de productions françaises dans cette technologie avec le projet First Solar déjà mentionné à Bordeaux, ou le projet Solsia, une start-up francilienne qui prévoit un site pilote en 2012 qui sera localisé en région Rhône-Alpes.

Enfin on compte deux projets portant sur des technologies dites de 3<sup>e</sup> génération, un sur la concentration solaire porté par une société technologique Ehw Research à la Seyne sur Mer un autre sur le PV haut rendement par PV alliance à Bourgoin Jallieu, à coté du site de Photowatt.

### Sites de production photovoltaïque existants ou en projet



#### 4.2.4- ...Tandis que la recherche est plus présente au nord

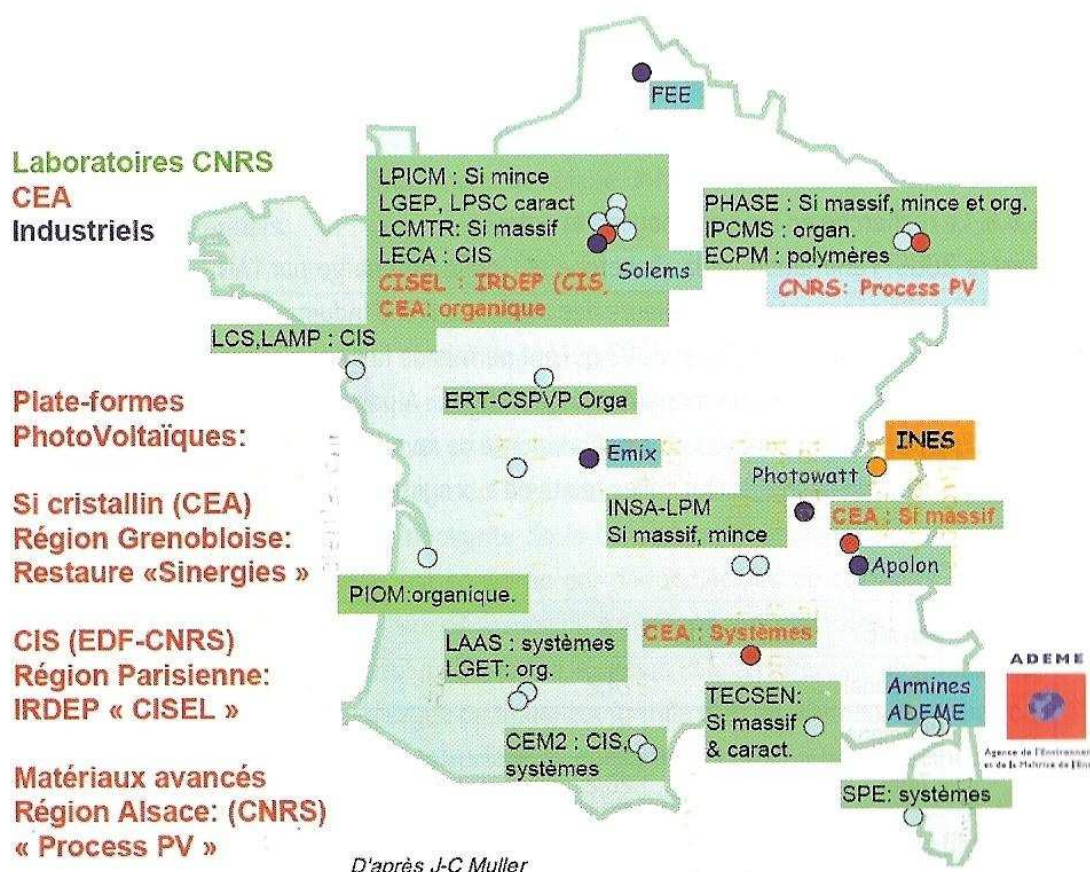
Le rapport d'information sur l'énergie photovoltaïque présenté par le député Serge Poignant<sup>25</sup> souligne l'excellence de la recherche française dans le domaine du solaire PV avec notamment deux fleurons d'envergure internationale :

- l'Institut National de l'Energie Solaire à Chambéry en région Rhône-Alpes, est plus particulièrement spécialisé dans la thématique silicium
- l'IRDEP Institut de Recherche et développement sur l'Energie Photovoltaïque est une collaboration CNRS/EDF/ENSCP, localisé en Région Ile-de-France à Chatou. Il est spécialisé sur la thématique couches minces

La cartographie de la recherche française figurant dans ce rapport fait apparaître plusieurs pôles nationaux parmi lesquels figurent l'Ile-de-France où l'on peut constater une concentration importante de laboratoires dont nous détaillerons les activités dans le chapitre 5 de ce rapport portant sur le potentiel de l'Ile-de-France.

Le rapport souligne la complémentarité entre ces pôles en terme de thématiques de recherche. L'Ile-de-France apparaît ainsi comme étant le chef de file sur la thématique des couches minces avec aussi de fortes compétences sur les 3<sup>e</sup> générations, notamment sur la thématique organique et celle des nanotechnologies.

#### Les principaux acteurs de la recherche française sur le PV



Source : Rapport d'information sur l'énergie photovoltaïque

<sup>25</sup> « Rapport d'information sur l'énergie photovoltaïque » déposé par la commission des affaires économiques de l'Assemblée nationale, document présenté par le député Serge Poignant, rapport n°1846 du 16 juillet 2009.

## 4.3- Les principaux acteurs industriels mondiaux Producteurs de cellules et de panneaux solaires PV

Depuis 2008, la Chine est désormais devant l'Allemagne en tant que puissance industrielle dans le domaine du PV avec une capacité de production de 7 886 MWc<sup>26</sup> contre 2 336 Mwc pour cette dernière. Les capacités de production chinoises de modules dépassent à elles seules celles des 4 autres principaux pays producteurs mondiaux qui après l'Allemagne, sont le Japon (1 960 MWc), Taiwan (1725 MWc), les USA (1 245 MWc). De son côté le recensement du magazine Sun&Wind magazine<sup>27</sup> confirme ce classement avec cependant des ordres de grandeur supérieurs dont une capacité de production mondiale de près de 20 000 Mwc qui aurait doublé en 1 an avec près de 10 000 Mwc pour la Chine.

Le tableau ci-dessous indique le nombre d'entreprises intervenant dans la production de modules PV. Il reflète la prédominance asiatique et chinoise en particulier observable quel que soit le segment de la chaîne de valeur considéré<sup>28</sup>. Cette dernière est ainsi déjà très présente sur le PV de seconde génération (couches minces) avec 44 entreprises pour un total mondial de 139. La seule technologie sur laquelle la Chine est absente est la troisième génération. Les USA et dans une moindre mesure le Japon semblent, quant à eux, vouloir renforcer leur présence sur les dernières technologies à savoir les couches minces, mais aussi la 3<sup>e</sup> génération si l'on en juge par le nombre de projets de production annoncés sur cette technologie. On constate par ailleurs que la Malaisie qui figure parmi les grands producteurs mondiaux, n'est plus présente dans ce classement lorsque l'on considère la nationalité des entreprises productrices.

On retrouve ici l'observation précédente à savoir un très grand nombre d'entreprises intervenant dans la production de modules (774 recensées par ce site au niveau mondial) tandis que 58 entreprises seulement assurent la production de silicium de qualité PV. Par ailleurs le nombre d'entreprises intervenant dans la production de modules de seconde génération est conséquent avec 139 acteurs, bien que très inférieur à celui de producteurs de modules de première génération (Si).

L'après seconde génération est déjà une réalité avec près d'une cinquantaine de producteurs de modules à concentration, tandis que la troisième génération commence à investir le marché avec 4 producteurs déjà actifs à partir de cette technologie et surtout 39 projets recensés. Par ailleurs la production de silicium de qualité PV est appelée à fortement progresser si l'on en croit les projets de création d'entreprises positionnées sur cette production dont le total dépasse le nombre d'entreprises déjà en activité.

**Nombre d'entreprises par nationalité intervenant dans chacun des segments de la chaîne de production de modules PV**

Type de production E (existants)/P(projets)	Silicium PV		Lingots	Wafers	Cellules	Modules SI	couches minces		Modules à concentration		Modules 3e génération	
	E	P	E	E	E	E	E	P	E	P	E	P
<b>Europe</b>	<b>13</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>31</b>	<b>44</b>	<b>171</b>	<b>42</b>	<b>4</b>	<b>12</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>8</b>
dont Allemagne	4	2	2	6	14	64	23	2	2	1	0	1
Italie	1	5	2	1	6	39	3	0	1	1	0	0
Royaume-Uni	1	0	1	2	1	7	0	0	2	0	1	1
Grèce	0	0	0	1	2	5	2	0	0	0	0	0
France	0	1	2	1	1	5	3	0	0	1	0	0
Espagne	1	2	0	3	5	0	3	0	5	1	0	0
<b>Asie</b>	<b>37</b>	<b>44</b>	<b>160</b>	<b>151</b>	<b>138</b>	<b>529</b>	<b>73</b>	<b>18</b>	<b>13</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>7</b>
dont Chine	27	30	144	129	91	447	44	7	7	2	0	0
Inde	0	4	0	1	13	44	5	4	1	0	0	0
Taiwan	0	4	6	10	20	17	10	5	3	0	0	0
Japon	7	2	3	4	6	13	9	1	1	0	0	6
Corée du Sud	2	4	6	5	7	0	3	1	1	0	0	1
<b>Amériques</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>21</b>	<b>60</b>	<b>20</b>	<b>17</b>	<b>19</b>	<b>11</b>	<b>3</b>	<b>23</b>
dont USA	4	6	5	6	20	50	14	15	18	10	2	23
Canada	3	0	0	1	1	6	4	2	1	1	1	0
<b>Reste du monde</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>14</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>1*</b>	<b>0</b>	<b>1*</b>
dont EAU	0	1	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0
Australie	0	0	0	0	2	4	0	0	2	0	0	0
<b>Total</b>	<b>58</b>	<b>67</b>	<b>183</b>	<b>190</b>	<b>207</b>	<b>774</b>	<b>139</b>	<b>39</b>	<b>47</b>	<b>19</b>	<b>4</b>	<b>39</b>

Source : traitement IAU-idf à partir des données du site [www.enf.cn](http://www.enf.cn) \* ces projets sont issus d'entreprises Israéliennes

<sup>26</sup> Source « Trends in worldwide solar cell manufacturing », photovoltaic world septembre 2009 [www.electroiq.com](http://www.electroiq.com)

<sup>27</sup> Sun & Wind magazine 10/2009, pp90 à 102

<sup>28</sup> Ce décompte est issu d'une base de données disponible sur le site [www.enf.cn](http://www.enf.cn) il n'est qu'indicatif car il ne tient pas compte du volume de production ou des capacités de productions, de plus il peut comporter des doubles compte. En effet une même entreprise peut être présente sur chaque segment de la chaîne de valeur, les chiffres des colonnes ne sont donc pas cumulables.

**Le nombre de projets de nouvelles entreprises dans la technologie couches minces, avec 39 recensés par le site ENF, est identique au nombre de projets de troisième génération, ce qui laisse penser que ce dernier est appelé à rapidement prendre de l'ampleur.**

La France dans cet ensemble semble modeste avec 5 entreprises nationales produisant des modules de première génération, 3 intervenant dans les couches minces (qui sont d'ailleurs en partie les mêmes) et actuellement aucune dans la technologie de la concentration ou dans la troisième génération. Seul un projet est recensé dans la concentration, celui de Ehw Research pour une perspective de production courant 2010 comme on l'a vu au chapitre précédent.

Pour répondre à la forte demande et assurer une production croissante, on observe une forte progression des capacités de production mondiale. Cette progression a été significative du côté des entreprises chinoises, américaines et allemandes, tandis que les entreprises japonaises étaient plus dans l'expectative. Les sociétés chinoises occupent désormais les deux premières places du classement mondial devant First Solar et Q-Cells les deux premiers constructeurs occidentaux.

Au total, parmi les 17 producteurs disposant de capacités de production supérieures à 300 Mwc on compte 7 sociétés chinoises, 3 allemandes, 3 japonaises, 2 états-uniennes et 1 taiwanaise.

Pour mémoire, figurent en bas du tableau sous la ligne en pointillés, les entreprises qui figuraient au top 15 mondial en 2007. Photowatt est représenté dans ce tableau pour information car de très nombreuses entreprises mondiales et en particulier chinoises ont une capacité de production supérieure à 105 Mwc.

#### Les capacités de production de modules pv des principaux acteurs mondiaux en 2009

Entreprise	Pays	Capacité de production MWc			
		2006	2007	2008	2009
Suntech power	Chine	330	540	1 000	1 400
Best solar	Chine	nd	nd	nd	1 400
First Solar	USA		308	323	1 100
Q-cells	All	420	516	760	830
Sharp	Jap	600	710	710	710
JA Solar	Chine		175	425	675
Baoding Yingli	Chine		200	400	600
Motech	Taiwan		240	400	580
Trina solar	Chine	nd	nd	nd	550
Solarfun	Chine		240	360	480
SunPower	USA /Philippines		214	414	414
Kyocera	Jap	240	240	300	400
Schott Solar	All	129	130	205	360
Ningbo solar	Chine				350
Sanyo	Jap	165	265	350	350
Solarworld/ Deutsche Solar	All	190	205	260	350
Mitsubishi	Jap	135	150	150	220
BP Solar	UK-USA	200	130	130	200
Isofoton	Espagne	130	135	180	180
<b>Photowatt</b>	<b>France</b>	<b>50</b>	<b>60</b>	<b>70</b>	<b>105</b>

Source : Observ'ER, sites des constructeurs pour 2009

La concurrence se renforce, avec une très forte hausse du ticket d'entrée à mesure que le niveau technologique progresse. Ce renforcement de la concurrence s'opère tant au niveau technologique que de celui des coûts et pousse les acteurs à la croissance.

Cette croissance se réalise à la fois par croissance interne avec l'augmentation des capacités de production mais aussi par une vague de concentration avec le rachat d'entreprises indépendantes par les grands groupes. Paradoxalement on continue à observer l'arrivée de nouveaux entrants dans la filière, en particulier à l'occasion des innovations technologiques. Ces nouveaux entrants, souvent des start-up, croissent de manière autonome ou sont valorisées par l'intégration dans des grands groupes.

La crise de 2008/2009 a momentanément ralenti les investissements et accéléré la consolidation du secteur. Avant celle-ci on assistait à un emballement de la demande mondiale suivie par la production qui cependant n'arrivait pas à assurer correctement l'approvisionnement de silicium de qualité PV, avec

à la clé des hausses de prix des cellules. Ainsi, le taux d'utilisation<sup>29</sup> des capacités de production mondiale est passé de 50% en 2007 à 64% en 2008<sup>30</sup>. Mais quelques entreprises souffraient déjà de surcapacités notables en 2007 comme Solarfun en Chine ou Sharp au Japon.

L'impact de la crise avec une croissance amoindrie (25% selon les estimations de l'EPIA contre 40% en moyenne les années précédentes), a momentanément réduit le taux moyen mondial d'utilisation des capacités de production existantes. A fin 2009, il atteignait à peine 41% alors que dans le même temps le volume des capacités de production continuait à progresser fortement (+60% en 2009) avec la mise en service de sites de production lancés avant 2008. Quelques industriels ont choisi de réguler leurs capacités de production en fermant les sites les plus anciens à l'image de Q-Cells qui, à cette occasion a réduit ses effectifs de 23% (-600 postes), la plupart ont gelé des projets d'investissements à moyen terme et ce malgré les perspectives de reprise dès 2010<sup>31</sup>.

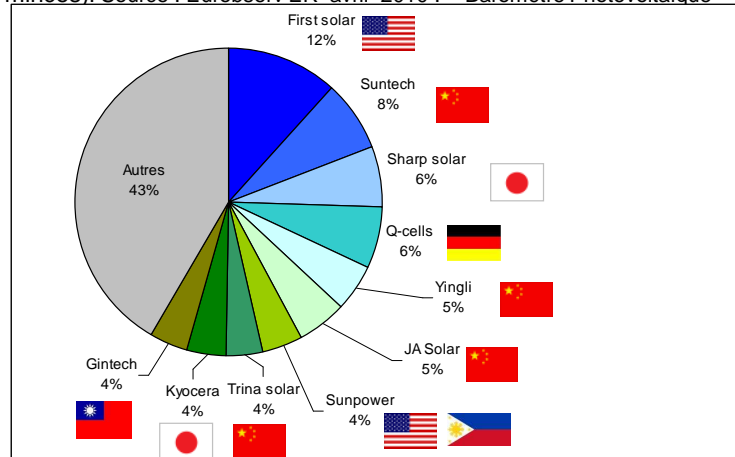
En effet, comme le montrent les prévisions de l'EPIA (voir 3.3 le potentiel de croissance du marché P 20) l'équipement en PV est une tendance de fond et, à condition que les politiques nationales de soutien de la demande des principaux marchés mondiaux soient maintenues, la dynamique à moyen et long terme restera soutenue et devrait rapidement retrouver son niveau d'avant crise.

Selon le cabinet Display Search<sup>32</sup>, on doit s'attendre à une lente progression des capacités de production mondiales jusqu'en 2012 le temps que les taux d'utilisations des capacités de production remontent à un niveau acceptable (autour de 65%), puis une reprise à partir de cette date. Cette crise aura souligné le caractère cyclique de l'industrie PV dont on aura observé la première manifestation en 2009. Le cabinet souligne que cette industrie reste très dépendante des politiques de soutien public comme le montre l'exemple de l'Espagne dont le marché a plongé après la réduction du niveau des aides publiques au développement du PV.

Cette réduction de l'activité et l'importante progression des capacités de production contra-cyclique a mécaniquement eu pour conséquence une chute importante des prix des modules solaires : -38% pour les modules cristallins, -80% pour les modules poly-cristallins. L'effet de ces fortes baisses a été une fragilisation des producteurs de modules avec au final la disparition de nombreux acteurs. Le cabinet Price Water House Conseil estime ainsi que 65% des fabricants de modules chinois auraient fait faillite en 2009. La reprise annoncée dès la fin 2010 avec des taux de croissance proches de ceux de 2008 (environ 40%) bénéficient aux acteurs qui ont su résister à la crise et par conséquent on observe de fait une concentration du secteur. Cette nouvelle donne s'opère principalement à l'avantage des producteurs chinois dont les structures de coûts sont très faibles (de 20 à 30% moins cher que les producteurs occidentaux).

**On constate ainsi qu'en 2009 quatre producteurs Chinois figurent au top 10 des producteurs mondiaux en termes de parts de marché, avec Suntech qui prend la seconde place derrière l'américain First Solar. Le niveau de concentration est désormais avancé puisque 10 producteurs mondiaux contrôlent à eux seuls 57% du marché, tandis que les 43% restants sont partagés entre près de 800 producteurs.**

**Les 10 premiers fabricants de modules solaires en 2009 : Parts de marché en % (silicium cristallin et couches minces).** Source : Eurobserv'ER avril 2010 : « Baromètre Photovoltaïque »



<sup>29</sup> Rapport du volume de production de chaque entreprise et des capacités installées la même année.

<sup>30</sup> Source : "Trends in Worldwide Solar Cell Manufacturing", renewableenergyworld oct 2009 <http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2009/10/trends-in-worldwide-solar-cell-manufacturing>

<sup>31</sup> Source : "solar cell demand to overtake 2009 overcapacity" renewableenergyworld 11 dec 2009

<sup>32</sup> Source : DisplaySearch Q4'09 [Quarterly PV Cell Capacity Database & Trends Report](http://www.displaysearch.com/Quarterly-PV-Cell-Capacity-Database-&-Trends-Report)

## 4.4- Structuration de la filière, stratégie et jeux d'acteurs

### 4.4.1- Une filière concentrée en amont et concurrentielle en aval

Trois grands types d'acteurs structurent l'industrie PV :

- Des sociétés indépendantes spécialisées dans le solaire, la plupart se concentrant sur une partie de la chaîne de valeur.
- Des entreprises de l'électronique et des fabricants de semi-conducteurs
- Des entreprises intervenant dans l'énergie, producteurs de ressource (pétroliers, gaziers) ou générateurs d'énergie (compagnies d'électricité)

A coté de ces entreprises, on compte de nombreux fournisseurs dont le PV n'est pas le cœur de métier mais qui détiennent des savoir-faire parfois essentiels et de ce fait se positionnent sur la filière : fournisseurs de systèmes de stockage d'énergie, fournisseurs de pièces ou sous-ensembles (verriers notamment, fabricants de cadres de métal).

Plus loin interviennent des acteurs industriels qui utilisent ou souhaitent intégrer les technologies PV et leurs dérivés, notamment l'accumulation d'énergie, dans leurs propres produits et participent à la recherche dans ce domaine.

A la base de la chaîne de valeur de la filière photovoltaïque on trouve des acteurs qui opèrent à partir de la matière silicium qui composent on l'a vu 80% du marché photovoltaïque. Ces acteurs sont souvent les mêmes qui fournissent l'industrie électronique des semi-conducteurs et qui se sont naturellement diversifiés dans ces activités porteuses par proximité technologique.

Selon la société chinoise ENF<sup>33</sup>, on compterait actuellement 200 entreprises dans le monde fabriquant des cellules photovoltaïques, dont 67% sont concentrées en Asie Pacifique, principalement en Chine.

Les premiers producteurs occidentaux sont l'Allemagne et les Etats-Unis.

L'Europe représente 17% des entreprises mondiales, avec la France qui n'est représentée à ce niveau que par une seule entreprise : Photowatt.

A l'étape finale de la chaîne de valeur, celle de la production de modules, on compte 774 entreprises.

Les pays européens sont les mieux représentés (44,8%), suivis par la zone Asie pacifique (39% du total), et la zone Amériques.

Depuis quelques années on observe une arrivée de nouveaux acteurs surtout actifs sur l'aval de la chaîne de valeur où la valeur ajoutée est la plus importante, ce qui explique le quasi doublement du nombre de producteurs de modules dans le monde en 2 ans à peine. En parallèle, on assiste cependant, à la concentration de certains acteurs avec des logiques différentes. Cette concentration s'opère sous l'œuvre de multiples acteurs.

### 4.4.2- Des stratégies variables suivant les entreprises mais avec des constantes liées à leur positionnement dans la chaîne de valeur

En amont, les **producteurs de silicium** font l'objet des convoitises des producteurs de wafers et modules qui craignent une raréfaction du silicium de bonne qualité et une envolée des prix face à la forte montée en puissance de la production mondiale. De ce fait, les acteurs aval cherchent soit à passer des accords d'approvisionnement à long terme auprès des producteurs de silicium, à créer des joint venture avec ces entreprises, voire à développer elles mêmes leurs capacités de production pour contrôler l'amont de la filière et sécuriser ainsi leurs approvisionnements. Cette dernière voie est de plus en plus privilégiée par les grands acteurs.

Les **entreprises spécialisées dans le PV** qui restent indépendantes tendent en général à rechercher une intégration verticale de la production de lingots/wafers à la production de panneaux, soit en rachetant des entreprises de l'ensemble de la filière soit en étendant leurs activités vers les segments manquants.

---

<sup>33</sup> [www.enf.cn](http://www.enf.cn)

**Les entreprises de l'industrie électrique et électronique et des semi-conducteurs** ont naturellement profité de la proximité technologique de leur activité avec celle du PV pour se développer dans cette direction. Ces acteurs se placent souvent au cœur de la filière car historiquement ils tiennent la partie amont (production de silicium, production de lingots et wafers...). Certaines, notamment les japonais Sharp ou Mitsubishi ou encore le coréen Samsung ont investi l'aval de la chaîne de valeur en devenant intégrateur.

**Les entreprises intervenant dans l'énergie** sont plus récentes dans l'industrie PV.

Les principales entreprises du secteur énergétique (gaziers, électriciens, pétroliers) ont souhaité s'investir plus massivement dans le marché de la production d'électricité à partir de ressources renouvelables, profitant des tarifications attractives mises en place par les Etats. Par ailleurs, avec la libéralisation du marché de l'énergie de nouveaux acteurs se sont positionnés sur ce marché de la fourniture d'électricité en profitant aussi du boom des ENR et du PV en particulier. Ces derniers acteurs sont d'horizons divers et l'on y trouve notamment des sociétés financières spécialisées dans la location de toitures pour produire de l'énergie, d'autres dans l'installation, la gestion de sites avec de plus en plus des offres packagées. Ainsi peu à peu, la frontière entre producteurs d'énergie et autres acteurs tend à se brouiller puisque techniquement et juridiquement tout le monde peut produire de l'électricité et la reverser sur le réseau.

La plupart des grands groupes intervenant dans la production d'énergie ont développé un portefeuille de sites de production d'électricité à partir de ressources renouvelables qu'ils gèrent en propre. La plupart de ces acteurs n'a pas souhaité se cantonner à l'achat de systèmes clef en main auprès de fournisseurs industriels mais prendre une part plus active au marché de l'approvisionnement des panneaux solaires et ainsi intégrer en amont la chaîne de valeur PV selon une logique de marché. Pour rapidement prendre pied sur ce marché et bénéficier de sa forte croissance, ils ont souvent opté pour le rachat d'entreprises spécialisées et performantes dans leur domaine. Ce sont parfois de nouvelles branches d'activité qui ont été créées comme cela a été le cas avec Tenesol filiale commune à Total et EDF créé il est vrai en 1983. Pour certaines de ces entreprises, notamment les groupe pétroliers, c'est aussi une occasion de diversifier et de sécuriser leurs activités à long terme, en rééquilibrant leur portefeuille sur des activités nouvelles à fort potentiel.

Plus largement, cette stratégie visant à entrer sur le marché PV par le rachat d'entreprises innovantes, est adoptée par tout grand acteur industriel désireux de s'assurer une perspective de développement dans ce secteur. Le conglomérat américain General Electric, très présent en Ile-de-France, a ainsi augmenté sa participation en 2008 dans le capital de Primestar Solar une entreprise américaine spécialisée dans les couches minces.

Certains acteurs détenant des savoir-faire spécifiques cherchent à étendre leurs capacités à d'autres segments de la chaîne de valeur. C'est particulièrement le cas de grandes entreprises qui étaient à la base positionnées en tant que fournisseurs, à l'image de St Gobain en France qui, à partir de sa maîtrise du **verre**, se positionne comme ensemblier pour la production de panneaux PV et l'intégration au bâti. Le groupe verrier allemand Schott a développé une stratégie similaire en investissant le champ de la production de cellules et de modules PV à travers sa filiale Schott Solar et en devenant un des principaux producteurs allemands. On peut encore citer le cas de Schuco qui est à la base un **fabricant de fenêtres** sur armatures métalliques et qui a diversifié son offre aux panneaux PV intégrés au bâti. C'est encore le cas des entreprises spécialisées dans le chauffage, chaudières et les chauffe-eau qui à partir de leur position d'intégrateurs remontent la chaîne de valeur. Le groupe Vaillant, spécialisé dans les chauffe-eau avec la marque Saunier Duval s'est diversifié dans le solaire et a développé une gamme de panneaux PV dont il assure désormais lui-même la production dans sa nouvelle usine de Nantes, d'une capacité annuelle de 125 000 unités. Dans la même logique, l'intégration au bâti a ouvert de nouvelles perspectives aux groupes et entreprises intervenant dans les structures métalliques pour la construction, comme notamment **Arcelor** construction mais aussi d'autres entreprises de petite taille.

Les **groupes chimiques et pétrochimiques** comme **Arkéma** en France, **Bayer Solar** en Allemagne ou encore **Du-Pont** aux USA se positionnent aussi sur la production PV. Ils bénéficient quant à eux des avancées technologiques pour gagner du poids dans la chaîne de valeur, celles liées aux couches minces sur substrat souple, ainsi que des dernières avancées en matière de PV de 3<sup>e</sup> génération dans la voie des polymères.

Pour toutes les entreprises intervenant dans la production de cellules ou modules, le principal objectif est l'abaissement des coûts de production pour devenir concurrentiel avec le prix de l'énergie du marché, ce que l'on appelle la parité avec le réseau.



Les acteurs industriels s'orientent dans deux voies principales :

Des améliorations technologiques :

-Diminuer la consommation de silicium qui représente actuellement encore 50% du coût de production de la cellule. La technologie de seconde génération de panneaux PV qui se base sur la technologie du dépôt sur film mince répond à cette exigence. Désormais les entreprises actives dans le PV misent fortement sur cette technologie ce qui passe par des politiques de R&D intensives et/ou par rachat de sociétés en pointe. C'est le cas de Q-Cells qui a acquis une partie du capital de EverQ, une société de pointe spécialisée dans la technologie de dépôt de silicium sur ruban technologie qui permet d'économiser 30% de silicium en cycle de production.

-Augmenter les rendements par la recherche de nouveaux procédés techniques ou chimiques, soit par ajout de produits catalyseurs, notamment des gaz, soit par le traitement de surface des supports pour augmenter notamment le spectre de lumière absorbé par la cellule.

Des améliorations organisationnelles et stratégiques :

-Massifier la production en adoptant une stratégie de croissance (organique ou externe) et en ouvrant des unités de production de plus grande taille.

Le secteur ne se caractérise pas encore par un modèle industriel unique et on observe une diversité de stratégies avec cependant deux tendances principales :

- D'une part celle de l'intégration verticale à l'image de Q-Cells parti de la production de cellules PV et qui a récemment étendu sa production aux modules, de même que le Chinois Yingli qui est totalement intégré verticalement avec pour objectif de maîtriser l'ensemble du processus de production. Cette intégration a pour avantage de se donner les moyens d'en rationaliser les coûts et d'optimiser la fiabilité de la production.

- D'autre part des entreprises cherchent à se spécialiser sur un segment de la chaîne de valeur sur la production de cellules comme le taiwanais Gintech ou encore sur celle des cellules et des modules comme les japonais Sharp ou Sanyo.

L'avenir du modèle d'intégration de la filière n'est pas encore arrêté comme en témoigne les avis d'experts sur cette question :

-les experts du cabinet Isuppli<sup>34</sup> estiment que du fait de l'obsolescence de plus en plus rapide des outils de productions qui doivent être renouvelés avec des coûts d'investissement de plus en plus massifs, la tendance sera à la spécialisation des acteurs sur un ou quelques segments, à l'image de ce qui s'est opéré dans l'industrie automobile.

-de son côté, la SOFRED<sup>35</sup> estime qu'à l'avenir, après s'être intégrée verticalement vers l'amont, la filière PV cherchera à intégrer en aval les services, notamment la maintenance.

---

<sup>34</sup> Source "Le secteur cherche encore son modèle industriel », les Echos 30 mars 2010.

<sup>35</sup> « Filière Photovoltaïque », DRIRE Languedoc Roussillon, 30 octobre 2008

## 4.5- Les principes de localisation et d'investissements des acteurs

### 4.5.1- Investissements et fusions acquisitions dans l'industrie PV<sup>36</sup>

Selon Oxford Intelligence, le solaire a représenté 38% des investissements directs étrangers (IDE) pour les ENR dans le monde entre 2003 et 2007, soit 180 opérations.

**L'Union Européenne est la première région d'accueil au monde avec 66% des projets PV.**

Concernant les projets futurs, après l'Allemagne, la France et l'Italie sont fréquemment citées par les investisseurs PV potentiels comme site d'implantation possibles.

Entre 2003 et 2007, Oxford Intelligence a repéré 138 fusions-acquisitions dans le monde. Le solaire était le second secteur concerné avec 25% des opérations (environ 35).

Les investisseurs les plus actifs sont d'origine européenne. Parmi les 4 principaux investisseurs sur la période on trouve deux « pure players » ou entreprises spécialisées dans le PV, ainsi qu'un groupe pétrolier (BP) et un acteur de l'électronique (Sanyo).

#### Les 4 principaux investisseurs en IDE sur la période 2003-2007

Entreprise	Secteur d'origine	Nationalité	Nombre d'IDE entre 2003 et 2007
Conergy AG	PV	Allemagne	19
BP	Pétrolier	Royaume-Uni	10
Centrosolar	PV	Allemagne	7
Sanyo electric co	Electronique	Japon	7

Source : Oxford Intelligence

L'entreprise allemande Conergy a été particulièrement active avec à elle seule 10 opérations de fusions-acquisitions sur la période, uniquement dans le domaine du solaire PV. Tandis qu'elle réalisait 20 opérations d'IDE (Investissements directs à l'étranger) sur les cinq années de la période concernée.

### 4.5.2- Principes de localisation des acteurs du PV

Les principes de localisation des industries PV varient suivant le segment concerné et répondent aux mêmes lois que la plupart des industries des biens d'équipement ou de consommation. (voir schéma ci-dessous)

En amont, la filière a besoin de sites offrant des coûts bas et une proximité avec des acteurs oeuvrant dans des champs technologiques proches.

Dans le cas de l'industrie PV la proximité avec des acteurs de l'industrie chimique est appréciée par les acteurs qui travaillent le silicium et les producteurs de wafers.

Sur ces segments, de la production de silicium à celle des wafers, l'important volume de consommation d'énergie favorise les régions à faible coût de l'énergie.

Au niveau de la production de la cellule photovoltaïque, la nécessité d'une main d'œuvre qualifiée, d'un approvisionnement électrique sécurisé, de sites mobilisables rapidement et la proximité à la fois des matières premières, outils de production et une distance relativement proche des marchés est recherchée. En fin de chaîne, la proximité aux marchés cible et l'accès logistique sont essentiels.

Dans un processus de production intégrant l'ensemble de la chaîne, la demande est supérieure concernant la qualité de la main d'œuvre, avec la nécessité de sites de grande taille disponibles et la possibilité de stocker de grandes quantités de produits chimiques (sites à risques technologiques et industriels).

Avec l'extension des marchés il est probable que l'on assiste à une extension des aires de localisation des investissements et en premier lieu industriels.

Par ailleurs, les nouveaux entrants, cherchant des conditions plus favorables pour modifier les termes du marché et contourner les positions dominantes de certains acteurs, devraient chercher à localiser leurs investissements sur des sites différents des acteurs principaux, avec à la clé une possibilité de négociation renforcée pour les autorités locales qui auront su se rendre attractives.

<sup>36</sup> L'essentiel des informations de ce chapitre sont tirées du rapport « Renewable energies 2008 : International Investment strategies & key investors study », Oxford Intelligence 2008.

Avec la nécessité d'abaisser les coûts de production, la taille des projets industriels tend à fortement progresser. On est passé d'une moyenne de quelques dizaines de MWc de capacité de production par site à 100, voire quelques centaines de MWc.

L'investissement devient plus risqué, ce qui contribue à renforcer la sélectivité des sites concernés. Les investisseurs demandent ainsi aux nouveaux sites potentiels à la fois d'offrir des espaces plus vastes mais ont des attentes supérieures en termes de qualité des infrastructures et de qualité et disponibilité de la main-d'œuvre.

De ce fait, les localisations dans les pays à bas coût ne sont pas nécessairement considérées comme optimales par les investisseurs, excepté les sites qui cumulent l'avantage d'offrir une main d'œuvre bien formée et meilleur marché et une proximité aux marchés comme les régions de l'est de l'Allemagne ou la république tchèque.

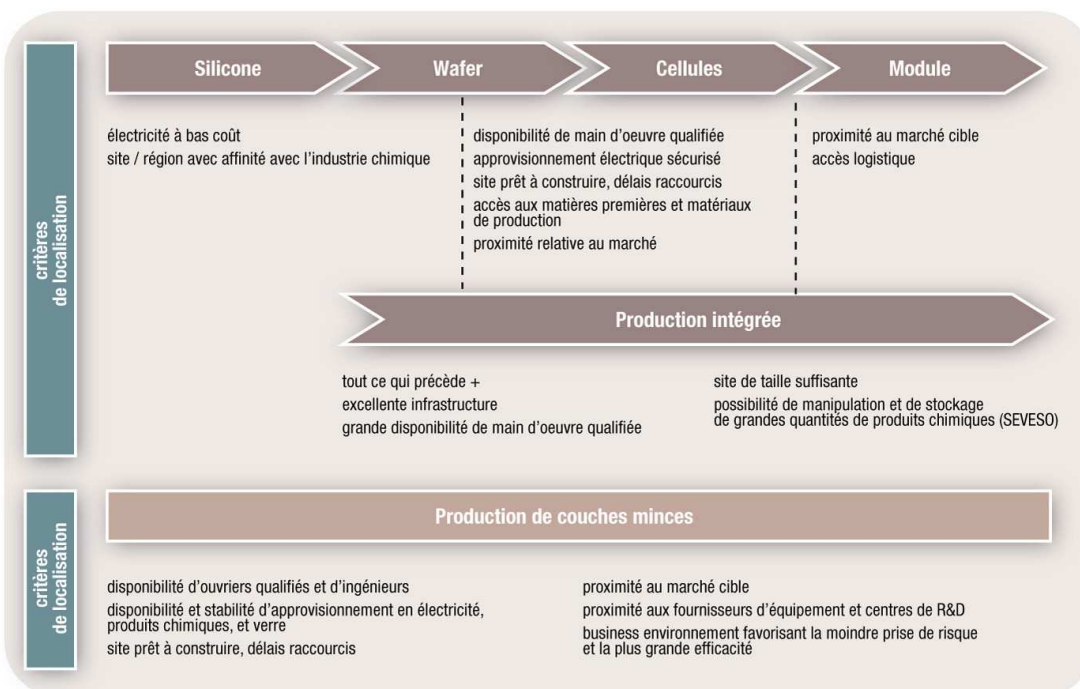
**Cette sélectivité est encore plus marquée pour les technologies couches minces plus avancées.** Pour ce segment du marché, qui on le rappelle devrait connaître la plus forte croissance dans les prochaines années, **les principaux critères ne sont pas liés aux coûts mais à la qualité de l'environnement et de l'offre territoriale dans une définition large.**

Dans ce cas, la qualité et la disponibilité d'une main d'œuvre bien formée, une fiabilité de la fourniture d'énergie et des produits intermédiaires, une proximité du marché, une proximité des équipementiers et fournisseurs et enfin de bonnes infrastructures logistiques expliquent pourquoi ces productions restent largement concentrées dans des pays à relativement fort coût de main d'œuvre.

Il semble probable qu'à moyen terme du moins, les investisseurs occidentaux continuent à investir principalement dans leur environnement proche et ne pas lourdement investir les pays comme la Chine ou l'Inde. Ces derniers pays imposent des conditions longues et compliquées aux investisseurs, ce qui est un frein important dans un secteur dont l'horizon d'investissement est très court.

A la lumière de ces éléments, **il apparaît que l'Ile-de-France bénéficie de tous les atouts** concernant les technologies **couches minces**, d'autant qu'elle offre un marché potentiellement très important avec son immense surface bâtie et qu'elle dispose avec le CSTB (centre scientifique et technique du bâtiment) d'un centre d'excellence national dans le domaine du bâtiment.

Schéma de décision de localisation dans l'industrie PV



Source : PV magazine [www.pv-magazine.com](http://www.pv-magazine.com)

## 4.6- Les emplois actuels et futurs dans le monde et en France

L'impact en termes d'emplois de la filière PV commence à devenir significatif, notamment pour les pays les plus avancés à la fois en termes de marché et en ce qui concerne le développement d'une filière industrielle.

On remarque que la majorité des emplois est générée par les activités de distribution-exploitation-maintenance. Cependant, il ne faut pas oublier que la production génère aussi des emplois indirects auprès des fournisseurs et qu'elle produit une forte valeur ajoutée, contribue positivement à la balance commerciale, tout en permettant de maintenir l'avance technologique du pays qui l'abrite.

Ainsi, l'Allemagne, premier marché mondial et premier producteur mondial en 2008 bénéficie pleinement des retombées de ces activités puisqu'on estime à plus de 48 000 le nombre d'emplois directs générés par la filière dont environ 20 000 liés à la production et 22 000 liés à l'exploitation et à la maintenance.

### Estimation des emplois directs de la filière PV en 2008 dans quelques pays de l'OCDE

Pays	Emplois totaux : R&D, production, installation	Types d'emplois <sup>2</sup>
Allemagne	> 48 000	46% production, 54% distribution exploitation et maintenance
Japon	18 000	nd
Espagne	12 200	20% production, 70% distribution installation, 10% exploitation et maintenance
USA	8 200	nd
Suisse	6 500	nd
France	4 000 (8 500 en 2009)	15% production, 85% distribution et maintenance
Australie	3 800	nd
Corée du sud	4 000	nd
Canada	2 100	nd
Royaume-Uni	1 300	nd
Norvège	1 500	nd
Italie	5 700	nd
Chine <sup>1</sup>	10 000 (en 2007)	nd
Total monde	>110 000	

Source : IEA PVPS « trends in PV applications » 2009 report, <sup>1</sup>selon Greenpeace<sup>37</sup>, <sup>2</sup>selon observ'ER

L'Epia<sup>38</sup> estime qu'au sein des entreprises productrices, 47 à 49 emplois sont générés par MegaWatts produits sur le territoire.

Ces emplois se répartissant comme suit :

-Recherche : 1 à 2 emplois

-Installation d'une unité de production : 33 (le temps du chantier)

-Production en activité :10

-Distribution commerciale : 3 à 4

Ces chiffres soulignent combien l'accueil d'unités de production est génératrice d'emplois.

En France le SER estime que le nombre total d'emplois directs dans la filière PV s'est élevé à 8 500<sup>39</sup> en 2009 contre 4 000 en 2008 et 2 500 en 2007.

C'est avant tout pour la distribution et la maintenance que les créations d'emplois sont importantes car la production n'avait généré en 2007 que l'équivalent de 350 emplois.

Selon une étude menée par la SOFRED pour le compte de la DRIRE Languedoc-Roussillon<sup>40</sup>, on devrait compter en France 30 000 emplois dans la filière PV d'ici 2020 dont 6 000 dans l'industrie et 24 000 dans l'ingénierie et l'installation, les emplois dans l'aval de la filière (installation et services) étant appelés à se développer plus vite et plus nombreux proportionnellement à la puissance installée que ceux dans la production.

<sup>37</sup> Greenpeace, China solar PV report 2007

<sup>38</sup> European Photovoltaic Industry Association, [www.EPIA.org](http://www.EPIA.org)

<sup>39</sup> Ces chiffres sont tirés de l'étude « Marchés, emplois et enjeux énergétiques des activités liées aux énergies renouvelables et à l'efficacité énergétique : situation 2007/2008, perspectives 2009 », ADEME octobre 2009

<sup>40</sup> « Filière Photovoltaïque », DRIRE Languedoc Roussillon, 30 octobre 2008

## L'emploi PV en Ile-de-France : De la difficulté d'estimer les emplois du PV en IDF

Pour notre part, malgré un travail méthodique d'identification des établissements intervenant dans la chaîne de valeur industrielle PV en IDF, nous ne sommes pas en mesure de fournir une estimation fiable de l'emploi privé relevant de cette filière en Ile-de-France. Par ailleurs, les fichiers dont nous disposons donnent une situation à la date du 31/12/2006, date à laquelle le PV décollait à peine dans notre pays.

En effet, près de 110 établissements que nous avons identifiés comme appartenant à une entreprise ayant dans son portefeuille une activité industrielle ou de recherche liée au PV, emploient plus de 13 000 personnes. Nous ne pouvons retenir ce chiffre comme reflétant la réalité de l'emploi de la filière industrielle PV en Ile-de-France car pour la plupart des établissements, l'activité PV est très largement minoritaire, ce qui est notamment le cas des sièges de groupes.

En affinant encore notre approche et en ne tenant pas compte de ces emplois de siège de groupes pour lesquels le PV n'est qu'un segment d'activité, une nouvelle estimation ramène l'emploi de la filière industrielle du PV à environ 5 000, sachant que ce chiffre inclut encore pour plus de la moitié l'intégralité des importants effectifs des grands centres de recherche privés des intégrateurs, notamment ceux d'EDF, GDF-Suez ou de St Gobain. Une fois de plus pour l'essentiel des établissements concernés, le PV ne constitue qu'une part minoritaire que nous n'avons pas pu évaluer, nous devons donc estimer que ce chiffre est un maximum. Si de cette liste on ne retient que les effectifs des centres de R&D des grands groupes dont nous sommes sûrs qu'ils travaillent essentiellement sur la thématique PV, notre estimation tombe à 2 700 emplois. Celle-ci devient plus cohérente avec les 8 500 emplois de la filière au niveau national.

Par ailleurs, seuls 20 établissements franciliens ont pour cœur de métier et activité principale le photovoltaïque.

Les effectifs employés par ces 20 établissements s'élèvent à 100 personnes, ce qui constitue donc l'estimation minimale du nombre d'emplois industriels de la filière PV en IDF.

On constate que le rapport entre ce chiffre et les autres niveaux d'estimation évoqués précédemment est très important et que par conséquent l'incertitude est à ce stade bien trop grande pour trancher de manière fiable sur le niveau des emplois franciliens de la filière industrielle PV.

Pour résumer, suivant que l'on adopte une posture prudente voire pessimiste, ou au contraire une posture optimiste, l'évaluation des emplois industriels de la filière PV en IDF variera de 100 emplois à 2 400, avec une réalité qui se situe quelque part entre ces deux chiffres.

Si ce chiffre plancher de 100 emplois peut paraître faible, il faut remarquer que l'Ile-de-France a récemment accueilli plusieurs investissements émanant d'acteurs industriels dont le photovoltaïque est le cœur de métier. Ainsi, parmi les 20 établissements et leurs 100 emplois précédemment mentionnés, 8 ont été créés ou se sont implantés dans la région au cours des 5 dernières années, générant 30 emplois directs.<sup>41</sup>

<sup>41</sup> Une rapide extrapolation des emplois PV franciliens en fonction du marché francilien ne paraît pas plus probante.

En effet, dans le chapitre 3.2 sur le marché français, on a vu que l'Ile-de-France représente 0,35% du marché national français métropolitain (2 212MW). Si l'on applique ce ratio aux 8 500 emplois de la filière PV en France, on obtient un total de 30 emplois ETP dont 25 liés à la distribution installation (85% des emplois nationaux selon observ'ER) et 5 liés à la production.

# 5- Quel potentiel pour l'IDF au regard du PV ?

## 5.1- Synthèse des ressources

Avec ses 11,7 millions d'habitants et ses 5,5 millions d'emplois, la région représente la plus forte densité de population en France qui s'établit à 6 200 habitants au km<sup>2</sup> urbain bâti.

Cela représente autant de logements, de sites administratifs, d'équipements et lieux de travail pouvant accueillir une installation PV. Ainsi, on peut estimer le potentiel de surfaces de toitures de 400 km<sup>2</sup><sup>42</sup> sur tout type de bâtiment soit 4 fois la surface de la ville de Paris.

L'Ile-de-France est la région la plus riche de France et d'Europe avec un PIB de 553 milliards d'Euros (29% du PIB national) et un PIB par habitant supérieur de près de 60% à la moyenne nationale.

Le climat y est au moins aussi ensoleillé qu'en Allemagne qui est le premier marché européen (voir carte de l'ensoleillement en Europe p2). Cet ensoleillement plus faible que celui du sud de la France ne constitue donc pas un frein à l'utilisation du PV dans la région et est largement suffisant contrairement à une idée encore très répandue.

Les ressources naturelles présentes sur le bassin de Fontainebleau offrent un sable d'une grande pureté en silicium (99,8%)<sup>43</sup>. Ce sable est parmi les plus purs disponibles en Europe et est très prisé par l'industrie du verre qui consomme près de 50% de la production nationale. Cette dernière a d'ailleurs installé plusieurs unités de production dans la région.

De nombreux acteurs de la filière industrielle sont présents en Ile-de-France et s'ils n'ont presque pas développé d'activités manufacturières, plusieurs mènent une recherche très active sur ce sujet et s'appuient sur une recherche publique impliquant près de 40 laboratoires dont l'IRDEP qui est considéré comme étant la référence nationale sur la thématique des couches minces.

Plusieurs acteurs majeurs français du PV sont prêts à s'investir pour développer une filière en Ile-de-France adossée au pôle de compétitivité Advancity.

De plus, la région peut s'appuyer sur de très nombreux cabinets d'architectes et grands maîtres d'ouvrage (Bouygues, Colas, ...) ou promoteurs immobiliers (Kaufmann&Broad...) qui sont autant de prescripteurs susceptibles de soutenir le développement du solaire tout comme le développement de la qualification des installateurs PV qui interviennent en bout de la chaîne de valeur.

Enfin, l'engagement institutionnel régional et local complète l'engagement national en vue de développer le marché du PV en IDF. Cet engagement est désormais supérieur à ce qui est pratiqué dans les principaux pays européens.

## 5.2- Principaux acteurs industriels du PV présents en IDF

(voir cartographie p45)

L'Ile-de-France constitue un marché de premier choix, elle est le lieu d'implantation de nombreux grands groupes actifs depuis longtemps dans la région et ayant développé plus récemment des activités dans les énergies renouvelables notamment le PV. Elle a enfin accueilli de nouveaux acteurs spécialisés dans cette activité, attirés par les perspectives de développement du marché régional.

Tous les segments de la chaîne de valeur industrielle du PV sont représentés en Ile-de-France même si l'on doit relativiser cette présence en précisant que la majorité des acteurs présents développent des activités de nature commerciale, de distribution, ou encore d'administration d'entreprise. De même, le segment des fournisseurs de sous-ensembles PV (wafers, cellules, modules) est particulièrement peu étoffé.

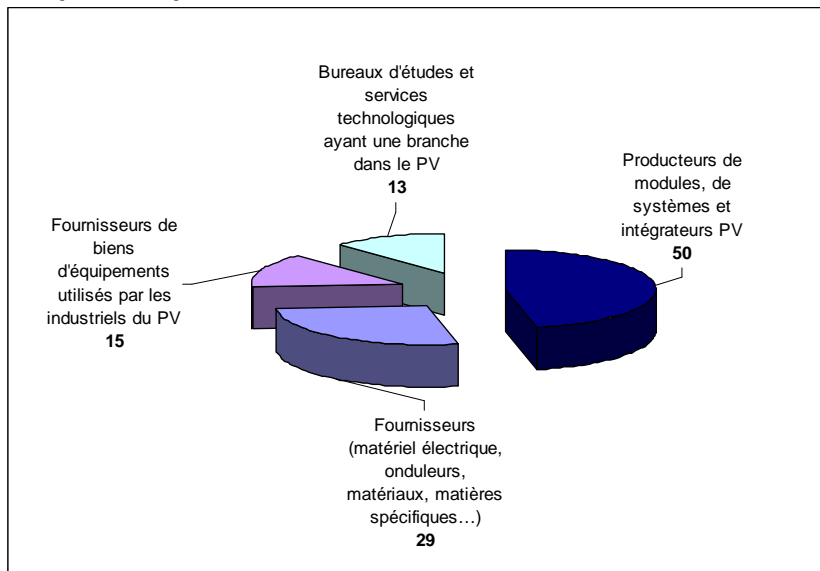
---

<sup>42</sup> Estimation à partir des surfaces bâties répertoriées dans la BD topo® de l'IGN, les surfaces exploitables sont évidemment moindres du fait des diverses contraintes pesant sur les installations (orientation, nature de la toiture, contrainte liée au patrimoine...).

<sup>43</sup> « On remarquera que les sables de Fontainebleau, en terme de qualité (teneurs en silice pouvant dépasser 99,8 % et teneurs en fer parfois limitées à 100 ppm), constituent les réserves de sables siliceux les plus pures d'Europe avec celles du bassin de Mol en Belgique. » source : BRGM : <http://www.mineralinfo.org/Panorama/Pano2000/panorama2000.pdf> p50

Nous avons identifié 107 établissements ayant une activité industrielle dans le domaine du PV (voir annexe 4 pour la méthodologie), la majorité des acteurs présents en Île-de-France sont des intégrateurs, producteurs de systèmes et des producteurs de modules. Le second grand groupe est composé de l'ensemble des fournisseurs qu'il s'agisse de matières spécifiques comme le gaz, le verre, l'électronique, les câbles, les appareils divers intégrés au système dont les onduleurs...il compte 29 établissements. Les fournisseurs de biens d'équipement qui seront utilisés par les constructeurs de l'ensemble de la chaîne de valeur pour produire leurs équipements sont représentés par 15 établissements, tandis que les sociétés technologiques et bureaux d'études ayant une activité spécifique dans le PV sont représentés par 13 établissements.

### Répartition par famille d'acteurs des établissements de la filière PV francilienne



Source : traitement IAU-ÎDF

En amont de la filière, plusieurs grands **bureaux d'études** disposant de spécialistes dans les domaines des technologies ENR et en particulier le PV participent à la demande des industriels du PV au design de produits, à la mise au point de process de production, à leur validation etc..

Parmi ces acteurs, on peut citer Altran, Cardonnel, Saunier&Associés, Erdyn ou le COSTIC... Une start-up francilienne Apollon Solar développe des solutions technologiques innovantes pour l'encapsulation des cellules PV, une autre start-up francilienne issue du CEA, Alchimer<sup>44</sup> implantée à Massy, développe ses activités autour du dépôt sur couches minces à partir d'un brevet portant sur le greffage à l'échelle nanométrique de polymères. La société Solsia créée en 2009 a développé un procédé innovant de production de cellules dopées en couches minces avec un coût de 30% inférieur au coût du cristallin pour un rendement légèrement inférieur. Cette start-up lauréate 2010 du tremplin innov'eco, le hub cleantech de Paris-développement, souhaite créer un site de production à l'horizon 2011 et est à la recherche de fonds pour boucler son tour de table de 120 millions d'Euros.

La société d'ingénierie 40-30 spécialiste de la maintenance dans la technologie du vide propose des services de R&D sur la mise au point d'outils et procédés de maintenance industrielle ainsi que des services de maintenance et réparation de machines fonctionnant sous vide comme c'est le cas dans certains processus de production de cellules PV en couches minces. Par ailleurs, l'industriel Technip spécialisé dans la fourniture de matériel pour le forage pétrolier s'est diversifié dans les ENR et propose désormais des services d'ingénierie notamment dans la construction d'unités de production de silicium.

Parmi les atouts dont dispose l'Île-de-France, il faut souligner la présence d'entreprises leaders spécialisées dans **l'automatisation**, qui ont dans leur portefeuille d'activité des machines ou lignes de productions spécifiques à l'industrie PV ou a ses composants. Cette présence est surtout matérialisée par des bureaux commerciaux. A coté des géants internationaux qui ont développé une offre spécifique dans l'industrie PV, figurent des groupes plus spécialisés, leader dans leur segment. Citons ainsi :

- l'américain General Electric Fanuc Automation à Lisses
- le suisse ABB MC ou de sa division Process Industry à Saint-Ouen l'Aumône et aux Ulis. Ce dernier dispose d'importants effectifs dédiés à l'étude sur le premier site qui cependant fait l'objet d'une restructuration pouvant conduire à une sévère réduction des effectifs liés à l'ingénierie.

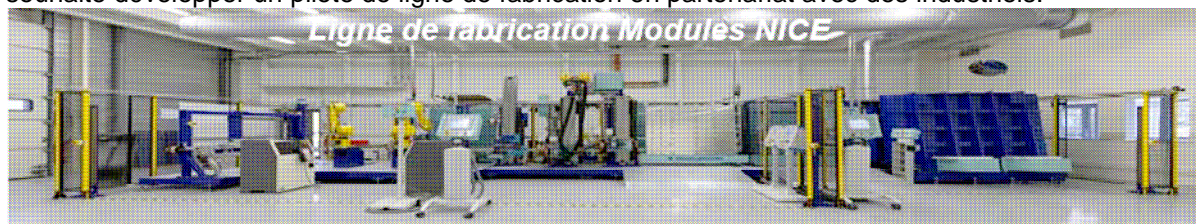
<sup>44</sup> Les noms soulignés dans cette partie du rapport correspondent à des PME innovantes, start-up ou entreprises remarquables.

Parmi les entreprises plus spécialisées citons :

- le Japonais Hamamatsu photonics qui produit des machines d'inspection de wafers dont un bureau commercial est implanté à Massy,
- l'américain Adept Technology dont une branche est spécialisée dans le PV
- ou encore son compatriote Applied materials qui dispose d'une forte spécialisation dans la fourniture de machines destinées à la production de couches minces.

Ces deux dernières entreprises ont chacune un bureau commercial en IDF, l'un à Massy, l'autre au Coudray Montceau. Les capacités de production et de R&D européennes de ces entreprises sont toutefois localisées en Allemagne.

Apollon Solar est une entreprise technologique basée à Paris, son objet est d'apporter des solutions scientifiques techniques technologiques et marketing en vue de réduire le coût d'accès à l'énergie PV. Elle a élaboré un nouveau procédé industriel d'encapsulation des cellules nommé NICE pour lequel elle souhaite développer un pilote de ligne de fabrication en partenariat avec des industriels.



Source : Apollon Solar

Six acteurs industriels sont particulièrement intéressants puisqu'ils disposent en Ile-de-France de sites de R&D et de production. Ces acteurs sont aussi leaders dans leur domaine :

-Le japonais Horiba dont le siège du groupe pour la France est implanté aux Ulis est le leader mondial en spectroscopie et fournit des équipements pour la recherche fondamentale et appliquée, ainsi que pour des applications industrielles, notamment des contrôleurs de qualité des produits couches minces PV. Cette entreprise remarquable concentre en Ile-de-France ses activités Couches minces (Horiba Jobin Yvon) avec à Longjumeau un site de production et à Chilly Mazarin son activité de R&D avec 170 personnes.

-Cinq PME franciliennes qui ont une activité notable dans le PV :

-Riber conçoit et produit des biens d'équipement permettant une croissance orientée de cristaux (épitaxie) dont les applications concernent l'électronique en général et le PV en particulier. Cette entreprise de près de 90 salariés concentre siège et unité de production à Bezons.

-Meca 2000 est une division du groupe Vinci technologie, basée à Nanterre où elle mène ses activités de conception et de réalisation sur mesure de bien d'équipement sous vide et ultra vide particulièrement utilisée dans le PV couches minces.

-MCI microcircuit international conçoit et produit des masques de haute précision pour la sérigraphie de cellules solaires à Mantes-la-Jolie. Cette société leader mondial dans son domaine exporte 70% de sa production.

-La société Machines Dubuit spécialisée dans les machines de sérigraphie fournit des lignes de production de module PV permettant de produire de 30, 60 ou 100MWc par an selon un procédé de dépôt en couches minces par métallisation sérigraphique. Cette entreprise exporte la majorité de sa production, notamment vers l'Allemagne.

Les **fournisseurs de matières** sont principalement représentés par les chimistes et **producteurs de gaz industriels** qui entrent dans le processus de fabrication des cellules PV en dopant leurs propriétés chimiques. Le principal acteur dans ce domaine est le français Air Liquide dont le centre de R&D corporate se situe aux Loges-en-Josas et qui dispose aussi de bureaux d'études et quelques sites de production de gaz en IDF. Son principal concurrent l'allemand Linde Gas est surtout présent à travers des bureaux commerciaux et quelques sites de production.

Dans cette catégorie d'acteurs on trouve aussi les grands **groupes chimiques** dont une partie de la production concerne les activités PV, **et les producteurs et transformateurs du silicium** et autres matières premières spécifiques. Parmi ces derniers il faut citer en premier lieu le français Carbone Lorraine équipementier de la chimie qui fournit du graphite isostatique pour la production de semi-conducteurs en général et de composants PV en particulier et qui produit des éléments carbone sur son site de Gennevilliers. Les autres acteurs mondiaux sont présents en Île-de-France à l'image du groupe belge de chimie et de métallurgie Umicore avec un bureau commercial à Bagnolet, le chimiste français Arkéma dont le siège est à Colombes qui élabore de nouveaux produits pour le PV et fournit notamment des matériaux polymères pour les couches minces, le chimiste américain Du Pont de



Nemours et sa division photovoltaïc systems dont le siège est à Puteaux, qui fournit notamment des substrats pour films, des encapsulants, des conducteurs. Enfin toujours parmi ces acteurs deux entreprises étrangères leaders sur leur marché ont des sites de production en Ile-de-France, ce sont l'américain OMGI et sa division ultra pure chemical à Saint-Chéron et le japonais Toyo Tanso qui produit des éléments en graphite.... L'Ile-de-France accueille aussi les bureaux commerciaux de spécialistes mondiaux du silicium et du carbone comme le norvégien Elkem qui produit du silicium pour le PV, l'Allemand SGL Carbon, le belge Vesuvius Silica qui fournit des creusets pour wafers.

Plus en aval de la chaîne de valeur on trouve peu d'acteurs intervenant dans la **production de lingots, wafers, cellules** (voir schéma de la chaîne de valeur p 21). Les quelques acteurs existants limitent leur présence à un bureau commercial comme le japonais Mitsubishi qui produit des cellules et modules, ou encore le coréen Samsung qui fabrique entre autres des wafers.

Parmi les **constructeurs de modules (panneaux solaires)** présents en Ile-de-France, on compte plusieurs acteurs figurant au top 10 mondial avec les japonais Sharp, Kyocera et Sanyo, dont la présence se limite cependant à des activités de siège, de négoce ou de distribution. C'est aussi le cas pour les autres principaux producteurs de modules et systèmes que sont Mitsubishi à Nanterre, BP Solar à Cergy, Aleo Solar à Paris, Schott Solar à Asnières, les américains First Solar et surtout United Solar Ovonic qui a déplacé en 2009 son siège Europe en IDF ou encore l'Allemand Soleos Solar qui a implanté en 2007 à Saint-Pierre du Perray à Sénart son siège France. Le constructeur chinois de modules PV Upsolar a son commercial Europe est à Paris. De son côté l'allemand Aaxis Energie a développé sur son site de Servon en Seine et Marne des activités de stockage de matériel importé d'Allemagne et de négoce. Par ailleurs plusieurs sociétés françaises porteuses de projets industriels en France ont leur siège en IDF : Solaire direct, Energiz, ou encore l'installateur Sunnco qui envisage d'industrialiser ses propres solutions d'intégration au bâti.

Les seules activités de production et d'assemblage que nous avons pu identifier sont celles de Solems, une TPE francilienne aussi très active dans l'innovation, qui mène plusieurs collaborations R&D avec des laboratoires franciliens. Solems produit des petits panneaux solaires et maîtrise la technologie de dépôt sur film fin.

La région capitale abrite de nombreux établissements de grands groupes qui interviennent dans la filière PV en tant qu'**intégrateurs** qui ont développé des activités de production. Ce sont principalement des énergéticiens (EDF, GDF-Suez, Total...) et des verriers (Saint-Gobain...).

Par ailleurs, même s'ils ne figurent pas au cœur de notre propos car ne participant pas directement à la conception ou la production de panneaux PV et de leurs composants, des grands groupes intervenant dans le bâtiment (Bouygues, Colas, Arcelor) se positionnent comme intégrateurs de solutions PV pour le bâtiment à partir de leur compétence de base dans le bâtiment (Bouygues), l'étanchéité (Smac Colas) ou la couverture métallique (Arcelor construction).

Outre leur puissant pouvoir fédérateur et structurant en tant que donneurs d'ordres, plusieurs de ces grands groupes mènent une recherche active au sein de leurs centres de R&D implantés sur le territoire, avec plusieurs centaines de personnes dont nous développerons les activités au chapitre suivant.

Du côté des **fournisseurs de sous-ensembles**, la présence **d'industriels du verre** constitue un autre point fort francilien avec notamment la multinationale française Saint Gobain et son centre de R&D d'Aubervilliers actif dans la recherche sur le PV. Saint Gobain se positionne fortement sur les produits intégrés au bâti avec par exemple l'acquisition en 2010 de Solarwood technologies, un fabricant luxembourgeois de tuiles solaires.

Par ailleurs, la présence de fabricants de lunettes pourrait constituer un point fort. Ces derniers disposent d'activités de recherche dans notre région qui portent sur les propriétés du verre comme Essilor à Saint-Maur ou BBGR à Poigny en Seine et Marne qui est le plus grand laboratoire de prescriptions optiques en Europe. Ces fabricants disposent aussi de plusieurs sites industriels produisant ou travaillant le verre de lunettes. Les plus importants sont celui de BBGR sur le même site de Poigny, celui de Grandvisionlabs à Aubergenville, ainsi que Hoya Lens à Emerainville. Si ces dernières activités ne sont pas totalement transférables à la technologie PV actuelle qui nécessite du verre plat, il n'en demeure pas moins que ces acteurs disposent d'un savoir faire en matière de traitement de surface et disposent de moyens de production qui pourraient intéresser la filière PV.

Enfin, on trouve de nombreux fournisseurs de **matériel électronique** qui participent à la chaîne de valeur en tant que fournisseurs de composants internes (métrologie, câblage ou parafoudres dans les cadres de parcs PV) et aussi en bout de chaîne de valeur comme fournisseurs de composants de

systèmes PV dans le cadre du raccordement au réseau (onduleurs, câbles, disjoncteurs...) ou pour site isolé (batteries)

Les entreprises spécialisées en métrologie sont principalement des PME, dont certaines se sont réunies en Île-de-France au sein du Réseau Mesure (RMVO).

Les grands groupes de l'industrie électrique et électronique ont pour la plupart développé des activités dans le PV pour tout ou partie des éléments que nous venons de mentionner. Tous ces grands acteurs pour qui la région Île-de-France est un marché important ont une présence marquée notamment sous forme d'un siège. Les principaux acteurs sont ABB entrelec qui a notamment un site de production à Prigny, Schneider Electric avec son siège à Rueil-Malmaison, Siemens et le siège France de sa division drive technology à Saint Denis, GE Power Controls à Massy, Tyco Electronics et son siège à Cergy ou encore Johnson Controls avec le siège de sa division climatisation et building solutions à Wissous. A coté de ces grands groupes internationaux, quelques sociétés plus spécialisées se positionnent aussi sur ce marché : Danfoss solar inverters à Trappes, Riello onduleurs à Evry, Sputnik engineering fabricant suisse d'onduleurs à Paris qui vient cependant d'annoncer son départ pour la région Rhône-Alpes, Socomec qui a une représentation commerciale onduleurs à Fontenay sous Bois.

Dans cette catégorie on trouve aussi les fournisseurs de batteries en particulier Saft et Johnson Controls.

Enfin, bien qu'ils soient en dehors de notre champ d'analyse, il faut citer la présence en fin de chaîne des acteurs oeuvrant à l'installation et au raccordement des installations PV.

Sur ce segment interviennent de grands **groupes de BTP spécialisés dans les réseaux et l'électricité**. Ces derniers ont développé une offre spécifique qui se focalise principalement sur les services de raccordement au réseau, de gestion et de maintenance de parc PV. Les principaux acteurs franciliens dans ce domaine sont CEGELEC, Forclum filiale du groupe Eiffage et ETDE Bouygues. A coté de ces groupes de nombreux autres acteurs se positionnent sur les services liés à l'installation et l'exploitation/maintenance de parcs comme nous l'avons mentionné dans le chapitre 4.3 sur le jeu des acteurs dans la chaîne PV (p 32).

Enfin, on compte de très nombreux **installateurs**, pour l'essentiel artisans électriciens, chauffagistes voire couvreurs, dont l'activité trouve ici de nouveaux débouchés auprès d'une clientèle de particuliers.

La présence de ces acteurs est essentielle pour assurer un marché local à l'industrie du PV.

Comme le montre le tableau de l'Estimation des emplois directs de la filière PV en 2007 dans quelques pays de l'OCDE (cf p 37) c'est à ce niveau que les potentiels d'emplois sont les plus nombreux, avec de plus pour avantage qu'ils sont non délocalisables. Advancity<sup>45</sup> estime leur nombre à 3 590 entreprises représentant 39 000 emplois, l'ARENE idf indique par ailleurs que l'Île-de-France compte 219 entreprises d'installation certifiées par le label qualiPV<sup>46</sup>.

La matrice située page suivante synthétise la présence des principaux acteurs de la chaîne de valeur industrielle PV en Île-de-France en précisant la nature de leurs activités au sein de la région capitale et leur positionnement dans la chaîne de valeur :

- L'Île-de-France bénéficie de la présence des acteurs de l'ensemble de la chaîne de valeur avec une présence particulièrement prononcée en amont sur les bureaux d'études et l'automatisation avec des activités de recherche de bureau d'étude et de production.

- plus en aval la présence des groupes verriers notamment Saint Gobain qui se positionne fortement sur le PV et qui outre son siège dispose d'un de ses 8 centres de R&D mondiaux.

-la forte présence des intégrateurs en particulier des grands groupes français qui réalisent une part importante de leur R&D en Île-de-France.

- la majorité de la présence des acteurs de la filière s'exerce sous la forme de sièges et de bureaux commerciaux, la région n'accueille aucune unité de production d'envergure sur le segment qui concerne le cœur de filière du PV : production de sous ensembles et producteur/intégrateur de panneaux PV.

<sup>45</sup> « Pôle solaire photovoltaïque porté par le pôle de compétitivité ADVANCITY en Île-de-France », Advancity, 1<sup>er</sup> octobre 2009, réponse à l'appel à projet du gouvernement pour la labélisation de nouveaux pôles de compétitivité dans le domaine des éco-activités.

<sup>46</sup> « Etude exploratoire, état des lieux du photovoltaïque en Île-de-France et conditions de mise en œuvre de la filière, icare pour ARENE idf, février 2010.

## Les acteurs de la filière industrielle PV en ÎLE-DE-FRANCE selon leur positionnement dans la chaîne de valeur et fonctions représentées

Type d'acteurs / fonctions présentes en IDF	Bureau d'études et de conseil industriel	Producteur de lignes de productions spécialisées	Producteur de silicium, produits chimiques ou produits en graphite entrant dans le cycle de production PV	Producteur de sous ensembles : Lingots, wafers, cellules, modules (seuls)	Fournisseur de verre	Fournisseur de matériel électronique et de batteries	Producteur/ intégrateur de systèmes solaires PV	Installation, gestion, maintenance de parcs
R&D		<b>Horiba Jobin Yvon, MCI Microcircuit int., Apollon Solar</b>	Air liquide		Saint Gobain, <b>Essilor*</b> , <b>BBGR*</b>	Jade technologie	EDF, GDF-Suez, Total, Saint Gobain**, Microcircuit, ETDE Bouygues**, SMAC-Colas**	
bureau d'études	Alkaest, Altran Eilis, Cardonnel, ERDYN, GRET, M+W Zander FE, <b>Apollon Solar</b> , Saunier & Ass., Technip, <b>Alchimer</b> , <b>40-30</b> , AEMC mesure, Easy solar	ABB mc et process, industry <b>Machines Dubuit, Riber, Meca 2000</b>	Air liquide					
production		<b>Horiba Jobin Yvon, MCI microcircuit int. Machines Dubuit Riber</b>	Air liquide, Linde, Carbone Lorraine, OMGI division ultra pure chemicals Toyo Tanso	<b>Solems</b>	<b>BBGR*</b> , <b>Hoya Lens*</b> , <b>Grandvisionlabs*</b>	ABB, Ferraz Shawmut, Franklin	<b>Solems</b>	
siège		<b>Horiba Jobin Yvon, MCI microcircuit int. Machines Dubuit Technic France Riber Meca 2000</b>	Arkema, Du Pont de Nemours, Air liquide, Toyo Tanso	<b>Solems</b>	Asahi glass co. flat, Saint Gobain, <b>Essilor*</b>	Micro controls, Solvay Solexis, Nexans, Cegelec, Jade technologie, ABB, Schneider, GE, Tyco, Siemens, Saft, Johnson Controls, ACOME	BP France, EDF, GDF, Total, Velux France**, <b>Solems</b> , Arcelor constructions**, <b>Solsia</b> , United solar Ovonic, Soleos Solar, Solaire direct, easy solar, Energiz, sunco	Forclum, CEGELEC, ETDE Bouygues, Smac Colas
bureau commercial		Adept technology, Applied materials, ABB mc et process industry, Hamamatsu photonics, GE Fanuc automation, Trumpf, EFD induction, Leybold optics, micro-controls spectra	Carbone Lorraine, SGL Carbon, Vesuvius Fused Silica, Elkem SARL, Umicore, Toyo Tanso	Mitsubishi, Upsolar, Sanyo components <b>Nexcis</b>	Asahi glass co. flat, Leybold Optics	Samsung semi conducteurs, Danfoss solar inverters, Sputnik engineering, Mitsubishi, Multi contact	Activasun, Aleo Solar, Clipsol, Kyocera, Mitsubishi Electric, NAPS France, Systaic France, Samsung, Viessmann, Upsolar, Aaxis Solar, Schuco int., First solar	
logistique/ distribution, commerce de gros					Asahi glass co. flat, Schott France	Riello onduleurs, Danfoss solar inverters, Jade technologie	Schott France, Schuco int., Sharp electronics	

\*fournisseurs de verre pour lunettes susceptibles de participer à la filière, \*\* Intégrateurs au bâtiment, **gras** = PME francilienne particulièrement innovante ou start-up

--- : limite du champ de l'étude filière industrielle  
 --- : cœur de la filière industrielle PV

La carte ci-contre permet de localiser les principales concentrations d'acteurs de la filière. Celle-ci représente la localisation des établissements ayant une activité dans la filière industrielle photovoltaïque en distinguant les PME des grandes entreprises. Nous avons fait figurer les établissements des producteurs de verre de lunettes à titre indicatif (nom en gris sur la carte) bien qu'ils ne participent pas actuellement à la filière, cependant ils pourraient décider de développer leurs activités dans ce domaine.

Cette carte ne permet cependant pas d'identifier les concentrations d'emplois car les points ne sont pas proportionnels aux effectifs de chaque établissement. En effet comme nous ne sommes pas en mesure d'identifier la part d'emploi effectivement lié au PV au sein de chaque établissement, il nous est apparu non pertinent de faire figurer des points pouvant parfois représenter plusieurs centaines de postes comme c'est le cas pour des sièges de groupes, pour lesquels l'emploi directement lié au PV ne dépassait vraisemblablement pas quelques dizaines.

Cette cartographie des acteurs industriels de la filière reflète la prédominance de sites tertiaires (administration d'entreprise ou bureaux commerciaux), avec une forte concentration au cœur de l'agglomération à Paris et dans les Hauts-de-Seine et une seconde dans le secteur du plateau de Saclay.

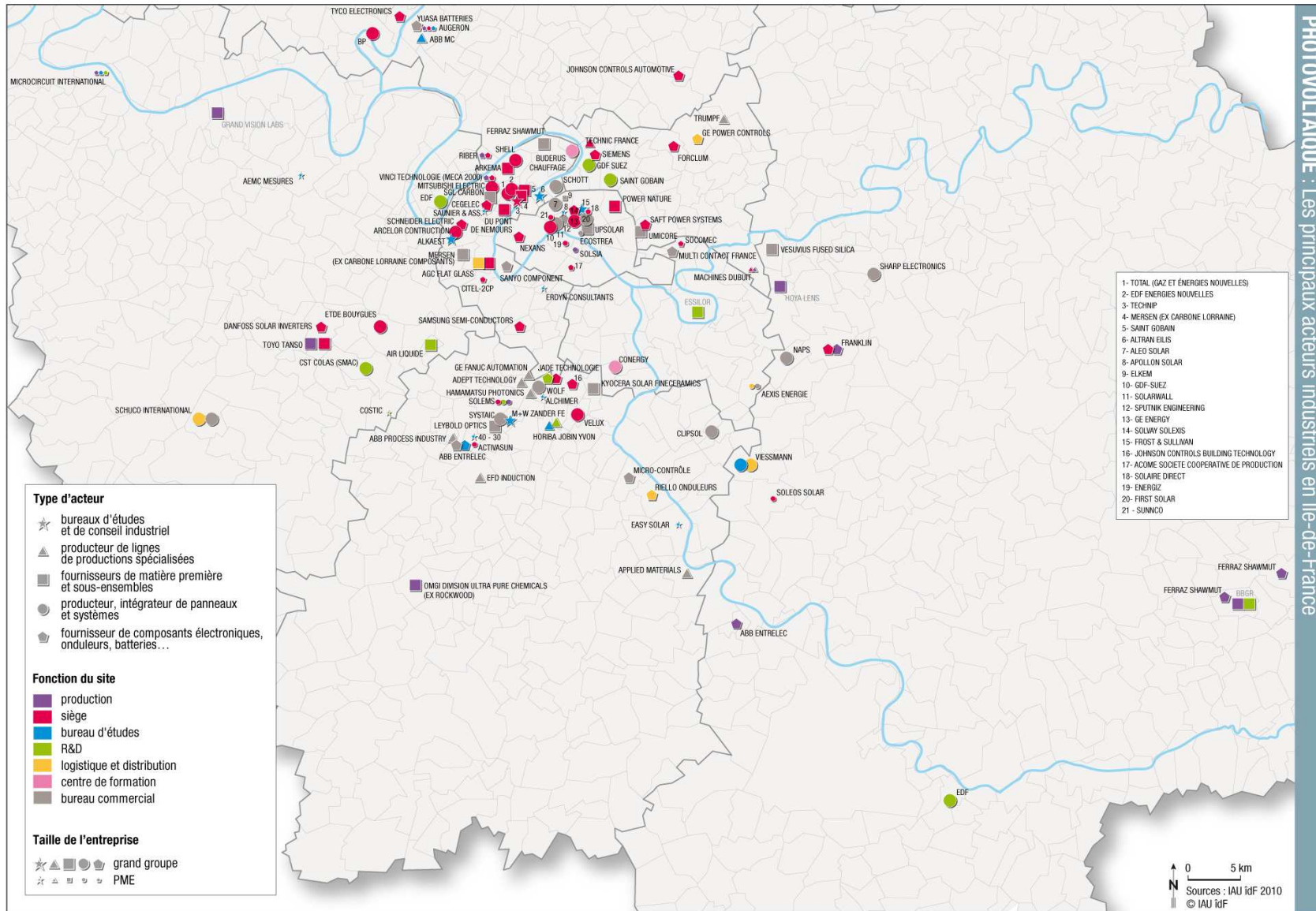
Au centre de l'agglomération : Paris centre ouest, La Défense et les Hauts de Seine, le pourtour parisien. Ici se concentrent la plupart des sièges des grands groupes ayant une activité dans le PV pour lesquels celle-ci est très minoritaire mais ces sièges disposent cependant de moyens de financement de R&D très importants. Ces sièges sont notamment très présents sur et autour du site de La Défense. Paris intra-muros accueille plus spécifiquement des bureaux commerciaux d'entreprises spécialisées dans le PV ou des bureaux d'études. A la périphérie de cette zone se trouvent aussi trois importants centres de R&D, celui d'EDF à Chatou, celui de Saint Gobain à Aubervilliers et celui de GDF-Suez à Saint Denis.

L'axe Palaiseau-Saclay-Les Ulis : cette zone concentre les établissements d'entreprises technologiques dont l'activité est plus spécialisée dans le domaine de l'électronique, de l'optique et du PV. On y trouve plusieurs PME de haute technologie dont la présence est précieuse pour la filière.

La majorité des implantations s'opère sous la forme de bureaux commerciaux, cependant quelques entreprises de pointe y mènent aussi des activités de R&D et de bureau d'études, voire de production. Il faut noter une densité particulièrement élevée de fournisseurs de lignes de productions spécialisées.

On observe d'autres concentrations plus relatives en particulier à et autour de **Cergy** avec notamment le fabricant suisse de machines outil ABB MC et son important bureau d'études. Autour de **Provins** avec le fournisseur de systèmes électromécaniques Ferraz Shawmut qui dispose de deux sites de production et surtout le site du fabricant verres de lunettes BBGR dont la présence pourrait être un atout pour localiser une site de production PV sur couches minces.

Enfin plusieurs producteurs étrangers ayant développé des activités de distribution en France se sont concentrés à l'ouest de la Seine et Marne, notamment sur et autour de **Sénart**.



## 5.3- Les acteurs clé du PV couches minces en Île-de-France

La technologie des couches minces est une des spécificités franciliennes, plusieurs acteurs clé peuvent être identifiés sur cette thématique spécifique pour éventuellement former le cœur d'une filière francilienne. Ces derniers sont soit des PME locales ayant de fortes compétences dans leur domaine soit de grandes entreprises internationales françaises ou étrangères, tous disposant de structures de recherche ou de production en Ile-de-France. Il s'agit aussi de leaders mondiaux qui pourraient étendre leurs activités franciliennes sur la base actuelle d'un bureau commercial.

Cette présence est synthétisée dans le tableau ci-dessous. (en rouge les PME technologiques)

### Synthèse des acteurs industriels clé francilien du PV couches minces

Entreprises	Activité en IDF					Commentaires
	Bureau d'étude	Siège	Production	R&D	Bureau commercial	
<b>Bureaux d'études et sociétés technologiques</b>						
Alchimer	x		X(1)	x		Spin off du CEA proposant un procédé innovant de dépôt de couches nanométriques de polymères selon un processus électrochimique par voie humide ayant pour avantage son faible coût par rapport à la technologie du vide
40-30	x					Bureau d'étude spécialisé dans la conception et la maintenance de systèmes sous-vides qui sont une des voies de production des cellules PV couches minces
Solsia		x		x		Start-up technologique créée en 2009 ayant développé un concept innovant de production de cellules PV couches minces dopées. Projet d'une usine de production d'ici 2011 en Rhône-Alpes. Lauréate du prix Innov'eco 2010 du hub cleantech Paris-développement
Solayl						Start-up technologique en création, spécialisée dans le dépôt en couches minces, selon une technologie plasma.
<b>Automation</b>						
Hamamatsu Photonics					x	Leader mondial, fournisseur de matériels d'inspections de wafers
Apollon Solar		x				Start-up technologique développant un procédé innovant d'encapsulation, projet de développement industriel en région Rhône-Alpes.
Horiba Yvon Jobin		x	x	x		Leader mondial dans la fourniture de spectromètres ayant des applications dans l'inspection des produits couches minces
Applied materials					x	Le leader mondial dans la fourniture de lignes de production de panneaux PV selon une technologie couches minces
MCI Microcircuit international		x	x	x		Leader mondial dans la fourniture de masques sérigraphiques de haute précision pour la production de modules PV couches minces
Machines Dubuit		x	x	x		Fournisseur de lignes de productions de modules PV couches minces par procédé sérigraphique
Meca 2000	x	x		x		MECA 2000 est un des leaders sur le marché du Vide et de l'ultravide. Elle est réputée pour la réalisation d'installations spéciales sur la base d'un cahier des charges établi avec l'utilisateur final.
<b>Gaz industriels</b>						
L'Air Liquide		x	x	x		Un des leaders mondiaux de fourniture de gaz industriels dont des gaz pour le PV
OMGI Ultra pure chemical			x			Un des leaders mondiaux dans la Fourniture de produits chimiques ultra purs (acides, bases, solvants...) pour l'industrie électronique et les applications PV
<b>Producteurs/intégrateurs de modules solaires</b>						
Solems		x	x	x		PME technologique francilienne spécialisée dans la conception et la production de petits panneaux solaires selon la technologie Couches minces pour applications nomades ou stationnaires.
First Solar		x				Siège France du Leader mondial de la production de modules PV selon la technologie couches minces
St Gobain Solar		x		x		Un des leaders mondiaux des produits verriers qui s'investit fortement et durablement dans le PV via la technologie couches minces sur support verre.
Total		x		x		Un des leaders mondiaux de l'énergie qui s'est diversifié dans les ENR et développe en IDF un centre de R&D dédié aux couches minces : NanosolarPV
EDF		x		x		Un des leaders mondiaux de l'énergie, dispose en IDF de toute son activité de R&D et accueille sur son site de Chatou le principal centre de R&D français sur la thématique couches-minces.

(1) site de pré-production

## 5.4- Les principaux acteurs de la recherche PV en IDF

(voir tableau p 55 et carte p 58)

La recherche est incontestablement le point fort de l'Ile-de-France en ce qui concerne l'industrie photovoltaïque.

La région bénéficie de la présence de grands groupes qui s'engagent activement dans la recherche sur le PV et souhaitent développer leurs activités dans ce domaine. Ces groupes dont les moyens sont très importants ont un effet structurant sur la filière de par leur position centrale en tant qu'intégrateurs.

Les laboratoires publics s'appuient principalement sur les grands organismes de recherche au premier rang desquels le CEA, ainsi que le CNRS, avec aussi de nombreux laboratoires universitaires (notamment les universités Paris 6 Pierre et Marie Curie et Paris 11 Paris sud Orsay) ou issus des grandes écoles (notamment Polytechnique, l'ENSCP<sup>47</sup>, Supélec, Centrale...).

Par ailleurs quelques entreprises de haute technologie ont développé des activités de R&D en s'appuyant notamment sur le tissu de laboratoires publics.

Tout comme pour les emplois industriels, une évaluation des effectifs de R&D impliqués dans le solaire PV est difficile. La totalité des effectifs employés par les laboratoires des entreprises actives dans la thématique du PV ou une de ses composantes (matériaux, nanotechnologies, optique...) s'élève à plus de 1 800 personnes, par ailleurs, ceux des laboratoires publics également actifs sur cette thématique peuvent être estimés à 1 500 personnes dont 900 chercheurs.

Pour autant, il faut largement relativiser ces chiffres puisque la plupart du temps, seule une fraction minoritaire des effectifs est effectivement engagés dans la recherche PV.

Une évaluation menée par l'ARD Paris-Ile-de-France<sup>48</sup> ramène le nombre de chercheurs effectivement impliqués dans la thématique PV à un minimum de 300 en équivalent temps plein (ETP) pour l'ensemble de la région.

Dans la suite de notre exposé nous citerons les effectifs totaux des laboratoires impliqués en apportant la précision des effectifs réellement impliqués dans le PV lorsque l'information est disponible.

### 5.4.1- Les acteurs privés de la recherche PV en IDF

Un des principaux acteurs dans ce domaine, le groupe **EDF**, concentre en Ile-de-France l'ensemble de ses moyens de R&D avec notamment deux sites ayant une activité portant sur le PV :

-EDF à Chatou qui compte plus de 700 personnes abrite le laboratoire **IRDEP** (Institut de recherche et de développement sur l'énergie photovoltaïque). Ce laboratoire commun avec le CNRS et l'ENSCP (Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Paris) compte 34 personnes dont 14 chercheurs. Son champ de recherche va de la recherche fondamentale à la recherche appliquée. Totalement centré sur le PV, il s'intéresse particulièrement au PV deuxième génération (couches minces) et de troisième génération (haut rendement), selon 3 axes de recherche :

- la réduction des coûts de production des modules PV
- l'augmentation du rendement de conversion des cellules PV
- le développement d'un procédé de dépôt en couches minces à grande échelle

L'IRDEP est au centre de nombreuses collaborations de recherche sur le PV au niveau international et national avec notamment la participation à plusieurs programmes de recherche de l'ANR et une participation au programme énergie du CNRS. Il travaille conjointement avec d'autres laboratoires franciliens (LGEP, LPN, IOTA, ILV, LCMCP...).

L'IRDEP mène une politique active de brevets dont l'exploitation commerciale passe par la création de spin off comme NEXCIS créée en 2009 en vue d'industrialiser le procédé CISEL qui consiste à produire des cellules en couches minces par dépôt aqueux, procédé moins onéreux que le procédé actuel réalisé sous vide extrême. **Un pilote est en développement sur la commune de Rousset en Région PACA sur un site qui pourrait à terme créer 150 emplois.**

<sup>47</sup> Ecole nationale supérieure de chimie de Paris

<sup>48</sup> ce chiffre a été estimé dans le cadre de la réponse par Advancity à l'appel à projet du gouvernement pour la labellisation de nouveaux domaines stratégiques dans le champ des éco-industries. Il s'agit d'un minimum, tous les organismes n'ayant pas répondu, notamment le CNRS.

-EDF **ECLEER** (centre européen de recherche en efficacité énergétique) situé aux Renardières à coté de Fontainebleau créé en 2007 en partenariat avec l'école de Mines de Paris et l'école Polytechnique de Lausanne. Ce centre compte 200 personnes environ. Parmi les projets développés sur le site, BEST (building and solar technology) traite de la question des systèmes solaires PV intégrés au bâti.

Le groupe **GDF Suez** concentre lui aussi une grande part de sa R&D en Île-de-France où il mène notamment des recherches sur le PV au sein du CRIGEN.

- Le CRIGEN (Centre de Recherche et d'Innovation Gaz et Energies Nouvelles) de GDF-Suez à Saint Denis rassemble près de 550 personnes. Un des domaines abordés sur ce site porte sur le solaire PV sur les thématiques de la couche mince (2<sup>e</sup> génération) et du haut rendement (3<sup>e</sup> génération) à travers des travaux portant sur la physique quantique.

Par ailleurs il est prévu de développer sur le site de Saint-Denis un centre d'essais de panneaux solaires sur un bâtiment expérimental en vue de mener des recherches plus larges sur les systèmes PV, leur complémentarité avec d'autres sources d'ENR en vue d'améliorer leur intégration dans le mix énergétique.

Le groupe verrier **Saint-Gobain** a son principal centre de R&D localisé à Aubervilliers qui compte 270 personnes. Il y mène des recherches ayant pour thématique centrale le verre et ses propriétés en particulier les propriétés conductrices ainsi que les matériaux composites et intelligents. Saint-Gobain avec la création d'une nouvelle « business unit » SG Solar, confirme sa forte implication dans le PV. Saint-Gobain a ainsi élargi son champ de recherche au PV avec pour principal thème d'étude le dépôt de substrats en couches minces sur support de verre dans le cadre d'un laboratoire commun avec le CNRS « **Surface du verre et interface** » qui compte 13 chercheurs permanents. Une des applications est une tuile solaire intégrée au bâti. Le groupe Saint-Gobain collabore avec des laboratoires franciliens comme le LGPM de l'école centrale, le LGEP de SUPELEC le LPICM de l'école Polytechnique sur le traitement de surface des couches minces ou le LOS de l'université Paris 6.

Le groupe pétrolier **Total** dont le siège est à La Défense est impliqué depuis 1983 dans la filière PV à travers sa participation au capital de deux sociétés : Tenesol et Photovolttech, respectivement intégrateur des systèmes PV et producteur de cellules PV. Fort de cette implication, Total mène de son côté des recherches sur le PV pour lesquelles il collabore avec des laboratoires franciliens comme l'IRDEP. Total a par ailleurs souhaité développer ses activités PV dans le domaine des couches minces en entrant notamment au capital d'une **ex-start-up** américaine désormais devenue un des grands américains, Konarka, spécialisée dans la technologie photovoltaïque organique. Cette implication dans les couches minces se traduit en Ile-de-France par l'annonce en novembre 2009 de la création d'un laboratoire conjoint avec l'école polytechnique sur le site de cette dernière à Palaiseau. Le laboratoire **NanoPv** abritera une quinzaine de chercheurs et travaillera sur la thématique des couches minces. Il pourrait conduire à la création d'une usine pilote sur le même site, voire à terme d'un site de production.

Le producteur de gaz **Air Liquide** dispose d'un centre de recherche aux Loges en Josas. Le centre de recherche Claude Delorme compte plus de 300 personnes. Une partie de ses activités de recherche porte sur les applications industrielles des gaz dont les propriétés dopantes de certains gaz sur les cellules PV et leur mise en œuvre industrielle. Ces travaux contribuent à l'amélioration du rendement et à la réduction des coûts de production des cellules PV. L'activité PV du centre de recherche reste cependant très minoritaire parmi les autres thématiques du site. Air liquide a collaboré avec le LPICM de l'école polytechnique sur la thématique du traitement de surface et des procédés plasma.

Parmi les PME hautement innovantes actives dans la recherche sur le PV, nous avons repéré quelques acteurs pouvant jouer un rôle dans la structuration d'une filière PV en Ile-de-France :

- La société **Solems** est une TPE high tech de 10 salariés basée à Palaiseau et fabricant de petits panneaux solaires et détecteurs pour applications à haute valeur ajoutée. Celle-ci mène plusieurs collaborations sur le thème du PV dans le cadre de programmes nationaux et européens dont SOLHYPIN (Cellules solaires hybrides p-i-n transparentes et durables) financé par l'ANR auquel participaient le CNRS et le CEA. Elle collabore aussi avec le LPICM de l'Ecole Polytechnique ainsi qu'avec l'entreprise Solsia pour l'industrialisation et la commercialisation des technologies et process qu'elle a mis au point.



- **Solsia** a été créée en 2009 elle est basée à Paris et compte 5 salariés. Son objectif est de produire dès 2011 des panneaux solaires selon la technologie des couches minces intégrées au bâti en silicium amorphe développée par Solems en partenariat avec le LPICM. Cette technologie a l'avantage d'utiliser moins de matières polluantes et d'être plus facilement recyclable que les autres technologies couches minces. Pour cela Solsia cherche à boucler son tour de table qui s'élève à 120 millions d'euros. Solsia souhaite commencer son développement sur le marché français avant de se lancer à l'export. Ce développement à caractère industriel s'opérera en région Rhône-Alpes (voir le chapitre 6 sur le benchmark).

- Le français **Microcircuit** basé à Mantes-la-Jolie qui compte 24 salariés est spécialisé dans la fourniture d'écrans et masques sérigraphiés de haute technologie pour l'impression des circuits micro-électroniques et cellules solaires. A côté de son siège et de son site de production dont la capacité a triplé en 4 ans, la société mène des activités de R&D en collaboration avec les industriels du secteur pour renforcer la qualité de ses produits et répondre aux besoins de miniaturisation toujours croissants.

- **Apollon Solar** est une entreprise technologique basée à Paris créée en 2001 avec pour objectif d'apporter des solutions scientifiques techniques technologiques et marketing en vue de réduire le coût d'accès à l'énergie PV.

Elle mène notamment ses recherches selon 3 axes

- Le matériau Silicium par la production simplifiée du silicium de qualité photovoltaïque (PHOTOSIL),
- les modules photovoltaïques par l'élaboration d'un nouveau procédé industriel d'encapsulation des cellules (NICE),
- le marketing par la recherche de nouveaux concepts de diffusion et de mise en oeuvre de cette énergie sur le marché.

Apollon Solar met actuellement en place des partenariats avec des industriels en vue de développer des pilotes permettant de valider les résultats des projets « Photosil » et « NICE ». Ces pilotes seront développés en région Rhone-Alpes sur le site de Bourgoin Jallieu à coté des installations de Photowatt.

- **Alchimer** est une start-up issue de la recherche du CEA-IRAMIS. Cette société fondée en 2001 qui compte désormais 37 salariés développe et commercialise les applications de brevets sur le thème de formulations chimiques ultra pures pour le dépôt de couches nanométriques de polymères selon un processus électrochimique par voie humide dont une des applications est le PV en couches minces organique. Cette start-up qui dispose d'une équipe de recherche intégrée et d'un site de pré-industrialisation sur son site de Massy, poursuit une étroite collaboration avec l'IRAMIS afin d'améliorer sa technologie.

- La Société **Horiba Yvon Jobin** intégrée au groupe Japonais Horiba fournisseur d'appareils de mesure spectroscopiques est leader mondial dans son domaine comme nous l'avons indiqué précédemment (voir p40). Sur son site de Longjumeau qui compte 177 salariés, elle mène des activités de R&D qui représentent 10% de son CA, avec à la clé le dépôt d'une dizaine de brevets par an. Ces recherches portent notamment sur l'application aux couches minces du contrôle spectroscopique que l'entreprise considère comme une de ses activités émergentes. Horiba a collaboré avec le LPICM de l'Ecole polytechnique sur la thématique des procédés plasma.

- le projet de start-up technologique **Solayl** a récemment reçu la consécration du Concours National d'aide à la création d'entreprises de technologies innovantes qui l'a nommée lauréate 2009.

Cette future jeune pousse, spin-off de l'Institut d'optique de Paris, a développé une technologie de dépôt en couches minces de silicium sur verre à l'aide d'un pinceau de plasma qui a l'avantage d'être plus rapide et plus économique que les technologies actuellement à l'œuvre.

D'autres acteurs industriels fortement implantés en Île-de-France mais n'ayant pas de ressources propres de R&D dans la région sont actifs en matière de R&D sur le PV, à travers notamment leur participation à des programmes de recherche dont ceux financés par l'ANR auquel participent des laboratoires franciliens.

Parmi ceux-ci on peut citer BP dont le siège groupe pour la France est à Cergy mais l'activité solaire (Apex BP Solar) basée à Montpellier. S'il ne dispose pas de moyens de recherche en Île-de-France, celui-ci collabore néanmoins à des programmes de recherche franciliens comme le programme SOLEDO (solution pour un mini réseau PV) sur les systèmes PV mené par le laboratoire SATIE de l'ENS Cachan qui s'est terminé fin 2009.

Arkema et Hutchinson (deux sociétés du groupe Total) participent avec le LPICM de l'Ecole polytechnique à un programme de recherche labellisé en 2009 nommé IMPEC qui porte sur des matériaux innovants pour électrodes de cellules PV.

On compte aussi deux autres types d'acteurs dont la présence est de nature à favoriser l'éclosion et le renforcement d'une filière PV de nature industrielle en Île-de-France. Dans ce groupe on trouve :

-les industriels ayant pour objet les **batteries**. Ces industriels, dans le cadre de leur stratégie mènent des recherches dans le domaine du stockage d'énergie électrique et en premier lieu les batteries. Le stockage de l'électricité est un des éléments clé du système PV, en particulier pour les systèmes non raccordés au réseau. Parmi les plus actifs sur le sujet, les industriels de l'automobile PSA et Renault qui investissent lourdement sur la thématique du véhicule électrique ou hybride. Par ailleurs les avionneurs Dassault et le groupe Safran mènent des recherches dans ce domaine du fait de la part croissante de la puissance électrique à bord. Les constructeurs de batterie notamment Saft et Johnson Controls, s'ils ne disposent pas de moyens de recherche en Île-de-France sont au centre de ces recherches et participent à différents programmes privés ou publics en collaboration avec ces industriels.

-les groupes de BTP qui s'intéressent de près au photovoltaïque sous l'angle de leur intégration au bâti. Le groupe Bouygues travaille sur l'intégration au bâtiment du solaire PV, notamment à travers deux de ses filiales, SMAC-Colas spécialisée dans la couverture de bâtiment et l'étanchéité et ETDE, filiale spécialisée dans le raccordement des bâtiments aux réseaux. Le groupe Arcelor construction dont le siège est situé à Rueil-Malmaison ne dispose pas de moyens de R&D en Ile-de-France, il participe cependant à divers programmes de recherche sur cette même thématique de l'intégration au bâti.

## 5.4.2- Les acteurs publics de la recherche PV en IDF

Nous avons recensé une quarantaine de laboratoires et instituts purement publics ou mixtes publics-privés menant des travaux plus ou moins directement connectés à la thématique du PV. L'ensemble de ces laboratoires publics emploient **1 500 personnes** dont **plus de 900 chercheurs** ou enseignants chercheurs. Comme nous l'avons initialement indiqué ces chiffres ne prennent pas en compte le temps réellement passé sur la thématique PV, on ne peut donc pas affirmer que ces effectifs sont des équivalents temps plein.

Parmi ces laboratoires, deux affichent une activité exclusivement ou fortement axée sur le solaire PV et peuvent être considérés comme les fleurons franciliens dans le domaine du PV :

-L'**IRDEP** basé à Chatou est le fruit d'un partenariat avec EDF. Il compte 34 personnes dont 14 chercheurs. Ce laboratoire est présenté dans un rapport sur le photovoltaïque en France<sup>49</sup> paru en 2009 comme étant « **un des deux fleurons de la recherche française dans le domaine PV** ».

Ce laboratoire est considéré comme étant le plus en pointe en France dans le domaine des couches minces élaborées à partir d'indium qui est une technologie permettant une rupture de coût. C'est aussi le second laboratoire mondial pour les procédés chimiques sur couches minces. L'IRDEP est le leader du projet **UltraCIS** financé par l'ANR : (Cellules solaires à haut rendement à base de couches minces ultrafines de diséléniure de cuivre et d'indium) et auquel participent aussi le LGEP, le LCFIO et l'Institut Lavoisier de Versailles (ILV).

-Le **LPICM** (laboratoire de physique des interfaces et couches minces) UMR 7647, CNRS-Polytechnique. Basé sur le site de l'Ecole polytechnique à Palaiseau ce laboratoire compte 90 personnes dont 25 travaillent sur la thématique PV. Parmi ses activités le laboratoire investit le champ des technologies couches minces de silicium et des nanomatériaux pour le PV.

Le laboratoire dispose d'environ 10 brevets actifs et 3 licences d'exploitations industrielles exclusives.

Il mène de nombreuses collaborations nationale (ANR), internationales (PCRD) et industrielles (Air liquide, Saint-Gobain, Horiba, Total).

Il a récemment conclu avec Total un accord pour la création d'un laboratoire commun sur le site du campus ayant pour thématique exclusive le PV couches minces. Le laboratoire NanoPv comptera 15 personnes permanentes.

<sup>49</sup> « L'énergie photovoltaïque », Rapport d'information déposé par la commission des affaires économiques de l'assemblée nationale par M. Serge Poignant député. Présenté le 16 juillet 2009.

A côté de ces deux laboratoires, plusieurs autres mènent des recherches à caractère plus fondamental dont certaines applications concernent le PV. Nous ne citerons ici que ceux comptant les plus gros effectifs.

Parmi les principaux acteurs franciliens actifs sur des thématiques liées au PV, le **CEA** représente à lui seul 10% des effectifs impliqués. **L'Institut rayonnement Matière de Saclay (IRAMIS)** est une des structures du CEA les plus impliquées dans ce domaine.

L'IRAMIS, est intégrée à la Direction des sciences de la matière (DSM) qui compte 570 personnes dont 470 chercheurs. L'Institut travaille sur 23 grands axes de recherche dont :

-l'interaction rayonnement matière

-les nano sciences

-la matière et les systèmes complexes (notamment la question des surfaces et interfaces).

Parmi les nombreux laboratoires qui le composent, 8 basés sur le site de Saclay, et 1 autre sur le campus de Polytechnique mènent des recherches sur un domaine en lien avec le PV. Ces 9 laboratoires (listés dans le tableau ci-dessous) comptent environ 150 personnes, pour la plupart des chercheurs.

L'IRAMIS a renforcé sa politique de valorisation avec une multiplication des dépôts de brevets (107 entre 1999 et 2007 dont 21 pour la seule année 2007) et une politique d'essaimage comme cela a été le cas pour la start-up **Alchimer** en 2001 sur des procédés de dépôt en couches minces.

**L'Institut de Chimie moléculaire des matériaux d'Orsay (ICMMO)** UMR 8182, est une unité mixte CNRS-UPS. Avec 170 permanents, c'est une des plus grosses structures de recherche française publique. Un de ses 4 axes de travail porte sur l'énergie. Son travail dans le domaine du PV se situe très en amont et se focalise sur le PV organique de 3<sup>e</sup> génération à travers le développement de modules catalytiques pour l'oxydation de l'eau, la réduction de protons et la réduction de CO<sub>2</sub>, les techniques d'assemblage des modules pour le développement de dispositifs moléculaires photoactifs et l'étude des propriétés photophysiques (équipe mixte CEA – UPS).

**L'Institut des Nanosciences de Paris (INSP)** UMR 7588 compte 140 membres permanents C'est une collaboration CNRS-UP6 Pierre&Marie Curie qui mène une recherche à caractère fondamental sur le thème des nanotechnologies et les couches minces. Parmi ses équipes travaillant sur des thématiques proches de notre sujet citons l'équipe « nanostructure et optique » qui compte 10 membres et qui s'intéresse aux propriétés optiques de nanostructures en couches minces, ou l'équipe « couches nanométriques : formation, interface défauts » qui compte 12 permanents ou encore « croissance et propriété de systèmes hybrides en couches minces » qui compte 10 membres et qui s'intéresse aux propriétés physiques des nano-matériaux ainsi qu'au rôle des interfaces dans la création de nouvelles propriétés.

**Le laboratoire de photonique et nanostructure (LPN)** UPR 20 est une unité propre du CNRS. Implantée à Marcoussis sur le site Alcatel Lucent, elle comprend 119 membres permanents.

Sa principale thématique transversale :technologie des semi conducteurs, des nanostructures et analyses renvoie à la thématique des couches minces et du PV 3<sup>e</sup> génération.

Il participe au projet **UltraCIS** financé par l'ANR : (cellules solaires à haut rendement à base de couches minces ultrafines de diséléniure de cuivre et d'indium), dirigé par l'IRDEP.

**Le Laboratoire de Génie Electrique de Paris (LGEP)** est une collaboration entre SUPELEC, le CNRS, et les universités Paris 6 et Paris sud. Basé sur le site de l'école à Palaiseau il compte 50 permanents. Parmi les équipes qui le composent, l'équipe « semi-conducteurs en couches minces » (SCM) qui compte 8 permanents aborde la thématique du PV sur les 3 filières couches minces :

- les couches minces de silicium (silicium amorphe, polymorphe, microcristallin) et les interfaces avec le silicium cristallin (hétérojonctions de silicium)
- les couches minces CIGS (composés à base de cuivre, indium, gallium, soufre ou sélénium)
- les couches minces de semiconducteurs organiques

Le LGEP est membre du pôle SPEE labs qui fédère des laboratoires franciliens travaillant sur la thématique de l'énergie électrique : Le LTN de l'INRETS, SATIE de l'ENS Cachan, le département Energie de Supélec. Il participe au projet **UltraCIS**.

Le laboratoire **SATIE (Systèmes et applications des technologies de l'information et de l'énergie)** de l'ENS Cachan aborde la thématique du PV sous l'angle des systèmes, notamment à travers son équipe SETE : Systèmes d'Energie pour les Transports et l'Environnement qui est spécialisée dans l'étude des systèmes décentralisés de petite et moyenne puissance, autonomes ou raccordables au

réseau et îlotables, en se focalisant sur les problématiques de dimensionnement énergétique et de gestion des flux d'énergie.

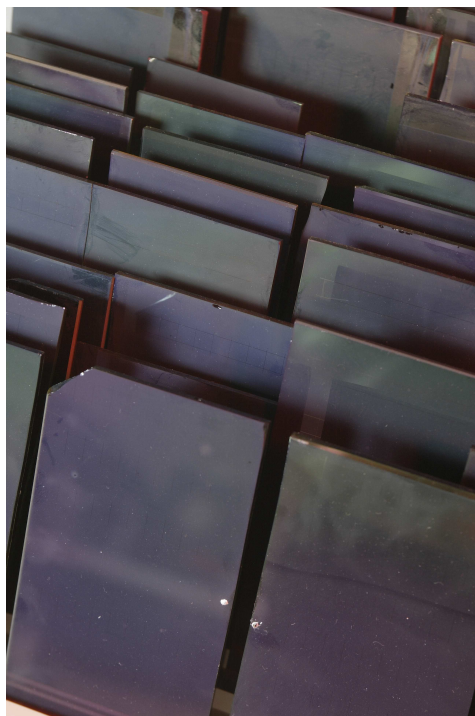
**Le laboratoire de physique des solides (LPS) UMR 8502** est une collaboration CNRS UPS qui compte 108 permanents. Ses thèmes de recherches portent notamment sur les nano-objets (dont nanotubes...) et leurs propriétés optiques. Cette thématique est en lien avec le PV de 3<sup>e</sup> génération.

**L'ILV Institut Lavoisier de Versailles** est une unité mixte de recherche CNRS, Université Versailles Saint Quentin en Yvelines. Ses travaux concernant le PV portent sur les couches minces au sein du groupe électrochimie à travers sa collaboration au programme **UltraCIS** cité plus haut. Il explore aussi les nouvelles générations PV au sein de l'équipe solides moléculaires qui travaille sur les nano-matériaux et les nano-objets.

**Le centre énergétique et procédés (CEP) de l'école des Mines** avec deux antennes : une en Ile-de-France (avec des sites à Paris, Palaiseau et à Fontainebleau) et sa principale implantation à Sofia-Antipolis. Le CEP s'implique plus particulièrement sur la thématique du PV haut rendement 3<sup>e</sup> génération de type organique.

**Le LCMTR** : (laboratoire de Chimie Métallurgique des Terres Rares) à Thiais une unité mixte CNRS UP12 paris est s'intéresse au silicium massif métallurgique.

**Le LECIME (Ex LECA)**: Laboratoire d'Electrochimie, chimie des interfaces et modélisation pour l'énergie, unité mixte CNRS/ ENSCP/Université Pierre et Marie Curie, compte 26 permanents dont une fraction focalise son activité sur la recherche de nouveaux procédés et matériaux pour la conversion photovoltaïque de l'énergie solaire selon la technologie des couches minces en s'orientant vers la voie organique ou encore les cellules à colorants (PV 3<sup>e</sup> génération). Le LECIME est un partenaire historique d'EDF R&D avec lequel il a conclu un contrat cadre pluriannuel. Cette collaboration a permis l'émergence du laboratoire l'IRDEP à Chatou.



©CNRS Photothèque/Pierre Xavier

Légende : LECIME, cellules solaires en couches minces à base de  $\text{CuInSe}_2$  (diséléniure de cuivre et d'indium). Les échantillons de taille 10cm par 15cm sont des plaques préfigurant la fabrication de modules de plus grande taille.

### 5.4.3- Les principaux thèmes de recherche sur le PV en IDF

Tous les thèmes de la recherche concernant le solaire PV sont couverts par les acteurs franciliens :

- les **matériaux** qui s'intéressent aux propriétés du silicium et à ses améliorations, ainsi qu'à l'élaboration de nouveaux matériaux ou nouvelles combinaisons de matériaux en vue d'obtenir des rendements plus élevés et/ou d'abaisser les coûts de production
- les **couches minces ou seconde génération**, obtenues par différentes techniques comme les dépôts sur verre, supports métalliques...les dépôts par vide (méthode la plus courante actuellement) ou par voie humide dans une solution (méthode novatrice moins coûteuse). Dans ce domaine les laboratoires franciliens détiennent de fortes compétences<sup>50</sup> tant en recherche fondamentale qu'en recherche appliquée grâce à l'étroite collaboration entre acteurs publics et privés. On a cité à ce titre l'IRDEP et ses recherches sur les couches minces à base de disélénium de cuivre et d'Indium (CIS).
- les nouvelles voies ou la **3<sup>e</sup> génération** bénéficient des fortes compétences scientifiques régionales dans le domaine des nanosciences (nanotubes bénéficiant de propriétés intéressantes pour le PV), des polymères (cette thématique est en lien avec celle des matériaux) et de leurs propriétés chimiques mais aussi mécaniques avec la possibilité de développer des panneaux encore plus souples par exemple sur des vêtements.
- **L'optique**, avec de nombreux laboratoires publics ainsi que la présence 1 100 entreprises<sup>51</sup> dans ce domaine matérialisée par le cluster Optics-Valley qui compte 200 adhérents.
- les **systèmes PV**, ici on ne s'intéresse pas qu'aux panneaux solaires, leur coût ou leur rendement, mais à l'ensemble des éléments qui forment le système PV (panneaux, raccordement, coupe-circuit, onduleurs, batteries...) et leur interaction avec les autres dispositifs locaux ou encore l'intégration au réseau.
- **l'intégration au bâti**, que ce soit sur toiture, ou sur toute autre partie du bâtiment et sur tout type de matériaux : tuiles, bardage métallique, pare soleil, fenêtres...

La richesse de la recherche francilienne dans le PV tient à la fois de la qualité des laboratoires impliqués, de leur nombre et des effectifs concernés mais aussi de la collaboration avec les acteurs privés dont la plupart des entreprises nationales qui ont un rang éminemment structurant sur la filière et qui de plus occupent une position d'envergure internationale.

Cette richesse et diversité thématique de la recherche francilienne sont de réels atouts dans le sens où elles permettent à la région de ne perdre aucune opportunité de développement que ce soit sur des technologies déjà robustes comme le silicium mono et polycristallin, les technologies en forte croissance comme les couches minces ou encore les technologies en devenir comme les différentes options possibles du PV 3<sup>e</sup> génération. Elles offrent aussi aux investisseurs une perspective de développement à long terme et un environnement stimulant puisque leur horizon n'est pas limité par une seule technologie.

Les compétences en matière d'intégration au bâti sont un atout considérable dans le contexte français qui a choisi de favoriser cette forme de développement du PV en France. Le développement de ces recherches sont susceptibles d'intéresser d'autres acteurs et de placer l'Ile-de-France en situation de pôle de référence dans ce domaine.

Les principales thématiques de recherche concernant le PV sont synthétisées dans le tableau page suivante.

---

50 Selon le rapport « L'énergie photovoltaïque », rapport d'information déposé par la commission des affaires économiques de l'assemblée nationale et présenté par Serge Poignant député en juillet 2009.

<sup>51</sup> selon Optics Valley, source Rapport d'activité 2008.

**Laboratoires intervenant dans la recherche PV francilienne par grande thématique et origine (Publique avec universités, écoles et institutions représentées ou privée)**

Thématique/ Acteur impliqués	Matériaux/dispositifs/procédés				Système		
	Matériaux (dont Silicium)	2 <sup>e</sup> génération (couches minces)	Furures générations (organique, nanotubes...)	Optique	Système	Intégré bâti	stockage (dont batteries)
Laboratoires publics*	CEA-IRAMIS CEP Mines LCMTR LGEP LGPM LGPPTS LIMHP LOS LPEM LPICM LPMTM LPS PMC	CEA-IRAMIS ILV IRDEP LCFIO LECIME LGEP LGPPTS LOS LPEM LPICM LPN PMC NanoPV	CEA-IRAMIS LPEM CEP Mines LPICM ICMMO LPM IEF LPN ILV LPPI INSP LPS IRDEP NSCO LCFIO LSI LCMCP PMC LCP LECIME LGEP	IRDEP LCFIO LOS LPEM LPICM LPN	LGEP SATIE NSCO CEP Mines	CEP Mines	
Ecoles	Armines-Mines CEP Ecole Centrale Ecole Polytechnique ESPCI Supélec	Ecole Polytechnique Chimie paris tech ESPCI Supélec	Armines-Mines CEP Chimie paris tech Ecole Polytechnique ESPCI Supélec Ecole Pratique des Hautes Etudes	ESPCI	Armines-Mines CEP ENS Cachan Supélec	Armines-Mines CEP EIVP	EIVP
Universités	UP 6 P. & M. Curie UP sud 11 Orsay UP 13 Villetaneuse UP 12 Paris est Créteil	UP 6 P. & M. Curie UP sud 11 Orsay USaintQuetinenYvelines	UP 6 P. & M. Curie UP sud 11 Orsay U SaintQuetinenYvelines U Cergy Collège de France	UP sud 11 Orsay UP 6 P. & M. Curie	UP sud 11 Orsay		
Entreprises ou laboratoire privé	EDF Technip BP Apollon Solar	EDF-EDF EN St Gobain Solems Total	EDF Total	Saint Gobain Horiba Jobin Yvon	Solems EDF GDF-Suez BP	Arcelor construction EDF-EDF EN ETDE Bouygues, GDF-Suez Smac Colas, Costic	Dassault Johnson controls PSA, Renault Safran, Saft
Institutions de recherche	CEA CNRS	CEA CNRS	CEA CNRS	CEA CNRS	CNRS	CSTB	
Pôles de compétitivité, réseaux		Optics Valley, Réseau mesure				Advancity	
Structure de transfert technologique	CFI (Ex CRITT 2 MP)						
Nb de laboratoires	18 dont 2 IRAMIS	18 dont 5 IRAMIS	29 dont 6 IRAMIS	8	8	7	

\* la plupart de ces laboratoires sont des Unités Mixtes de Recherche (UMR) incluant la participation du CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique)

## Intitulés des acronymes figurant au tableau précédent

Armines CEP	
CSTB	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
IBltechs	IBltechs (labo bioénergétique membranaire et stress LBMS) URA 296, CEA
ICMMO	ICMMO (institut de chimie moléculaire des matériaux d'Orsay) UMR 8182, CNRS-UP11
IEF	IEF (institut d'électronique fondamentale) UMR 8622, CNRS-UP11
INSP	INSP (institut des nanosciences de Paris) UMR 7588, CNRS-UP6
ILV	ILV (Institut Lavoisier de Versailles) UMR 8180, CNRS/université VSQY
IRAMIS	IRAMIS (Institut Rayonnement Matière de Saclay) CEA Saclay-CNRS (détail des laboratoires intervenant dans le PV page suivante )
IRDEP	IRDEP (Institut de recherche et de développement sur l'énergie photovoltaïque) UMR 7174 EDF-CNRS-ENSCP
LCFIO	LCFIO (Laboratoire Charles Fabry de l'Institut d'Optique) UMR 8501 CNRS/UP11
LCMCP	LCMCP (chimie de la matière condensée de Paris) UMR 7574, UP6-CNRS-ENSCP-collège de France-EPHE
LCMTR	LCMTR (laboratoire de chimie métallurgique des terres rares) Institut de chimie et matériaux de Paris est (ICM PE) UMR 7182, UP12-CNRS
LCP	LCP (laboratoire chimie des polymères) UMR 7610, CNRS-UP6
LECIME	LECIME (Laboratoire d'Electrochimie, chimie des interfaces et modélisation pour l'énergie) UMR7575 CNRS-ENSCP-UP6
LGEP	LGEP (laboratoire de génie électrique de Paris) UMR 8507 SUPELEC CNRS-UP6-UP11
LGPM	LGPM (laboratoire de génie des procédés et matériaux EA 4038, Ecole centrale de Paris
LGPPTS	LGPPTS (laboratoire de génie des procédés plasmas et traitement de surface) EA 3492, ENSCP/UP6
LIMHP	LIMHP (Laboratoire d'Ingénierie des Matériaux et des Hautes Pressions) UPR 1311, CNRS
LOS	LOS (Laboratoire d'optique des solides) UMR 7601, CNRS-UP6
LPEM	LPEM (Laboratoire Photon Et Matière) UPR A0005, CNRS-UP6-ESPCI
LPICM	LPICM (laboratoire de physique des interfaces et couches minces) UMR 7647, CNRS-Polytechnique
lpmtm	lpmtm (Laboratoire des Propriétés Mécaniques et Thermodynamique des Matériaux) UPR 9001, UP13
LPN	LPN (laboratoire de photonique et nanostructure) UPR 20 CNRS
LPPI	LPPI (laboratoire physico chimie des polymères et des interfaces ) EA2528, U Cergy Pontoise
LPS	LPS (laboratoire de physique des solides) UMR 8502 CNRS/UP11
LRC	LRC (laboratoire nanostructures semi-conducteurs organiques) CEA
LSI	LSI (laboratoire des solides irradiés) UMR 7642, CEA (IRAMIS)-CNRS-polytechnique
PMC	PMC (Laboratoire de physique de la matière condensée ) UMR 7643, CNRS-Polytechnique
SATIE	SATIE (Systèmes et applications des technologies de l'information et de l'énergie) UMR 8029, ENS Cachan

### Composantes de l'Institut IRAMIS du CEA présentes à Saclay et ayant une activité intéressant le PV

Service	Laboratoire	Thématique PV
	LSI Laboratoire des Solides Irradiés (UMR 7642 CEA-CNRS-Polytechnique)*	Matière, et 3 <sup>e</sup> génération
	LLB (Laboratoire Léon Brillouin (laboratoire de service) UMR12 CEA-CNRS)	Matière, 2 <sup>e</sup> et 3 <sup>e</sup> générations
SIS2M (Service Interdisciplinaire sur les Systèmes Moléculaires et les Matériaux)	LIONS (Laboratoire Interdisciplinaire sur l'Organisation Nanométrique et Supramoléculaire)	2 <sup>e</sup> et 3 <sup>e</sup> générations (nanotubes)
SPSCI (Service de Physique et Chimie des Surfaces et Interfaces)	LEPO (Laboratoire d'Electronique et nanoPhotonique Organique)	3 <sup>e</sup> génération
SPSCI (Service de Physique et Chimie des Surfaces et Interfaces)	LENSIS (Laboratoire d'Etude des NanoStructures et Imagerie de Surface)	2 <sup>e</sup> génération
SPSCI (Service de Physique et Chimie des Surfaces et Interfaces)	LCSI (laboratoire de chimie des surfaces et interfaces)	2 <sup>e</sup> génération
SPSCI (Service de Physique et Chimie des Surfaces et Interfaces)	LISO (Laboratoire des Interfaces et Surfaces d'Oxydes)	2 <sup>e</sup> génération
SPSCI (Service de Physique et Chimie des Surfaces et Interfaces)	LONSC (Laboratoire Nano-Objets et Systèmes Complexes )	3 <sup>e</sup> génération
SPEC (Service Physique de l'Etat Condensé)	LEM (Laboratoire d'electronique moleculaire)	3 <sup>e</sup> génération

\* Laboratoire sur le site de polytechnique

La représentation cartographique des laboratoires travaillant sur la thématique du PV ou une thématique intéressant fortement l'industrie PV montre sans surprise l'existence de deux grands pôles franciliens.

- **L'axe Palaiseau-Saclay-Orsay**, concentre la moitié des effectifs franciliens des laboratoires de recherche publique actifs dans le domaine du PV (environ **700 personnes dont plus de 400 chercheurs** et enseignants chercheurs) au sein d'une vingtaine de laboratoires dont 9 sont liés au CEA Saclay. Les autres laboratoires sont issus de l'Université Paris Sud (Paris 11 Orsay), des Ecoles polytechnique, Mines, Supélec. Ce secteur accueille plusieurs centres de R&D de PME innovantes ainsi que des start-up. Il sera le cadre à Palaiseau du futur laboratoire commun entre Total et Polytechnique.

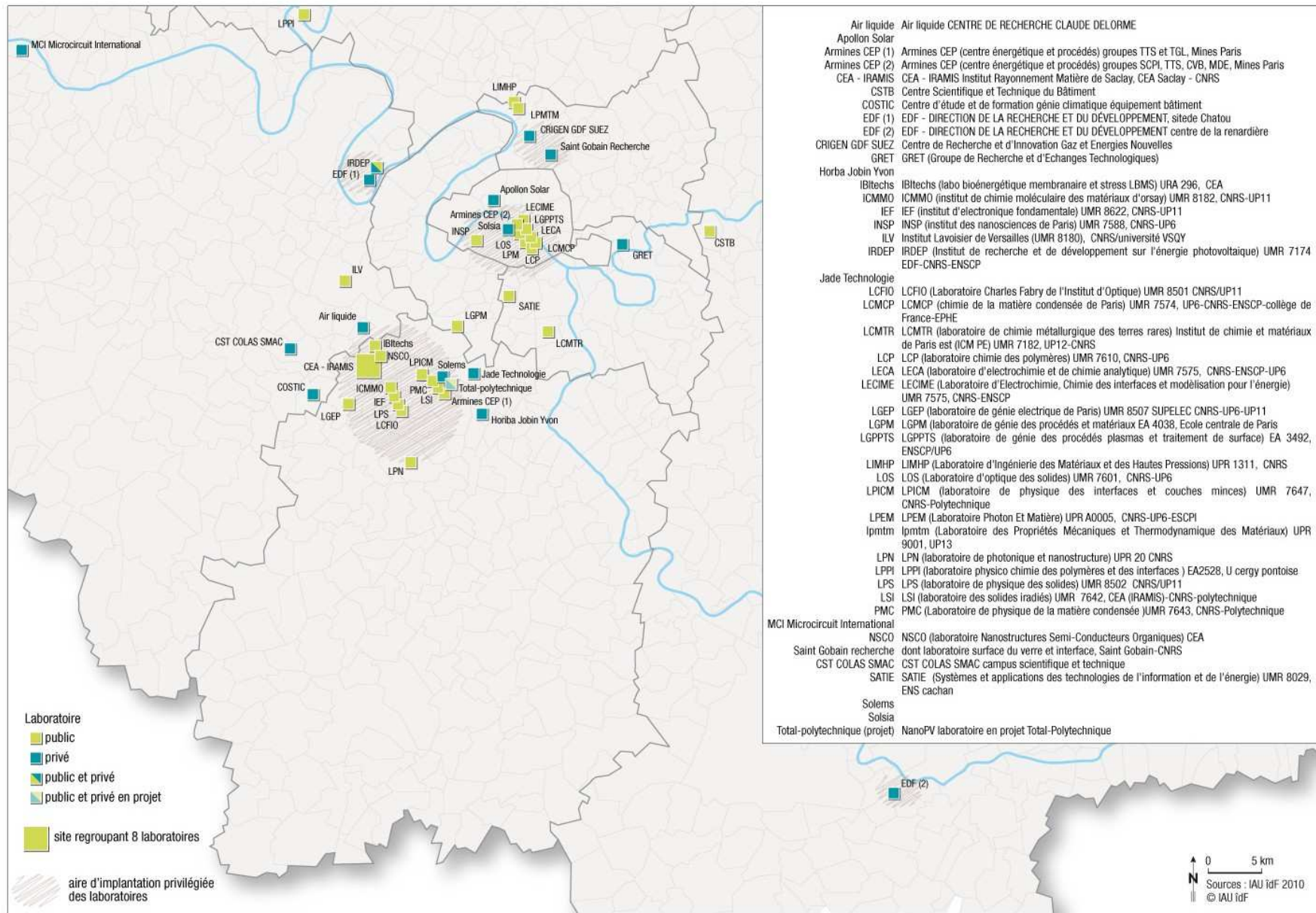
- **Au centre de l'agglomération** et plus particulièrement dans les 5<sup>e</sup> et 6<sup>e</sup> arrondissements se concentrent environ ¼ des effectifs de la recherche publique francilienne sur le PV soit près de **400 personnes dont environ 260 chercheurs et enseignants chercheurs**. Ces effectifs se répartissent au sein d'une dizaine de laboratoires universitaires appartenant majoritairement à l'université Paris 6 Pierre&Marie Curie et des écoles de chimie (l'Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Paris et l'Ecole supérieure de physique et chimie industrielle de la ville de Paris).

Autour de Paris se trouvent aussi les principaux centres de recherche des groupes les plus actifs dans le domaine du PV : Le CRIGEN de GDF-Suez à Saint-Denis, Saint-Gobain à Aubervilliers, EDF à Chatou qui abrite aussi l'IRDEP. Ces 3 sites rassemblent au total 1 900 emplois, cependant seule une fraction a pour objet d'étude le PV.

Enfin, plus excentré, le site EDF des Renardières situé à proximité de Fontainebleau abrite le laboratoire Ecleer.

Enfin, légèrement en dehors de notre champ et tout comme les acteurs privés du BTP, le CSTB participe à la recherche sur l'intégration au bâti des différentes ENR dont le PV, avec notamment une des composantes de son laboratoire d'essai des procédés solaires LEPS qui teste à Champs sur Marne des systèmes PV en situation.





## 6- Benchmark des actions publiques d'aide au développement du PV

### 6.1- Benchmark international des aides publiques au développement du marché PV

On a vu qu'en amont de la filière, le lien était étroit avec les technologies des semi-conducteurs, ceci explique en partie pourquoi l'industrie photovoltaïque s'est rapidement développée aux USA, notamment au sein de la Silicon Valley, au Japon, en Allemagne et en Chine qui disposaient déjà d'industries des semi-conducteurs puissantes. En France, le sud de la France, notamment la région Rhône-Alpes est fortement spécialisée dans cette technologie, profitant là aussi d'un tissu ancien d'acteurs liés aux semi-conducteurs.

L'autre facteur expliquant la réussite de ces pays dans la création d'une industrie PV puissante est la mise en place précoce d'actions incitatives ayant pour objectif de stimuler la demande, en particulier en Allemagne et au Japon.

Ainsi, **le Japon** a dès 1994 mis en place un système d'aide à l'installation de panneaux solaires auprès des particuliers et des professionnels. Le résultat est un marché déjà mature alors que le marché français par exemple est toujours en phase de forte croissance. Le marché japonais est désormais viable avec un minimum de subvention, voire complètement compétitif dans certaines zones, ce qui a conduit les autorités japonaises à ne plus financer les installations de particuliers. En Europe, **l'Allemagne** a été pionnière, elle est le premier marché au monde et dispose aussi d'une des principales industries PV du monde. Son système d'aide a depuis longtemps favorisé les équipements raccordés au réseau, notamment grâce à une garantie à long terme (20 ans) de tarif de rachat d'électricité pour les producteurs.

Dans le reste de l'Europe, les marchés ont explosé à partir du moment où ont été mis en place des dispositifs de tarifs de rachat attractifs pour les producteurs particuliers ou professionnels.

C'est notamment le cas de **l'Espagne** dont le marché a explosé depuis 2007 avec des tarifs de rachat très attractifs en sus de conditions d'ensoleillement naturellement très favorables.

**La France** aussi a bénéficié de la mise en place de ce système en 2007, avec pour particularité un plus grand dynamisme en ce qui concerne les systèmes intégrés au bâti qui bénéficient de conditions de rachat encore plus attractives. De ce fait, **les technologies couches minces tendent à se développer** plus rapidement en France car particulièrement adaptées aux matériaux de construction.

Le cas des **Etats-Unis** est plus complexe du fait de sa structure fédérale, cependant sans surprise, l'Etat de Californie est le plus avancé. Les Etats-Unis ont annoncé en mars 2009<sup>52</sup> un plan de 15 milliards de \$ destiné à financer le développement d'industries autour des ENR.

Selon IEAPVPS<sup>53</sup>, tous les pays ayant mis en place **un tarif de rachat incitatif** ont connu une forte progression de l'équipement en PV et des raccordements au réseau. Le tarif de rachat doit être garanti dans le temps pour assurer un retour sur investissement aux investisseurs, Cependant il doit être adapté au développement du marché car potentiellement très consommateur de ressources budgétaires comme l'a démontré récemment le cas de la France qui a connu une inflation exponentielle de projets en 2009 à la veille de son changement de tarif de rachat de l'électricité PV.

Les pays les plus avancés mettent en place des politiques de baisse programmée des tarifs de rachat afin de ne pas peser sur leurs ressources budgétaires comme la France à partir de 2012. Le Japon dont le marché est très avancé et dont le prix de l'énergie est plus élevé est allé jusqu'à supprimer ce tarif alors que le coût du Kwh produit par le PV est proche de la parité avec le tarif général de l'électricité.

Les **subventions directes à l'installation** sont aussi une aide appréciable mais peuvent contribuer à une certaine inflation budgétaire et générer des effets d'opportunisme.

On a aussi critiqué le fait qu'elles ne favorisent pas la recherche de performance et ne vont pas forcément dans le sens d'un usage modéré de l'énergie.

<sup>52</sup> Voir l'Extrait discours de l'union du Président Obama 3 mars 2009 en annexe 3

<sup>53</sup> "trends in photovoltaic applications : survey of selected IEA countries between 1992 and 2007, 2008", IEA PVPS 2009

Sur la première critique on peut s'inspirer du cas US qui intègre la performance de l'installation dans son niveau de subvention. Sur la seconde critique, le Danemark a conditionné l'aide à l'introduction d'un système d'affichage de la consommation en temps réel.

**Les crédits d'impôts** ont un effet similaire à la subvention directe et sont plus adaptés à un marché déjà en cours de développement car le retour sur investissement est plus long du fait du décalage fiscal. Autre limite, cette mesure ne s'adresse pas aux ménages ayant les revenus les plus faibles. Ici encore ces politiques de subvention et crédits ne peuvent être valables indéfiniment et celles-ci sont revues à la baisse à mesure que le marché augmente, voire supprimées comme au Japon lorsque l'on estime que la dynamique du marché ne nécessite plus d'intervention publique.

Au delà des aspects fiscaux, l'acceptation de payer un coût supplémentaire pour le PV est un facteur non négligeable dans la mise en œuvre d'une politique de développement du PV. Cet aspect est encore peu évalué et pris en compte, il est vrai qu'il est difficile à appréhender car variable d'une personne à une autre, mais il dépend aussi du niveau de sensibilisation qui est lui du ressort des acteurs du secteur et éventuellement des acteurs publics.

Les schémas ou **plans d'électricité verte**, peuvent favoriser le développement des technologies vertes en ce qui concerne les grandes centrales de production, en facilitant leurs démarches administratives, les démarches d'urbanisme...

La mise en place d'un **Portefeuille de standards renouvelables** mis en œuvre par la puissance publique via une autorité de régulation contribue à modifier les termes de la concurrence en faveur des ENR<sup>54</sup>.

On rencontre enfin des politiques visant à intégrer des spécifications durables dans le domaine de la construction, notamment par l'intégration d'ENR.

Cette mesure est fréquemment décidée et mise en œuvre localement, même si elle requiert un cadre réglementaire national favorable. Cette mesure n'est acceptable que dans la mesure où elle ne renchérit pas le coût de l'immobilier à un niveau insupportable.

Sur ce point, même si elle était appliquée pour toute nouvelle construction, la question du bâti existant qui représente 99% du parc, demeure avec pour redoutable obstacle celui du financement.

Le tableau ci-dessous synthétise les formes d'aides mises en place dans les principaux pays ayant développé un marché PV.

### Synthèse des mécanismes incitatifs dans le PV en Europe et dans le monde en 2008

	Allemagne	Espagne	France	Japon	USA
Tarifs de rachat incitatif pour la connection au réseau	x	x	x		2
Subventions directes à l'installation	x	x	x	x	x
Plans d'électricité verte	x			x	x
Plans d'électricité verte spécifique PV					x
Standards renouvelables				x	x
Recommandation spécifiques PV dans les standards renouvelables					x
Fonds investissements spécifiques PV	x	x			x
Crédits d'impôts			x	x	x
Réglementation bâtiments durables	x	x			x
Prix de détail indicatif de l'électricité domestique en USD (1)	26cts	11 à 13,7cts	18cts	13,7cts	10,2cts

1 : prix du kWh taxes comprises mais hors variation tarifaire du fait de l'heure de consommation

2 : Discussions avancées sur ce thème en 2007

Source : IEA PVPS 2008

On constate que parmi les plus avancés en Europe, l'Allemagne et l'Espagne ont en commun d'avoir mis en place des fonds d'investissements spécifiques destinés à l'industrie PV, ainsi que des réglementations en matière de construction qui imposent la prise en compte du développement durable, notamment les ENR.

<sup>54</sup> Le portefeuille de renouvelable standard (ou renewable portfolio standard (RPS) en anglais) est une loi qui oblige les fournisseurs d'électricité à fournir une proportion minimum d'électricité issue de sources renouvelables afin de stimuler l'utilisation de ces dernières. La Grande Bretagne, l'Italie, la Belgique et 30 états américains dont la Californie ont mis en place un tel système. Ce dernier Etat vise un taux de 33% d'énergies renouvelables dans sa production d'électricité d'ici 2020.

## 6.2- Un niveau d'aide à la recherche déterminant pour les filières industrielles

Outre le soutien au marché et parallèlement à celui-ci, les pays les plus avancés en matière de solaire PV ont développé une politique active de soutien à la recherche et développement.

Ainsi l'Allemagne et le Japon qui sont à la fois les pays les plus équipés et figurant parmi les trois leaders industriels mondiaux ont fortement soutenu leur filière industrielle par des programmes de recherche financés au niveau de l'Etat.

Les statistiques disponibles sur le site de l'IEA concernant le financement de la R&D sur les énergies dont le Solaire PV montrent que cette dernière technologie absorbe à elle seule entre 25% et 40% des ressources budgétaires allouées à la recherche sur les ENR.

Il apparaît que les Etats-Unis sont largement en tête de ce classement devant l'Allemagne immédiatement suivie de la France qui se place juste devant le Japon grâce à un effort marqué depuis plusieurs années.

Les Etats-Unis ont connu un formidable bond des financements destinés aux technologies ENR (+71% entre 2006 et 2007, soit +121 millions d'Euros) dont une part non négligeable est probablement à mettre sur le compte de l'effort national en faveur du PV couches minces avec les résultats très positifs pour les industriels américains.

Le tableau ci-dessous présente l'état des financements de R&D en 2007 sur la thématique PV.

### Budgets publics de R&D pour le PV en 2007 (millions d'€)

Pays	Budget (millions d'Euros)
Etats-Unis	101
Allemagne	34,5
France	33,2
Japon (METI)	28,4
Italie	17,7
Grande-Bretagne	13,7
Corée du sud	11 mais 36 en 2008
Norvège	4,8

Source : IEA<sup>55</sup> sauf Japon et Etats-Unis, source ANR

Selon l'IEA le montant des dépenses de R&D publiques consacrées au solaire PV en France représentent 33,2 million d'Euros en 2007, soit 3,6% du total des dépenses publiques françaises de R&D en faveur des énergies (915 millions en 2007). Le PV concentre ainsi à lui seul plus de 40% des financements publics de R&D dans les ENR. Cette estimation inclut vraisemblablement les financements issus du CEA qui représenteraient à eux seuls 20 millions d'Euros.

L'ANR intervient à hauteur de 35% environ dans le financement public de la recherche PV en France, nous allons détailler son action dans le chapitre consacré à l'action de soutien à la filière PV en France (voir page 67).

<sup>55</sup> Energy technology Rd&D budgets, IEA/ESD, [www.wds.iea.org/WDS/ReportFolders/ReportFolders.aspx](http://www.wds.iea.org/WDS/ReportFolders/ReportFolders.aspx)

## 6.3- Exemples de soutiens locaux aux filières industrielles en Allemagne

### 6.3.1- Solar Valley Mitteldeutschland<sup>56</sup>, Halle, Sachsen Anhalt, Allemagne

L'Allemagne, est le principal acteur mondial de l'industrie PV solaire après la Chine.

Le cœur de la production PV allemande se situe au sein des anciens Länder de l'est, centrée sur la Saxe-Anhalt autour de la ville de Halle et la Saxe (Leipzig), elle rayonne aussi jusqu'au nord du land de Thuringe, autour de la ville de Iena connue pour son industrie de l'optique avec le fabricant Zeiss.



Source : [www.solarvalley.org](http://www.solarvalley.org)

Ce pôle est une initiative conjointe des acteurs industriels, des pouvoirs publics locaux et des acteurs de la recherche, avec 9 instituts de recherche (principalement instituts de recherche Fraunhofer) et 4 universités. Il se concentre particulièrement sur les technologies PV issues de la technologie silicium en intégrant toutes les étapes de la chaîne de valeur, prenant appui sur la présence d'industries chimiques et de fabricants de semi-conducteurs. L'ensemble des instituts de recherche présents sur ce territoire (l'ISE est exclu du décompte) rassemblent près de 1 800 emplois dont environ un quart de chercheurs et disposent d'un budget de l'ordre de 150 millions d'euros.

Sa force réside dans son réseau d'acteurs qui regroupe 75% de la production PV allemande (14% de la production mondiale) qui offrent localement 11 000 emplois directs en 2009 et réalisent 43% du CA de la filière PV allemande.

Parmi les 29 entreprises de taille mondiale on y trouve 4 des 10 principaux producteurs mondiaux dont Q-Cells, leader allemand et second producteur mondial de cellules photovoltaïques.

La structure Solar Valley Mitteldeutschland a été créée en 2008 sous l'impulsion du gouvernement fédéral allemand dans le cadre de sa stratégie high tech, l'équivalent d'un pôle de compétitivité technologique. C'est une structure de droit privé qui chapeaute l'organisation du cluster selon trois pôles, chacun implanté dans un des lands partenaires. Elle a été créée dans le but d'accompagner le développement du cluster qui devrait compter à terme un total de 40 000 emplois dans la région.

Le cluster doit assurer trois missions :

1) Coordination des programmes de R&D selon deux axes principaux : réduire le coût des composants de 30% et augmenter l'efficacité des systèmes PV avec pour point d'orgue la parité de coût avec le réseau dès 2013. Un total de 150 millions d'euros ont été alloués à 98 projets de recherche. La moitié de ce financement est d'origine publique issu du niveau fédéral ou des Länder.

2) Management du cluster et développement des relations entre les acteurs de la filière.

Le cluster souhaite offrir à ses membres une plate-forme d'information et de coopération.

Il concentre son action aux mesures suivantes :

- accroître l'attractivité de la région pour des investissements nationaux ou internationaux

<sup>56</sup> [www.solarvalley.org](http://www.solarvalley.org)

- Soutenir les entreprises émergentes et nouvelles
- Coordination de la représentation mutualisée des acteurs à des manifestations industrielles, internationales, instances politiques ou comités d'experts
- Identification des thématiques tendanciennes et intersectorielles
- Développer des partenariats stratégiques actifs avec les institutions de recherche de niveau national et Européen de type European Institute of Technology.
- Développer des actions de lobbying en devenant partenaire de référence du European competence and innovation center « climate KIC »

3) Assurer la formation et la qualification de la main d'œuvre existante et future alors que 30 000 nouveaux emplois sont attendus au sein du cluster d'ici 2020. Le cluster pilote la création de nouvelles formations afin d'enrichir les compétences locales. Ceci passe par le développement de formations continues de haut niveau à destination des techniciens des ingénieurs et des scientifiques, le développement de nouvelles formations universitaires et technologiques (création de 4 nouveaux cycles de niveau licence et master) ou l'enrichissement de formations existantes avec de nouveaux modules et enfin la structuration d'une offre de troisième cycle universitaire dédiée. Le cluster vise pour 2011 la qualification de 4 000 spécialistes dans la région, la formation de 400 diplômés de niveau licence et master par an, l'accroissement du nombre de diplômés de troisième cycle spécifiques à 40 par an.

La recherche publique est un puissant moteur de développement du pôle. Ainsi, parmi les 9 instituts de recherche actifs au sein du pôle 8 sont publics (dont 6 Fraunhofer<sup>57</sup>) et un seul est de statut privé (le CiS Forschungsinstitut für Mikrosensorik und Photovoltaik GmbH).

Le détail des structures de recherche ci-dessous souligne l'importance des moyens de recherche dont dispose le cluster pour son développement.

- Forschungszentrum Dresden-Rossendorf (FZD), Dresden<sup>58</sup> qui compte 800 employés dont 400 emplois publics. Cet institut dispose d'un budget de 61 millions d'Euros financé à 50% par l'Etat fédéral et 50% par les 3 Länders.

Au sein du FZD, l'institut de la physique du rayonnement ionique et de recherche sur les Matériaux travaille notamment sur les couches minces et les nano structures.

- Fraunhofer-Center pour le Silicium-Photovoltaïque (CSP), Halle/Salle<sup>59</sup>

Créé en 2007 à partir de l'ISE et d'un autre institut Fraunhofer pour appuyer le développement de l'industrie PV au cœur de solar-valley, cet institut est dédié aux technologies silicium.

Son champ de recherche couvre les wafer, cellules et modules solaires, de la recherche fondamentale aux pilotes industriels.

- Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)<sup>60</sup>, Freiburg (voir description plus bas). Bien qu'étant implanté dans le land de Bade-Würtemberg, cet institut collabore activement avec les instituts implantés au cœur de la Solar Valley.

- Fraunhofer-Institut : technologies céramiques et systèmes (IKTS), Dresden<sup>61</sup>

Cet institut qui compte 400 permanents a pour spécialité les technologies céramiques et détient une longue expérience dans les couches épaisses et la conversion d'énergie, il souhaite étendre ses activités aux couches minces. Il dispose de 100 laboratoires et usines pilotes répartis sur 9 000 m<sup>2</sup>.

Pour mener ses activités l'institut dispose d'un budget de 28 millions d'Euros dont 7 consacrés à l'investissement dont une participation de 3,8 millions d'Euros du land de Saxe. Il est financé à hauteur de 8,6 millions d'Euros par des contrats de recherche avec l'industrie, parmi les financements publics 2 millions sont versés par le Land de Saxe.

-Fraunhofer-Institut pour matériaux et technologies des faisceaux (IWS)<sup>62</sup>, Dresden

<sup>57</sup> Les institutions Fraunhofer sont des établissements publics financés au tiers par l'Etat fédéral allemand et par les länders sur lesquels ils sont implantés, le tiers restant provient de contrats de recherche.

Ces institutions sont organisées en réseau au niveau fédéral avec chacune une thématique.

Les instituts Fraunhofer ont pour originalité de couvrir l'ensemble du spectre de la recherche du niveau fondamental au niveau appliqué avec la mise au point de démonstrateurs.

<sup>58</sup> [www.fzd.de](http://www.fzd.de)

<sup>59</sup> [www.csp.fraunhofer.de](http://www.csp.fraunhofer.de)

<sup>60</sup> [www.ise.fraunhofer.de](http://www.ise.fraunhofer.de)

<sup>61</sup> [www.ikts.fraunhofer.de](http://www.ikts.fraunhofer.de)

<sup>62</sup> [www.iws.fraunhofer.de](http://www.iws.fraunhofer.de)

Cet institut emploie 257 personnes dont 127 permanents qui travaillent sur un espace de 8 000 m<sup>2</sup> dont 2 000 m<sup>2</sup> consacrés aux développements technologiques. Il dispose d'un budget de 18,5 millions d'Euros dont 2 millions d'investissements qui est couvert à hauteur de 7,7 millions d'Euros par les projets industriels et 3,5 millions par les projets publics. Ses champs d'application couvrent notamment le traitement de surface laser, la découpe laser, le dépôt en couches sous vide...

-Fraunhofer-Technologiezentrum Halbleiternmaterialien (THM), Freiberg<sup>63</sup>

Situé près de Dresde, le centre technologique des matériaux semi-conducteurs est une unité issue de la collaboration entre le Fraunhofer ISE (voir plus loin) et le Fraunhofer institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie (IISB) (Institut des systèmes intégrés et technologie des matériaux de construction). Situé à Erlangen près de Dresde il ouvre notamment dans le domaine des couches minces silicium, du silicium de qualité PV, et des matériaux semi-conducteurs de nouvelle génération. Le centre technologique propose des services d'analyse, de caractérisation et de test pour les partenaires industriels.

- Institut für Photonische Technologien e. V. (IPHT), Jena<sup>64</sup>

L'Institut de technologie photonique de Jena développe des solutions innovantes dans les domaines aussi variés que la santé, l'environnement, la sécurité, l'industrie, les ENR. Sur ce dernier domaine il est plus particulièrement spécialisé dans la technologie des couches minces. Par ailleurs avec de fortes compétences dans les nano-technologies l'institut est en capacité de participer aux recherches sur le PV de troisième génération. Il compte 250 collaborateurs permanents dont 82 chercheurs et est doté d'un budget de 21 millions d'euros dont 8 millions financés par le seul land de Thuringe et 13 millions par les contrats de recherche.

- Leibnitz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ), Berlin<sup>65</sup>

L'institut Leibnitz pour la recherche sur le cristal s'intéresse aux applications industrielles et scientifiques du cristal de la caractérisation, la modélisation, le développement technologique au process industriel. L'institut compte trois domaines de compétences dont les couches minces et les nanostructures, ce qui permet à cet institut de contribuer aux recherches sur le PV de seconde et de troisième génération. L'institut compte 95 permanents dont 39 chercheurs et dispose d'un budget de 9 millions d'euros dont 7 issus de financements publics. Il collabore entre-autres avec une équipe du CNRS/CEA de Grenoble.

- CiS Forschungsinstitut für Mikrosensorik und Photovoltaik GmbH, Erfurt<sup>66</sup>

L'Institut de recherche pour micro capteurs et le photovoltaïque est centré sur 5 domaines d'application :

- les capteurs optoélectroniques
- les capteurs micromécaniques
- les microstructures
- les services de recherche
- le centre du solaire

Le centre solaire fondé en 2003 se concentre sur le développement de wafers et cellules solaire PV basées sur la technologie silicium, ainsi que des équipements de production. Le centre dispose d'une salle blanche de 100m<sup>2</sup> qui permet aussi la caractérisation des process industriels. Le centre poursuit des recherches sur les cellules couches minces multicristallines de silicium ainsi que sur les cellules monocristallines de silicium à haut rendement. Il compte 96 permanents et dispose d'un budget de 9,2 millions d'euros dont 5,5 issus de financements publics.

A coté des grands donneurs d'ordre de niveau mondial, le pôle bénéficie aussi de la présence des principaux fournisseurs mondiaux d'électronique pour les industriels PV.

Le pari de ce pôle est de permettre à la région de compenser en partie l'importante perte d'emplois industriels qu'a connu ce secteur géographique et qui souffre de taux de chômage importants (de 12 à 20%). Son objectif industriel est d'atteindre un coût de production au kwh comparable au prix du kwh facturé par le réseau. Outre l'amélioration de la technique de production et les innovations technologiques, le pôle se penche sur l'optimisation des processus de travail. A ce titre, il a mis en place un centre de formation destiné aux chercheurs et aux étudiants à fort potentiel.

---

<sup>63</sup> [www.thm.fraunhofer.de](http://www.thm.fraunhofer.de)

<sup>64</sup> [www.ipht-jena.de](http://www.ipht-jena.de)

<sup>65</sup> [www.ikz-berlin.de](http://www.ikz-berlin.de)

<sup>66</sup> [www.cismst.de](http://www.cismst.de)

Les autres actions portent sur le renforcement de l'attractivité pour les fonds de capital risque (nationaux et internationaux), la création d'une marque « solar valley », la mise en place d'un 3<sup>e</sup> cycle universitaire à Dresde, spécialisé sur la filière silicium et dispensé en anglais, ainsi que la tenue de salons spécialisés, d'ateliers ou de conférences dans ce domaine afin de favoriser la rencontre entre acteurs locaux et avec les autres acteurs mondiaux.

Solar Valley Mitteldeutschland poursuit son développement en misant aussi sur les jeunes pousses avec l'exemple de la réussite d'une start-up issue de l'université de Dresde nommée Heliatek. Cette start-up créée en 2006 a réussi à lever 27 millions de dollars pour lancer sa première ligne de production qui sera située à Dresde, selon une technologie de 3<sup>e</sup> génération basée sur le dépôt couches minces sur support organique co-développé avec le géant allemand de la chimie BASF. Ces panneaux auront pour avantage de diminuer d'un facteur 40 le poids d'un panneau solaire permettant ainsi une intégration au bâti beaucoup plus aisée.

La concurrence de plus en plus forte de la Chine en termes de production constitue une menace sérieuse pour les industriels de la Solar Valley Mitteldeutschland dont les coûts de production ne peuvent supporter la comparaison. Pour les responsables du pôle, la course à l'innovation est considérée comme étant l'unique voie de salut.

#### **Ce qu'il faut retenir**

- Une structuration autour d'un tissu ancien offrant à la fois de fortes compétences et une main d'œuvre relativement bon marché. Ce modèle connaît cependant des limites alors que la Chine s'apprête à inonder le marché mondial avec des produits bon marché. Ce modèle, non totalement reproductible en France, montre la puissance d'entraînement qu'apportent d'importants moyens de R&D des laboratoires publics travaillant en réseau et la puissance d'attraction des concentrations industrielles.
- Une recherche qui porte autant sur le fondamental que l'appliqué, avec un souci particulier porté aux processus de production
- Une véritable politique de marque, facteur de notoriété et d'attractivité
- Un territoire attractif pour les jeunes pousses qui contribuent au renouvellement du tissu industriel

### **6.3.2- Fraunhofer Institute for Solar Energy systems ISE<sup>67</sup>, Freiburg, Land du Bade Wurtemberg, Allemagne**

Freiburg est un des principaux centres de compétences allemands en matière d'ENR et d'éco-activités avec 10 000 emplois relevant de ce domaine pour une population de 200 000 habitants.

Le Fraunhofer Institute for Solar Energy systems ISE basé à Freiburg compte 300 permanents pour un total de 880 personnes sur le site. Il dispose pour 2010 d'un budget total de 60 millions d'Euros dont 7 sont destinés aux investissements et 53 millions pour le fonctionnement. Son financement a été assuré en 2009<sup>68</sup> à hauteur de 37% par l'Etat fédéral (financements directs ou projets de recherche), 2% par le land du Bade Wurtemberg (financements directs ou projets de recherche), 8% par l'Union Européenne et 40% par des projets de recherche industriels, 13% proviennent de sources diverses.

Son champ d'analyse couvre les technologies de l'énergie solaire thermique, du PV (notamment les cellules), de l'intégration bâtiments, de la fourniture de puissance électrique, de l'énergie chimique (dont l'hydrogène), du stockage d'énergie et de l'efficacité énergétique. Il porte aussi bien sur les systèmes que sur les composants, les matériaux et les processus de production.

Les travaux de l'institut couvrent tout le spectre de la recherche fondamentale jusqu'au développement de technologies de production et de prototypes incluant aussi la construction de démonstrateurs.

L'institut dispose de bureaux, laboratoires et sites de test sur plus de 18 000m<sup>2</sup>.

Trois départements sont plus spécifiquement dédiés aux technologies PV, chacun constitué de groupes de travail

- Technologie de production PV et qualité
  - haute température et technologies d'impression/ structures industrielles

<sup>67</sup> [www.ise.fraunhofer.de](http://www.ise.fraunhofer.de)

<sup>68</sup> En 2009 le budget était de 55 millions d'Euros soit une hausse de 10% en 1 an, dont 7,7 millions d'investissements.



- chimie humide et technologies plasma/transfert de process
- technologies de mesure interne/assurance qualité
- technologies laser et PVD/validation technologique
- laboratoire et centre de service

- Cellules solaire silicium - développement et caractérisation
  - caractérisation et simulation/Callab
  - cellules solaires silicium à haute efficacité
  - Technologies de métallisation
  - Micro-traçage et technologies laser chimiques

- Matériaux – cellules solaires et technologies
  - Epitaxie et cellules solaires
  - Silicone cristallin/matériaux et cellules couches minces
  - Centre technologique de matériaux semi-conducteurs

L'institut s'appuie sur le réseau national d'instituts Fraunhofer qui compte 80 établissements pour compléter ses compétences et trouver de nouvelles solutions.

Il est aussi intégré à un réseau international de recherche allemand le Solar Energy research association et à l'agence Européenne EUREC (European Renewable Energy Centres).

Enfin, la nature de ses activités lui permet logiquement d'essaimer des spin off dont 5 ont été créées ces 10 dernières années sur la thématique PV :

-Concentrix Solar qui produit depuis 2008 des concentrateurs solaires selon la technologie Fresnel, permettant un taux de concentration d'un facteur 500.

-Holotools créée en 2001 conçoit et réalise des surfaces fonctionnelles pour le management de la lumière. Sa capacité à fournir de grandes surfaces dotées de microstructures uniformes en font un des leaders dans son domaine avec de nombreuses applications.

-SorTech créée en 2002 fournit des systèmes de refroidissement à partir de chaleur basse température émise, permettant ainsi de se passer de l'énergie électrique. Ce système a pour particularité d'utiliser toutes les ressources de chaleur basse température disponibles sur un site (chauffage urbain, systèmes solaires, moteurs, chaleur produites au cours de cycles de production).

-PSE est une entreprise de prestations R&D créée en 1999 et spécialisée dans les ENR en particulier le solaire PV et le solaire thermique.

- Solar building engineers association for energy planning conseille ses clients sur le meilleur mix énergétique pour leur bâtiment à la fois en terme environnemental, d'efficacité énergétique et de confort.

Plusieurs de ces spin-off se sont installées à deux pas de l'ISE sur le site du Solar Info Center (SIC) dont le bâtiment de 14 000 m<sup>2</sup> abrite 45 entreprises de toutes tailles oeuvrant dans la thématique des ENR.

### **Ce qu'il faut retenir**

- C'est un exemple à suivre au niveau national avec une institution capable de rassembler l'ensemble des compétences de R&D sur une thématique et de proposer la mise au point de pilotes industriels avec pour résultat une région très attractive pour les industriels. Ceci est reproductible en France comme le montre l'exemple de L'INES créé dans le même esprit (voir la fiche sur le pôle Tenerrdis)
- Des spin-off qui prennent racine dans la région, renforcent le tissu local par un processus de croissance endogène, ainsi que son attractivité pour des projets exogènes.

## 6.4- Le soutien à la filière PV en France

Le soutien national au PV s'opère principalement au moyen d'une politique de soutien de la demande et d'une politique de soutien de l'offre.

### 6.4.1- La politique de soutien de la demande

La politique de soutien de la demande se matérialise à travers deux dispositifs principaux :

- Un tarif de rachat de l'électricité photovoltaïque avantageux pour les producteurs
- Des aides fiscales de l'Etat et des subventions de l'ADEME

**Le tarif de rachat** de l'électricité photovoltaïque a fait l'objet d'une réévaluation au 1er janvier 2010 et est garanti jusqu'en 2012. Ce tarif privilégie l'intégration au bâti afin de favoriser le développement d'une industrie nationale qui pourrait ainsi s'abriter derrière une réglementation plus rigoureuse et contraignante.

La forte hausse de ces tarifs à partir de 2007 a marqué le véritable redémarrage du PV solaire en France après plus de 30 ans de stagnation. **A la date de rédaction de ce rapport, ces tarifs sont les plus avantageux au monde**, ce qui a eu pour conséquence de hisser la France au 12<sup>e</sup> rang mondial en termes de marché en 2008, puis au 7<sup>e</sup> rang en 2009, même si le niveau de marché atteint en 2009 est exceptionnel et marqué par l'anticipation d'une révision des tarifs de rachat à la baisse à partir de 2013.

Cette révision des tarifs est présentée par la puissance publique comme résultant d'une forte dynamique du marché PV qui couplée à la baisse du coût du matériel, ne justifie plus à ses yeux un tel niveau de subvention du tarif de rachat car il risque de sérieusement grever les finances publiques à terme. Le mouvement a été similaire en Allemagne et en Espagne qui ont été les deux principaux marchés européens et mondiaux en 2008 avec pour conséquence un brusque ralentissement de la demande dans le premier et un effondrement du second dans un contexte il est vrai beaucoup plus spéculatif et donc volatile.

#### A partir du 1<sup>er</sup> janvier 2010 les tarifs sont les suivants

Type d'installation	Tarif de rachat (en cts/kWh)
Intégration au bâti sur bâtiment d'habitation, de santé et d'enseignement	58cts
Intégration au bâti pour les bâtiments de bureaux, industriels, commerciaux, agricoles...	50cts
Les installations avec intégration simplifiée au bâti	42cts
Installations au sol > 250 kwc	
Régions les plus ensoleillées	31,4cts
Régions les moins ensoleillées	37,7cts

Ces tarifs sont garantis pour 20 ans pour les installations ayant fait une demande de raccordement avant le 11 janvier 2010 ainsi que pour celles qui auront déposé un dossier avant la prochaine révision qui interviendra dès 2013. A compter de 2013 les tarifs seront revus à la baisse selon une formule d'indexation (de l'ordre de 10% par an) et s'appliqueront à leur tour pendant 20 ans pour les nouvelles installations.

**Les aides à l'installation et réductions fiscales de l'Etat<sup>69</sup>** s'inscrivent dans le cadre de l'objectif français d'atteindre les 20 % d'énergie renouvelable en 2020. Elles prennent diverses formes :

- L'exonération d'impôts

Depuis la fin de l'année 2008, les bénéfices dégagés par la vente d'électricité photovoltaïque sont non imposables pour toute installation ne dépassant pas 3 kW crête.

- Le crédit d'impôt

La principale aide de l'Etat pour l'installation de générateurs photovoltaïques, qui se présente sous la forme d'un crédit d'impôt, est applicable dès lors que l'installation est reliée au réseau électrique français. Le montant du crédit d'impôt s'élève à 50 % de l'investissement en fournitures du système photovoltaïque, avec un plafond de 16,000 € pour un couple. L'installation doit avoir été réalisée par une seule et même entreprise et donner lieu à l'établissement d'une facture.

<sup>69</sup> Source : www.energie-online.fr

- La TVA à taux réduit

Pour les systèmes photovoltaïques connectés au réseau, d'une puissance inférieure ou égale à 3kWc et installés dans des logements de plus de deux ans, le taux de TVA s'appliquant au matériel et à l'installation est le taux réduit, soit 5,5 %. Les installations peuvent être réalisées sur le toit de l'habitation ou à proximité.

D'autres aides existent au niveau d'organismes publics comme l'ADEME qui propose également des aides financières pour les installations collectives.

Enfin, les Conseils Régionaux proposent des aides supplémentaires dans certaines régions et il existe d'autres types d'aides des différentes collectivités territoriales. Tant que ces aides ne concernent que les coûts de main-d'œuvre, elles peuvent être cumulées avec le crédit d'impôt.

## 6.4.2- La politique de soutien de l'offre

Parallèlement à cette politique de soutien de la demande, existe une politique de soutien de l'offre par le biais d'actions de structuration de la filière et d'appui à la recherche via les pôles de compétitivité et les financements des projets de R&D de ces pôles, et à travers les appels à projets de recherche initiés par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR).

La politique de soutien du gouvernement passe par deux grands canaux à savoir :

- le soutien à la recherche par les appels à projets de l'ANR ou la participation à des grands programmes

- la structuration des filières qui passe essentiellement par les pôles de compétitivité actifs dans le domaine PV (voir plus bas).

L'ANR (Agence nationale de la Recherche) lance régulièrement chaque année des appels à projets sur diverses thématiques dont celle du PV.

Ainsi sur la période 2005 à 2007, 3 vagues d'appels à projets ont été lancés dans le cadre du « Programme National de recherche sur le Solaire PV ».

Au total 32 projets ont été financés pour un montant de 25,6 millions d'Euros.

A partir de 2008, un nouveau programme prend le relais « Habitat intelligent et solaire PV ». L'intitulé de ce programme souligne un intérêt marqué pour la recherche PV liée au bâtiment, notamment l'intégration au bâti.

Ce programme débuté en 2008 a d'ores et déjà financé 19 projets en 2 ans pour un montant total de près de 15,7 millions d'Euros, il se poursuit en 2010 avec un nouvel appel à projet qui s'est clos en mars.

A noter qu'en 2009 sur les 14 projets financés, le pôle de compétitivité rhône-alpin Tennerdis figurait seul ou en partenariat dans 9 projets représentant 7,3 millions d'Euros soit 65% des financements accordés par l'ANR sur cette thématique.

Dans le domaine du financement de la recherche, le programme Solar nano Crystal qui a pour objectif de « développer des technologies photovoltaïques de pointe » représente un investissement total de 190 millions d'Euros pour le consortium mené par EDF et formé de Total, Photowatt, le CEA, Emix, Photosil, Apollon Solar, le CNRS et l'INES. Ce programme a été validé par Oséo en juillet 2008 et a bénéficié d'un financement de 46 millions d'Euros.

Il faut ainsi souligner la forte progression des financements publics de R&D à destination de la thématique PV puisque pour l'année 2008 ce sont au minimum 61 millions d'Euros (somme des budgets ANR 2008 sur le PV et du programme Solar nano Crystal) qui auront été budgétés pour des programmes de recherche pluriannuels. En 2002 et 2006, les montants publics alloués à la recherche sur le PV étaient respectivement de 15 millions d'Euros et 24,2 millions d'Euros.

### 6.4.3- Les pôles de compétitivité français sur la thématique du PV

L'Etat français a choisi de favoriser le cadre des pôles de compétitivité pour soutenir le développement et le renforcement d'une filière PV industrielle en France.

Au niveau national, 4 pôles de compétitivité ont pour thématique dominante les énergies renouvelables dont la thématique PV.

Ces pôles sont :

- Capenergie pour les régions PACA, Corse, Réunion, Guadeloupe et Monaco,
- DERBI localisé en région Languedoc Roussillon,
- Tennerdis, localisé en Région Rhône-Alpes, et enfin
- S2E2 pour la région Centre.

Tous ces pôles ont pour ambition de développer tout ou partie d'une filière PV sur leur territoire. A la lecture de la carte des capacités de production actuelles ou prévues en France (voir page 26) on constate que l'existence d'un pôle ne semble pas garantir la présence d'activités industrielles sur son sol comme pour S2E2 ou DERBI.

#### 6.4.3.1- Capenergies<sup>70</sup> :

Ce pôle rassemble 400 acteurs des énergies alternatives aux énergies fossiles en PACA, Corse, Réunion, Guadeloupe et Monaco.

##### Le pôle porte sur 9 domaines énergétiques :

La Maîtrise de la Demande en Energie, **le Solaire**, l'Eolien, l'Hydraulique, les Energies Marines et la Géothermie, la Biomasse et les Bioénergies, l'Hydrogène et le stockage de l'énergie, le Couplage et Intégration des systèmes énergétiques, la Fission, la Fusion.

##### Stratégie

Capenergies a pour ambition de préparer l'industrie et la formation aux mutations technologiques à venir, liées à l'**épuisement des énergies fossiles**, et de tirer parti des atouts régionaux de nos territoires pour développer une filière énergétique nationale adaptée au « **mix énergétique de demain** ».

En appui de son positionnement thématique et géographique, la stratégie de Capenergies s'articule autour de **7 axes principaux** :

- . Le développement et la promotion de l'innovation pour améliorer la compétitivité des systèmes énergétiques,
- . La conception, la qualification et le déploiement **d'architectures énergétiques intégrées**,
- . La mise en œuvre de programmes structurants pour le développement de filières nationales,
- . Un partenariat étroit avec les acteurs des politiques nationales et régionales en matière d'aménagement et d'attractivité des territoires,
- . Un développement à l'international ciblé sur le développement commercial et des partenaires scientifiques et techniques avec les pays du pourtour méditerranéen, de l'Océan Indien, des Caraïbes et de l'Amérique centrale,
- . Une forte contribution aux politiques de formations initiales et professionnelles pour répondre aux besoins associés à l'émergence de ces nouvelles technologies,
- . Des collaborations actives avec d'autres pôles de compétitivité.

En 2008, 13 projets ont été financés dans le domaine du solaire :

- Un projet de centrale solaire :

Parc solaire Vinon : Centrale photovoltaïque de Vinon-sur-Verdon de 4,4MW,

- Deux projets relevant de la connaissance de la ressource :

Atlas PACA : atlas du potentiel solaire photovoltaïque et thermodynamique en région PACA

PRESOL-PV : Prévion de la Ressource Solaire pour le Photovoltaïque Connecté à un Réseau Insulaire,

<sup>70</sup> Informations extraites du site capenergies [www.capenergies.fr](http://www.capenergies.fr)

- Dix projets de R&D dont 7 ayant un lien avec le solaire et 4 plus spécifiquement sur le PV :
  - LUG : Transformation de l'énergie radiative solaire pour une production d'électricité via la filière thermodynamique basse température,
  - DEMOCAS : Développement Etudes Mise en oeuvre et Optimisation des Capteurs à Air Solaire,
  - SIP : Système Solaire Combiné (SCC) "Solaire Instantané Prioritaire",
  - PVMAX : Augmentation du rendement énergétique d'un panneau PV en milieu tropical
  - PVLUX : Panneaux Solaires Photovoltaïques à Film Intelligent Réflectif à Cristaux Liquides Colectériques (FIRCLC) - Application aux panneaux solaires photovoltaïques semi-transparents brevetés par les porteurs du projet (FR0503457),
  - PHOTOSOLAR : PHOTOvoltaïc SOLution for Airports and Runways,
  - AERAUSOL 2 : Capteur solaire hybride photovoltaïque/thermique.

La région PACA et le pôle Capenergie souhaitent favoriser l'implantation de sociétés industrielles du PV. Pour ce faire ils soutiennent les jeunes pousses locales ou françaises désireuses de s'implanter sur le territoire. La société Nexcis, start-up issue de l'IRDEP dont elle commercialise un des procédés a reçu l'appui des collectivités en vue de son implantation et son développement.

**Extrait de l'article du 3 mars 2010, le quotidien des usines, Provence Alpes Côte d'Azur :**

***Nexcis inaugure son unité de conception de modules photovoltaïques nouvelle génération***

*Créée fin 2008 comme « spin-off » de l'Institut de R&D sur l'énergie photovoltaïque IRDEP de Chatou, Nexcis a inauguré officiellement le 3 mars ses installations implantées dans l'ancienne unité de fabrication 6 pouces du site de STMicroelectronics à Rousset (Bouches-du-Rhône).*

*Cette start-up qui, en un an, a recruté près de 40 collaborateurs, vise à mettre au point des modules photovoltaïques en couches minces à partir d'une nouvelle technologie, dite « CIGSe,S », fondée sur un procédé d'électro dépôt de cuivre, d'indium et de galium recuit sous atmosphère de sélénium et de soufre, « plus rapide et moins coûteux que le procédé sous vide » selon le directeur général de Nexcis, Olivier Kerrec. La société ambitionne de développer, à l'horizon 2011-2012, un pilote industriel démontrant la faisabilité de modules industrialisables à bas coût (de l'ordre de 0,8 euro de coût de revient par watt/crête), souples et légers pour faciliter leur positionnement sur des toitures de bâtiments, et affichant un taux de rendement supérieur à 10%.*

*Environ 1,5 million d'euros a été investi dans l'aménagement et l'équipement des 1 500 m<sup>2</sup> de locaux et salles blanches. Pour mener à bien son projet, Nexcis bénéficie d'un budget de près de 20 millions d'euros sur deux ans, abondé par Oseo, l'Etat, les collectivités territoriales (de la Région PACA, du Conseil général des Bouches-du-Rhône, de la Communauté d'agglomération du Pays d'Aix, du Fonds d'Industrialisation du Bassin Minier (FIBM))<sup>71</sup> et l'Europe (FEDER).*

Enfin, s'inspirant du modèle de la région Poitou-Charente (voir plus loin), la Région PACA a lancé un appel d'offres pour l'équipement de son parc de lycées avec des panneaux solaires.

**Ce qu'il faut retenir :**

- Une forte coopération avec des régions ou pays disposant d'un fort ensoleillement
- Un positionnement sur l'ensemble des énergies non émettrices de GES
- L'attraction et l'accompagnement de start-up afin de créer un tissu local
- Une politique de dynamisation du marché par appel d'offres public

<sup>71</sup> Note de l'auteur

### 6.4.3.2- Derbi<sup>72</sup>

Le pôle Derbi compte 134 adhérents dont 75 entreprises, il a financé 110 projets dont 75 de R&D pour un montant total de 217 millions d'Euros.

Parmi les projets de recherche portant sur le PV menés par le pôle on peut citer :

- Sur une thématique concepts innovants :

THRI-PV : Très haut rendement et innovations photovoltaïques en collaboration avec l'IRDEP

- Sur la thématique process industriel :

Dopage type P : recyclage et réduction de quantité de silicium dans la fabrication des cellules PV

Fluxeo : faisabilité industrielle de panneaux solaires PV intégrant un film intelligent

- Sur la thématique intégration et système :

Quali'Vapeur : valorisation de l'électricité produite à partir de modules PV

Recherche collective PV : développement de l'utilisation du PV pour des applications de traitement de l'eau ou de transformation de produits alimentaires.

- Sur la thématique caractérisation des matériels :

Centre d'essais solaire : conception et construction d'un banc de tests en vue de certification Cartech

Comme l'indique l'extrait du site du pôle Derbi reproduit ci-dessous, un des objectifs de la région est l'émergence et la structuration d'un Pôle ENR dont le solaire PV.

*Le Pôle de compétitivité DERBI réunit en région Languedoc-Roussillon, les entreprises, laboratoires, universités, centres de formation, fédérations professionnelles, organismes financiers et collectivités territoriales impliqués dans le développement de la filière des énergies renouvelables.*

*Il a pour mission de développer, au niveau régional, national et international, l'innovation, la recherche, la formation, le transfert de technologie, le développement et la création d'entreprises dans le domaine des énergies renouvelables appliquées au bâtiment et à l'industrie.*

*Les axes stratégiques du pôle sont :*

*Le Bâtiment producteur d'énergie, s'appuyant sur une conception globale intelligente, l'optimisation des performances de l'enveloppe et l'intégration des énergies renouvelables particulièrement en conditions climatiques méditerranéennes.*

*Les réseaux d'énergie (électricité, chaleur, froid) interconnectant l'habitat, les pôles d'activité et les sites de production d'électricité, leur gestion et le stockage d'énergie;*

*La production d'énergie hors bâtiments (électricité, hydrogène, biocarburants...), par énergie solaire, éolienne et biomasse, que ce soit pour l'alimentation de sites isolés ou pour les systèmes connectés au réseau.*

*Objectifs :*

*Accroître l'expertise et la taille critique des compétences sectorielles sur le territoire régional*

*Contribuer à l'émergence et à la structuration de la filière des énergies renouvelables en région*

*Permettre aux entreprises, et notamment aux PME, d'accéder à la compétence scientifique et technologique régionale.*

*Corrélativement, le développement de l'emploi régional associé au secteur émergent des énergies renouvelables est l'objectif majeur du Pôle de compétitivité DERBI.*

En vue de cet objectif de structuration d'une filière, la DRIRE LR a commandé en 2008 une étude sur le PV au cabinet SOFRED<sup>73</sup>. Parmi les conclusions de cette étude, il était indiqué que la région LR souffrait de la forte concurrence territoriale pour accueillir des investissements PV et de R&D industriels avec notamment une très forte attractivité de la région Rhône-Alpes du fait de la présence de l'INES.

L'étude concluait sur les propositions stratégiques suivantes :

- se positionner préférentiellement sur l'aval de la filière à savoir l'installation
- rester apte à capter tout projet industriel relevant d'autres segments amont de la chaîne de valeur en particulier la production de cellules et modules dans une stratégie opportuniste.

<sup>72</sup> Informations extraites du site du pôle [www.pole-derbi.com](http://www.pole-derbi.com)

<sup>73</sup> « Filière Photovoltaïque », DRIRE Languedoc Roussillon, 30 octobre 2008

- Se positionner sur des segments émergents : intégration au bâti, recyclage

Les actions en cours pour soutenir la filière portent notamment sur la formation et le soutien à l'innovation.

La Région Languedoc-Roussillon soutient la formation aux ENR selon deux axes principaux :

Un programme de formation à l'installation :

Depuis 2005, un programme de formation doté de 4 plates-formes a été mis en place dédié à la pose de chauffe-eau solaires, au PV et à l'éolien. Ces formations s'adressent au public en formation tout comme aux salariés d'entreprises du secteur.

Un schéma des formations dans le domaine des ENR :

Elle a par ailleurs demandé à l'OREF de mener une étude sur les métiers en développement ou en transformation dans le domaine des énergies renouvelables et de l'énergie dans le bâtiment.

L'objectif est d'alimenter le schéma des formations BTP régional qui détermine pour les 5 ans à venir les formations à mettre en œuvre dans le BTP, y compris les ENR intégrées au bâti.

Au total, la Région Languedoc Roussillon consacre un budget de 16,4 millions d'euros en 2008 (pour 2.5 millions d'habitants) dédié aux actions envers les ENR selon 4 priorités :

- encourager les comportements citoyens et responsables,
- rechercher la performance énergétique,
- conforter le marché régional des énergies renouvelables,
- accompagner les politiques énergétiques des territoires

A ce titre il faut préciser que s'inspirant du modèle de la région Poitou-Charente (voir plus loin), la Région Languedoc Roussillon a récemment lancé un appel d'offres pour l'équipement de son parc de lycées avec des panneaux solaires.

**Ce qu'il faut retenir**

- Un positionnement stratégique généraliste sur les ENR. Malgré une volonté de structurer une filière PV locale cela ne se concrétise pas encore par la création d'un tissu industriel local,
- Un positionnement marqué sur la problématique bâtiment,
- Une politique de formation à l'installation et d'anticipation des besoins de formation,
- Une politique de dynamisation du marché par appel d'offres public.

**6.4.3.3- S2E2 : Sciences et Systèmes de l'Energie Electrique<sup>74</sup>**

Le pôle S2E2 compte une centaine de membres dont 80 sociétés et une vingtaine de centres de R&D et de formation.

Le pôle S2E2 est né en 2005 après la première vague de labellisation de pôles de compétitivité.

A l'origine du pôle on trouve la création d'une plate-forme de recherche mixte Entreprise-Université qui compte désormais une trentaine de chercheurs: le CERTeM (Centre d'Études et de Recherches en Microélectronique) financée par les collectivités locales et l'Etat.

L'ambition de ce pôle est de se positionner en tant que référence nationale et internationale dans le domaine des technologies de l'énergie électrique et des smart grid (réseaux intelligents) en plaçant les TIC au service de l'optimisation de l'énergie électrique de la source à son utilisation finale.

Parmi ses objectifs figure celui de mettre au point des solutions industrielles innovantes et pertinentes avec pour thèmes de recherche : les matériaux, les procédés, les composants, les systèmes ou sous-systèmes, ou les produits finis. Les projets du Pôle S2E2 ont comme dénominateur commun l'obtention de gains significatifs en matière d'efficacité énergétique.

A ce titre depuis 2005 et jusqu'à fin 2009, 113 projets de R&D ont été labellisés dont 48 financés pour un montant total de 161,5 millions d'€.

Parmi ces projets deux portent spécifiquement sur la thématique PV :

<sup>74</sup> [www.s2e2.fr](http://www.s2e2.fr)

- OPTOPV2&3D sur l'augmentation du rendement des cellules et panneaux PV d'un facteur 1,5 à 2
- CEPIM (Conversion d'Energie Photovoltaïque Intelligente et Modulaire), projet porté par FORCLUM, porte sur l'amélioration des procédés d'installation et de maintenance des modules PV.

Le pôle affiche une forte volonté d'ouverture aux régions limitrophes : Limousin (pôle Elopsys sur les technologies de réseaux sécurisés), Pays de Loire, Poitou-Charente en vue d'élargir son réseau de compétence et son assise.

Il se propose aussi de développer de fortes coopérations avec les 3 autres pôles français sur ce domaine : Capenergies Derbi, Tennerdis

#### **Ce qu'il faut retenir :**

- A l'origine une initiative locale pour créer un centre de compétence en microélectronique
- Une compétence reconnue dans les smart grid
- Une politique de coopération interrégionale et interpôles qui pallie sa faible taille

#### **6.4.3.4- Tenerrdis<sup>75</sup> (Technologies Energies Nouvelles Energies Renouvelables Rhône-Alpes, Drôme, Isère, Savoie)**

La labellisation du pôle de compétitivité Tenerrdis en juillet 2005 est le fruit d'une action constante de la part des autorités locales en faveur de la filière des énergies renouvelables.

En effet dès 2004, ces dernières et en particulier la Région Rhône-Alpes, ont été à l'origine de la création d'un cluster dédié aux éco énergies: le **cluster Rhône-Alpes Eco Energies<sup>76</sup>** ciblé sur le bâtiment. L'objectif de ce cluster était d'améliorer la compétitivité des entreprises pour répondre au marché de l'éco-bâtiment. Le but était de mettre en place des programmes d'actions pour faire émerger une offre sophistiquée et compétitive dans l'éco-bâtiment. Ce cluster qui compte actuellement plus de 100 entreprises, majoritairement des PME et des artisans envisage un rapprochement avec le pôle Tenerrdis.

En avril 2005 était à son tour créé le **cluster recherche energies<sup>77</sup>** avec pour but d'assurer une meilleure structuration des activités de R&D au niveau régional. Ce cluster rassemble une quarantaine de laboratoires implantés à Lyon, Chambéry, Grenoble et Saint-Etienne intervenant sur des thématiques comme le génie électrique, les matériaux, l'énergétique, l'électrochimie. En 2009 ce cluster a reçu un financement de 1 million d'Euros de la Région.

**Tenerrdis** compte près de 100 adhérents dont 58 entreprises (36 PME).

Le pôle a pour ambition de développer les nouvelles technologies de l'énergie et d'optimiser leur utilisation dans le bâtiment et le transport. Son action s'articule autour de 5 axes :

- Le solaire et le bâtiment
- La gestion des réseaux
- La biomasse
- L'Hydrogène et les piles à combustible
- L'hydraulique

Le premier axe est dominant, il a mobilisé 54% des financements publics accordés aux projets de R&D du pôle depuis sa création en 2005. Il a favorisé l'émergence de 36 projets innovants dans le seul domaine du solaire PV totalisant un budget de 100 millions d'Euros dont 35millions financés par le secteur public.

Concernant spécifiquement la thématique PV le pôle s'appuie sur l'INES qui est sa plate-forme de compétence dédiée de R&D.

La création de l'**INES l'Institut National de l'Energie Solaire<sup>78</sup>** en 2006 à Chambéry résulte avant tout de la volonté et de l'engagement dès 2003 des collectivités territoriales Rhône-Alpines (Conseil général de la Savoie et Région Rhône-Alpes) et de celle de l'ADEME relayées par les grands acteurs de la recherche présents sur le territoire (CEA, CNRS et CSTB) pour développer des sites économiquement

<sup>75</sup> [www.tenerrdis.fr](http://www.tenerrdis.fr)

<sup>76</sup> [www.ecoenergies\\_cluster.fr](http://www.ecoenergies_cluster.fr)

<sup>77</sup> [www.grenoble-universites.fr/energies](http://www.grenoble-universites.fr/energies)

<sup>78</sup> [www.ines-solaire.com](http://www.ines-solaire.com)



porteurs et créer une masse critique pour la R&D solaire en France. Cette volonté a incité l'Etat à choisir cette région pour la création d'un institut national sur le solaire.

L'INES regroupe deux plates-formes : INES – Education : information et sensibilisation, INES - RDI : recherche publique/privée et Démonstration (pilotes technologiques).

-la plate forme formation et évaluation propose des actions de formation, un centre de ressources, des retours d'expérience et la promotion de l'Institut.

- La plate forme RDI qui regroupe 200 chercheurs a pour principaux objectifs de devenir un centre d'excellence en recherche solaire, national et international, d'améliorer les technologies des filières solaires thermiques et photovoltaïques, essentiellement pour les applications du type bâtiments résidentiels et tertiaires et de soutenir les transferts technologiques vers les partenaires industriels.

Les missions de cette plate forme de recherche sont de 3 ordres :

Développer des technologies innovantes et des produits innovants

- Améliorer les performances et les coûts
- Développer des outils de modélisation
- Mettre en place des partenariats industriels

Réunir des moyens performants

- Laboratoires de recherche
- Méthodes et logiciels pour le développement des systèmes utilisant l'énergie solaire
- Lignes pilotes pour faciliter le développement puis le transfert industriel

Caractériser les matériels et les systèmes

- Bancs tests et plateformes pour caractériser les composants,
- Maisons expérimentales
- Bâtiments de démonstration

L'INES dispose de 9 plate-formes de recherche dont 6 portent strictement sur la thématique PV, 1 sur la thématique thermique (filiale thermique), 1 sur le stockage d'énergie (Stockage) et une sur le bâtiment à énergie positive (INCAS).

Les 6 plates-formes dédiées au PV sont les suivantes :

- Photosil : avec pour objectif la diminution des coûts du silicium solaire et garantir son approvisionnement. Cet objectif s'est notamment traduit par le programme de recherche photosil dont l'objectif est de produire du silicium de qualité PV à moindre coût. Le groupe de recherche dispose d'un démonstrateur technico-économique et d'un pilote à l'échelle 1.
- PV alliance et Restaure sont deux plates-formes ayant pour principal objectif l'augmentation des rendements des cellules PV
- PV organique explore la voie du PV organique en couches minces ayant une longue durée de vie et pouvant être produit selon un procédé d'impression.
- Systèmes PV : Améliorer la qualité des systèmes PV par une approche globale de la conception à l'intégration au bâti et grâce à la mise en œuvre de bancs d'essais
- Modules PV s'intéresse à la productivité des modules : mesure et développement de méthodes de prédiction de la productivité des modules

INES2, vers un « Solar Innovation campus »

En décembre 2009, la région a voté un budget de 35 millions d'Euros pour soutenir la filière PV.

Le principal objectif est de développer les activités de l'INES qui deviendrait INES2 en lui permettant de créer 4 nouvelles plates-formes de recherche pour un montant de 25 millions d'Euros.

- Thin-film pour les cellules solaires en couches minces
- Mobisol pour les véhicules électriques solaires
- Stocksol pour le stockage thermique de l'énergie
- high-perf pour l'intelligence embarquée dans les systèmes électriques solaires

et de compléter la recherche sur le silicium par un module complémentaire, ainsi qu'un nouveau module Inca2.

L'INES 2 doit permettre à la France de faire jeu égal avec les Etats-Unis ou l'Allemagne en termes de notoriété en développant un concept de « solar innovation campus ». L'objectif est d'atteindre une masse critique de 500 chercheurs à l'horizon 2014 et de couvrir l'ensemble des thématiques du solaire.

L'autre volet de ce plan, avec un montant de 10 millions d'euros porte sur le soutien à deux entreprises technologiques afin de les aider à développer leur projet industriel au sein de la région. L'une d'elles, Solsia, également présente en Île-de-France, bénéficiera de co-financements européens FEDER de l'ADEME et de la Région RH au titre de l'aide à l'innovation pour un montant de 6 millions d'Euros pour un investissement total de l'ordre de 80 millions d'Euros.

Concernant Solsia, les services de la région précisent que les aides ont fait l'objet d'une convention engageant l'entreprise à créer 135 emplois et investir 80 millions d'euros, ainsi que de recourir prioritairement à la sous-traitance régionale, de participer activement au pôle Tenerrdis, et enfin de localiser en région Rhône-Alpes ses futurs sites de production. La Région a ainsi joué de son attractivité et de l'intérêt pour Solsia à venir s'implanter pour s'assurer un large retour sur investissement.

La Région Rhône-Alpes se place au cœur du développement industriel du PV en favorisant l'implantation de pilotes industriels et surtout grâce l'appui qu'elle apporte au consortium PV alliance qui est une filiale commune à EDF EN, Photowatt, et le CEA. Son objectif est de développer puis produire sur deux sites en France des cellules à très haut rendement.

Ce consortium s'appuie sur l'INES qui y consacre une des plate-formes de recherche dans le cadre du programme de recherche d'envergure national baptisé Solar Nano Crystal doté de 190 millions d'Euros dont 46 millions de financements publics.

*« **Solar Nano Crystal** débouchera sur la construction de plusieurs usines basées en France visant à produire 2 catégories de **cellules solaires** ; les premières fabriquées à base de **silicium métallurgique purifié** sont dites à haut rendement, les secondes utilisant du **polysilicium** étant à très haut rendement par l'apport de **nano-technologies**. »*

#### **Ce qu'il faut retenir :**

- Une implication forte et constante des collectivités territoriales pour structurer la filière avec succès puisque la région attire plusieurs projets industriels nationaux prometteurs et se place en tête de réseau pour la structuration de la filière PV nationale
- Une action volontaire sur la R&D qui a abouti à l'implantation de l'INES qui a acquis en 5 ans une renommée internationale
- Un positionnement national sur l'ensemble des thématiques PV qui laisse peu de place aux autres pôles
- Une politique de conditionnement de certaines aides permettant un retour sur investissement plus important

#### **6.4.3.5- Une coopération interpôles qui se renforce**

En juin 2008, les 4 Pôles de compétitivité des nouvelles technologies de l'énergie (NTE) Capenergies, Derbi, S2E2 et Tenerrdis ont signé une charte de coopération "Energies renouvelables ou non productrices de gaz à effet de serre".

Cette charte existe afin d'optimiser la capacité des pôles à répondre aux multiples enjeux auxquels sont confrontées les NTE. Elle permet avant tout de faciliter la collaboration et la complémentarité des compétences et des volontés pour valoriser les atouts régionaux et nationaux des pôles. Elle entérine, anticipe et génère des synergies, la mutualisation de la communication, des moyens et des ressources disponibles ou à venir. Afin d'atteindre ces objectifs et d'accroître leur rayonnement, les pôles ont mis en place une stratégie de développement régional qui s'appuie sur une visibilité globale et ont collaboré sur de nombreux projets<sup>79</sup> notamment une plaquette commune des missions collectives à l'international, un groupe de communication interpôle ainsi que des stands mutualisés sur les salons.

<sup>79</sup> extrait du communiqué de presse du 12 novembre 2008.

## 6.4.4- Exemples de soutiens locaux hors pôles aux filières industrielles

L'existence d'un pôle de compétitivité n'est pas forcément synonyme de présence d'activités industrielles dans la région (cf Derbi Languedoc Roussillon ou S2E2 Centre), d'autres collectivités territoriales ont mené des actions visant à spécifiquement soutenir l'émergence d'une filière industrielle avec succès, à l'image de la région Poitou-Charente ou encore celle de la communauté urbaine de Bordeaux en Aquitaine avec First Solar.

### 6.4.4.1- Poitou Charente : le plan énergie solaire ou le développement d'une filière locale à travers une politique active de soutien de la demande via les marchés publics

Le Plan énergie solaire régional décidé par la Région Poitou-Charentes vise à favoriser l'installation de panneaux photovoltaïques afin d'accroître la production décentralisée d'énergie renouvelable, à développer l'emploi et la filière photovoltaïque et à atteindre les objectifs fixés par l'Union européenne de 20 % d'énergie renouvelable en 2020.

Pour la Région, cela se traduit par la mise en oeuvre de centrales photovoltaïques sur tous les bâtiments publics qu'elle gère (93 lycées, Maison de la Région) et par un accompagnement des collectivités (pour leurs bâtiments publics, les zones d'activité, etc.), des entreprises et des filières qui disposent de toitures favorables à l'implantation de centrales solaires.

Le plan énergie solaire régional a été lancé en février 2009. Ciblant des installations de grande envergure (supérieures à 15Mwc) il prévoyait initialement l'installation de 64 Mwc de puissance en 2012 grâce à des prêts à l'installation de panneaux solaires PV.

Ce soutien financier est proposé par Crédit Agricole Leasing à hauteur de 200 millions d'Euros et abondé par la BEI (Banque Européenne d'Investissement) pour un même montant au titre du soutien au développement des énergies propres. La Région garantit in fine 25% du montant des prêts, soit potentiellement un engagement de 100 millions d'Euros.

Devant le succès de l'opération, l'objectif pour 2015 a été porté à 270 millions de Mwc.

Un des aspects importants du plan vise au développement d'une filière PV en région Poitou Charente avec l'« Appel à projet pour l'implantation et le développement d'unités industrielles ou tertiaires dans le secteur PV et des ENR ».

#### **Les objectifs de cet appel à projet sont<sup>80</sup> :**

*« Favoriser l'implantation d'unités industrielles de production de biens ou de services (fabrication, assemblage, logistique, ingénierie...) dans le secteur des énergies renouvelables (électricité renouvelable, chaleur et refroidissement...).*

*Accélérer en particulier la mise en place d'une filière régionale de production de Panneaux PV en région en cohérence avec le plan PV régional.*

*Favoriser la réindustrialisation des bassins d'emplois fragilisés par la conjoncture, notamment les bassins de Niort (79) et nord Deux-Sèvres, Rochefort (17), Châtellerauld (86), Angoulême (16) où des capacités d'accueil adaptées sont disponibles ».*

*Le document précise que : « Les projets retenus pourront bénéficier d'un accompagnement spécifique de la Région afin de faciliter leur implantation et de la mobilisation des principaux outils d'intervention de la Région :*

- une entrée unique et un accompagnement personnalisé, en lien avec les collectivités d'accueil, compétentes en région pour les aides à l'immobilier d'entreprise,*
- des financements spécifiques de la Région dans le cadre des aides à l'innovation, au développement des entreprises et à la formation, sous forme de subventions, garanties, avances remboursables, bonification d'intérêts, avec une enveloppe spéciale de 1 million d'euros destinée aux candidats qui seront retenus au terme de cet appel à projets,*
- une aide au recrutement et à l'adaptation aux postes de travail des personnels recrutés, en lien avec le service public de l'emploi en région,*

<sup>80</sup> Extrait du document « Appel à projet pour l'implantation et le développement d'unités industrielles ou tertiaires dans le secteur PV et des ENR », Région Poitou Charente, février 2009.

- la possibilité de bénéficier de 3 mois de personnel gratuit durant l'adaptation au poste de travail,
- la capacité à créer toutes actions de formation sur mesure en réponse à des besoins identifiés,
- un accès facilité à la recherche de financements européens (FEDER) et de financements d'autres partenaires de la Région. »

A la fin 2009, un premier bilan positif de cet appel à projet était dévoilé avec notamment deux projets industriels, celui de Solaire Direct qui a décidé d'installer dans le bassin Châtelleraudais, une unité de fabrication de panneaux solaires photovoltaïques cristallins, permettant la création d'environ 80 emplois directs. La construction et le dimensionnement de cette unité résulteront des projets (parcs, toitures) développés en Poitou-Charentes. Un second investissement est issu d'une jeune pousse de l'Université de Poitiers S'Tile qui souhaite créer une ligne pilote de production dans le courant 2010 pour produire des tuiles PV selon une technologie révolutionnaire qui partirait de la poudre de silicium pour aller directement à la cellule sans passer par le lingot et le sciage, ce qui permettrait une réduction considérable des pertes de matière et donc de coût.

**Ce premier bilan a été publié sur la lettre d'information de la région dont figure un extrait ci-dessous<sup>81</sup>.**

**« Lettre d'information de la région Poitou-Charentes du 25 septembre 2009 - Développement durable / Aménagement du territoire**

*A la suite de l'appel à projets sur l'« implantation d'unités industrielles ou tertiaires dans le domaine du photovoltaïque et des énergies renouvelables », lancé dans le cadre du plan régional énergie solaire en janvier 2009, 36 dossiers de candidatures ont été reçus par la Région. De nombreux projets stratégiques pour le développement de la filière photovoltaïque régionale, depuis la production des panneaux jusqu'à la maintenance des unités, sont accompagnés par la Région.*

Ainsi, dans les domaines de :

**La formation** : la mise en place d'un Institut Régional de l'Energie Solaire est actuellement en cours, en lien avec l'Institut National de l'Energie Solaire et en partenariat avec l'AFPA. Ce projet est porté par la société SVO Eco-Industries établie au Vigeant (86).

**Le soutien aux entreprises de services** : 6 projets d'entreprises de services dans le domaine du photovoltaïque sont aidés.

**Le soutien aux entreprises industrielles** : 3 projets d'activités industrielles dans le domaine de la production de suiveurs solaires, des technologies couches minces photovoltaïques et de la production de panneaux solaires thermiques.

**Le soutien aux projets de sites de production** : la Région accompagne le développement de deux projets de sites de production de modules solaires photovoltaïques, représentant une capacité de production totale de plus de 60 Mwc.

**Ce qu'il faut retenir :**

L'exemple de la Région Poitou-Charente est remarquable en ce qu'il mêle des actions de développement du marché et des actions volontaires de développement de l'offre qui semblent porter leurs fruits. En effet, la société Solaire Direct qui va implanter une unité de production à Poitiers est un des gagnants des appels à projets pour l'équipement des lycées régionaux en panneaux solaires.

Il faut aussi souligner le montage financier original qui mobilise des acteurs financiers privés sans entraîner une forte implication financière de la collectivité à priori.

<sup>81</sup> Voir le site [www.poitou-charentes.fr](http://www.poitou-charentes.fr)

#### **6.4.4.2.- Bordeaux : l'écoparc industriel de Blanquefort va recevoir le second site européen de First Solar**

L'implantation d'un méga-projet étranger est un enjeu important pour les territoires désireux de développer une filière PV locale, le projet First Solar en est la preuve.

Après d'âpres négociations et un projet avorté d'implantation en région Rhône-Alpes sur le site du projet Silpro pourtant soutenu par l'Etat, le consortium formé par First Solar et EDF-EN a finalement opté pour l'Aquitaine et le parc d'activité de Blanquefort à coté de Bordeaux. Ce site répond parfaitement au cahier des charges de ce type d'installation puisqu'il bénéficie d'une excellente desserte avec une bretelle autoroutière, la proximité de quantité d'eau importante ainsi que d'un approvisionnement sécurisé d'importantes sources d'énergies électriques. Malgré les qualités du site, ce dossier qui représente au total un investissement de 100 millions d'euros a fait l'objet d'un important soutien financier de l'ensemble des collectivités locales concernées qui financeront 1/3 de l'investissement, auquel s'ajouteront des financements de l'Etat (dont 2 millions d'euros de prime d'aménagement du territoire) et de l'UE (Fonds Européen de développement régional FEDER) pour un montant de 6 millions d'euros.

First Solar qui est le premier producteur mondial de modules selon la technologie des couches minces disposera ainsi d'un second site de production en Europe. Il y produira des modules directement à partir de panneaux de verre.

#### **Article paru dans le Magazine Usine Nouvelle du 21 janvier 2010 par Colette Goinère :**

*« First Solar s'implante en Gironde*

*Un investissement de 100 millions d'euros et 400 emplois créés. Bruce Sohn, le président du groupe américain First Solar, vient de signer à Bordeaux, avec Michel Mercier, le ministre de l'Aménagement du territoire, un contrat-cadre pour construire sur l'Écoparc de Blanquefort une usine de panneaux solaires photovoltaïques à couches minces. Les travaux devraient débiter au second semestre 2010 et s'achever mi-2011. L'usine, qui sera la deuxième implantation en Europe du groupe américain après celle de Francfort-sur-l'Oder, en Allemagne, aura une capacité annuelle de 100 MW. Le président du conseil d'administration d'EdF Energies nouvelles, Pâris Mouratoglou, a précisé que sa société, filiale d'EdF, s'engageait à acheter pendant dix ans la totalité de la production du site pour développer des fermes solaires en France. Les collectivités locales (la région Aquitaine, le département de la Gironde et la communauté urbaine de Bordeaux) participeront à hauteur de 32 millions d'euros, dont 30 millions pour des investissements immobiliers. L'Etat et l'Europe interviendront également. »*

#### **Ce qu'il faut retenir :**

- Une forte implication des collectivités locales (plus de 30 millions d'euros d'engagements) pour soutenir le développement industriel des ENR avec des actions de lobbying réussies
- L'opportunité de la reconversion du site automobile de Blanquefort à la fois pour mobiliser des fonds importants de l'Etat et de l'UE et disposer rapidement d'un site de grande taille bien situé.

## 6.5- Le soutien à la filière PV en IDF

Le soutien régional à la filière PV s'insère dans un ensemble d'actions de cadre plus général relevant soit de politiques de filières, de politiques de formation...Il est aussi intégré à divers documents d'orientation stratégique comme le SDRIF, le SRDE...comme le détaille l'encadré ci-dessous.

### La région Ile-de-France se mobilise pour les ENR

**L'Île-de-France est une des toutes premières régions métropoles d'Europe, elle a vocation à devenir la première Éco-Région européenne.**

Le développement durable est au cœur de l'ensemble des politiques publiques menées par la Région Capitale. Pour préserver l'environnement, la Région Ile-de-France utilise tous les leviers dont elle dispose pour faire évoluer les comportements. Cela veut dire concrètement : réduire son empreinte écologique, agir en faveur de l'amélioration du cadre de vie francilien (maintien de la biodiversité, réduction des pollutions et des nuisances, prévention des risques...), ou encore lutter contre le changement climatique et développer l'efficacité énergétique, les énergies renouvelables...

Il s'agit là d'une préoccupation transversale qui s'incarne autant dans les politiques environnementales régionales que dans celles de la recherche et l'innovation, de l'économie, de l'emploi ou de la formation, dans la construction-rénovation des lycées ou même à l'international. L'engagement de la Région Ile-de-France pour l'environnement se manifeste ainsi à travers de multiples partenariats et divers documents d'orientations stratégiques régionaux tels que le Schéma directeur de la Région Île-de-France (SDRIF), l'élaboration d'un Plan climat et d'un Agenda 21, un Plan régional de maîtrise de l'énergie et de développement des énergies locales et renouvelables, le Schéma Régional de Développement Économique (SRDE), ou encore le Schéma régional de la formation tout au long de la vie et le Contrat Régional d'Engagement Professionnel (CREP) pour l'emploi dans les métiers de l'environnement.

Le Conseil régional d'Ile-de-France intervient donc en faveur des énergies renouvelables :

- du côté de la demande, d'une part dans le secteur du logement social et des bâtiments tertiaires, mais aussi des propriétaires particuliers avec une subvention à l'installation – étude et travaux – complémentaire du crédit d'impôt national (principalement des aides au développement des réseaux de chaleur, d'installations de panneaux solaires photovoltaïques et aussi des projets structurants de chaufferies bois grande puissance)\* ; ou d'autre part dans la construction-rénovation d'infrastructures telles que les lycées et les établissements d'apprentissage par exemple (éco-conception et démarche HQE).
- du côté de l'offre, i.e. en se mobilisant aussi bien pour les professionnels, que pour l'emploi ou la recherche et l'innovation, soit en intervenant auprès des acteurs de la filière des éco-activités avec un plan Filière dédié ou par le soutien des pôles de compétitivité (notamment Advancy), soit par la prise en compte des énergies renouvelables dans les dispositifs existants comme par exemple avec les aides à l'ingénierie des emplois-tremplins ou le Programme régional qualifiant et ses formations dans les énergies renouvelables, ou bien encore en instituant des clauses ou critères d'éco-conditionnalité comme c'est le cas pour la sélection des entreprises ou laboratoires bénéficiaires d'une aide directe et ce en particulier pour les aides relatives à la recherche et développement (projets collaboratifs ou aides à l'innovation responsable (AIR).

Parmi les actions spécifiquement en faveur du PV, la région a mis en place des aides destinées à appuyer la demande à deux niveaux :

### Au niveau de la demande des particuliers

Lancé en 2006 et amélioré en 2008, un plan d'aide régional au développement des énergies renouvelables propose aux Franciliens une aide forfaitaire de 1 300€ couvrant les coûts de main d'œuvre dans le cadre d'une installation solaire PV faite par un installateur professionnel sous réserve qu'il bénéficie de la qualification qualiPV et que le matériel installé bénéficie du label de l'ADEME.

En 2008, il a été décidé de simplifier les démarches administratives afin de réduire le temps entre la demande et l'installation puisque cette dernière peut démarrer dès lors que le Conseil régional a accusé réception de la demande et accepté le principe de l'aide.

Entre 2006 et 2009, le cabinet Icare estime que plus de 1 000 dossiers ont été financés pour un montant total de 1,3 million d'Euros<sup>82</sup>. L'étude précise que la progression du nombre de demandes d'aides pourrait inciter la Région à réviser son dispositif de soutien actuel, considérant le développement du marché bien amorcé.

#### Au niveau de la demande des acteurs institutionnels et publics :

Par ailleurs, la Région Île-de-France a mis en place une aide<sup>83</sup> en vue de développer la production d'«électricité verte» par l'aide à l'investissement.

Cette aide permet de financer 30% du coût Ht de réalisation de l'équipement et des travaux d'installation du dispositif de production d'énergie électrique à partir d'une ressource renouvelable dont les capteurs solaires PV. Elle vise des installations de moyenne et grande puissance, le public bénéficiaire inclut les collectivités territoriales, les syndicats de traitement des ordures ménagères ou des boues de stations d'épuration, les entreprises oeuvrant dans le cadre d'une délégation de service public, les SEM de construction, d'aménagement et de services, les bailleurs sociaux publics et privés, les syndicats de copropriété, les associations à but non lucratif, les hôpitaux publics et enfin les établissements publics et entreprises publiques.

D'autres acteurs régionaux ont développé une politique de soutien de la demande comme par exemple la Ville de Paris avec son plan climat lancé en 2007 et un volet spécifiquement dédié au développement du PV avec pour emblème le lancement de l'opération de la halle Pajol. Ce projet qui porte sur une surface de 3 500m<sup>2</sup> de panneaux et permettra de développer une puissance de 450kw qui en fera la plus importante centrale photovoltaïque francilienne au moment de son inauguration en 2013<sup>84</sup>.

La RATP a de son côté indiqué fin 2008 son intention de lancer un programme d'installation de panneaux solaires sur ses grands bâtiments industriels (30 au total incluant des centres bus, des ateliers de maintenance du métro, des tramways et du RER). Dans un premier temps ce programme viserait à couvrir la toiture de 12 sites franciliens pour une surface de 100 000 m<sup>2</sup><sup>85</sup>.

Concernant les **politiques de soutien de l'offre**, à côté des actions s'inscrivant dans un cadre plus général décrites précédemment dans l'encadré, il faut noter l'implication explicite du pôle Advancity sur ce thème.

En effet, le Pôle Advancity, qui est financièrement soutenu par la Région, a fait acte de candidature à l'appel d'offres lancé par le gouvernement fin 2009 en vue d'étendre ses compétences à une thématique spécifiquement PV. Cette candidature n'a pas été retenue, cependant l'Etat a invité Advancity à intégrer le PV dans ses thématiques, ce qui s'est concrétisé par la création d'un nouveau domaine d'activité stratégiques dédié au PV en Juin 2010.

Cette candidature illustre la volonté de la Région de se positionner sur cette thématique en portant la filière PV francilienne, tandis que son issue constitue une reconnaissance implicite de l'Etat de la légitimité de ce positionnement régional sur cette thématique.

Cette initiative a permis une cristallisation d'action collective qui perdurera au sein d'Advancity, à côté de celles portées par d'autres acteurs régionaux.

A côté des initiatives de la Région, il faut aussi relever d'autres initiatives portées par des partenaires régionaux qui concourent à la structuration et la visibilité de la filière comme notamment :

- Innov'eco, qui est une initiative de l'agence de développement départementale Paris développement, mis en place avec le concours de sponsors privés. Son objectif est de se positionner comme le hub cleantech de la région Ile-de-France. Innov'eco organise notamment des rencontres trimestrielles avec les professionnels du secteur sur des thématiques précises. Il organise aussi le tremplin qui permet de valoriser des PME particulièrement innovantes.
- Par ailleurs, la région a accueilli en avril 2010 à Paris le cleantech forum, événement de renommée mondiale qui réunit régulièrement les décideurs du secteur. Cet événement a contribué à renforcer la visibilité de la région dans ce domaine.

<sup>82</sup> « Etude exploratoire, état des lieux du photovoltaïque en Ile-de-France et conditions de mise en œuvre de la filière », icare pour ARENE idf, février 2010.

<sup>83</sup> Aide n°148 (aide publiée le 1 février 2007)

<sup>84</sup> « Pajol lance le volet photovoltaïque du Plan Climat de Paris », site service public, 29 juin 2009, [www.servirlepublic.fr](http://www.servirlepublic.fr)

<sup>85</sup> « Des systèmes photovoltaïques intégrés aux bâtiments de la RATP », RATP, communiqué de presse du 25 novembre 2008

# 7- Atouts, opportunités et recommandations pour développer une filière industrielle PV en Île-de-France

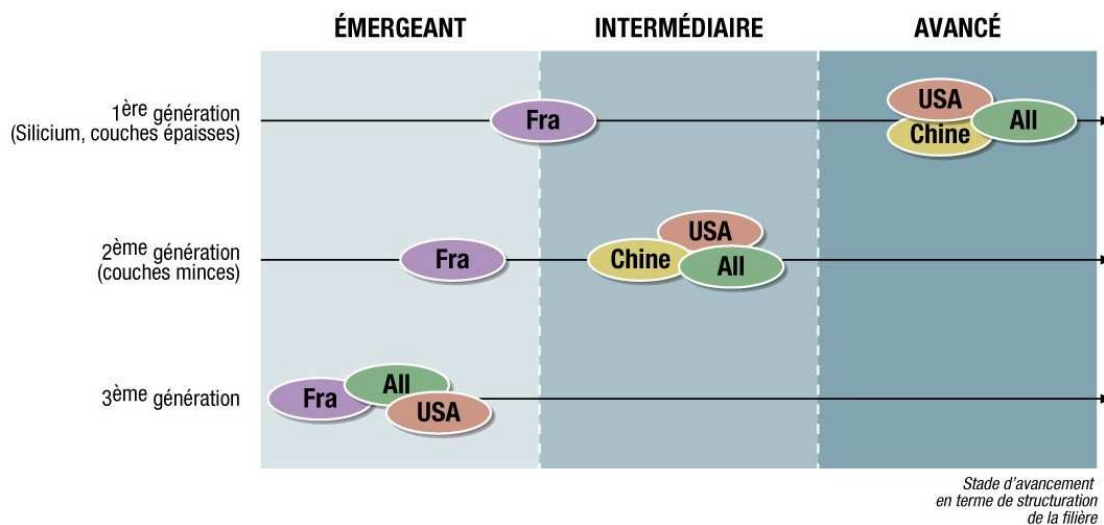
## 7.1- Une filière à envisager au niveau national

La structuration d'une filière photovoltaïque en France n'est envisageable qu'au niveau national, aussi il convient de rappeler quels sont les atouts, faiblesses ainsi que les opportunités et menaces de la France au regard de l'industrie photovoltaïque.

Le commissariat général au développement durable a publié en janvier 2010 un rapport sur les filières vertes en France<sup>86</sup>. Ce rapport analyse notamment le potentiel de développement des filières des énergies renouvelables en France.

Concernant le PV, il souligne combien la France est en retard par rapport aux pays les plus avancés. Elle ne dispose plus de champion d'envergure mondiale comme cela a pu être le cas il y a 30 ans. Ceci exige une action volontariste pour au moins figurer parmi les principaux pays producteurs mondiaux et bénéficier de la très forte croissance de ce secteur alors que la France devenue comme on l'a vu 6<sup>e</sup> marché mondial en 2009 représente moins de 0,5% de la production mondiale.

Etat d'avancement de la France vis-à-vis des leaders mondiaux sur les marchés photovoltaïques



Source : Etude "Filières vertes" MEEDDM / CGDD - oct. 2009  
© IAU îdF

Il rappelle la faiblesse que représentent les délais de raccordement au réseau et la complexité administrative qui lui est associée. Le rapport estime par ailleurs que la parité avec le réseau ne sera atteinte que d'ici 5 à 10 ans, ce qui rend nécessaire la poursuite d'une politique de soutien. Il pointe enfin un manque de main d'œuvre et de compétences clés.

En termes de menaces, il souligne que le développement du marché peut s'opérer au prix d'importations massives et donc d'une aggravation brutale du déficit commercial dans l'hypothèse où ne se développerait aucune filière française d'envergure internationale. Ces importations massives pourraient fragiliser les quelques industriels français existants alors que paradoxalement le marché français décolle fortement. Ces industriels français seraient handicapés par une structure de coût non compétitive. Enfin il estime que l'installation en France d'industriels étrangers peut-être payante à court terme mais favoriser une dépendance stratégique à long terme.

<sup>86</sup> « Etude filières vertes, les filières industrielles stratégiques de la croissance verte », commissariat général au développement durable, janvier 2010



Concernant les opportunités, outre la taille potentielle du marché il est rappelé que les compétences technologiques en jeu sont à la portée des industriels français qui ont une longue expérience dans ce domaine, d'autant que le marché reste encore relativement fragmenté donc partiellement ouvert.

Le rapport souligne le potentiel français en la matière, en particulier dans le domaine de l'intégration au bâti dont elle pourrait faire le fer de lance d'une exportation.

Les principales préconisations au niveau national se déploient selon plusieurs axes :

- développer le marché par la mise en œuvre de plans territoriaux de déploiement d'infrastructures
- constituer un pôle de recherche français d'excellence qui devra se positionner sur les technologies de rupture de demain

Concernant plus spécifiquement la structuration de la filière :

- Structurer la filière, sur les technologies émergentes dont celle des couches minces
- Industrialiser l'aval de la filière et baisser les coûts (développement, construction et installation, financement, exploitation et interface réseau)
- Etre réactif aux besoins des start-up du secteur
- Créer un fonds destiné à aider la R&D ou des entreprises ayant des problèmes financiers ou structurels.
- Favoriser la mise en place d'une filière de recyclage

A la lecture de ces éléments, il apparaît que l'Ile-de-France dispose de caractéristiques qui pourraient lui permettre de jouer un rôle dans la structuration d'une filière photovoltaïque en France.

## 7.2- Atouts franciliens pour participer à l'édification d'une filière PV nationale, Analyse SWOT

Forces	Faiblesses
<p>- Un tissu dense d'acteurs dont de nombreux acteurs clé représentés en IDF soit par un bureau commercial ou par un siège. Plusieurs d'entre eux disposent de capacité de R&amp;D voire de production au sein de la région :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Des grands ensembliers français et étrangers de dimension internationale ont des centres de décision en IDF</li> <li>•De grands groupes sont impliqués dans la R&amp;D sur le PV et collaborent avec une quarantaine de laboratoires publics dont 2 sont exclusivement centrés sur le PV (l'IRDEP et le LPICM)</li> <li>•Plusieurs groupes verriers internationaux dont le leader français St-Gobain sont présents et disposent de sites de R&amp;D et de production (fabricants de lunettes) en IDF</li> <li>•des acteurs de l'automatisation dont plusieurs leaders dans leur domaine effectuent de la R&amp;D ou produisent en Ile-de-France</li> <li>•La région incube des TPE innovantes sur cette thématique dont 2 se positionnent explicitement sur le développement de sites pilotes ou de production mettant en œuvre leurs innovations</li> </ul> <p>-Au niveau de la R&amp;D l'ensemble des thèmes de recherche est couvert :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Matériaux</li> <li>•Couches minces (2<sup>e</sup> génération)</li> <li>•Haut rendement, organique, nanostructures (futures générations)</li> <li>•Optique</li> <li>•Système (dont intégration au bâti)</li> </ul> <p>La recherche publique francilienne bénéficie de puissants moyens, notamment grâce à la présence du CEA et de ses équipements franciliens. Celle-ci à principalement un caractère fondamental et se situe donc plutôt en amont des applications industrielles. Les laboratoires publics sont ainsi proportionnellement plus présents sur le thèmes des matériaux et du photovoltaïque de 3<sup>e</sup> génération pour lesquels les applications industrielles sont encore émergentes. Cependant de plus en plus de laboratoires qu'ils émanent des écoles, des universités ou des grands organismes développent des politiques de valorisation de leurs recherches par le dépôt de brevets avec en parallèle le développement de spin-off, entreprises innovantes créées spécifiquement pour mettre en œuvre ces brevets.</p> <p>- Les grands industriels franciliens les plus impliqués sur le PV (EDF, St Gobain, Total et GDF-Suez) situent quant à eux leurs recherches sur des aspects plus en aval, plus proches des applications industrielles. C'est ainsi qu'ils investissent plus particulièrement la thématique des couches minces et celle des systèmes dont l'intégration au bâti. Ces derniers s'appuient notamment sur trois laboratoires franciliens : l'IRDEP, le LGEP, le LPEM et bientôt le laboratoire commun entre Total et l'Ecole Polytechnique : NanoPV.</p> <p>- Les compétences reconnues dans les couches minces peuvent se valoriser à court terme sur un segment de marché qui croît deux fois plus vite que l'ensemble du marché PV et alors que l'Ile-de-France offre un environnement technologique indispensable à ce type d'activité comme on l'a vu dans le paragraphe sur les critères d'implantation.</p>	<p>- Il n'y a presque aucune production sur le territoire quelque soit le niveau de la chaîne de valeur y compris les fournisseur de sous-ensembles. D'ailleurs toutes les activités manufacturières importantes du secteur sont positionnées en dehors de l'IDF (Rhône-Alpes, PACA ou Aquitaine), de même le principal centre de recherche français dans ce domaine (l'INES) qui est le plus visible tant au niveau national qu'international est localisé à Chambéry.</p> <p>-L'Ile-de-France est mal positionnée pour accueillir des sites de nature productive en général, l'offre foncière y est peu adaptée en superficie et en coût</p> <p>-Faible visibilité nationale et internationale,</p> <p>-secteur non organisé au niveau régional ou local. On constate un manque de coordination des acteurs qui semblent travailler au mieux en petits groupes sur des projets qui peuvent éventuellement se concurrencer</p> <p>- Trop peu de sites d'essais mais cet aspect est en voie d'amélioration</p> <p>- Si la région incube des TPE innovantes sur cette thématique, 2 qui se positionnent explicitement sur le développement de sites pilotes ou de production mettant en œuvre leurs innovations ont choisi d'autres régions pour développer leur activité.</p>

Potentiel/opportunités	Menaces/freins
<p>-Les technologies sont encore très évolutives et une rupture technologique peut modifier les termes de la concurrence et permettre l'arrivée de nouveaux entrants.</p> <p>- Le PV de seconde génération est une réelle opportunité pour entrer sur le marché PV, il existe plusieurs laboratoires très compétents en IDF qui pourraient fédérer leurs efforts pour atteindre une taille significative de 70 à 80 chercheurs sur les couches minces. Cependant cette technologie à forte croissance fait déjà l'objet de nombreux investissements dans le monde et en France, l'IDF est-elle encore dans la course ?</p> <p>-Plusieurs start-up franciliennes ont des projets industriels selon la technologie des couches minces : Solsia, Apollon Solar, Alchimer... Par ailleurs les sociétés Energiz et Easy solar dont les sièges sont à Paris ont annoncé des projets de création de sites de production en France encore non localisés. Une de ces sociétés peut-elle développer son projet industriel en Ile-de-France ?</p> <p>- A ce stade, c'est au niveau de la 3<sup>e</sup> génération que l'IDF peut raisonnablement espérer prendre une place dans le concert des sites de production. De tels sites de production sont déjà en activité dans le monde (4 producteurs actifs et 39 projets à venir).</p> <p>- Plusieurs acteurs industriels fortement présents en IDF (EDF, Total, ...) ainsi que des centres de recherche majeurs et des laboratoires franciliens ayant une activité notable dans le PV (le CEA, Les laboratoires IRDEP et LPICM...) ont indiqué leur volonté de coopérer sur cette thématique et de participer à l'éventuelle création d'une structure commune en Ile-de-France.</p> <p>-La création du laboratoire commun Total, polytechnique/CNRS nommé NanosolarPV a pour ambition de valider ses recherches par la création usine pilote qui se situerait éventuellement sur le site sur le site et peut-être à terme une unité de production. Ceci pourrait être l'amorce d'une composante manufacturière de la filière PV francilienne.</p> <p>- Grâce à la politique nationale favorisant l'intégration au bâti ainsi qu'à son important parc bâti qui représente un potentiel de surfaces de toitures de 400 km<sup>2</sup><sup>87</sup> tout type de bâtiment, soit 4 fois la surface de la ville de Paris, l'Ile-de-France peut espérer développer une forte maîtrise dans l'intégration au bâti grâce au savoir faire que possèdent plusieurs acteurs industriels majeurs. L'Ile-de-France a ainsi les moyens de se positionner comme modèle et édicateur de normes tant au niveau national qu'au niveau international.</p> <p>- l'intégration au bâti est un réel atout pour l'IDF et un potentiel de développement qui pourrait servir de vitrine aux industriels, d'autant que la région bénéficie de la présence des grands constructeurs et des grands cabinets d'architecte qui sont autant de prescripteurs. Il y a un complément avec le pôle DERBI qui se positionne dans l'intégration au bâti pour les régions méditerranéennes.</p> <p>- La technologie des couches minces est aussi la plus adaptée pour des utilisations intégrées au bâti mais il existe des problèmes de stabilité des matériaux dont la tenue au feu. Il serait utile pour la filière de monter un site de test et certification pour ces matériaux en IDF via le CSTB et le pôle Advancity, donnant à l'IDF une expertise forte dans le domaine en amont (R&amp;D) et en aval (mise en œuvre produits).</p> <p>-Plusieurs acteurs d'envergure nationale et internationale souhaitent développer en IDF des sites d'essai de panneaux solaires comme GDF-Suez sur un bâtiment expérimental ou encore Véolia Energie qui aurait un projet sur le site de Saclay.</p> <p>- le recyclage pourrait à terme compléter l'offre francilienne et permettre de se démarquer des offres concurrentes.</p> <p>-Il existe des sites franciliens libres bénéficiant ou pouvant bénéficier de contrats de re-dynamisation au titre de l'accompagnement pour la reconversion des sites militaires restructurés. Ces sites pourraient être candidats à des implantations requérant de grandes surfaces, sous réserve de lever la question de leur disponibilité pour une urbanisation.</p> <p>- La filière PV francilienne doit s'intégrer dans une vision plus large des ENR et notamment à travers la question de l'intégration au réseau. Il semble ainsi nécessaire de garder et développer en parallèle des compétences régionales dans le domaine des réseaux intelligents ou Smart Grid. A ce titre des acteurs franciliens des semi-conducteurs et des systèmes complexes comme <u>System@tic</u> et Optics Valley auraient un rôle à jouer.</p>	<p>- l'IDF n'est pas reconnue par les acteurs du PV comme une région particulièrement favorable à l'utilisation du PV, cette image est confortée par le niveau de son marché qui reste anecdotique dans l'ensemble national.</p> <p>- Le marché mondial et national du PV première génération est désormais difficile d'accès avec un verrouillage de plus en plus serré de la part d'acteurs qui se concentrent et une concurrence asiatique dont les coûts de production sont de l'ordre de 30% inférieurs à ceux des coûts Européens à produit similaire.</p> <p>-Les importants développements de sites de production en Europe et en France ces deux dernières années, conjugué au ralentissement du marché en 2009 ne laisse pas espérer de forts investissements pour les deux années à venir et risque de conforter les sites existants, du moins ceux qui auront survécu à la crise de 2009.</p> <p>-La multiplication des investissements dans le sud de la France risque de créer un effet aimant au détriment des régions du nord dont l'IDF.</p> <p>- L'Idf ne semble pas disposer de sites immédiatement disponibles et répondant aux besoins d'une grande unité de production PV : accessibilité, ressources en eau et en énergie abondantes, grande surface d'un seul tenant.</p> <p>- Parallèlement, la multiplication de nouveaux sites de production en France issus d'entreprises ayant leur siège en IDF est récurrent et semble indiquer que la région capitale n'est pas perçue comme site privilégié pour une implantation industrielle pour ce type d'activité : Solaire direct avec deux projets en PACA et Poitou Charente, First Solar avec un projet à Bordeaux, Solsia aurait un projet en Rhône Alpes, Sunnco ensembles avec un projet d'unité de production à Bordeaux. Enfin, on observe même le départ de sociétés auparavant implantées en IDF vers ces mêmes régions comme pour Sputnik ingeniering un fabricant Suisse d'onduleurs qui a choisi de déménager son bureau commercial de Paris à Lyon « <i>pour être au plus près du marché</i> ».</p> <p>- Le positionnement de l'Ile-de-France sera en tout état de causes délicat face à des pôles qui assoient leur légitimité sur la thématique PV notamment Tenerdis qui souhaite à terme inclure l'ensemble des aspects de la recherche PV, y compris les couches minces. On peut aussi questionner la légitimité à terme de l'IRDEP face à l'INES qui se développe et dont la vocation affichée est d'être le hub de la recherche PV française.</p>

<sup>87</sup> Estimation à partir des surfaces bâties répertoriées dans la BD topo® de l'IGN, les surfaces utiles sont évidemment moindres du fait des diverses contraintes pesant sur les installations (orientation, nature de la toiture, contrainte liée au patrimoine...).

## 7.3- Pistes d'actions possibles

Au préalable les actions devront répondre à une politique/stratégie régionale qui saura définir des objectifs clairs quant aux buts recherchés et leur priorité.

- 1) S'agit-il avant tout de développer l'usage du PV en Île-de-France et de devenir ainsi une région à électricité verte ayant une moins forte dépendance vis-à-vis des autres régions et de l'étranger ?

Dans ce cas, le seul financement de la demande répond à ce besoin.

- 2) S'agit-il de développer l'emploi au plus vite en particulier de l'emploi non délocalisable lié à l'installation et l'entretien des matériels PV ?

Dans ce cas, outre le soutien de la demande, des actions de formation et de label de qualité sont nécessaires pour développer l'emploi d'installateurs.

- 3) S'agit-il d'accueillir un emploi de nature plus productive dans notre région avec notamment le développement de la recherche sur ce thème et éventuellement l'accueil d'une ou plusieurs unités de production ?

Dans ce cas, le soutien à la recherche, l'accueil d'activités productives et la structuration d'une filière prend le dessus dans le cadre d'une politique de soutien de l'offre. Le soutien au marché reste une composante importante mais n'est peut-être plus aussi prioritaire, il est à piloter en fonction de projets qui pourraient émerger.

- 4) S'agit-il plus précisément de participer à l'émergence d'une filière nationale de solaire PV en privilégiant des acteurs nationaux ?

Dans ce cas, outre les éléments précédemment cités, un soutien spécifique aux acteurs locaux, en particulier les start-up et spin-off de laboratoires est souhaitable. De même une politique de coopération avec d'autres régions et pôles de compétitivité présents sur cette thématique est souhaitable.

Cette liste n'est pas exhaustive et pourrait être affinée, mais nous avons voulu montrer que suivant les objectifs poursuivis, les réponses seront différentes à la fois dans leur nature mais aussi dans leur ordre de priorité et leur phasage.

C'est en tenant compte de ces 4 différents types d'objectifs que nous tenterons d'orienter nos propositions. Notre propos initial (voir l'introduction de ce document) est de développer une filière PV en Île-de-France de nature industrielle, ce qui implique de favoriser autant que possible une stratégie de type 3 voire 4.

### 7.3.1- Objectifs visant à développer un marché local et l'emploi lié à l'installation et la maintenance

#### 7.3.1.1- Actions sur le marché

On a vu précédemment que les pays disposant des industries PV les plus puissantes étaient aussi ceux qui avaient su dynamiser leur marché intérieur pour créer des débouchés et inciter les investisseurs à choisir leur pays. C'est pourquoi les actions sur le marché constituent un minimum nécessaire.

A ce titre on peut imaginer améliorer les pratiques actuelles et s'inspirer des expériences d'autres régions pour mettre en place de nouveaux dispositifs :

-Accompagner les porteurs de projets d'installations solaires (en distinguant : particuliers, entreprises et collectivités) dans leurs démarches, notamment administratives afin par exemple de réduire les délais de raccordement au réseau qui sont autant de sources de baisse de rendement des investissements. Ce type d'action a déjà été mis en œuvre par la région, peut-être existe-t-il d'autres sources possibles de réduction de ces délais.

-S'appuyer sur les Marchés publics pour favoriser l'implantation d'unités de production en Île-de-France, comme l'a fait la région Poitou Charente.

- Dans la mesure où ces options seraient conformes aux codes des marchés publics, intégrer des clauses de niveau d'émissions de CO<sub>2</sub>, d'empreinte écologique ou de bilan carbone dans le processus de production et de transport dans les marchés publics afin de favoriser les productions localisées au plus près du lieu d'installation.

## **Actions au niveau des règlement d'urbanisme**

-Permettre l'installation de PV dans les zones urbaines les plus denses, notamment dans les sites les plus protégés au niveau du bâti (action sur les règlements d'urbanisme et en particulier les contraintes liées au paysage ou au patrimoine). En contrepartie il faut que ces systèmes PV répondent à des cahiers des charges drastiques.

-Systèmes intégrant dans les PLU des incitations à intégrer le PV dans le bâti en accordant par exemple un bonus de COS. On peut au contraire imaginer un système qui serait plus coercitif et qui pénaliserait le développeur ou le constructeur qui n'intégrerait pas le PV à sa construction et réduirait ainsi son droit à construire.

### **7.3.1.2- Actions sur la formation**

Formations diplômantes :

-Rassembler les formations ENR existantes sous une bannière commune pour les rendre visible avec par exemple la création d'un portail à l'image de celui de Paristech. Ou encore ce dernier pourrait abriter une section dédiée aux formations à l'environnement dont les ENR.

-Participer à des salons spécialisés en mettant en avant cette offre commune

-Participer à la définition de nouvelles formations sur les ENR aux cotés des professionnels, de l'OREF et de l'Etat qui souhaite de son coté développer ce type de formation<sup>88</sup>

Formations continues :

-On a vu dans un chapitre précédent que le plus gros gisement d'emplois pour un pays comme la France réside dans l'installation et l'entretien des installations solaires et qu'à ce titre l'implantation de centres de formation des installateurs par des intégrateurs est un atout pour la région.

L'exemple de la création du Centre de formation de Connergy en Île-de-France est à multiplier. Ce centre créé en partenariat avec le centre de formation industriel de la CCIP est destiné aux professionnels et offre la possibilité de s'exercer au montage de systèmes PV sur 2 charpentes afin d'obtenir la certification qualiPV.

### **7.3.2- Objectifs plus spécifiquement destinés à développer une filière industrielle PV en IDF**

Les subventions à la consommation si elles sont utiles pour développer le marché peuvent s'avérer contre-productives à une échelle nationale en engendrant de fortes importations alors que la production française qui devrait prochainement atteindre 300 MW (voir page 25) ne suffit pas à couvrir la croissance du marché estimée en 2010 par l'EPIA pour la France à 500 ou 700 Mwc mais bien plus si l'on inclue les installations en attente de raccordement.

L'action sur le marché est optimale du point de vue des ressources fiscales publiques lorsqu'il existe une industrie locale à même d'en profiter et de créer des emplois.

Alors que les acteurs asiatiques et notamment Chinois sont en passe de prendre le leadership mondial et de fortement peser sur les coûts de production, l'industrie française en phase de démarrage risque de s'en trouver fortement fragilisée alors que la France importe déjà 70% de sa consommation de panneaux solaires.

A ce titre les pouvoirs publics ont compris qu'une action parallèle sur l'offre était nécessaire et payante à terme au niveau national en termes de retombées économiques et de création d'emplois. Il en est de même au niveau local, la mise en place d'actions sur l'offre permet un meilleur rendement de l'investissement collectif avec à terme la possibilité de créations d'emplois et de rentrées fiscales supplémentaires. Ces actions sur l'offre doivent à la fois cibler l'innovation sur les segments pour lesquelles nous disposons d'avantages ou ceux considérés comme potentiellement les plus porteurs et la structuration de la filière existante et à venir.

---

<sup>88</sup> voir « Etude filières vertes, les filières industrielles stratégiques de la croissance verte », commissariat général au développement durable, janvier 2010

### **7.3.2.1- Structurer la filière, attirer les investisseurs, retenir et favoriser la croissance des jeunes pousses**

#### **- Identifier et rassembler les acteurs, structurer la filière et l'organiser :**

Structurer et fédérer la filière est cité par de nombreux acteurs comme un préalable à toute action visant à développer une activité PV de nature industrielle et de R&D sur notre territoire.

Cette structuration doit s'opérer autour de quelques acteurs clé ayant la volonté de soutenir une telle action locale (IRDEP, EDF, St Gobain solar, Total...), elle doit recevoir un appui clair de la part des collectivités territoriales et en premier lieu la Région.

Elle s'opèrera par étapes avec pour commencer une identification des acteurs de la filière et une communication sur leur présence. Cela passe par exemple par la création d'un annuaire régional afin de renforcer la visibilité interne et externe des acteurs et favoriser leur rencontre. La mise en place d'une structure d'animation chef de file est désormais un préalable incontournable à ce type d'objectif. La création d'un site internet à caractère collaboratif avec accès à des zones sécurisées pour les membres fait partie des outils indispensables.

Ce type d'organisation se rapprocherait de celle d'un cluster voire d'un pôle de compétitivité si une dimension R&D lui était adjointe. Elle peut éventuellement constituer un préalable avant une reconnaissance ultérieure par le label national.

A ce titre des initiatives régionales existent déjà et pourraient constituer des éléments du cadre permettant une telle structuration. Parmi ces initiatives citons le pôle éco-innovations animé par l'agence de développement de Paris, Paris développement, qui ambitionne de structurer et d'animer l'ensemble de la filière des éco-technologies. L'Agence pour l'économie en Essonne qui soutient le développement des éco activités et a pointé le solaire PV comme une de ses cibles potentielles. Enfin, le pôle de compétitivité Advancity dont le champ de compétence inclue les problématiques de l'habitat durable a créé un nouveau domaine d'activité stratégique sur le thème du PV, suite à la réponse à l'appel à projet du gouvernement lancé en 2009 en vue de créer une nouvelle compétence nationale sur une thématique éco-activités.

Afin d'étoffer la présence des acteurs du PV en IDF plusieurs actions peuvent être envisagées :

#### **-Accueillir et développer des sites d'essais de panneaux solaires, les organiser :**

L'IDF pourrait miser sur la nécessité pour les industriels de disposer de sites d'essais complémentaires à ceux existant dans le sud de la France pour des régions moins ensoleillées que la côte d'azur et dans des zones très urbanisées avec des problématiques spécifiques liées au patrimoine. Elle se positionnerait ainsi comme site référent pour la zone France nord. Ce type de site ayant pour avantage de favoriser la venue d'acteurs de la filière voulant profiter d'un tel équipement. Il est nécessaire de s'appuyer sur les initiatives en cours de la part de Veolia, d'EDF sur le site des Renardières et de GDF-Suez sur son site de St Denis et éventuellement favoriser la constitution d'un pôle d'essai régional avec par exemple une mutualisation de ces plates-formes ou encore une spécialisation par sous-thématique.

#### **-Etendre le spectre des fonctions présentes en accueillant des sites pilotes :**

Accueillir, développer des projets pilotes innovants soit à l'initiative des acteurs locaux (publics ou privés) soit en réponse aux appels à projet (du Gouvernement via l'ADEME, de l'UE). Dans le second cas, une veille active des appels à projets pouvant intéresser la région assortie d'une organisation permettant de répondre de manière efficace et rapide serait souhaitable autour d'un chef de file identifié.

L'installation de sites pilotes industriels, qui ont besoin de la proximité avec la recherche avec lesquels ils fonctionnent en forte interaction, favorisent par ailleurs celle d'unités de production. Ces sites sont plus difficiles à attirer que des sites d'essais et font d'ailleurs l'objet d'une forte compétition entre régions.

#### **-Accueillir un site de production sur une technologie de 2<sup>e</sup> voire de 3<sup>e</sup> génération :**

Si l'on considère les critères d'implantation des investissements PV (voir page 33) il apparaît que l'Ile-de-France remplit les conditions pour éventuellement accueillir un site de production de modules selon la technologie des couches minces. Au delà des atouts de la région (important bassin de main d'œuvre qualifiée, activités de R&D, accès logistique...) l'implantation d'une unité de production en Ile-de-France de modules nécessitera l'existence ou la perspective proche d'un marché conséquent tout autant qu'un site adéquat.

### **- Attirer un leader étranger pour accélérer la constitution d'une filière locale :**

Afin de rendre la région rapidement visible au niveau national et international, il peut-être payant de chercher à accueillir une implantation étrangère majeure d'un acteur important du secteur, à l'image de la métropole bordelaise avec le projet First Solar. Il faudrait dans ce cas cibler des entreprises bien positionnées sur les couches minces ou souhaitant s'y positionner et ainsi bénéficier des ressources locales en R&D. Il faut cependant garder en tête qu'une telle implantation risque de fortement réduire les chances de développement d'acteurs locaux. Il est donc nécessaire de viser un acteur complémentaire des acteurs existants.

Une telle implantation, on l'a vu, implique la mobilisation d'importantes ressources financières si possible abondées par des ressources publiques de l'Etat, de l'UE auxquelles l'ajout de concours des collectivités territoriales peut s'avérer décisif.

A l'image de la Région Rhône Alpes dans le cadre de son aide à l'installation de Solsia (voir fiche sur le pôle Tenerdis P66), on peut imaginer que la Région souhaite développer la pratique qui consiste à conclure une convention avec tout bénéficiaire d'une aide afin que la contrepartie à cette aide soit la création d'un volume d'emplois industriels dans la région et l'appel à des fournisseurs locaux. Pour être efficaces, ces clauses devront être inscrites dans la convention et faire l'objet d'un contrôle rigoureux et d'obligations légales de remboursement de tout ou partie de l'aide en cas de non respect.

### **- Définir un portefeuille de sites d'accueil potentiels**

Dans cette optique il convient d'évaluer les chances pour l'IDF d'accueillir un site de production, de définir les qualités idéales de ce site pour enfin identifier un portefeuille de sites potentiels à proposer aux investisseurs. L'ARD Paris Ile-de-France a eu l'occasion de travailler sur ce type d'offre de sites à l'occasion de la survenue d'une série de projets ponctuels, cependant cette initiative nécessiterait un travail de réactualisation systématique. Peut-être une action plus volontaire et pérenne consistant à identifier un ou deux sites de niveau régional dont on fera la promotion à l'image de l'écoparc de Blanquefort, peut se révéler payante (en valorisation de la dynamique et en résultats).

A ce titre, les subventions gouvernementales au titre de la revitalisation des sites touchés par la réduction des activités de défense peuvent constituer un levier de développement sur certains sites spécifiques comme celui de l'aérodrome Brétigny dans l'Essonne ou encore le site de Sourduin à côté de Provins en Seine et Marne. Un abondement de la Région par exemple par le biais de prêts bonifiés pourrait se révéler très efficace.

L'existence de sites de production de verres ainsi que les gisements de sables riches en silicium seraient-ils à ce titre un atout pour l'implantation d'une unité de production dans le sud seine et marnais ?

### **- Valoriser les sites d'accueil pour les éco-activités**

Le ou les sites identifiés existants ou en devenir doivent valoriser l'image des entreprises qui s'y implanteront, un label de parc d'éco-activité régional pourrait contribuer à cette image valorisante.

Ce label pour être crédible et véritablement valorisant devra à la fois valider une qualité environnementale du site et surtout garantir que ce site sera exclusivement dédié à des activités relevant des écotecnologies.

### **- Intégrer des activités de recyclage**

Si nous souhaitons favoriser l'implantation d'une unité de production de modules, il serait souhaitable d'intégrer l'ensemble du cycle de vie du produit, de la conception au recyclage.

Le marché du recyclage représente d'ores et déjà un gros gisement au niveau européen avec 6 000 tonnes de modules PV en 2010 selon l'EPIA<sup>89</sup> et il en sera de même à terme (d'ici 20 ans) en Ile-de-France, cependant il faudra attendre qu'il y ait un volume suffisant de panneaux en fin de vie pour que cette activité soit viable. Par ailleurs, le recyclage est dépendant de la variation des cours des matières premières et n'est rentable qu'en période de prix élevés de celle-ci. Il serait néanmoins censé de prévoir des emplacements pour ce type d'activité.

On peut néanmoins dans l'intervalle souhaiter voir s'implanter une activité de recyclage des rebus de productions comme c'est le cas pour l'usine de First Solar prévue à Blanquefort près de Bordeaux.

---

<sup>89</sup> « More than 200 international experts pave the way to PV module recycling » Communiqué de presse EPIA/PV cycle du 26 janvier 2010

Il existe à ce titre des acteurs indépendants spécialisés dans la fourniture de matières premières et le recyclage de rebus de production et de produits finis en fin de vie<sup>90</sup>.

Cette initiative pourrait compléter celle en cours de réalisation sur le site de Renault Flins qui doit intégrer des activités de recyclage de véhicules, créant ainsi un embryon de pôle de recyclage.

Dans cette perspective, le fleuve pourrait être utilisé comme axe de circulation des matières mises au rebut.

### **-Favoriser l'émergence de start-up dans ce domaine et surtout favoriser leur croissance en IDF ainsi que de tout acteur local clé de la filière :**

Si l'on souhaite développer une partie de la filière PV nationale en idf il faut aussi faire en sorte que des start-up comme Nexcis, Apollon Solar, Solsia, toutes d'origine francilienne mais qui ont développé ailleurs leurs projets industriels trouvent les moyens de le faire dans notre région. Une start-up prometteuse nommée Alchimer n'a pour le moment pas annoncé de projet industriel, le jour venu choisira-t-elle l'Île-de-France ?

Pour cela il faudrait répondre à leurs besoins spécifiques en termes de locaux en proposant une gamme adaptée tout au long du parcours de croissance des jeunes pousses : de l'incubateur au parc technologique en passant par la pépinière. Il serait ainsi constitué un parcours photovoltaïque régional<sup>91</sup>.

A ce titre l'identification de sites dédiés ou pour le moins ciblés comme prioritaires pour ces entreprises contribuerait à la cohésion et à la visibilité de la filière. Dans cette optique afin de neutraliser les désavantages de la métropole de Paris, notamment un foncier rare et cher, la mise en place d'un portage foncier spécialement dédié aux sites destinés aux start-up innovantes est-il envisageable ?

Ce portage serait assuré par l'Etablissement Public Foncier Île-de-France qui intégrerait ainsi cette action spécifique à sa mission d'accompagnement et de consolidation du développement économique, en particulier dans le cadre de ce qu'il appelle : « l'émergence de nouvelles formes de locaux d'activité, adaptés aux activités du 21<sup>ème</sup> siècle »<sup>92</sup> dans son programme pluri-annuel d'intervention 2009-2013.

Parallèlement ces entreprises ayant un important besoin de fonds il serait souhaitable de développer un fonds spécialisé ou de réorienter des moyens existants en cherchant au maximum à s'appuyer et abonder d'autres fonds existants sur cette thématique qu'ils soient publics ou privés (comme par exemple le fonds de capital risque Aster-capital<sup>93</sup> créé par Alstom et Schneider-Electric en 2010 avec une dotation de 70 millions d'euros, qui vise à développer les start-up dans le domaine des technologies innovantes pour l'énergie et l'environnement)

Enfin, certains acteurs industriels locaux ayant une position clé peuvent faire l'objet d'attentions particulières, avec une analyse de leurs besoins et difficultés éventuelles assortis de plans de soutien et d'accompagnement au changement de la Région.

Cette action peut être considérée comme prioritaire si l'on vise un développement endogène.

---

<sup>90</sup> voir à ce titre le site [www.enf.cn/fr/database/materials-recycled.html](http://www.enf.cn/fr/database/materials-recycled.html) qui recense 4 entreprises réemployant des cellules endommagées, notamment le canadien targraysolar qui recycle aussi des modules [www.targraysolar.com/solar/recycling/](http://www.targraysolar.com/solar/recycling/)

<sup>91</sup> Voir à ce sujet l'étude « Sciences cities : campus scientifiques et clusters dans les métropoles du XXI<sup>ème</sup> siècle, le cas de Zurich », laurent perrin et Odile Soulard, IAU-Îdf, janvier 2010.

<sup>92</sup> « programme pluri-annuel d'intervention 2009-2013 », Etablissement public foncier Île-de-France, mars 2010

<sup>93</sup> « Alstom et Schneider Electric lancent un fonds de capital risque spécialisé dans les technologies innovantes pour l'énergie et l'environnement », Schneider Electric, communiqué de presse du 14/01/2010, [www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com)



### 7.3.2.2- Organiser la recherche PV en IDF, cibler des domaines de recherche d'excellence, désigner un site emblématique

#### **-Organiser la recherche régionale sur la thématique PV, renforcer sa visibilité**

Favoriser la mise en réseau et la collaborations des acteurs intervenant sur les mêmes champs, animer ces réseaux. La création d'un label qui rassemblerait les acteurs publics et privés par exemple Paris-Photovoltech' initiative renforcerait la visibilité francilienne sur ce thème. Il serait de plus souhaitable de mettre en place une structure chargées de coordonner la recherche sur cette thématique et de cibler des axes prioritaires

Ainsi, le PV ou une de ses composantes pourrait figurer parmi les Domaines d'Intérêt Majeurs régionaux (DIM), soit par la création d'un nouveau domaine sur les ENR, soit par l'intégration à un DIM existant. Dans cette dernière option, le DIM C'Nano îdf est parfaitement adapté à la thématique PV de 3<sup>e</sup> génération et un simple affichage plus marqué sur le PV serait un premier pas vers plus de visibilité.

#### **-Miser sur les couches minces**

La France est en retard par rapport aux principaux pays concurrents, investir sur les technologies actuelles de première génération devient très difficile face à des acteurs qui se structurent, occupent le marché et ont massivement investi. C'est pourtant le segment qui représente l'essentiel du marché avec 80%. Cependant, si la France a été largement devancées sur la première génération de PV, elle semble avoir des capacités de reprendre du terrain sur les 2<sup>e</sup> et surtout 3<sup>e</sup> générations d'autant que son marché représente désormais en 2009 le 6<sup>e</sup> ou 7<sup>e</sup> marché mondial devant la Chine suivant les sources et devrait conserver cette place au moins jusqu'en 2014 selon l'EPIA.

Sur ces thématiques l'IDF est très bien placée. Elle doit miser sur le couplage avec l'intégration au bâti pour se démarquer de la concurrence internationale et sur l'importance de son marché régional pour faire valoir son attractivité au niveau national.

Le marché ces nouveaux segments est loin d'être négligeable comme on l'a vu précédemment puisque avec 25% du marché à l'horizon 2014 (au moins pour les couches minces) les nouvelles technologies du solaire PV pourraient représenter un marché de l'ordre de 4GWc selon l'EPIA, soit l'équivalent des deux tiers du marché PV mondial actuel.

A ce titre l'IRDEP a été désigné par le rapport du commissariat général au développement durable sur les filières vertes<sup>94</sup> ainsi que par celui de l'assemblée nationale sur l'énergie photovoltaïque<sup>95</sup> comme étant le leader français sur les couches minces, **le positionnement de la région est donc légitime sur cette thématique.**

Pour autant le domaine des couches minces est déjà largement investi par les concurrents internationaux, et l'on peut légitimement se demander s'il n'est pas déjà trop tard pour la France et l'île de France. Dans cette optique, sans abandonner nos chances sur cette technologie, il semble important de valoriser auprès des investisseurs potentiels notre excellence dans le domaine des couches minces associée à celles dans les technologies du futur et la possibilité pour eux d'évoluer vers ces technologies de la troisième génération grâce à un environnement de R&D très actif.

#### **-Garder une longueur d'avance et soutenir les recherches sur les technologies de 3<sup>e</sup> génération**

Dans le prolongement de la recherche sur la seconde génération, il est souhaitable de soutenir les recherches sur les nouvelles générations car selon les spécialistes du domaine, les nouveaux entrants doivent miser sur les technologies en croissance ou émergentes sur lesquelles il n'y a pas encore d'ordre établi et où les technologies évoluent vite. On a vu qu'une rupture technologique peut modifier l'ordre établi parmi les constructeurs mondiaux. Ainsi les Etats-Unis, 4<sup>e</sup> producteur mondial de modules PV de première génération ont fortement investi dans la recherche sur les couches minces et sont actuellement le premier producteur mondial sur cette technologie.

Soutenir la recherche sur les prochaines générations PV constitue de plus un signal fort envers les investisseurs qui souhaiteraient s'implanter en IDF et pour qui il est important de conserver une longueur d'avance sur leurs concurrents en se plaçant au cœur de l'innovation. Par ailleurs ces activités de recherche peuvent permettre l'émergence de start-up qui pourraient devenir un des leaders de demain.

<sup>94</sup> « Etude filières vertes : Les filières industrielles stratégiques de la croissance verte », Commissariat général au développement durable, janvier 2010.

<sup>95</sup> « L'Energie Photovoltaïque » rapport d'information déposé par la commission des affaires économiques de l'assemblée nationale, document présenté par M. Serge Poignant Député.

### **- Un pôle d'innovation et de normalisation du PV intégré au bâti de niveau mondial ?**

L'intégration au bâti est un réel atout pour la France et surtout l'IDF et un constitue potentiel de développement qui pourrait servir de vitrine aux industriels. De plus la région bénéficie de la présence des grands constructeurs et des grands cabinets d'architecte qui sont autant de prescripteurs.

L'intégration au bâti doit figurer parmi les axes d'une politique régionale en faveur d'une filière PV en IDF. L'objectif étant d'inciter les industriels qui serait à la pointe dans ce domaines à venir en IDF dans la perspective de participer à la recherche dans ce domaine, à la fois sur des aspects techniques mais aussi réglementaires (urbanisme, architecturaux) et des aspects juridiques liés en particulier à la sécurité des nouveaux matériaux.

Concrètement cette initiative pourrait se traduire par le lancement de programmes de recherche, de concours d'architectes internationaux et aboutirait à la création de plates-formes pilotes... Cette initiative devrait rassembler des spécialistes de l'architecture et du patrimoine (grands cabinets d'architectes, ABF, Ministère de la culture, le CSTB), des industriels, des assureurs, des urbanistes, ainsi que les clusters régionaux et pôle de compétitivité concernés au premier rang desquels Advancity.

Ainsi, le label patrimoine attaché à Paris et sa région deviendrait synonyme de modernité par la mise en place de normes qui seraient une référence au niveau national et international et constituerait un atout pour les acteurs industriels régionaux ayant participé à son développement en imposant ainsi leur norme au marché.

### **- Désigner un site emblématique pour la recherche PV francilienne ?**

A la fois pour renforcer son image mais aussi pour rassembler les acteurs, la désignation d'un site emblématique pour la recherche francilienne sur le PV constituerait un acte fort.

Plusieurs sites seraient appropriés, notamment les sites de Marne-La-Vallée et celui du plateau de Saclay.

Le site de Marne-la-Vallée autour du CSTB et du pôle Advancity serait plus particulièrement approprié pour une thématique marquée dans l'intégration au bâti.

Le site de Saclay, plus technologique et plus marqué par la recherche fondamentale, serait particulièrement adapté aux recherches sur les prochaines générations de PV. Ce site fait actuellement l'objet de projets ambitieux avec le plan campus et le pôle climat environnement énergie.

Quelle que soit l'option retenue, la création de sites intégrés pouvant aussi accueillir des pilotes industriels, des incubateurs et des pépinières dédiées aux entreprises high tech œuvrant dans le domaine des ENR en général et du PV en particulier serait souhaitable, à l'image de ce qui a été réalisé pour l'INES en France ou l'ISE en Allemagne à Freiburg (voir les fiches p74 et p77 à ce sujet)<sup>96</sup>.

---

<sup>96</sup> Sur la problématique des clusters en général voir aussi l'étude « clusters mondiaux », Sylvie Lartigue et Odile Soulard, IAU-IDF 2008, et les études de cas de structurations de clusters « Science cities : campus scientifiques et clusters dans les métropoles du XXIe siècle : Helsinki, Zurich », IAU-IDF parues en 2009 et 2010.

# Annexes

## 1-Bibliographie

### Etudes rapports sur la filière Photovoltaïque

- « Baromètre Photovoltaïque 2009 » Euroserv'ER , avril 2010
- « Global Market outlook for PV until 2014», European Photovoltaic Industry Association, mars 2010
- « Annuaire des fournisseurs de l'industrie photovoltaïque 2010 », SER, mars 2010
- « Etude filières vertes : Les filières industrielles stratégiques de la croissance verte », Commissariat général au développement durable, mars 2010.
- « L'Etat de la filière photovoltaïque en France», PwC, 2010
- « Etude exploratoire, état des lieux du photovoltaïque en Ile-de-France et conditions de mise en œuvre de la filière », Icare pour l'ARENE IDF, 2 février 2010.
- « Pôle solaire photovoltaïque porté par le pôle de compétitivité ADVANCITY en Ile-de-France », Advancity, 1<sup>er</sup> octobre 2009.(dossier de candidature à l'appel à projet du gouvernement pour la labellisation de nouveaux domaines stratégiques dans le champ des éco-industries)
- « Marchés, emplois et enjeux énergétiques des activités liées aux énergies renouvelables et à l'efficacité énergétique : situation 2007/2008, perspectives 2009 », ADEME octobre 2009
- « L'Energie Photovoltaïque » rapport d'information déposé par la commission des affaires économiques de l'assemblée nationale, document présenté par M. Serge Poignant Député, juillet 2009.
- « Trends in photovoltaic applications : survey of selected IEA countries between 1992 and 2007, 2008 », IEA PVPS, 2009
- « Baromètre Photovoltaïque 2008 » Euroserv'ER , mars 2009
- « Filière Photovoltaïque », SOFRED pour la DRIRE Languedoc Roussillon, 30 octobre 2008
- « Les perspectives de développement du photovoltaïque dans le monde » Eurostaf 2007
- «China solar PV report», Greenpeace 2007
- « Perspectives énergétique de la France à l'horizon 2020 » Centre d'analyse stratégique, septembre 2007

### Autres études et rapports :

- Laurent Perrin et Odile Soulard, « Science cities : campus scientifiques et clusters dans les métropoles du XXI<sup>e</sup> siècle : Helsinki, Zurich », IAU-IDF parues en 2009 et 2010.
- « Renewable energies 2008 : International Investment stratégies & key investors study », Oxford Intelligence, 2008.
- Sylvie Lartigue et Odile Soulard « Clusters mondiaux », IAU-IDF, 2008,
- « Étude prospective sur le développement des activités et des emplois dans les secteurs de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables en Ile-de-France », ICE pour ARENE IDF, décembre 2006
- «Technologies clé 2010»,Direction générale des entreprises (DGE), rapport au gouvernement 2006

Articles et documents divers :

« Le secteur cherche encore son modèle industriel », les echos 30 mars 2010

« Nexcis inaugure son unité de conception de modules photovoltaïques nouvelle génération » Extrait de l'article du 3 mars 2010, le quotidien des usines, Provence Alpes Côte d'Azur

« First Solar s'implante en Gironde », L'Usine Nouvelle, du 21 janvier 2010

« More than 200 international experts pave the way to PV module recycling » Communiqué de presse EPIA/PV cycle du 26 janvier 2010

«Quarterly PV Cell Capacity Database & Trends Report», DisplaySearch, janv 2010

« solar cell demand to overtake 2009 overcapacity » site renewableenergyworld 11 dec 2009

« World map of of the PV industry : cell, module and thin-film modules, September 2009 » Sun & Wind magazine 10/2009, pp94 à 96

« World map of the PV industry : silicon production, wafer production, august 2009 » in Sun&Wind magazine 9/2009 PP 112 à 117

« Trends in Worldwide Solar Cell Manufacturing » , site renewableenergyworld oct 2009

« Appel à projet pour l'implantation et le développement d'unités industrielles ou tertiaires dans le secteur PV et des ENR », Région Poitou Charente, février 2009.

« charte de coopération "Energies renouvelables ou non productrices de gaz à effet de serre". », communiqué de presse du 12 novembre 2008.

Aide n°148 (aide publiée le 1 février 2007), Conseil régional d'Ile-de-France

« Trends in worldwide solar cell manufacturing », photovoltaic world septembre 2009, sur [www.electroiq.com](http://www.electroiq.com)

«Solarbuzz Reports World Solar Photovoltaic Market Grew to 7.3 Gigawatt in 2009», site Solar buzz, 15 mars 2010

“IBM Pioneers Process to Turn Waste into Solar Energy IBM Press Release” , 30 octobre 2007

## 2-Sites internet

Sites d'entreprises ou d'institutions de recherche cités dans le rapport

Sites d'informations sur les ENR et le PV en particulier

[www.energies-renouvelables.org](http://www.energies-renouvelables.org) : le journal des énergies renouvelables

[www.energie-online.fr](http://www.energie-online.fr)

[www.enf.cn](http://www.enf.cn)

[www.renewableenergyworld.com](http://www.renewableenergyworld.com)

[www.displaysearch.com](http://www.displaysearch.com)

[www.solarbuzz.com](http://www.solarbuzz.com)

[www.greenunivers.com](http://www.greenunivers.com)

[www.electroiq.com](http://www.electroiq.com)

Sites d'organismes français, pôles de compétitivités et régions :

[www.ser.org](http://www.ser.org) : syndicat des énergies renouvelables

[www.arenidf.org](http://www.arenidf.org)

[www.poitou-charentes.fr](http://www.poitou-charentes.fr)

[www.s2e2.fr](http://www.s2e2.fr)

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

[www.ecoenergies\\_cluster.fr](http://www.ecoenergies_cluster.fr)

[www.grenoble-universites.fr/energies](http://www.grenoble-universites.fr/energies)

[www.ines-solaire.com](http://www.ines-solaire.com)

[www.pole-derbi.com](http://www.pole-derbi.com)

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

<http://www.mineralinfo.org/Panorama/Pano2000/panorama2000.pdf>, site du BRGM recensant les ressources en silicium

Site du fonds de capital risque Alstom/Schneider Electric spécialisé dans les technologies innovantes pour l'énergie et l'environnement : ASTER capital

[www.aster-capital.com](http://www.aster-capital.com)

sites d'institutions étrangères :

[www.ise.fraunhofer.de](http://www.ise.fraunhofer.de)

[www.csp.fraunhofer.de](http://www.csp.fraunhofer.de)

[www.ikts.fraunhofer.de](http://www.ikts.fraunhofer.de)

[www.iws.fraunhofer.de](http://www.iws.fraunhofer.de)

[www.solarvalley.org](http://www.solarvalley.org)

[www.fzd.de](http://www.fzd.de)

[www.pvcycle.org/](http://www.pvcycle.org/)

[www.enf.cn/fr/database/materials-recycled.html](http://www.enf.cn/fr/database/materials-recycled.html) site qui recense 4 entreprises réemployant des cellules endommagées, notamment le canadien targraysolar qui recycle aussi des modules

[www.targraysolar.com/solar/recycling/](http://www.targraysolar.com/solar/recycling/)

### 3- Extrait discours de l'union du Président Obama 3 mars 2009

*"It begins with energy.*

*We know the country that harnesses the power of clean, renewable energy will lead the 21st century. And yet, it is China that has launched the largest effort in history to make their economy energy efficient. We invented solar technology, but we've fallen behind countries like Germany and Japan in producing it. New plug-in hybrids roll off our assembly lines, but they will run on batteries made in Korea. Well I do not accept a future where the jobs and industries of tomorrow take root beyond our borders – and I know you don't either. It is time for America to lead again.*

*Thanks to our recovery plan, we will double this nation's supply of renewable energy in the next three years. We have also made the largest investment in basic research funding in American history – an investment that will spur not only new discoveries in energy, but breakthroughs in medicine, science, and technology.*

*We will soon lay down thousands of miles of power lines that can carry new energy to cities and towns across this country. And we will put Americans to work making our homes and buildings more efficient so that we can save billions of dollars on our energy bills.*

*But to truly transform our economy, protect our security, and save our planet from the ravages of climate change, we need to ultimately make clean, renewable energy the profitable kind of energy. So I ask this Congress to send me legislation that places a market-based cap on carbon pollution and drives the production of more renewable energy in America. And to support that innovation, we will invest **fifteen billion dollars a year to develop technologies like wind power and solar power; advanced biofuels, clean coal, and more fuel-efficient cars and trucks built right here in America.**"*

## 4- Méthode d'élaboration du fichier des établissements industriels du PV en IDF

Pour élaborer le fichier des établissements franciliens ayant une activité **de nature industrielle ou de recherche en IDF** dans le domaine du PV, nous nous sommes appuyés en premier lieu sur le fichier entreprises élaboré par l'ARENE dans le cadre de son étude prospective<sup>97</sup> parue en 2007. Le fichier ARENE nous fournissait ainsi une première vision des entreprises présentes en IDF.

Afin de tenir compte de l'évolution rapide du secteur, alors que ce fichier datait de 2006, nous avons souhaité revisiter les annuaires des adhérents du Syndicat des énergies renouvelables (le SER qui est le syndicat professionnel des entreprises des ENR en France), et de l'EPIA, son équivalent pour l'Europe ciblé sur les acteurs du photovoltaïque, en y ajoutant le cas échéant les entreprises présentes sur les salons spécialisés dans les ENR en France déclarant ayant une activité dans le solaire PV mais non représentés dans ces deux associations professionnelles.

A partir de cette matière nous avons dressé une double liste :

- Les entreprises ayant leur représentation principale en IDF,
- les entreprises ayant leur représentation principale ailleurs en France.

Les entreprises de la première catégorie ont été incorporées à notre fichier entreprises francilien.

Les entreprises de la seconde liste ont fait l'objet d'une vérification systématique sur la base Point Risk afin de repérer si elles disposaient d'au moins un établissement en Ile-de-France. Celles étant dans ce cas étaient à leur tour incorporées à notre fichier d'entreprises.

Enfin, certains organismes franciliens nous ont fourni des informations complémentaires concernant des acteurs franciliens actifs dans le PV et ne figurant pas dans les listes précédemment visitées, nous les avons incorporées à leur tour. De même, tout au long de notre étude nous avons ajouté des entreprises actives dans le PV citées dans la presse papier ou en ligne.

Pour pouvoir dresser une cartographie fine et la plus représentative de l'effet cluster des entreprises du PV en Ile-de-France, il était nécessaire de disposer d'un fichier au niveau des établissements.

Pour obtenir ce fichier à partir de la base entreprise, nous avons systématiquement interrogé la base point Risk pour chaque entreprise identifiée et reporté le résultat dans une nouvelle base établissements.

Pour les plus gros établissements (plus de 50 salariés) nous avons mené une investigation à partir des sites Internet, complétée par une série de vérifications par téléphone pour vérifier que ces établissements avaient effectivement une activité dans le PV ainsi que pour caractériser cette activité (R&D, bureau d'études, siège, production, bureau commercial, centre de distribution...).

Finalement notre base établissements pour la filière PV comprend 107 établissements dont l'information d'origine est retracée par le tableau ci-dessous.

Base entreprises ARENE	23
Annuaire et adhérents SER	27
Adhérents EPIA	18
Salons ENR	10
Recherches : presse et internet	20
Divers (fichiers ARD, agences de développement, Advancity)	9

Total établissements 107

<sup>97</sup> « Étude prospective sur le développement des activités et des emplois dans les secteurs de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables en Ile-de-France », ICE pour ARENE IDF, décembre 2006

## **Carte des implantations d'entreprises industrielle oeuvrant dans le PV (format A3)**



