

Mission relative à la régulation et au développement de la filière photovoltaïque en France

Rapport final

Jean-Michel CHARPIN - Alexandre SINÉ – Philippe HELLEISEN – Cécile TLILI (IGF)

Claude TRINK, Christian STOFFAES (CGIET)



IGF

INSPECTION GÉNÉRALE DES FINANCES

MINISTÈRE
DE L'ÉCONOMIE, DE L'INDUSTRIE
ET DE L'EMPLOI



MINISTÈRE DU BUDGET,
DES COMPTES PUBLICS
ET DE LA RÉFORME DE L'ÉTAT

Enjeux et objectifs de la mission

- ❑ **L'essor de l'électricité photovoltaïque s'inscrit dans le cadre d'une politique ambitieuse de développement des énergies renouvelables (ENR) :**
 - Soutien aux ENR dans le cadre du Grenelle et des objectifs européens à échéance 2020
 - Pour le photovoltaïque (PV), double objectif de développement de la production électrique (mix énergétique) et de construction d'une filière industrielle

- ❑ **Contexte de la mission**
 - Novembre et décembre 2009 : flambées des demandes de rachat pour le photovoltaïque, dont l'engagement financier sur les vingt prochaines années pourrait atteindre plusieurs dizaines de milliards d'euros qui seront répercutées sur le prix de l'électricité facturé aux consommateurs
 - Janvier à mars 2010 : mesures d'urgence prises par le gouvernement (ajustement des tarifs, mesures transitoires pour traiter l'afflux des demandes)
 - Lettre du 26 mars 2010 du ministre du développement durable et du ministre de l'économie, de l'industrie et de l'emploi confiant au Conseil Général de l'Industrie, de l'Énergie et des Technologies (CGIET) et à l'Inspection Générale des Finances (IGF) une mission relative à la régulation et au développement de la filière photovoltaïque en France

- ❑ **Les objectifs de la mission sont triples:**
 - Identifier les mécanismes et acteurs ayant conduit à la flambée de 2009 (enjeu de gouvernance)
 - Évaluer la pertinence des mesures prises par le Gouvernement et faire des propositions sur la régulation du secteur
 - Proposer des améliorations aux mesures de soutien à la filière industrielle

Périmètre, méthode et calendrier

- ❑ **La mission a conduit, entre avril et juillet 2010, une soixantaine d'entretiens avec :**
 - Des services de l'État au niveau central (ministères du développement durable, de l'économie, de l'agriculture et de la pêche, de l'enseignement supérieur et de la recherche) et au niveau déconcentré dans deux régions (Languedoc-Roussillon et Provence-Alpes-Côte d'Azur) , ainsi que d'autres organes publics (ADEME, CRE, pôles de compétitivité)
 - Des entreprises de l'amont de la filière photovoltaïque (Photowatt, Tenesol, Fonroche, Nexcis) ainsi que des énergéticiens et industriels intervenants sur des secteurs connexes (Total, Saint-Gobain, Schneider, etc.)
 - Des entreprises de l'aval de la filière photovoltaïque et des producteurs d'électricité photovoltaïque (EDF EN, GDF Suez, Green Yellow, Solaire Direct, SunR, Imerys, Tecsol, etc.)
 - Plusieurs associations professionnelles représentant ces différentes activités (Syndicat des énergies renouvelables, Enerplan, Fédération Française du Bâtiment)
 - L'entreprise chargée de la mission publique d'obligation d'achat (EDF) ainsi que le gestionnaire de réseau (ERDF)
 - Des centres de recherche (INES, IRDEP)
 - Des associations de promotion du développement durable (CLER, HESPUL)
 - Des représentants de l'État et des entreprises en Espagne et en Allemagne
- ❑ **Elle a exploité la base de données d'EDF Obligation d'Achats**
- ❑ **Elle a mené une enquête auprès des services économiques régionaux de neuf pays concernant la politique énergétique et industrielle conduite en matière de photovoltaïque (Allemagne, Belgique, Chine, Espagne, États-Unis, Italie, Japon, Portugal, Royaume-Uni)**
- ❑ **La mission a exclu de son champ d'analyse les problématiques liées au développement du photovoltaïque outre-mer, dont les enjeux spécifiques pourraient justifier des investigations *ad hoc***

Récapitulatif des principales décisions proposées

Baisse immédiate des tarifs à l'été 2010

- **Conserver la grille tarifaire actuelle**
- **Baisser les tarifs de manière homogène sur toutes les catégories**
- **Baisse au-delà de -10%**
- **Organiser le processus décisionnel pour une publication de l'arrêté début septembre (arbitrages, communication, consultations CSE/CRE...)**
- **Améliorer le système d'information d'ERDF pour suivre « en temps réel » les flux de nouveaux projets ; transmettre les informations aux administrations compétentes**

Mise en place d'un système de régulation pérenne avec de la visibilité pour la filière

- **Préciser la stratégie et les objectifs de la politique photovoltaïque**
- **Définir une cible annuelle de 300 à 500 MW/an**
- **Identifier trois segments de marché pertinents et répartir la cible annuelle entre ces segments (particuliers 100 à 150 MW/an, grandes toitures 100 à 200 MW/an, fermes au sol 0 à 150 MW/an)**
- **Introduire de nouveaux outils de régulation pour maîtriser les quantités**
 - Particuliers et grandes toitures : tarif avec dégressivité trimestrielle automatique en fonction des volumes
 - Sol : appels d'offres
- **Améliorer la procédure d'instruction des demandes de rachat (déclaration d'intention, dépôt de garantie lors de la demande de raccordement, blocage du tarif lors de la proposition technique et financière de raccordement)**

Recherche et développement / Politique industrielle

- **Mettre en cohérence la stratégie de R&D avec les opportunités identifiées (activités connexes au photovoltaïque et technologies émergentes)**
- **Maintenir les moyens sur la R&D**
- **Mobiliser les grands acteurs industriels susceptibles de se positionner sur le photovoltaïque et organiser la mise en réseau des acteurs à l'échelle nationale**

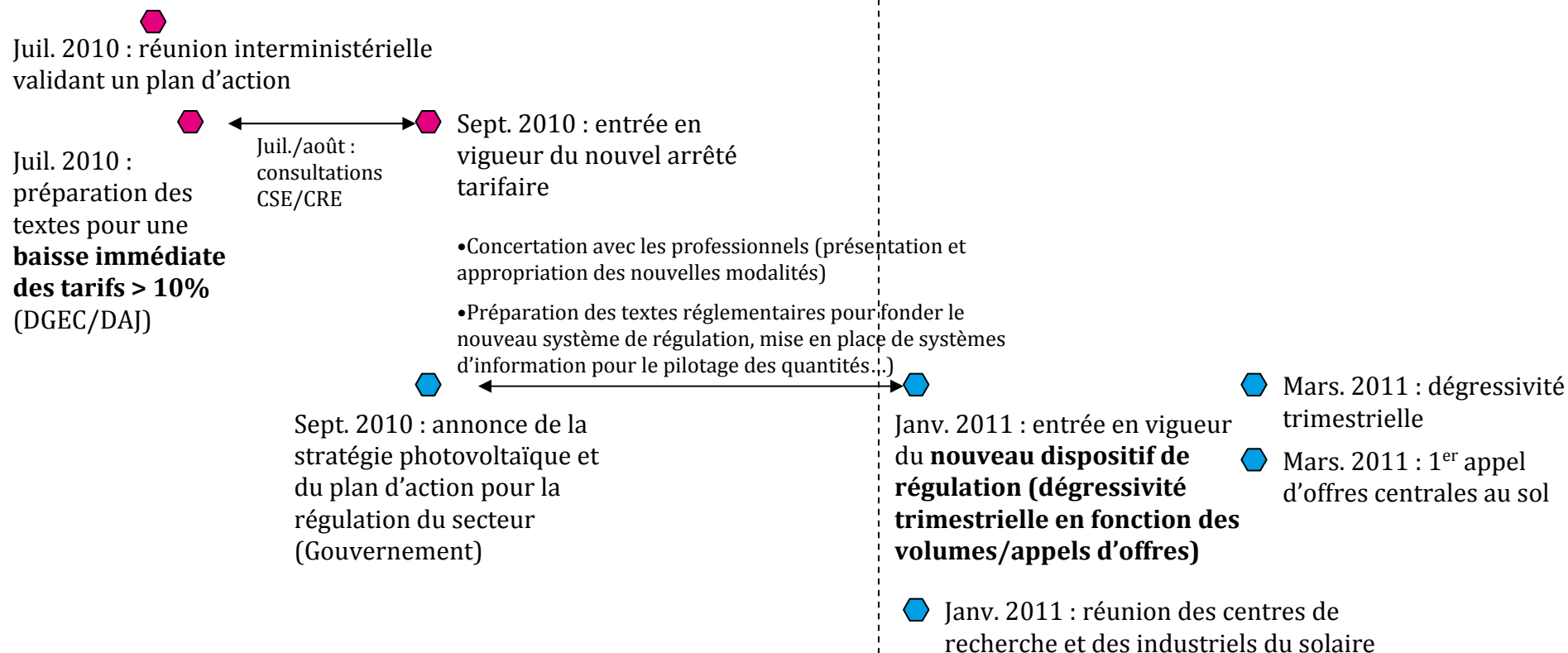
La baisse immédiate des tarifs et la mise en place d'un système de régulation pérenne avec de la visibilité pour la filière

Mise en œuvre des recommandations

2010

2011

Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars
-------	------	-------	------	------	------	-------	------	------



Sommaire

1. Le développement du parc photovoltaïque

- Le photovoltaïque : une énergie à fort potentiel, mais dont le développement à moyen terme est limité par ses coûts élevés
- La flambée des demandes fin 2009 : état des lieux et perspectives
- Les nouvelles conditions tarifaires restent très attractives et le développement devrait se poursuivre à un rythme soutenu

2. Un péril financier et des incertitudes industrielles

- Les conséquences financières potentielles d'une trajectoire de développement soutenue
- L'inadéquation entre les objectifs industriels et le rythme de déploiement

3. Un plan d'action pour un secteur à fort potentiel de croissance qui présente des opportunités économiques

- La politique du photovoltaïque doit cibler prioritairement le positionnement des entreprises françaises sur ce secteur à fort potentiel au niveau mondial
- Un plan d'action en deux temps pour donner de la visibilité aux acteurs

4. Prendre des mesures relatives à l'obligation d'achat dès l'été 2010

- Modifier le niveau du tarif de rachat de l'électricité photovoltaïque
- Améliorer le pilotage de l'outil « tarif d'achat » pour gérer la file d'attente et le flux de demandes nouvelles

5. Définir un plan d'action global pour le développement de l'électricité photovoltaïque à mettre en œuvre début 2011

- Définir de nouveaux objectifs quantitatifs à horizon 2020 pour le photovoltaïque et les décliner sur les différents segments de marché pertinents
- Mettre en place des outils de régulation adéquats pour piloter la trajectoire
- Mettre en œuvre une stratégie industrielle

Compléments et éléments de comparaison internationale

Le photovoltaïque : une source d'électricité à fort potentiel, qui représente toutefois à moyen terme en France un enjeu énergétique limité

- ❑ **Le photovoltaïque devrait connaître un développement à moyen terme, qui aboutira à un essor très rapide de la filière industrielle au niveau mondial**
 - L'énergie photovoltaïque repose sur une ressource illimitée, bien qu'intermittente
 - Si cette forme d'énergie est encore coûteuse en Europe et nécessite des dispositifs publics de soutien, selon les études des professionnels, la parité réseau pourrait progressivement être atteinte dans différents pays du monde entre 2010 et 2020 pour les installations résidentielles et commerciales, en fonction du prix de détail de l'électricité et du taux d'ensoleillement des pays concernés
 - Une fois la parité réseau atteinte, le secteur connaîtra une phase de déploiement à grande échelle. En effet, tous les consommateurs d'électricité auront progressivement intérêt économiquement à investir
 - Les spécificités françaises (coût faible de l'électricité, taux d'ensoleillement moyen) impliquent que le déploiement se produira d'abord dans d'autres pays du monde : les opportunités industrielles se situent au niveau mondial
- ❑ **Toutefois, d'après les objectifs du Grenelle de l'environnement, en raison de son coût de revient et de son manque de maturité, elle ne représentera en 2020 qu'une part faible du parc énergétique français**

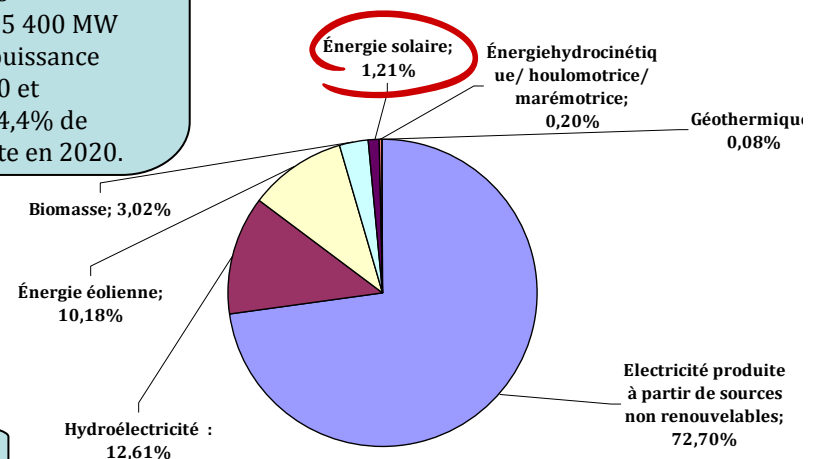
Part de l'énergie solaire dans le total de l'électricité provenant de sources renouvelables

	2005	2008	2010	2020
En % de la puissance installée de sources d'électricité renouvelables	0,09%	0,37%	1,52%	8,69%
En % de l'énergie produite à partir de sources d'électricité renouvelables	0,03%	0,09%	0,70%	4,43%
En % de la consommation finale brute d'électricité	0,00%	0,01%	0,11%	1,21%
En % de la consommation finale brute d'énergie	0,00%	0,00%	0,03%	0,37%

L'énergie solaire représente une part limitée des objectifs de production d'électricité à partir de sources renouvelables : 5 400 MW soit 8,7% de la puissance installée en 2020 et 6 885 GWh soit 4,4% de l'énergie produite en 2020.

L'énergie solaire représente moins de 0,4% sur l'objectif de 23% d'énergie produite à partir de sources renouvelables dans la consommation d'énergie finale brute en 2020 (directive européenne 28/CE/2009)

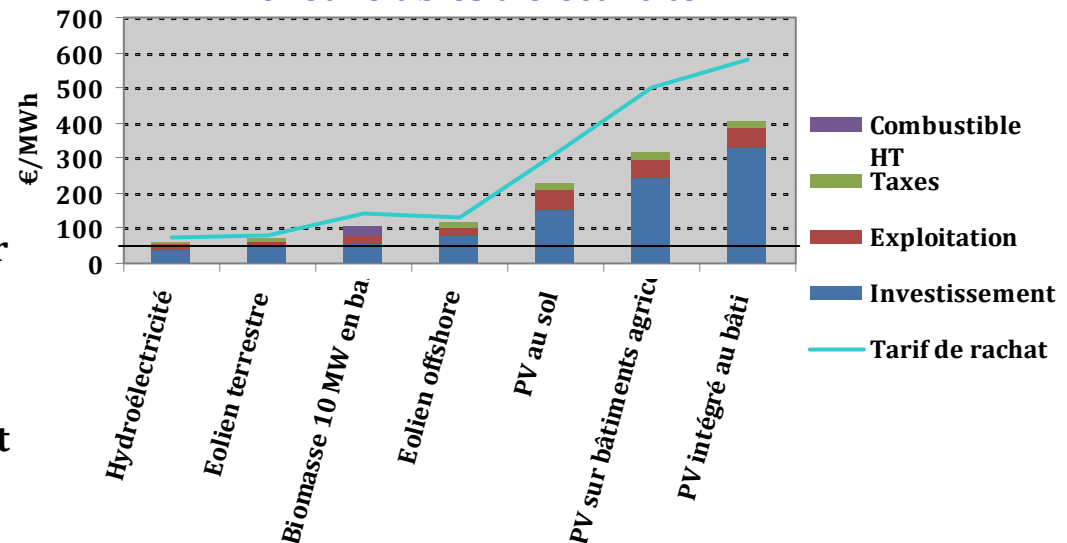
Part des sources d'énergie renouvelable dans la consommation brute d'électricité en 2020 (prévision)



L'électricité photovoltaïque est aujourd'hui la plus coûteuse des sources d'électricité renouvelables en l'état de la technologie

- ❑ La production d'électricité photovoltaïque au sol coûte plus de 200€/MWh contre 60€/MWh pour l'hydroélectricité ou 70€/MWh pour l'éolien terrestre (cf. étude sur les coûts de référence de la production électrique de la DGEC, 2009)
- ❑ La structure des coûts de la production photovoltaïque se caractérise par une part prépondérante relative à l'investissement
- ❑ Le tarif de rachat varie de 314€/MWh pour les installations au sol à 580€/MWh pour l'intégration au bâti sur les habitations, à comparer au prix sur le marché de gros de l'électricité en France ~56€/MWh en juin 2010 (contrat d'un MW en continu pendant un an) => L'écart entre le tarif d'achat et le prix de marché est financé par les consommateurs d'électricité via la contribution au service public de l'électricité (CSPE, cf. infra).
- ❑ Par ailleurs, le tarif de rachat correspond à un coût élevé de la tonne de CO₂ évitée. Ce chiffre varie entre 200 € et 1 800 € en fonction des modalités de substitution envisagées. Or la commission Quinet de 2008 puis la commission Rocard de 2009 ont proposé de valoriser la tonne de CO₂ à 32 €.

Écart entre le tarif de rachat et le coût de production pour différentes sources renouvelables d'électricité

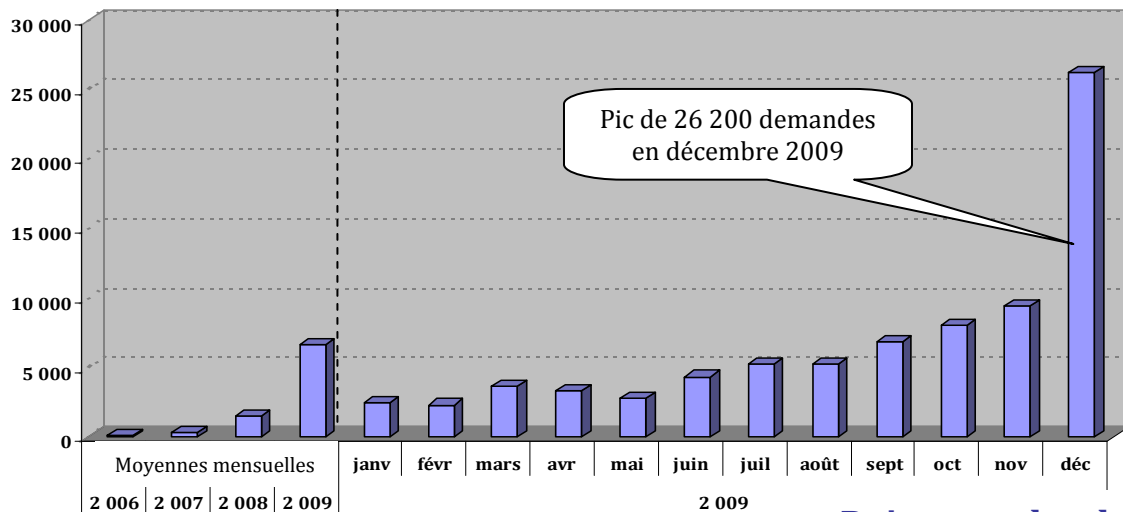


Source : Mission, d'après MEIE/DG Trésor (note du 21 septembre 2009) et MEEDDM/DGEC, Synthèse publique de l'étude des coûts de référence de la production électrique, 2008.

L'électricité photovoltaïque présente à la fois le coût de production le plus élevé et l'écart entre le tarif de rachat et le coût de production le plus grand des différentes sources renouvelables d'électricité

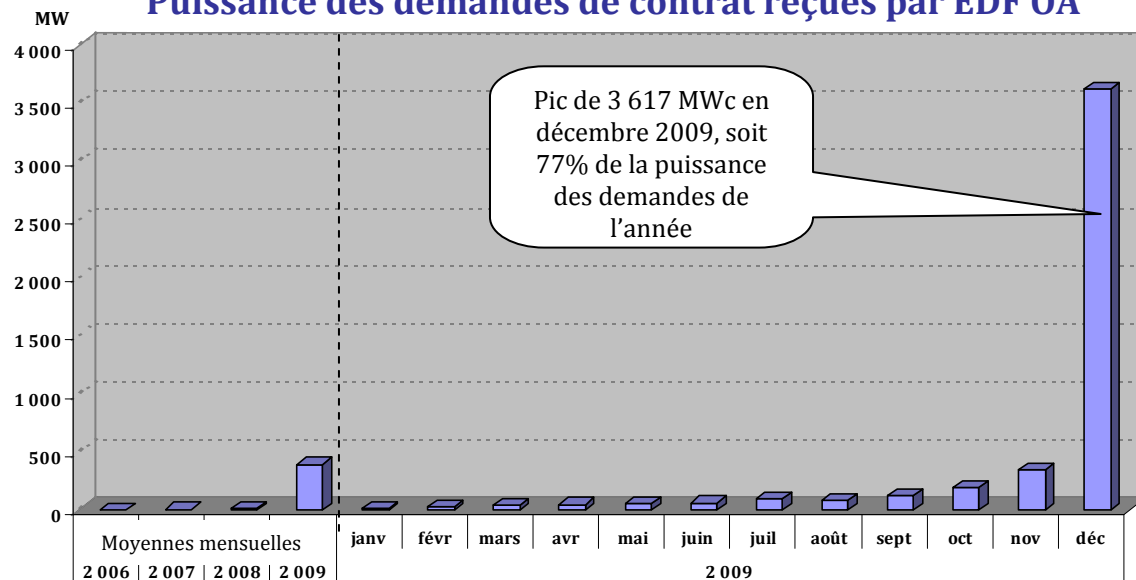
La flambée des demandes en 2009 a conduit à la création d'une « file d'attente » de demandes de contrats qui atteint 4,8 GW

Nombre de demandes de contrat reçues par EDF OA



Le nombre de demandes complètes de contrat reçues par EDF Obligation d'Achat (EDF OA) a été multiplié par plus de quatre entre 2008 et 2009, en passant de 18 000 à 80 000

Puissance des demandes de contrat reçues par EDF OA

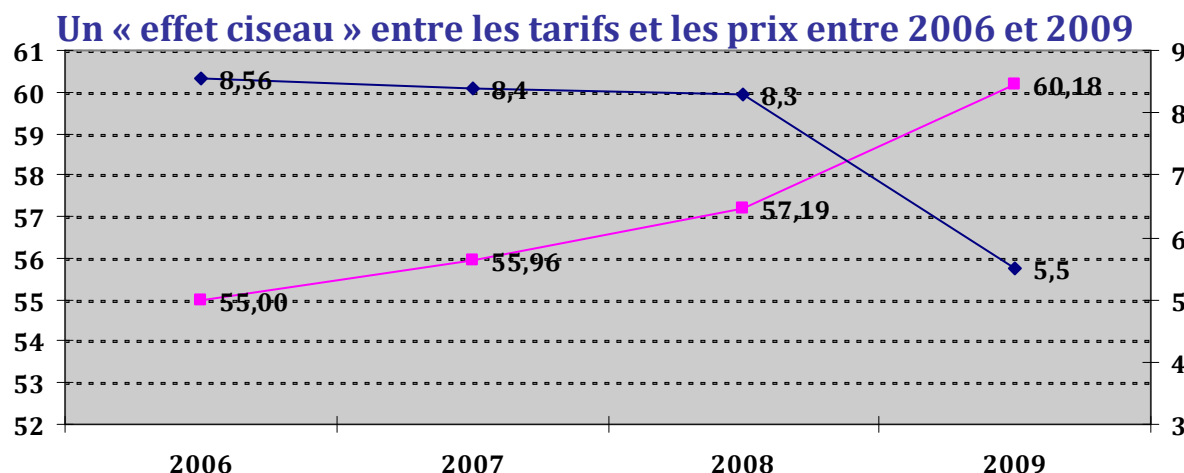


La progression est encore plus forte en puissance : la puissance totale demandée en 2009 s'élève à 4 670 MWc, contre 85 MWc en 2008 (facteur 50)

La puissance totale des demandes déposées en 2009 représente 90% de l'objectif 2020 de la programmation pluriannuelle des investissements (PPI) soit 5,4 GWc

Deux principaux facteurs expliquent la forte augmentation des demandes de contrats d'achat constatée fin 2009

- ❑ La rentabilité du secteur photovoltaïque est devenue très attractive avec
 - d'une part l'augmentation des tarifs d'achat (modalités d'indexations prévues par l'arrêté tarifaire de 2006)
 - d'autre part la baisse du prix des panneaux : du côté de l'offre, baisse du prix du silicium après une période de tension, augmentation des capacités de production et baisse des coûts dans les pays émergents (Chine), outre des gains de productivité tendanciels ; du côté de la demande, réduction du marché liée à la crise économique (ex. : tarissement des sources de financement) et à l'éclatement de la « bulle espagnole »
- ❑ Le délai entre l'annonce de la baisse des tarifs et sa réalisation en France (premières annonces en novembre 2008, présentation de nouveaux tarifs en septembre 2009, adoption de l'arrêté tarifaire en janvier 2010). Ce délai peut en partie s'expliquer par la conjonction d'une discussion sur la structure des tarifs (repenser la définition de l'intégration au bâti) et sur leur niveau



La file d'attente constituée fin 2009 est très largement composée d'installations de grande capacité avec le tarif de rachat intégré au bâti

	CATÉGORIE	TYPE D'INSTALLATION	PART DANS LE PARC INSTALLÉ	PART DANS LA FILE D'ATTENTE
 Installation en toiture de 2,6 kWc	82% (puissance) • Intégré au bâti ≤3kWc • Intégré au bâti >3kWc : • 3-250 kWc • > 250 kWc	Installations en toiture chez des particuliers	89% des contrats (41 900) 44% de la puissance (108 MWc)	67% des demandes (40 300) 2% de la puissance (109 MWc)
 Hangar agricole de 32kWc (240 m2)		Installations en toitures industrielles ou agricoles : • Petites et moyennes capacités: ex. entrepôts agricoles, bâtiments tertiaires, supermarchés • Grandes capacités: ex. entrepôts logistiques, ombrières de parking	9% des contrats (4 400) 47% de la puissance (115 MWc)	33 % des demandes (19 900) 80% de la puissance (3 800 MWc) <i>dont 2 100 MWc (43% de la file d'attente) > 250 kWc</i>
 Entrepôt FM Logistic 1,4 MWc (28 000 m2)				
 Centrale EDF EN de Narbonne – 7 MWc (23 ha)	• Non intégré au bâti > 1 MW	Centrales au sol	0,01 % des contrats (5) 7% de la puissance (17 MWc) 246 MWc	0,2 % des contrats (118) 18% de la puissance (848 MWc) 4 800 MWc
	• Total		47 000 contrats	60 000 demandes



Des incertitudes pèsent sur le tarif, le taux et le délai de réalisation des projets de la file d'attente

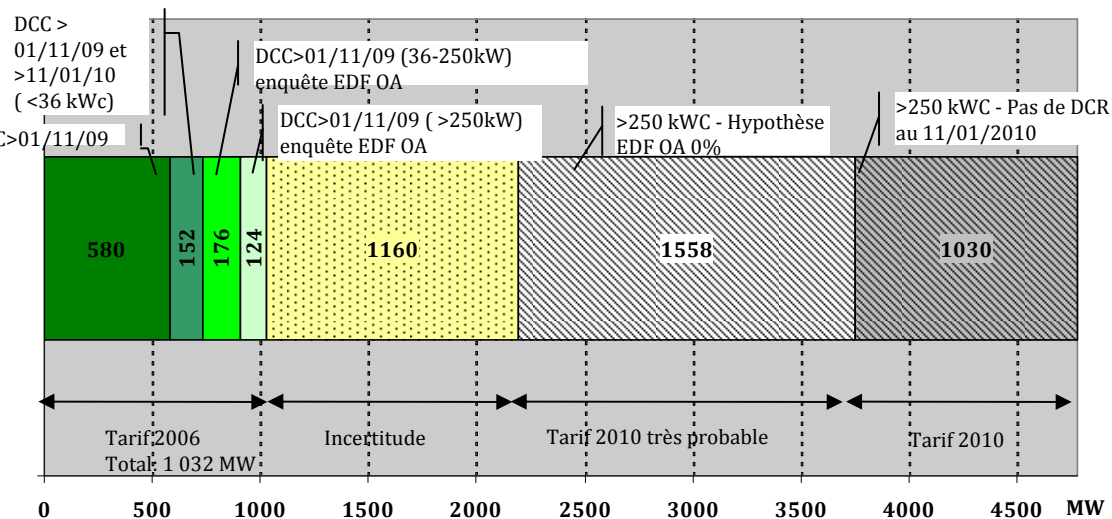
Il est difficile d'estimer la puissance aujourd'hui en file d'attente qui bénéficiera des tarifs 2006 dans le cadre de l'arrêté de mesures transitoires et qui sera mise en service :

- L'analyse des données d'EDF OA et d'ERDF indique que sur les 4,8 GWc de la file d'attente (essentiellement constituée à partir des 4,67 GWc de demandes 2009), 1 GWc (22%) relève du tarif 2006 et 1 GWc du tarif 2010
- Au-delà de ce constat, on peut faire l'hypothèse, qui apparaît réaliste, qu'1,5 GWc supplémentaire est écarté du tarif 2006 (demandes pour des installations de plus de 250 kWc déposées en novembre et décembre)
- Pour le reste, le tarif applicable n'a pu être déterminé par la mission car il dépend du croisement de plusieurs informations (données relatives à la demande de contrat, au processus de raccordement, au caractère agricole)
- Le taux de chute des projets, même lorsqu'ils relèvent des anciens tarifs sera sans doute supérieur au taux habituellement observé par ERDF (10% du fait de la précipitation dans laquelle certains ont été menés (maturité technique et financière inférieure à la moyenne))

Par ailleurs, étant donné que les tarifs restent très fortement attractifs, il est probable qu'une partie des projets ne bénéficiant pas des mesures transitoires seront redéposés pour bénéficier des tarifs 2010

Environ 860 MW d'installations photovoltaïques devraient être raccordés pour l'année 2010 selon la programmation d'ERDF

Répartition de la file d'attente entre les tarifs 2006 et 2010



DCC : demande complète de contrat, DCR : demande complète de raccordement

- Il est difficile de donner une estimation des puissances et des coûts qui seront réellement installés au sein des demandes figurant dans la file d'attente
- ...mais quels que soient le taux et le rythme de réalisation de la file d'attente, on peut la considérer comme un « révélateur » du potentiel de projets susceptibles d'être réalisés dès que les conditions économiques sont favorables

Les tarifs d'achat ont été abaissés en janvier 2010, mais la grille tarifaire reste complexe et deux échéances clés sont prévues en 2011/2012

Les tarifs de rachat de l'électricité photovoltaïque ont été modifiés et abaissés (sauf dans un cas) en janvier 2010 par rapport à l'arrêté tarifaire du 10 juillet 2006

Évolution du tarif de rachat entre 2009 et 2010

Cas type	Tarif en 2009 en c€/kWh	Tarif en 2010 en c€/kWh	Variation	Commentaire
Particulier avec une installation sur toiture intégrée au bâti	60,12	58	-3,5%	Distinction de deux tarifs d'intégration au bâti selon l'usage des bâtiments
Hangar agricole avec une installation sur toiture intégrée au bâti	60,12	50	-16,8%	
Ombrière de parking avec une installation correspondant à l'intégration simplifiée au bâti	60,12	42	-30,1%	Durcissement des critères d'intégration au bâti et création d'une prime d'intégration simplifiée au bâti
Installation au sol dans le Sud de la France	32,82	31,4	-4,3%	Introduction d'un coefficient de modulation départementale
Installation au sol dans le Nord de la France	32,82	37,7	14,8%	

Source : Mission.

Deux échéances clés sont prévues selon l'arrêté tarifaire en vigueur :

- Au 1^{er} janvier 2011, les critères pour obtenir la prime d'intégration au bâti deviennent plus contraignants
- Au 1^{er} janvier 2012, les tarifs commencent à baisser de 10% par an.

- ❑ Les acteurs de marché risquent d'anticiper ces échéances par une accélération des projets
- ❑ Les baisses de tarifs ne sont pas à la hauteur des baisses de coûts de revient

Le tarif d'achat de l'électricité photovoltaïque en France est élevé par rapport à celui pratiqué dans d'autres pays

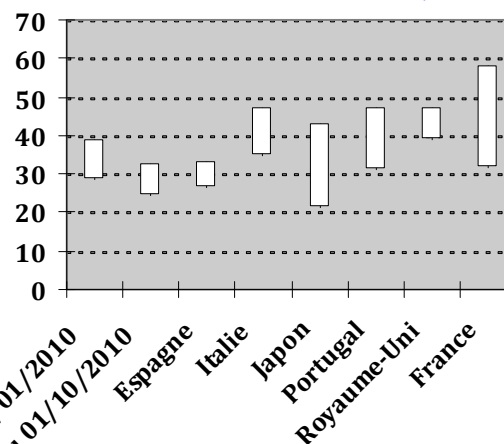
- ❑ Les comparaisons internationales montrent que l'obligation d'achat est largement répandue pour l'électricité photovoltaïque, avec des modalités différenciées

- Tarif préférentiel en dessous d'un seuil de puissance (ex. : Allemagne, Italie...)
- Prime à l'installation en toiture intégrée au bâti (France, Suisse)
- Tarif dégressif dans le temps (Allemagne, Espagne, France...)
- Durée de contrat de 10 ans (Japon) à 25 ans (Espagne)

- ❑ Les tarifs d'achat des différents pays ne peuvent cependant pas être directement comparés

- Au-delà du niveau des tarifs, il convient de considérer leur structure (ex. : prime pour l'intégration au bâti, pratiquée en France ou en Suisse)
- Il importe également de tenir compte des conditions d'ensoleillement différenciées entre pays. Ainsi, une installation produit en moyenne pendant 900 heures à puissance maximale en Allemagne et entre 1 100 et 1 200 heures en France. Une différence production de plus de 30% s'ajoute donc à un écart de tarif de rachat de 50% (respectivement 39,14 c€/kWh en Allemagne et 58c€/kWh en France)

Niveau des tarifs de rachat de l'électricité d'origine photovoltaïque dans différents pays (tarif minimum et maximum, juin 2010)



Prix de rachat de l'électricité d'origine photovoltaïque (c€/kWh)

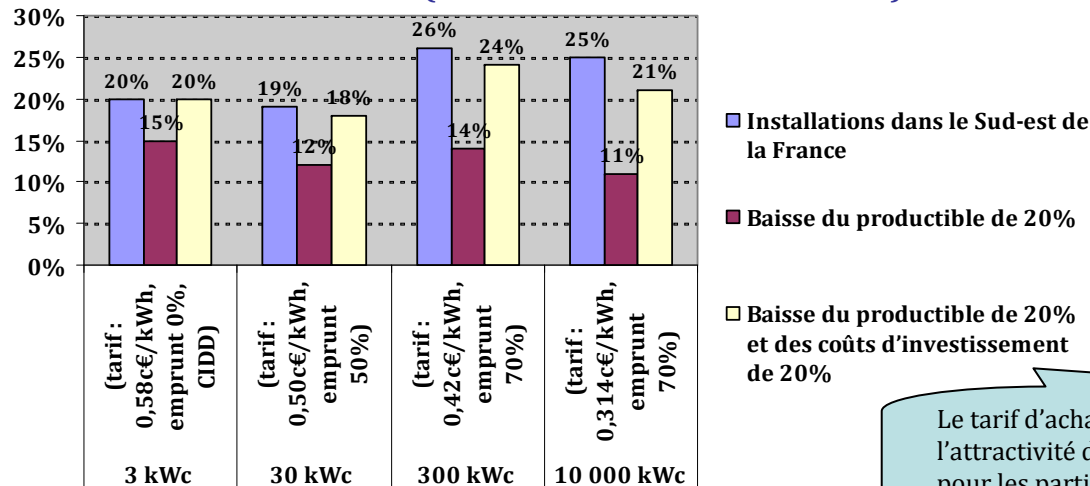
Source : Mission, d'après étude de la Direction générale du Trésor – régulation de la filière photovoltaïque. Analyse comparative dans huit pays avec les taux de change constatés au 15 juillet 2010 de 1 £ = 1,20 € et de 1 € = 111,870 Yen.

Les tarifs pratiqués pour l'obligation d'achat de l'électricité photovoltaïque sont caractérisés par des différences de niveau et d'écart entre le tarif d'achat minimum et maximum dans chaque pays. La France pratique des tarifs d'achat élevés par rapport à ses voisins européens

La rentabilité des projets photovoltaïques apparaît élevée en retenant des hypothèses standards (TRI de plus de 20% pour certains projets, tarif d'achat 2010)

- ❑ La rentabilité des projets photovoltaïques est difficile à évaluer compte tenu des asymétries d'information sur les coûts et les marges des différents segments de la chaîne de valeur. Le niveau des tarifs régulés peut d'ailleurs influencer les prix pratiqués et donc les marges dégagées. De surcroît, dans une perspective « dynamique », il est difficile d'anticiper l'évolution à court et moyen termes des coûts de revient en raison des facteurs de variations conjoncturelles (tensions ou surplus sur les matériels) et structurelles (économies d'échelle tendancielle et possibles ruptures technologiques)
- ❑ Pour calculer la rentabilité des projets photovoltaïques, il convient de prendre en compte des hypothèses sur les recettes (fonction notamment de l'ensoleillement) et les dépenses (coûts d'investissement, coût de raccordement au réseau, charges annuelles d'exploitation, charges financières et fiscalité)
- ❑ Il est délicat d'afficher un indicateur synthétique de rentabilité des projets photovoltaïques. L'évaluation de la rentabilité dépend en effet des caractéristiques de chaque projet :
 - Au-delà des asymétries d'information sur les coûts, les prix (matériels et installation) pratiqués par les différents acteurs du marché peuvent fortement varier (notamment pour une installation de 3 kWc sur le toit d'un particulier, la fourchette peut aller de 18 000 € à 24 000 €) ;
 - La production d'énergie électrique dépend fortement de la zone géographique, de l'orientation ou de l'inclinaison d'un toit ;
 - Des projets photovoltaïques liés à une rénovation de toiture, dans le cas de l'intégration au bâti, peuvent avoir des coûts annexes importants concernant des éléments structuraux (une rénovation de toiture d'habitation est plus coûteuse – étanchéité, isolation, esthétique, confort – qu'un hangar factice) ;
 - Les modalités de financement des projets peuvent également varier (ratio entre fonds propres et endettement)...

Rentabilité des projets photovoltaïques pour quatre installations de référence (TRI des flux de trésorerie en %)



La rentabilité des projets photovoltaïques dépend principalement du niveau d'ensoleillement et du coût des installations. Trois cas de figure considérés :

- Installations dans le Sud-est de la France, qui bénéficient du meilleur ensoleillement ; elles ont la rentabilité la plus élevée en retenant des hypothèses standards sur les charges (TRI > 20%)
- Installations avec un ensoleillement réduit de 20% par rapport au sud-est de la France, correspondant approximativement au sud de la Loire ;
- Installations avec un ensoleillement réduit de 20% et qui bénéficieraient d'un coût d'investissement réduit de 20%, par exemple à la suite d'une baisse des prix.

Le tarif d'achat se cumule avec d'autres instruments qui accroissent l'attractivité des investissements dans les projets photovoltaïques : CIDD pour les particuliers (intégré dans les simulations de TRI), défiscalisations ISF et IR des investissements dans des PME (non intégré ici).

Source : Mission. Pour les particuliers : bénéfice du CIDD, pas d'endettement. Pour les grandes installations : financement par dette à 80%.

❑ La baisse engagée avec les nouveaux tarifs de 2010 n'est pas suffisante : les conditions de maintien d'un haut niveau de demandes de rachat avec d'importantes conséquences financières sont encore réunies

Sommaire

1. Le développement du parc photovoltaïque

- Le photovoltaïque : une énergie à fort potentiel, mais dont le développement à moyen terme est limité par ses coûts élevés
- La flambée des demandes fin 2009 : état des lieux et perspectives
- Les nouvelles conditions tarifaires restent très attractives et le développement devrait se poursuivre à un rythme soutenu

2. Un péril financier et des incertitudes industrielles

- Les conséquences financières potentielles d'une trajectoire de développement soutenue
- L'inadéquation entre les objectifs industriels et le rythme de déploiement

3. Un plan d'action pour un secteur à fort potentiel de croissance qui présente des opportunités économiques

- La politique du photovoltaïque doit cibler prioritairement le positionnement des entreprises françaises sur ce secteur à fort potentiel au niveau mondial
- Un plan d'action en deux temps pour donner de la visibilité aux acteurs

4. Prendre des mesures relatives à l'obligation d'achat dès l'été 2010

- Modifier le niveau du tarif de rachat de l'électricité photovoltaïque
- Améliorer le pilotage de l'outil « tarif d'achat » pour gérer la file d'attente et le flux de demandes nouvelles

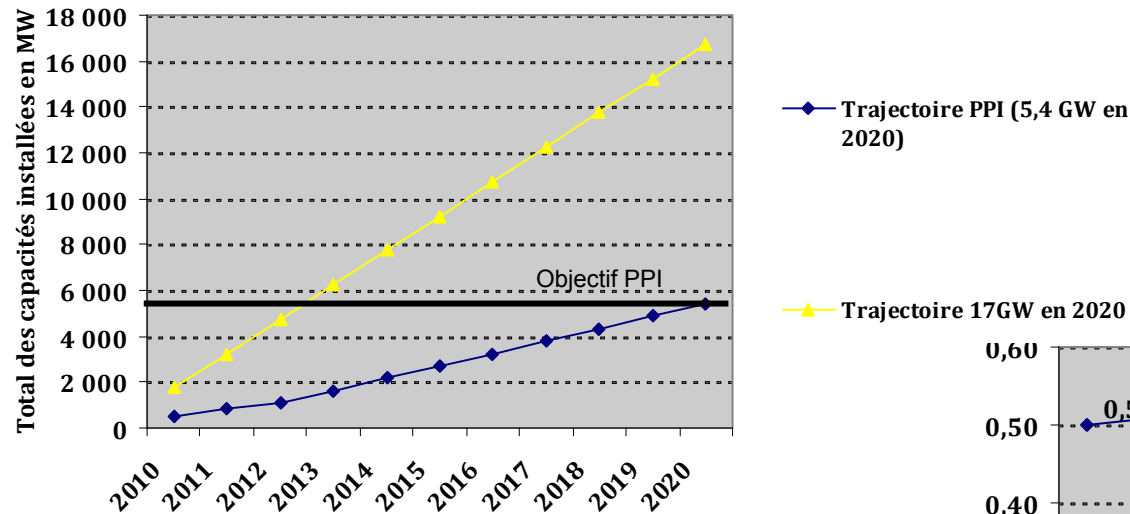
5. Définir un plan d'action global pour le développement de l'électricité photovoltaïque à mettre en œuvre début 2011

- Définir de nouveaux objectifs quantitatifs à horizon 2020 pour le photovoltaïque et les décliner sur les différents segments de marché pertinents
- Mettre en place des outils de régulation adéquats pour piloter la trajectoire
- Mettre en œuvre une stratégie industrielle

Compléments et éléments de comparaison internationale

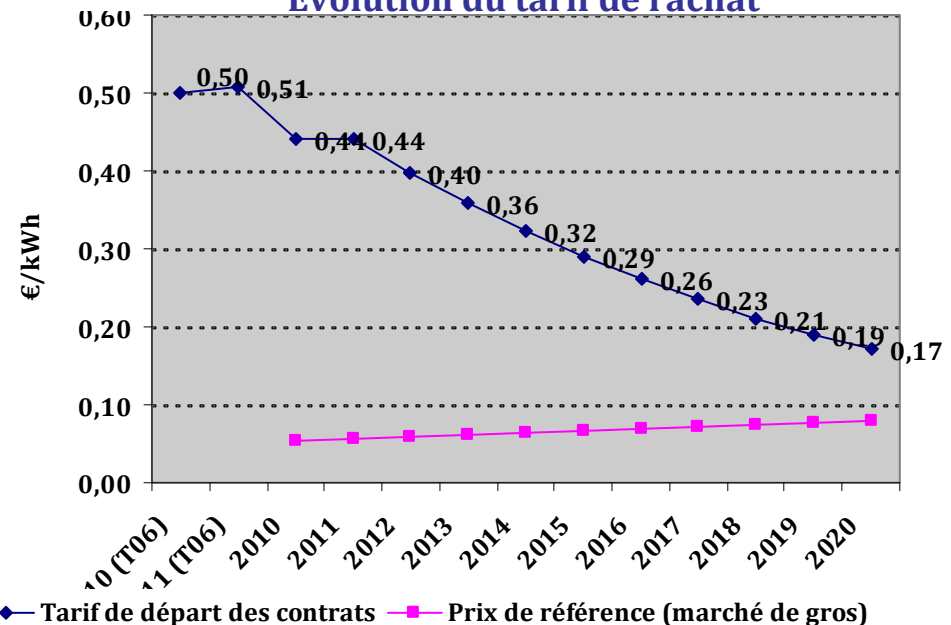
En l'absence de changement, le déploiement des installations photovoltaïques devrait se poursuivre à un rythme élevé entraînant un surcoût important pour les consommateurs d'électricité (CSPE)

Hypothèses de déploiement des installations photovoltaïques (en MW installés - total cumulé)



Un déploiement accéléré des installations photovoltaïques entraîne un surcoût important pour la contribution au service public de l'électricité (CSPE) par rapport à la PPI, dans la mesure où **les rachats ont lieu plus tôt et plus cher**. Selon les arrêtés en vigueur, le différentiel entre le tarif de rachat et le prix de marché est élevé en 2010 et décroît progressivement jusqu'en 2020, sous l'effet conjugué de la dégressivité du tarif et, dans une moindre mesure, de la hausse du prix de l'électricité

Évolution du tarif de rachat



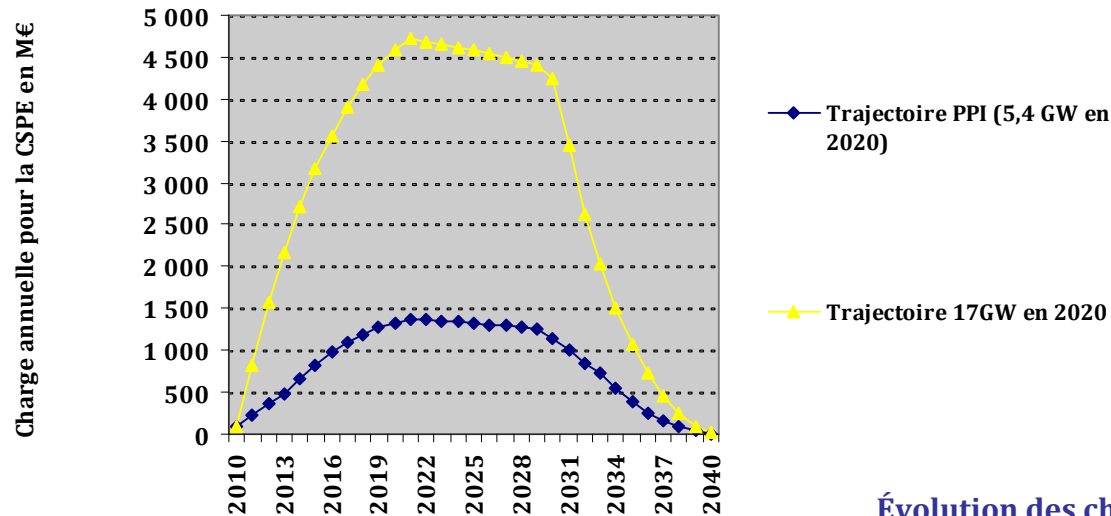
Deux hypothèses de déploiement des installations de production d'électricité photovoltaïque :

- la « **trajectoire PPI** » (programmation pluriannuelle des investissements, correspondant aux objectifs du Grenelle de l'environnement) : 1 100MW en 2012 et 5 400MW en 2020 ;
- Une « **trajectoire tendancielle** » : +1,5GW/an entre 2010 et 2020 (capacité installée totale de 17GW en 2020) ; tendance considérée comme crédible par la plupart des interlocuteurs de la mission ; cf. volume des demandes contrats d'achat déposés fin 2009 (4,8GW), attractivité du tarif, exemples étrangers. **Dans cette trajectoire, l'objectif de la PPI serait atteint dès 2013**

Source : Mission. 1/ Hypothèses pour la construction d'un tarif moyen pondéré : 30% intégré au bâti, 45% IB simplifié, 25% installations au sol. 2/ Hypothèse conventionnelle d'une progression du prix de marché de 4% par an (correspondant au taux d'actualisation).

Une trajectoire « 17GW en 2020 » conduirait à un surcoût de 3Md€ / an par rapport à la trajectoire de référence fondée sur la programmation pluriannuelle des investissements

Charge annuelle pour la contribution au service public de l'électricité (CSPE)



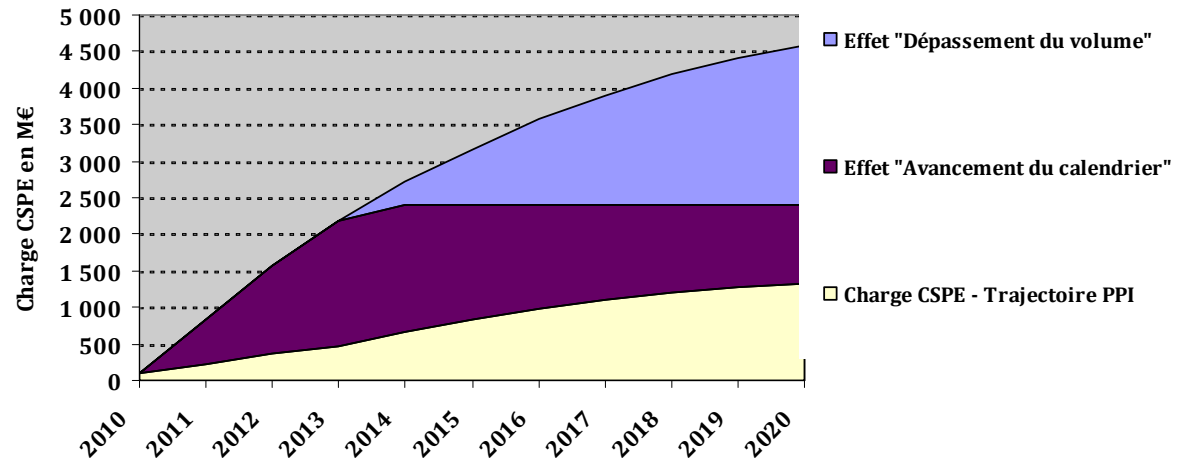
Source : Mission (pas de nouveaux engagements après 2020).

A des fins d'analyse, il est possible de distinguer trois composantes dans le calcul de la charge pour la CSPE liée à la trajectoire 17GW installés en 2020 :

- La réalisation des objectifs de la PPI ;
- L'effet d'avancement du calendrier dans la réalisation des objectifs de la PPI ;
- L'effet du dépassement des objectifs fixés par la PPI.

Dans le cas de la « **trajectoire de référence PPI** (programmation pluriannuelle des investissements) », le niveau maximum de charge annuelle pour la CSPE atteindrait **près de 1,5Md€ à partir de 2020** (pour une production d'électricité correspondant à moins de 1,5% de la consommation française de 2009).
Le scénario « **17GW en 2020** » conduirait à une charge annuelle pour la CSPE dépassant **4,5Md€ à partir de 2020, soit un surcoût de 3Md€ par an** par rapport à la trajectoire PPI.

Évolution des charges pour la CSPE entre 2010 et 2020 pour la trajectoire « 17GW en 2020 »



Source : Mission.

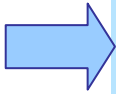
Le total des engagements financiers se monterait à plusieurs dizaines de milliards d'euros, soit un sujet d'ampleur macroéconomique avec des conséquences sur la facture des consommateurs d'électricité

Décomposition du coût pour la CSPE de la trajectoire « 17GW en 2020 » (en Md€)

	Charge CSPE trajectoire PPI	Effet « Avancement du calendrier »	Effet « Dépassement du volume »	Total charge CSPE trajectoire « 17GW en 2020 »
Total (somme en € courants de 2010 à 2040)	25,60	+ 22,23	+ 41,02	= 88,86
Total (valeur actuelle nette au taux de 4%)	15,41	+ 15,87	+ 22,92	= 54,19

Source : Mission.

- 
- ❑ Des conséquences sur la facture des consommateurs d'électricité : pour fixer des ordres de grandeur, une charge de 5Md€ par an pour la CSPE à horizon 2020 correspond à un coût de :
 - +200€ par an pour un ménage se chauffant à l'électricité (facture annuelle de 1900€ en 2009 pour une consommation de 17MWh) ;
 - +50€ par an pour un ménage moyen (facture annuelle de 500€ en 2009 pour une consommation de 4,5MWh).
 - ❑ Le tarif de rachat de l'électricité photovoltaïque n'est pas le seul facteur d'augmentation de la CSPE (éolien, biomasse...). Des effets globalement anti-redistributifs (investisseurs/consommateurs)

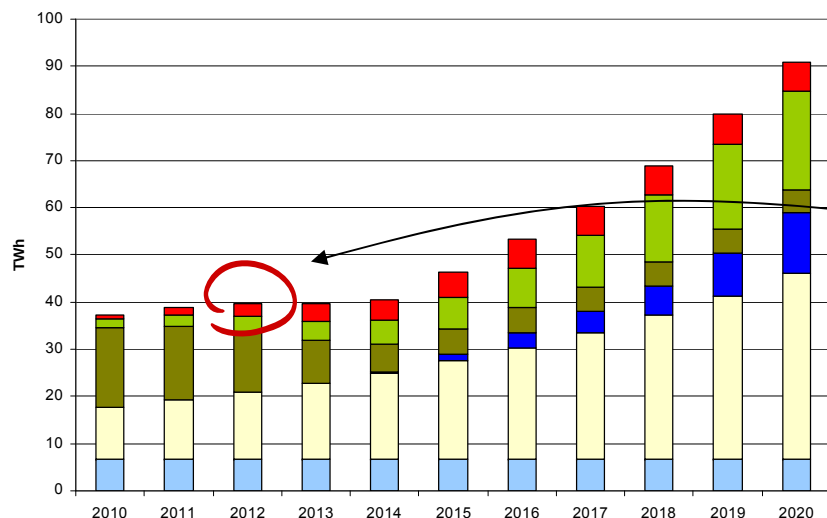
- 
- ❑ La somme des engagements financiers correspondant aux contrats d'achat pourrait s'élever à près de 90Md€ pour la trajectoire « 17 GW en 2020 » (sans hypothèse d'actualisation). Pour autant, une capacité installée de 17GW produirait environ 20TWh / an soit moins de 5% de la consommation française d'électricité (~460TWh en 2009, faible augmentation en 2020 dans le scénario d'efficacité énergétique accrue)
 - ❑ Il paraît donc indispensable de prendre des mesures permettant de maîtriser les coûts pesant sur les consommateurs d'électricité liés au développement des capacités de production d'électricité photovoltaïque

L'électricité photovoltaïque entraîne des charges pour la CSPE sans proportion avec la quantité d'énergie produite

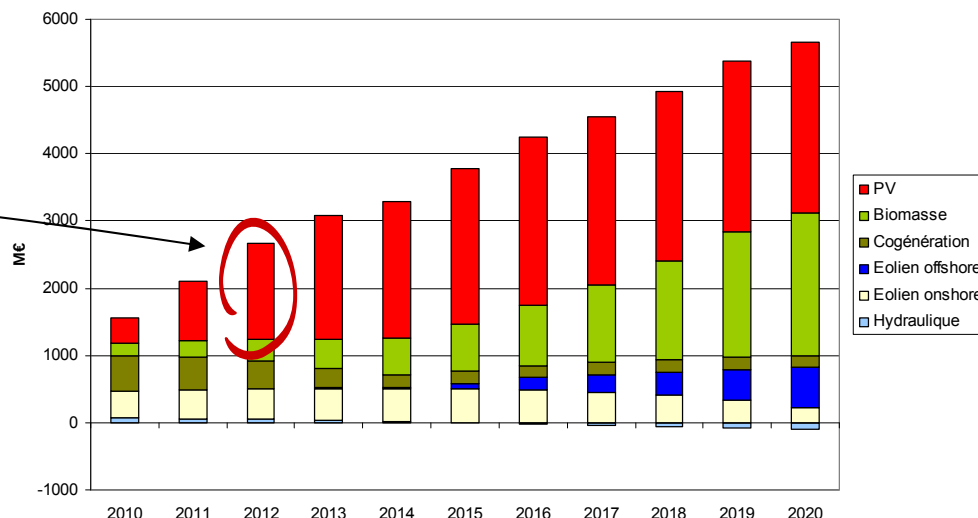
Le développement de l'électricité photovoltaïque soutenu par le tarif de rachat entraîne des charges pour la contribution au service public de l'électricité (CSPE) sans proportion avec la quantité d'énergie produite, compte tenu du coût de cette source d'électricité renouvelable en l'état de la technologie.

Le même phénomène est observé dans tous les pays menant une politique de développement de l'électricité photovoltaïque, quel que soit le mécanisme financier de compensation mis en œuvre.

Volume des obligations d'achat



Coût des ENR dans la CSPE



Source : DGEC. Scénario 5 400 MW en décembre 2015

La filière photovoltaïque française : présentation et chiffres clés

	R&D	Amont (filère industrielle)	Aval (développement de projets, installation, exploitation)	Production d'électricité
Emplois en 2009	Quelques centaines	~3 200	~5 300	-
Aides publiques	~26 M€ CEA (INES) + CNRS (IRDEP): 7 M€ ANR + ADEME : 14 M€ Oséo : 9 M€ (17 M€ à partir de 2010)	Quelques M€ (ex. prime à l'aménagement du territoire pour First Solar : 2 M€)	Bénéficie indirectement à tout l'aval + ISF PME	Tarifs de rachat 69 M€ en 2009, (100 M€ en 2010 et de 1,4 à 4,8 Mds en 2020) Dispositifs fiscaux CIDD (350 M€/an en 2009)
Technologies / typologies	← 1^{ère} génération : silicium cristallin (homojonction) → ← 2^{ème} génération : couches minces → ← 3^{ème} génération → (composants organiques, multijonctions)		Intégration au bâti/ intégration simplifiée/ surimposition	Toitures de moyenne puissance (particuliers) Toitures de moyenne et grande puissance (agricoles, industrielles, commerciales) Centrales au sol

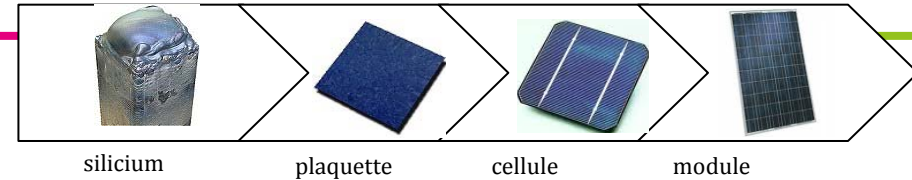
La R&D dans le secteur photovoltaïque, qui a connu un développement récent mais rapide, doit poursuivre sa structuration

- ❑ **La R&D dans le photovoltaïque s'organise autour de l'Institut national de l'énergie solaire (INES), créé en juillet 2006, et de plusieurs centres de recherche amont dont en particulier l'Institut de recherche et développement sur l'énergie photovoltaïque (IRDEP, institut mixte CNRS – EDF – ENSCP)**
 - L'INES, dont les compétences technologiques sont désormais reconnues au niveau mondial, s'inscrit toutefois aujourd'hui plus dans une perspective de rattrapage que de développement d'un avantage compétitif ; par ailleurs, en termes de partenariats industriels l'INES est très largement tourné vers Photowatt
 - L'IRDEP se positionne sur des technologies à fort potentiel : CIS, technologies de rupture à haut rendement. Toutefois, afin de pouvoir d'une part être présent au niveau international, et d'autre part être en mesure de conduire rapidement à la création d'entreprise, l'IRDEP doit atteindre la taille critique par rapprochement avec d'autres équipes et avoir un accès facilité aux plates-formes technologiques de l'INES, tout en maintenant le principe d'un regroupement entre recherche privée et publique. Le projet d'institut solaire de Saclay (IRDEP, LPICM, Total) est pertinent de ce point de vue
- ❑ **La R&D française couvre des thématiques et des degrés de maturité de technologies assez larges**
 - Les travaux de R&D couvrent l'ensemble des générations de modules (silicium cristallin à hétérojonction, couches minces, nouvelles génération : cellules multijonctions, photons à basse énergie, organiques...)
 - Ceci est cohérent avec le fait qu'aucune des trois générations ne peut être considérée comme totalement mature et où il n'est pas certain que l'une des technologies ait vocation à évincer toutes les autres : en effet, chacune offre un couple rendement / coût qui pourrait répondre à un besoin spécifique du marché
 - Toutefois dans la filière du silicium cristallin, où l'écart en matière de développement industriel est très fort par rapport à d'autres pays d'Europe ou d'Asie, les perspectives semblent moins intéressantes au regard des moyens nécessaires au rattrapage par rapport aux filières de deuxième et troisième génération
 - Par ailleurs, l'effort de R&D pour les segments autres que les cellules et les modules photovoltaïques mêmes, est peu lisible ; or des perspectives d'innovation très intéressantes existent dans le domaine des équipements industriels, des matériaux et des systèmes photovoltaïques
- ❑ **Les moyens de la R&D, aujourd'hui inférieurs à ceux des pays leaders dans le secteur, devraient être renforcés dans le cadre des Investissements d'avenir et des programmes d'Oséo**
 - Les financements de projets sont organisés de manière à couvrir aussi bien les avancées théoriques que la pré-industrialisation (ANR, ADEME, OSEO)
 - Les moyens (de l'ordre de 26 M€ en 2009) sont toutefois inférieurs à ceux des pays leaders sur le secteur (la France était en 2008 au 6^{ème} rang des pays de l'OCDE, loin derrière les États-Unis ou l'Allemagne)
 - Des efforts supplémentaires sont annoncés pour la R&D (programme Investissements d'avenir) et l'innovation (programmes OSEO), et doivent être confirmés à condition qu'ils ciblent bien les thématiques prioritaires et la valorisation
- ❑ **Les projets de R&D ou les jeunes entreprises innovantes peinent aujourd'hui à trouver des financements pour leur développement (cf. pôles de compétitivité)**
 - À l'exception du groupe EDF pour Nexcis, les grandes entreprises françaises ont peu investi dans la R&D et les entreprises innovantes dans le secteur photovoltaïque en France

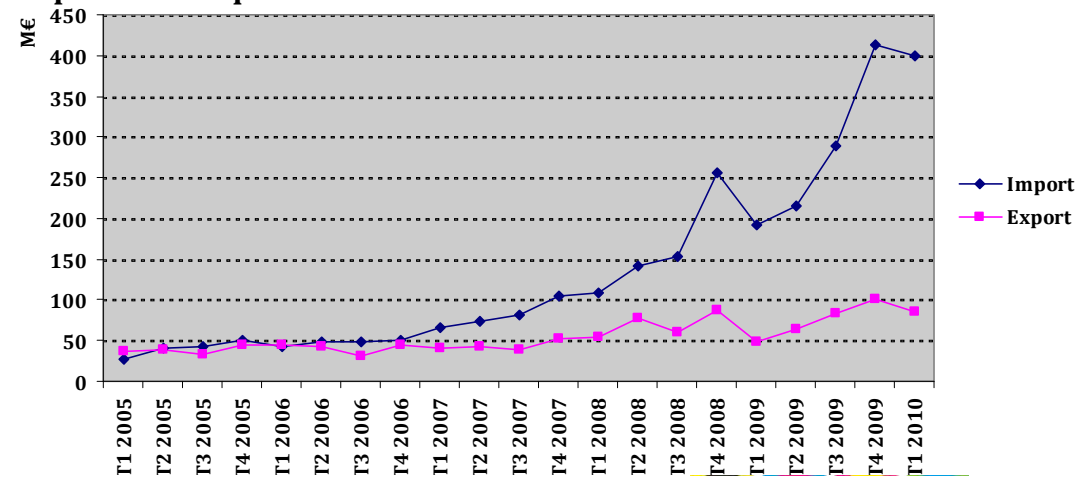
La production industrielle française dans le photovoltaïque est très limitée et conduit à un déficit de la balance commerciale

□ La filière française industrielle du photovoltaïque reste peu développée

- Le seul acteur français intégré dans le domaine du photovoltaïque, Photowatt (70 MW de production de modules), mis en difficulté par le phénomène de surproduction en 2009, doit aujourd'hui réduire fortement ses coûts et proposer des progrès technologiques pour être compétitif
- L'assemblage de modules a connu un développement rapide en 2009-2010, en passant de 100 à 200 MW de capacité de production (potentiellement 400 MW fin 2010). Il s'agit toutefois d'un segment à faibles marges et dont le contenu en emplois est limité (< 1 000 emplois au total)
- Les retours de la prime d'intégration au bâti en termes d'innovation et de développement des produits de niche ne sont pas à la hauteur des ambitions qui avaient conduit à la mettre en place. Les quelques produits spécifiques sont aujourd'hui fabriqués au Luxembourg (Saint-Gobain) ou en Chine (Imerys)...
- Quelques entreprises françaises innovantes se positionnent avec succès sur les segments des matériaux solaires (Saint-Gobain), des systèmes (Schneider) ou des équipements industriels. Elles visent un marché mondial et leur développement ne dépend pas spécifiquement du marché français
- Les créations d'emploi de la filière (~ 8 500 au total en 2009 selon l'ADEME) sont concentrées sur l'aval (développement de projet, installation, exploitation), du fait d'une rémunération excessive qui va à l'encontre de la recherche de compétitivité pour le secteur photovoltaïque



□ Il en résulte un fort déficit de la balance commerciale dans le domaine, qui atteint 800 M€ en 2009 (soit 2% du déficit commercial français)



Le développement du secteur industriel ne semble pas devoir bénéficier d'une croissance rapide du marché domestique

- ❑ La filière « traditionnelle » du silicium cristallin, qui représente aujourd'hui 85% du marché et devrait rester prédominante, ne semble pas devoir connaître de développement industriel en France
 - La Chine dispose des mêmes technologies que les pays occidentaux et est plus compétitive (écart de prix de 25% ; très grandes capacités de production, développées grâce à un accès facilité aux capitaux)
- ❑ La filière « couches minces » offre à court terme une perspective d'implantation industrielle et surtout l'émergence possible à moyen terme d'un acteur français
 - Une technologie éprouvée (tellurure de cadmium : CdTe), maîtrisée par le seul américain First Solar, pourrait faire l'objet d'une implantation industrielle à Blanquefort (Gironde) générant 400 emplois pour une production de 120 MW/an
 - Nexcis, spin-off d'un institut de recherche, présente des perspectives de développement d'une technologie alternative innovante (cuivre indium sélénium : CIS) à horizon 3-5 ans
- ❑ Les filières « nouvelle génération », objet d'un effort de recherche soutenu, présentent des perspectives de développement industriel à plus long terme encore
 - Exemple pour le silicium : projet Solar Nano Crystal, budget de 190 M€ dont 47 M€ OSEO sur 2008-2012
- ➡ ❑ En dépit de l'ampleur des efforts financiers consentis pour le développement d'un marché domestique,
 - le seul projet d'investissement étranger est celui de l'américain *First Solar* ;
 - la filière française n'a pas émergé.
- ❑ C'est seulement à moyen terme qu'une filière industrielle solaire nationale pourrait se développer ; elle n'est pas en mesure de tirer bénéfice d'une forte augmentation de la demande à court terme qui profite aux industriels étrangers.

Sommaire

1. Le développement du parc photovoltaïque

- Le photovoltaïque : une énergie à fort potentiel, mais dont le développement à moyen terme est limité par ses coûts élevés
- La flambée des demandes fin 2009 : état des lieux et perspectives
- Les nouvelles conditions tarifaires restent très attractives et le développement devrait se poursuivre à un rythme soutenu

2. Un péril financier et des incertitudes industrielles

- Les conséquences financières potentielles d'une trajectoire de développement soutenue
- L'inadéquation entre les objectifs industriels et le rythme de déploiement

3. Un plan d'action pour un secteur à fort potentiel de croissance qui présente des opportunités économiques

- La politique du photovoltaïque doit cibler prioritairement le positionnement des entreprises françaises sur ce secteur à fort potentiel au niveau mondial
- Un plan d'action en deux temps pour donner de la visibilité aux acteurs

4. Prendre des mesures relatives à l'obligation d'achat dès l'été 2010

- Modifier le niveau du tarif de rachat de l'électricité photovoltaïque
- Améliorer le pilotage de l'outil « tarif d'achat » pour gérer la file d'attente et le flux de demandes nouvelles

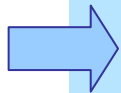
5. Définir un plan d'action global pour le développement de l'électricité photovoltaïque à mettre en œuvre début 2011

- Définir de nouveaux objectifs quantitatifs à horizon 2020 pour le photovoltaïque et les décliner sur les différents segments de marché pertinents
- Mettre en place des outils de régulation adéquats pour piloter la trajectoire
- Mettre en œuvre une stratégie industrielle

Compléments et éléments de comparaison internationale

Les difficultés que rencontre la politique du photovoltaïque doivent amener à reconstruire la vision stratégique du secteur

- ❑ **En termes de mix énergétique, les perspectives du photovoltaïque à horizon 2020 sont limitées :**
 - L'électricité solaire représente 0,4% sur l'objectif de 23% d'énergie renouvelable en 2020
 - La « parité réseau » ne devrait pas être atteinte avant cette date : le photovoltaïque, qui restera ainsi largement subventionné jusqu'en 2020, n'a pas vocation à prendre une part prépondérante du mix renouvelable même si les objectifs initiaux sont dépassés
 - Le besoin de renforcement du réseau pourrait constituer un frein
- ❑ **L'objectif industriel n'est pas atteint et ne le sera pas à court terme :**
 - La stratégie de construction d'une filière industrielle par remontée de l'aval vers l'amont n'a pas fonctionné, et l'intégration au bâti n'a réussi ni à protéger les entreprises françaises, ni à créer une filière de niche. Les rares entreprises présentes sur le marché du photovoltaïque apparaissent fragiles
 - La valorisation de la R&D produira, au mieux, des effets en termes de positionnement sur le marché d'ici trois à cinq ans
 - Des emplois ont été créés sur l'aval de la filière, mais à un coût élevé
- ❑ **Des objectifs annexes (aménagement du territoire, politique agricole) se sont greffés aux deux objectifs de départ, venant en perturber la lisibilité et l'efficacité**
- ❑ **Au regard de ces résultats, la charge financière potentielle apparaît démesurée**
- ❑ **Il apparaît donc nécessaire de reconstruire la vision stratégique du secteur photovoltaïque, qui présente :**
 - des atouts forts sur le plan énergétique (ressource illimitée) et des perspectives de compétitivité économique à l'échelle d'une décennie
 - par conséquent, des opportunités pour les entreprises françaises, qui justifient le maintien d'un investissement fort sur le secteur, à condition qu'il soit piloté efficacement au regard de l'objectif de développement des entreprises



Une vision stratégique pour le photovoltaïque : positionner les entreprises françaises sur l'un des secteurs clés de la « croissance verte » et des ENR

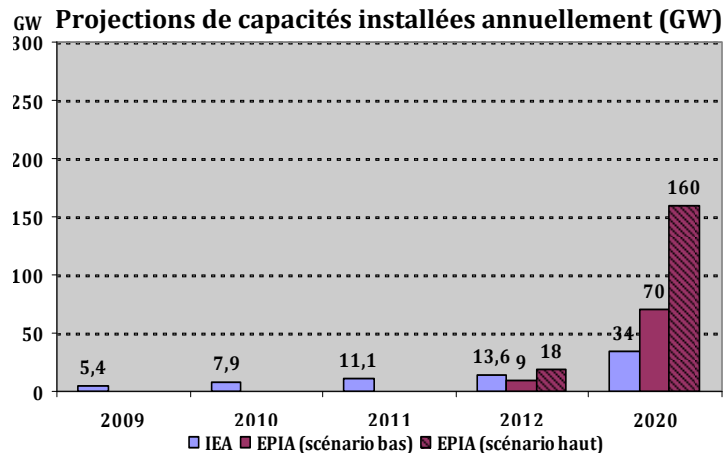
- ❑ **L'analyse du secteur du photovoltaïque, de l'intérêt de cette énergie et des atouts des entreprises françaises amène à retenir un objectif prioritaire : le positionnement des entreprises françaises sur ce secteur d'avenir**

Le secteur photovoltaïque

- ❑ Le photovoltaïque est amené à connaître un développement rapide dans le parc énergétique mondial : atouts très forts (ressource illimitée, électricité déconcentrée, coûts en baisse) malgré un inconvénient, son intermittence, qui en fait aujourd'hui une énergie nécessairement minoritaire
- ❑ Ce développement se fera d'abord dans les pays où l'électricité « traditionnelle » est chère et l'ensoleillement fort, et où le photovoltaïque deviendra économiquement pertinent le plus tôt... c'est-à-dire hors de France (sauf DOM)

Les entreprises françaises

- ❑ Des leaders dans des secteurs industriels liés au photovoltaïque (électronique, verre, gaz, micro-électronique)
- ❑ Des leaders dans le domaine des *utilities* (électricité, gaz, eau, services aux collectivités), avec un positionnement mondial
- ❑ Un accès facilité au premier marché mondial aujourd'hui l'Europe
- ❑ Une capacité à s'appuyer sur une R&D dynamique et tournée vers les partenariats industriels



Source: Agence internationale de l'énergie (IEA), European PhotoVoltaic Industry Association (EPIA)

Positionner les entreprises françaises sur ce secteur à fort potentiel de croissance au niveau mondial



L'objectif de positionnement des entreprises françaises sur le secteur devrait structurer l'ensemble de la politique publique du photovoltaïque

- ❑ La vision stratégique du secteur photovoltaïque devrait structurer l'ensemble des actions menées sur l'ensemble de la chaîne, qu'elles portent sur l'offre (R&D, actions en faveur de l'industrie) ou sur la demande (tarifs outils)

Objectif prioritaire : positionner les entreprises françaises sur le photovoltaïque, secteur à fort potentiel de croissance au niveau mondial

↳ Développer une **politique de R&D et une stratégie industrielle** permettant aux entreprises françaises de développer un avantage compétitif à l'export

↳ Faire en sorte que le **développement du parc** serve l'objectif prioritaire : en rythme, en volume et en nature des installations. Il doit constituer une « base de développement » pour les acteurs industriels et non leur unique débouché

- ❑ La maîtrise des impacts financiers est une condition nécessaire à l'atteinte de l'objectif de positionnement des entreprises françaises sur le secteur :
 - Le développement pérenne de la filière photovoltaïque suppose que le coût de la politique de soutien soit acceptable par la collectivité
 - Les moyens déployés (CSPE, budgétaires, fiscaux) doivent être optimisés vis-à-vis de l'objectif prioritaire (répartition au mieux des moyens sur l'ensemble de la chaîne, de l'amont à l'aval)
- ❑ Le meilleur moyen d'être efficace sur l'objectif prioritaire est de ne pas multiplier les objectifs connexes

Une action en deux temps : baisse immédiate des tarifs et plan global pour le développement de l'électricité photovoltaïque à mettre en œuvre début 2011

- ❑ Une action rapide sur le niveau des tarifs est nécessaire pour freiner le rythme de développement des capacités photovoltaïques
 - ❑ Il convient non seulement de réviser à la baisse le niveau des tarifs de rachat de l'électricité photovoltaïque, mais également de repenser la régulation du secteur
 - En effet, le « tarif de rachat » n'est pas un instrument de maîtrise des quantités (puissance installée)
 - L'Allemagne et l'Espagne, confrontées à une flambée des installations photovoltaïques en 2008 et 2009, ont modifié les modes de régulation, avec un système de dégressivité automatique du tarif en fonction des volumes ou un système de contingentement trimestriel
 - ❑ Par ailleurs, une action qui viserait uniquement à baisser très rapidement le niveau des tarifs de rachat sans autre accompagnement comporterait des risques
 - La filière pourrait être déstabilisée
 - Les professionnels du secteur sont demandeurs de visibilité, afin de pouvoir innover, investir, se former... La précédente séquence de révision des tarifs a pu nuire à la crédibilité de la politique photovoltaïque (depuis l'annonce en novembre 2008 jusqu'à l'arrêté tarifaire du 12 janvier 2010 et les mesures transitoires du 16 mars 2010 pour traiter la file d'attente)
 - Or la crédibilité est une condition nécessaire de l'efficacité de l'outil « tarif de rachat » pour contribuer à l'émergence d'une filière française
 - La gestion de la transition est délicate, comme l'a montré la révision des tarifs en 2009 / 2010
 - Elle peut comporter des risques financiers (afflux de demandes de rachat pendant le délai entre la décision et la mise en œuvre -cf. la forte réactivité du secteur et l'incitation des acteurs à rechercher tout moyen de retarder la décision), juridiques (respect de l'égalité de traitement et d'un principe de sécurité juridique), ainsi que des risques politiques (réaction des professionnels et des groupes d'intérêt)
 - La réforme en cours en Allemagne montre que la seule annonce d'une baisse des tarifs peut susciter une vive opposition, entraînant des délais et la négociation de contreparties (le débat en Allemagne sur la baisse du soutien au photovoltaïque a duré 9 mois)
- 
 - ❑ En même temps qu'une baisse des tarifs, il conviendrait d'annoncer un plan d'action global articulant une stratégie, de nouveaux objectifs, des outils de régulation et une stratégie industrielle

Sommaire

1. Le développement du parc photovoltaïque

- Le photovoltaïque : une énergie à fort potentiel, mais dont le développement à moyen terme est limité par ses coûts élevés
- La flambée des demandes fin 2009 : état des lieux et perspectives
- Les nouvelles conditions tarifaires restent très attractives et le développement devrait se poursuivre à un rythme soutenu

2. Un péril financier et des incertitudes industrielles

- Les conséquences financières potentielles d'une trajectoire de développement soutenue
- L'inadéquation entre les objectifs industriels et le rythme de déploiement

3. Un plan d'action pour un secteur à fort potentiel de croissance qui présente des opportunités économiques

- La politique du photovoltaïque doit cibler prioritairement le positionnement des entreprises françaises sur ce secteur à fort potentiel au niveau mondial
- Un plan d'action en deux temps pour donner de la visibilité aux acteurs

4. Prendre des mesures relatives à l'obligation d'achat dès l'été 2010

- Modifier le niveau du tarif de rachat de l'électricité photovoltaïque
- Améliorer le pilotage de l'outil « tarif d'achat » pour gérer la file d'attente et le flux de demandes nouvelles

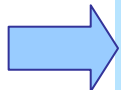
5. Définir un plan d'action global pour le développement de l'électricité photovoltaïque à mettre en œuvre début 2011

- Définir de nouveaux objectifs quantitatifs à horizon 2020 pour le photovoltaïque et les décliner sur les différents segments de marché pertinents
- Mettre en place des outils de régulation adéquats pour piloter la trajectoire
- Mettre en œuvre une stratégie industrielle

Compléments et éléments de comparaison internationale

Les travaux de la mission IGF/CGIET mettent en évidence la nécessité de revoir à très court terme la régulation du secteur photovoltaïque

- ❑ **Les objectifs de développement des capacités de productions photovoltaïques à horizon 2020 définis par le Grenelle de l'environnement et la programmation pluriannuelle des investissements sont en voie d'être dépassés d'ici 2012/2013**
 - Au-delà de la flambée des demandes de rachat d'électricité photovoltaïque constatée fin 2009 (file d'attente de 4,8GW par rapport à un parc installé de 246MW en 2009 et un objectif de 5,4GW en 2020)...
 - ...les nouvelles conditions tarifaires arrêtées le 12 janvier 2010 restent très attractives et le développement du parc photovoltaïque devrait se poursuivre à un rythme soutenu : un rythme de 1,5GW par an correspond à une tendance crédible
 - Le flux des demandes de raccordement est évalué par ERDF à environ 130MW par mois en juin 2010
 - Les entretiens de la mission auprès des professionnels, la rentabilité des projets, le rythme constaté en Allemagne (>4GW par an) confirment ce potentiel de croissance des demandes de rachat
- ❑ **Ce rythme de développement du photovoltaïque entraîne un risque financier majeur**
 - Les charges répercutées sur la facture d'électricité des consommateurs pourraient dépasser 1,5 Md€/an dès 2012 (soit environ 60€/an pour un ménage se chauffant à l'électricité)
 - Il importe donc de maîtriser les capacités installées
- ❑ **Le développement trop rapide du marché domestique ne permet pas d'obtenir les bénéfices attendus pour la collectivité nationale**
 - Le rythme de déploiement des capacités de production d'électricité photovoltaïque en France n'est pas cohérent avec l'état de maturité de la filière industrielle nationale (production de panneaux, modules, systèmes électriques...)
 - Il convient de s'assurer que le coût lié au développement d'un marché domestique d'installations photovoltaïques entraîne des conséquences positives pour l'économie nationale : débouchés pour la R&D, levier pour le développement industriel, contenu en emplois...



- ❑ **La nécessité de ralentir le rythme de développement des installations photovoltaïques implique une baisse du tarif de rachat à très court terme.**
- ❑ **Les centrales au sol nécessitent une vigilance particulière (suivi des permis de construire) compte tenu de l'élargissement des possibilités de sites avec le coefficient régional introduit en 2010 et des projets de grande puissance qui peuvent être développés sur ce segment**

Les conditions sont réunies pour engager une baisse des tarifs de rachat au cours de l'été 2010

- ❑ **Le secteur photovoltaïque anticipe la perspective proche d'une baisse des tarifs, à l'image de ce qui se passe en Allemagne et en Espagne**
 - L'existence de la mission IGF/CGIET, qui a rencontré les principaux acteurs de la filière, contribue à accréditer cette anticipation (ce qui renforce la nécessité d'agir)
 - Les professionnels conviennent tous que certains segments de marché bénéficient aujourd'hui d'une rentabilité excessive (taux de rendement interne projet supérieur à 20%) et qu'il faut assurer une trajectoire de développement soutenable pour l'électricité photovoltaïque en France. Une baisse des tarifs paraît acceptable à condition de donner de la visibilité au secteur*
- ❑ **Le nouveau dispositif tarifaire du 12 janvier 2010 permet d'envisager une révision des tarifs dans des conditions plus favorables que celles qui prévalaient fin 2009**
 - Une discussion approfondie sur la structure du tarif a déjà eu lieu, le nouveau fait générateur ouvrant droit au bénéfice du tarif (la demande de raccordement) limite le risque de dépôts de « dossiers papier » précédant toute étude de faisabilité, les nouvelles modalités d'indexation n'incitent plus à différer les demandes de rachat, des nouvelles procédures administratives sont imposées aux grandes installations (permis de construire au-delà de 250kWc)...
- ❑ **Mais le traitement de la file d'attente constituée fin 2009 n'est pas achevé et pourrait susciter des discussions avec les professionnels allongeant le processus décisionnel**

Réviser à la baisse le tarif de rachat de l'électricité photovoltaïque, avec une cible au-delà de -10% par rapport au barème du 12 janvier 2010

- ❑ Il est difficile de fixer un niveau de tarif fondé sur des critères objectifs et non contestables compte tenu des asymétries d'information sur les coûts des installations, de l'hétérogénéité des types de projet (critères de l'intégration au bâti -une rénovation de toiture est plus coûteuse qu'un hangar factice-, différences de structures de coûts et de financements) et de la situation diversifiée des différents segments de marché (particuliers, grandes toitures, installations au sol...)
- ❑ Pour orienter les décisions, trois références peuvent être utilisées, qui permettent d'envisager une cible au-delà de -10%
 - L'application immédiate de la dégressivité de 10% prévue au 1^{er} janvier 2012
 - L'alignement sur les tarifs pratiqués en Allemagne (ensoleillement moindre qu'en France - 900h vs 1100h - mais plus grande maturité de la filière avec des coûts plus bas et des charges administratives plus faibles ; toutefois, en Allemagne, la grille tarifaire ne comporte pas la notion d'intégration au bâti ou d'intégration simplifiée)
 - Les propositions de la Commission de régulation de l'énergie dans son avis du 3 décembre 2009 sur l'arrêté tarifaire (estimation des tarifs conduisant à une rentabilité des projets de 7-8%)

	Tarif 2010	Anticipation de la dégressivité de 10%	%	Avis CRE* (déc. 2009)	%	Alignement sur les tarifs allemands** (01/2010)	%	Alignement sur les tarifs allemands** (10/2010)	%
Intégration au bâti (<250kW)	58,00 (habitation)	52,20	-10%	52,00	-10%	Spécificité française			
	50,00	45,00	-10%	44,00	-12%				
Intégration simplifiée au bâti	42,00	37,80	-10%	40,00	-5%	39,14 (0-30kW)	-7%	32,88	-22%
						37,23 (30-100kW)	-11%	31,27	-26%
						35,23 (100kW-1MW)	-16%	29,59	-30%
						29,37 (>1MW)	-30%	26,14	-38%
Installations au sol	31,40 (Sud)	28,26	-10%	29,00	-8%	28,43 (surfaces libres)	-9%	24,16	-23%
	37,68 (Nord)	33,91	-10%			28,43 (surfaces converties)	-25%	25,30	-33%

- ➡ ❑ Pour une baisse à l'été 2010, la mission propose de conserver la grille tarifaire actuelle et de baisser les tarifs de manière homogène, par souci de simplicité et de rapidité de la décision

Supprimer le bénéfice du CIDD et du dispositif ISF-PME pour les projets photovoltaïques dans le prochain projet de loi de finances

- ❑ **Le bénéfice du CIDD pourrait être supprimé pour les projets photovoltaïques**
 - Le cumul du bénéfice du tarif de rachat et du CIDD pose deux difficultés :
 - Les projets photovoltaïques peuvent phagocytter le plafond du crédit d'impôt, au détriment d'autres investissements présentant un plus grand avantage environnemental (ex. : isolation) ;
 - Le cumul des deux avantages entraîne un effet d'aubaine pour la rentabilité des projets (20% sans aucun levier d'endettement), avec des arguments marketing liés au CIDD (allègement de l'impôt, durée de retour très faible –possibilité de flux de cash flow positifs en 2-3 ans...) et des comportements de captation de l'avantage fiscal par les intermédiaires
 - La mission recommande sa suppression pour les projets photovoltaïques, celle-ci pouvant être étalée sur deux ans le cas échéant (ex. : baisse du taux du crédit d'impôt de 50% à 25% la première année)
 - ❑ **Les projets photovoltaïques pourraient être exclus du dispositif d'exonération ISF-PME**
 - Un investissement dans une holding « ISF PME » peut permettre d'obtenir un TRI de plus de 35% (hypothèses : investissement de 100k€, taux de défiscalisation de 75% au titre de l'ISF, rentabilité intrinsèque de l'investissement de 4%)
 - Les projets photovoltaïques sont recherchés pour ce type d'investissement, compte tenu de leurs caractéristiques risques/rentabilité avantageuses (cf. prospectus commerciaux)
 - La mission propose d'exclure du dispositif de défiscalisation ISF-PME les investissements dans des entreprises dont l'objet principal porte sur des projets bénéficiant des tarifs des rachats prévus par l'article 8 de la loi du 10 février 2000 relative au service public de l'électricité, sans stigmatiser spécifiquement l'électricité photovoltaïque.
 - Pour mémoire, le ministre chargé de l'économie a confié à l'Inspection générale des finances une mission relative aux dispositifs d'incitation au capital risque qui est notamment amenée à traiter de cette question
- 
 - ❑ **Indépendamment de l'opportunité de ces mesures, la mission considère que la priorité doit être donnée aux mesures d'ajustement des tarifs**

La mission n'identifie pas de moyen judicieux de réduire la file d'attente au-delà de la constatation du taux d'échec des projets ayant déposé une demande de contrat fin 2009

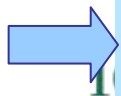
- ❑ **Un changement du tarif applicable à la file d'attente, en revenant sur les mesures transitoires définies par l'arrêté du 16 mars 2010, présente des risques**
 - Risques juridiques : égalité de traitement, respect d'un principe de sécurité juridique – cf. recours contentieux contre les mesures transitoires du 16 mars 2010 de Green Yellow-groupe Casino
 - Risques politiques : réactions des professionnels ou particuliers concernés ; perte de confiance des investisseurs industriels dans la filière
- ❑ **Le renforcement des contraintes administratives imposées aux projets, par exemple en exigeant de nouvelles autorisations, ne constitue pas un instrument de régulation satisfaisant et présenterait les mêmes risques politiques et juridiques qu'une modification du tarif**
- ❑ **Il ne paraît pas non plus souhaitable de retarder le traitement de la file d'attente, par exemple en jouant sur le délai de raccordement : possibles effets d'aubaine liés avec la baisse des coûts des installations pendant ce délai**
- ❑ **Si un moratoire sur l'obligation d'achat de l'électricité photovoltaïque était envisagé, il concernerait à la fois le stock des projets en file d'attente et le flux des nouveaux projets. Cette solution extrême porterait un coup d'arrêt au développement du photovoltaïque en France**
- ❑ **Toutefois, une piste pourrait être explorée concernant les règles de sortie de la file d'attente pour les demandes de contrat de la fin 2009**
 - Il serait possible de fixer un délai maximum entre la dépôt de la demande complète de contrat et la mise en service de l'installation : ce délai pourrait être de 24 mois (NB : aujourd'hui si le délai dépasse 24 mois, il réduit d'autant la durée de 20 ans du contrat d'achat)
 - Cette règle permet d'y voir clair d'ici fin 2011 sur la réalisation de la file d'attente et d'éviter les comportements d'attente d'une éventuelle baisse du coût des installations pour bénéficier d'une plus grande rentabilité



- ❑ **Au total, une action sur la file d'attente constituée fin 2009 présente des risques élevés et des gains inférieurs à une maîtrise du flux des nouveaux projets**

Améliorer le système d'information d'ERDF pour suivre « en temps réel » les flux de nouveaux projets

- ❑ Selon ERDF, les flux de nouvelles demandes complètes de raccordement (DCR) d'installations photovoltaïques sont de l'ordre de 130MW par mois au second semestre 2010 (la date de la DCR détermine le droit à un tarif de rachat)
 - <36kVA : rythme entre 8 à 10 000 demandes par mois, soit un peu plus de 30 MW (moyenne vers 3,5kWc)
 - 36-250kVA : ~40MW/mois
 - >250kVA : ~60MW/mois (catégorie la plus fluctuante car certains projets dépassent 100MW) ; ERDF ne sait pas distinguer sol/toiture et donc les tarifs associés
- ❑ Le système d'information permettant de suivre les projets photovoltaïques devrait être amélioré par ERDF/EDF-OA et partagé avec l'administration
 - Le système d'information de ERDF devrait être complété pour comporter les informations relatives aux jalons caractérisant un projet photovoltaïque (DCR, PTF, CR, fin des travaux, mise en service). ERDF prévoit une évolution de son système d'information en septembre 2010
 - Ce système d'information devrait être interfacé avec celui d'EDF-OA pour gérer les éléments déterminant le tarif applicable (intégration au bâti, intégration simplifiée au bâti, autre)
 - Ces informations devraient être disponibles en temps réel et partagées à un rythme au minimum mensuel avec les administrations compétentes
 - Le suivi des demandes de raccordement est essentiel, car il s'agit du fait générateur ouvrant droit à un tarif en application de l'arrêté tarifaire du 12 janvier 2010. Les informations relatives aux DCR devraient comporter : le nombre et la puissance, en distinguant trois catégories (<3kWc, 3-36kWc, 36-250 kWc, >250kWc sur toiture et >250kWc au sol)
 - La procédure de transmission des informations pourrait être formalisée par une convention multipartite entre ERDF, EDF-OA, MEEDDM (DGEC), MEIE (DGT), MBCPRE (DB) et CRE



- ❑ Le système d'information sur le stock et le flux des projets est un élément essentiel pour piloter l'outil tarifaire

Sommaire

1. Le développement du parc photovoltaïque

- Le photovoltaïque : une énergie à fort potentiel, mais dont le développement à moyen terme est limité par ses coûts élevés
- La flambée des demandes fin 2009 : état des lieux et perspectives
- Les nouvelles conditions tarifaires restent très attractives et le développement devrait se poursuivre à un rythme soutenu

2. Un péril financier et des incertitudes industrielles

- Les conséquences financières potentielles d'une trajectoire de développement soutenue
- L'inadéquation entre les objectifs industriels et le rythme de déploiement

3. Un plan d'action pour un secteur à fort potentiel de croissance qui présente des opportunités économiques

- La politique du photovoltaïque doit cibler prioritairement le positionnement des entreprises françaises sur ce secteur à fort potentiel au niveau mondial
- Un plan d'action en deux temps pour donner de la visibilité aux acteurs

4. Prendre des mesures relatives à l'obligation d'achat dès l'été 2010

- Modifier le niveau du tarif de rachat de l'électricité photovoltaïque
- Améliorer le pilotage de l'outil « tarif d'achat » pour gérer la file d'attente et le flux de demandes nouvelles

5. Définir un plan d'action global pour le développement de l'électricité photovoltaïque à mettre en œuvre début 2011

- Définir de nouveaux objectifs quantitatifs à horizon 2020 pour le photovoltaïque et les décliner sur les différents segments de marché pertinents
- Mettre en place des outils de régulation adéquats pour piloter la trajectoire
- Mettre en œuvre une stratégie industrielle

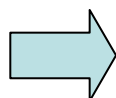
Compléments et éléments de comparaison internationale

La mission propose d'afficher de nouveaux objectifs quantitatifs concernant les flux annuels d'installations photovoltaïques

- ❑ Les objectifs de la programmation pluriannuelle des investissements (PPI) semblent dès aujourd'hui obsolètes (rappel : 1,1GW en 2012 et 5,4GW en 2020)
- ❑ Il serait souhaitable d'afficher un nouvel objectif quantitatif crédible sur les flux (en MW installés par an) et se donner les moyens de respecter cet objectif pendant au moins deux ans (les objectifs pourront être revus en fonction de l'évolution des conditions économiques du secteur et des charges pesant sur la CSPE)
- ❑ Propositions d'objectifs quantitatifs annuels variant entre :
 - 500MW/an
 - Rythme envisagé par le Grenelle de l'environnement et la PPI
 - Correspondant au niveau espagnol (500MW/an)
 - Cohérent avec le flux d'installations de 200 MW en France en 2009
 - Cohérent avec la capacité de production de panneaux en France (200MW par an en 2009, elle devrait atteindre 300MW/an fin 2010 avec la réalisation de projets en cours -principalement des « assembleurs », Photowatt, seul intégré sur toute la chaîne du silicium produit 70MW/an)
 - et 300 MW/an, en affichant une perspective de progressivité de la trajectoire (par exemple en réduisant fortement les centrales au sol)
- ❑ Il ne paraît cependant pas souhaitable de modifier dans l'immédiat formellement la PPI et le plan national d'action en faveur des énergies renouvelables (PNAENR) transmis à la Commission européenne
 - À terme, en fonction du taux de réalisation des projets en file d'attente et des flux d'installations annuels, il sera possible d'afficher un nouvel objectif global à horizon 2020, de l'ordre de 7 à 9GW en 2020 (en fonction des hypothèses de réalisation de la file d'attente)
- ➡ ❑ Ne pas en faire trop aujourd'hui permet de se donner des marges de manœuvre pour pouvoir en faire davantage demain avec des technologies moins onéreuses, plus efficaces et plus propres

Décliner les nouveaux objectifs quantitatifs sur les différents segments de marché pertinents en fonction de leur potentiel

- ❑ L'objectif annuel serait réparti entre les trois segments de marché identifiés :
 - Les particuliers, les grandes toitures (industrielles, commerciales, agricoles...) et les installations au sol
- ❑ Les perspectives de marché poussent à privilégier les installations en toiture :
 - La parité réseau sera d'abord atteinte sur les installations distribuées (l'investissement photovoltaïque est rentable par rapport aux prix de l'électricité distribué avant de l'être par rapport au prix de gros)
 - Le développement de solutions adaptées à des espaces contraints répondra à une attente forte du marché dans de nombreux pays (zones urbanisées)
 - Le marché du photovoltaïque dans le résidentiel, individuel ou collectif, sera dynamisé par la réglementation thermique en matière de bâtiment (bâtiments basse consommation ou à énergie positive) et favorisera les possibilités d'autoconsommation
- ❑ L'abandon du segment des centrales au sol pourrait ainsi être envisagé ; deux arguments plaident toutefois pour le maintien d'une part de puissance, réduite, au sol :
 - Les industriels qui ont ou vont développer des produits directement liés aux centrales pourraient souffrir d'une absence totale de base nationale (exemple des trackers)
 - C'est le seul segment pour lequel des clauses d'emploi local, via les appels d'offre, seraient envisageables



Trois hypothèses de répartition de l'objectif annuel entre les différents segments de marché

Segment de marché (propositions de seuils)	Tendance 300MW/an équilibrée entre segments	Tendance 300MW/an avec moratoire sur le sol	Tendance 500MW/an privilégiant les toitures
Particuliers Limités à 9kWc soit 90m ²	100 (soit 33 000 installations de 3kWc)	100 (soit 33 000 installations de 3kWc)	150 (soit 50 000 installations de 3kWc)
Grandes toitures Limitées à 1MWc, soit 1 ha	100 (soit 100 ha de toitures)	200 (soit 200 ha de toitures)	200 (soit 200 ha de toitures)
Installations au sol Limitées à 12MW (soit 36 ha)	100 (soit 300 ha de centrales)	0	150 (soit 450 ha de centrales)
Total	300	300	500

Sommaire

1. Le développement du parc photovoltaïque

- Le photovoltaïque : une énergie à fort potentiel, mais dont le développement à moyen terme est limité par ses coûts élevés
- La flambée des demandes fin 2009 : état des lieux et perspectives
- Les nouvelles conditions tarifaires restent très attractives et le développement devrait se poursuivre à un rythme soutenu

2. Un péril financier et des incertitudes industrielles

- Les conséquences financières potentielles d'une trajectoire de développement soutenue
- L'inadéquation entre les objectifs industriels et le rythme de déploiement

3. Un plan d'action pour un secteur à fort potentiel de croissance qui présente des opportunités économiques

- La politique du photovoltaïque doit cibler prioritairement le positionnement des entreprises françaises sur ce secteur à fort potentiel au niveau mondial
- Un plan d'action en deux temps pour donner de la visibilité aux acteurs

4. Prendre des mesures relatives à l'obligation d'achat dès l'été 2010

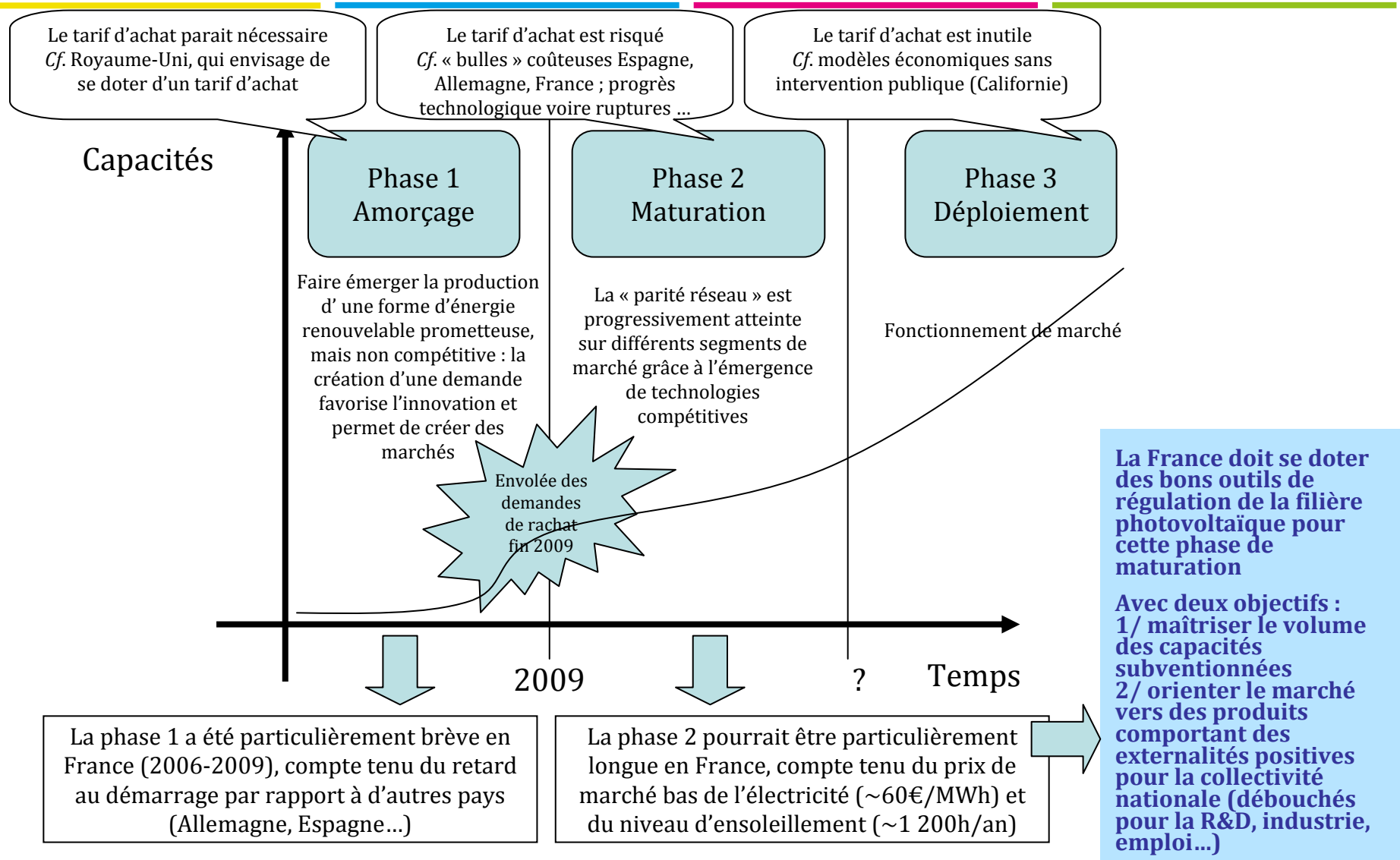
- Modifier le niveau du tarif de rachat de l'électricité photovoltaïque
- Améliorer le pilotage de l'outil « tarif d'achat » pour gérer la file d'attente et le flux de demandes nouvelles

5. Définir un plan d'action global pour le développement de l'électricité photovoltaïque à mettre en œuvre début 2011

- Définir de nouveaux objectifs quantitatifs à horizon 2020 pour le photovoltaïque et les décliner sur les différents segments de marché pertinents
- Mettre en place des outils de régulation adéquats pour piloter la trajectoire
- Mettre en œuvre une stratégie industrielle

Compléments et éléments de comparaison internationale

La courbe de maturité de l'électricité photovoltaïque dépend non seulement du développement technologique mais aussi de la situation de chaque pays



Plusieurs voies sont envisageables pour mieux maîtriser les quantités subventionnées

Phase 1
Amorçage

Tarif d'achat

- Le tarif d'achat a joué son premier rôle mais présente des limites : il n'est pas suffisant de changer le niveau du tarif ; **besoin d'un nouveau mix entre la régulation par les prix et par les quantités**

Phase 2
Maturation

Sophistication du tarif d'achat

Mobilisation d'autres instruments

Les différents instruments n'ont pas les mêmes effets sur le développement d'une filière et l'innovation.

L'instrument « tarif d'achat » ne correspond pas à un objectif d'innovation. Il ne participe pas non plus directement à un objectif de développement d'une filière industrielle

- Le cas espagnol : dégressivité et contingentement annuel, avec la gestion d'une file d'attente (2008)
- Le cas allemand : nouvelle règle de dégressivité automatique du tarif en fonction des capacités installées, avec des besoins de réajustements ponctuels (2009)
- Le cas français : tarif avec dégressivité (2010)
- Autres pistes : restriction du périmètre d'éligibilité du tarif de rachat (ex. : seuil en kWc), système « tarif bas+prime régionale/État », système « prix de marché+prime fixe »

- Appels d'offres
- Appels à projet (alternatives innovantes à l'appel d'offre, type « adjudication par lots »)
- Quotas d'utilisation d'énergies renouvelables avec marché de « certificats verts »
- Autres ?

La pertinence des instruments diffère selon le segment de marché considéré (ex. : un appel d'offres n'est pas adapté pour développer les installations photovoltaïques sur les toitures des particuliers)

Retenir les outils adaptés aux segments de marché retenus : conclusions de l'analyse théorique et du benchmark (international, autres ENR)

Outil \ Segment	Particuliers	Toitures agricoles, tertiaires, industrielles	Centrales au sol
	- enjeu de promotion des ENR - peu de risque sur les quantités - enjeu sur les prix	enjeu de maîtrise des quantités (risque financier fort pour la CSPE)	enjeu de maîtrise des quantités (risque financier fort pour la CSPE)
Tarifs dégressifs de manière linéaire ou indexée sur les quantités <i>Exemple allemand</i>		 Risque sur les quantités => privilégier une dégressivité automatique en fonction des quantités, à fréquence rapide	 Risque sur les quantités => privilégier une dégressivité automatique en fonction des quantités, à fréquence rapide
Tarifs contingentés <i>Exemple espagnol</i>	 Risque quantité plus faible sur ce segment / effet dissuasif fort du contingentement pour le particulier	 Maîtrise des quantités mais création de file d'attente	 Maîtrise des quantités mais création de file d'attente
Appels d'offres	 Nombre de dossier trop élevé	 Nombre de dossier trop élevé	 Mais vigilance sur les quantités (taux de chute) et sur la sécurité juridique des clauses d'emploi local
Mécanismes d'enchères inversées (adjudication par lots)	 Nombre de dossier trop élevé / effet dissuasif fort pour le particulier	 Maîtrise des quantités mais nouveauté du dispositif et besoin d'un SI performant	 Maîtrise des quantités mais nouveauté du dispositif et besoin d'un SI performant

❑ **Aucun instrument n'apparaissant évident pour le secteur des toitures, la mission propose trois scénarios reposant sur les trois outils envisageables**

Trois scénarios de régulation pour piloter la trajectoire

- ❑ Pour les particuliers, la mission retient dans tous les scénarios un système de tarif, où la dégressivité dépend de la puissance enregistrée dans la file d'attente ; la capacité à agir sur les quantités à travers le tarif suppose une dégressivité à rythme rapide : la mission retient un rythme trimestriel
- ❑ Pour les centrales au sol, la mission retient dans tous les cas l'appel d'offre ; elle préconise l'annonce d'un calendrier pluriannuel pour donner de la visibilité aux acteurs
- ❑ Pour les installations en toiture, aucun des leviers ne s'impose totalement : la mission propose donc trois options, dont elle a comparé les avantages et les inconvénients

Trois scénarios de régulation du secteur photovoltaïque, reposant sur trois outils différents pour les grandes toitures

Segment de marché	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Particuliers	Tarif d'achat dégressif en fonction des quantités, avec un « corridor » cible et une échelle de dégression	Tarif d'achat dégressif en fonction des quantités, avec un « corridor » cible et une échelle de dégression pour chaque segment	Tarif d'achat dégressif en fonction des quantités, avec un « corridor » cible et une échelle de dégression
Grandes toitures	Adjudication par lots trimestrielle		Tarifs contingentés, dégressifs automatiquement en fonction des quantités
Installations au sol	Appel d'offres	Appel d'offres	Appel d'offres

Source : Mission.

Pour le segment des particuliers, la mission préconise le recours aux tarifs dégressifs en fonction des quantités enregistrées dans la file d'attente

- ❑ **L'outil tarif apparaît adapté aux enjeux du segment des particuliers**
 - Les risques de dérive rapide sur ce segment sont limités, comme l'a montré l'épisode de 2009
 - Le dispositif doit rester suffisamment simple et lisible pour les acteurs non professionnels
- ❑ **Une dégressivité ajustée en fonction du niveau de demandes, sans constituer une garantie sur les volumes, doit permettre d'en améliorer le pilotage**
 - Elle permet de diminuer l'asymétrie d'information : le régulateur s'appuie sur le retour fourni par les acteurs plutôt que sur une analyse théorique
 - La mission propose que la dégressivité soit calibrée en fonction du volume des demandes (et non des capacités installées comme en Allemagne) : l'administration conserve ainsi une marge d'anticipation. Cela suppose toutefois de « fiabiliser » le contenu de la file d'attente, ce qui est rendu possible par un dépôt de garantie au stade de la demande
- ❑ **La mission propose que le tarif intégré au bâti soit maintenu pour le seul segment des particuliers (plafonné à 9 kWc), et que le tarif d'intégration au bâti simplifiée devienne un tarif bâtiment (avec un nombre très limité de critères techniques)**
- ❑ **Le corridor cible pourrait être fixé à 100 à 150 MW/an pour les particuliers dans une hypothèse à 500 MW/an, avec une dégressivité trimestrielle de 2,5%, revue à la hausse ou à la baisse à 1% près par tranche de 12,5 MW (= un quart de 50 MW)**

Puissance des demandes au trimestre n	Dégressivité du tarif au trimestre n+1
> 50 MW	4,5 %
37,5 – 50 MW	3,5 %
25 – 37,5 MW	2,5 %*
12,5 – 25 MW	1,5 %
< 12,5 MW	0,5 %

Objectif annuel
(100 – 150 MW)
trimestrialisé :
« corridor cible »

* La mission propose que le niveau de tarif dépende de la date de la signature de la proposition technique et financière (PTF) : ainsi un porteur de projet qui a déposé sa demande au trimestre n et qui reçoit la PTF au trimestre n+1 verra le tarif revu à la baisse par rapport au moment où il a déposé son projet

Les processus de traitement de l'obligation d'achat peuvent être ajustés, afin de permettre un meilleur pilotage de cet instrument et une meilleure articulation avec les étapes clés d'un projet photovoltaïque

Étape	Description	Action
La déclaration ou demande d'autorisation au titre de la loi sur l'électricité	Cette déclaration pourrait être un indicateur avancé du flux de nouveaux projets (initialisation d'un registre) à condition : 1/ de faire partie des pièces nécessaires à la demande complète de raccordement (DCR), 2/d'être étendue aux installations > 36 kWc (régime déclaratif). L'avantage est qu'un système d'information national est déjà en place (DGEC). Les CODOA pourraient être supprimés.	Faire évoluer la procédure de déclaration au titre de la loi sur l'électricité (décret n° 2000-877) et les procédures d'ERDF Supprimer les CODOA (décret n°2001-410; décret 2009-1414)
La demande complète de raccordement (DCR)	Il s'agit de suivre les quantités correspondant à des projets sérieux, afin de pouvoir envisager une baisse du niveau des tarifs en cas d'afflux de dossiers ou pour piloter une dégressivité automatique des tarifs fondée sur les volumes, inspirée du dispositif allemand. Un dépôt de garantie pourrait être exigé à ce moment pour éviter les projets optionnels (« options gratuites » sur le niveau du tarif). Le dépôt de garantie serait perdu et le projet sorti de la file d'attente en l'absence de mise en service au bout de 12 mois à compter de la DCR pour les installations de moins de 36kWc (seuil sous lequel ERDF est tenu à un délai de raccordement de trois mois) ou 24 mois pour les plus gros projets. Le dépôt de garantie pourrait être fixé à 10c€/Wc (soit ~2% du coût du Wc intégré au bâti).	Améliorer le système d'information ERDF, l'interface avec EDF-OA et la transmission d'information à l'administration. Versement d'un dépôt de garantie remboursable à la réalisation du projet (NB : expertise juridique nécessaire sur le niveau de texte et les modalités d'un tel dépôt de garantie). Modifier le dispositif prévu par l'arrêté tarifaire du 12 janvier 2010.
La proposition technique et financière (PTF)	Cette étape est importante, car l'acceptation de la PTF correspond au premier versement d'un acompte à ERDF par le porteur de projet ; surtout, elle précède les engagements bancaires et les commandes aux fournisseurs de matériels dans le déroulement d'un projet standard. Cette étape devrait correspondre au blocage définitif du tarif de rachat applicable à un projet donné (mentionné dans la PTF) NB : aujourd'hui, la date de la DCR fixe le niveau du tarif applicable. Le dépôt de garantie versé au moment de la DCR serait remboursé dans deux cas : coût de raccordement trop élevé, ou niveau du tarif trop bas (évolution de plus de 2,5% par rapport au moment de la DCR).	Modifier le dispositif prévu par l'arrêté tarifaire du 12 janvier 2010 (fait générateur ouvrant droit à un tarif).
La mise en service	Cette étape permet de tenir à jour une comptabilité des engagements financiers pour la CSPE ; en effet, les contrats d'achats signés par EDF-OA démarrent à compter de la date de mise en service des installations	Mettre en place une comptabilité des engagements CSPE

Pour le segment des centrales au sol, la mission préconise le recours aux appels d'offre

- ❑ **L'appel d'offre apparaît adapté aux enjeux du segment des centrales au sol**
 - Un nombre de projets limités : par exemple, pour des centrales de 10 MW et une capacité de 100 MW/an, dix projets à sélectionner
 - Des caractéristiques techniques plus simples et plus standardisées que dans le bâtiment, qui devaient permettre une réelle compétition sur les prix
- ❑ **Ses défauts potentiels, fortement soulignés par les acteurs de la filière, doivent pouvoir être surmontés à condition de :**
 - Évincer les projets risquant forcément de ne pas se réaliser (inaboutis techniquement, trop peu rentables) par des exigences techniques mais aussi par l'introduction de clauses de dédit (pénalités)
 - Afficher une programmation pluriannuelle pour donner de la visibilité aux acteurs
 - Améliorer le délai de dépouillement des dossiers et de sélection (le délai était supérieur à 300 jours en moyenne pour les appels d'offre CRE depuis 2004), en s'engageant sur un délai maximum (exemple : trois mois) ; cela passe notamment par une simplification des critères de sélection :
 - Poser comme norme obligatoire les critères techniques et financiers et les exigences de délai de réalisation (cf. pénalités)
 - Retenir comme seuls critères de classement le prix, et éventuellement le contenu en emplois locaux
 - Laisser l'appréciation des impacts environnementaux et de l'acceptabilité locale à la procédure d'urbanisme avec enquête publique, ultérieure à la sélection (seule la maîtrise foncière sera demandée au moment du dépôt du dossier). NB : l'existence de procédures ultérieures entraîne un risque de non réalisation
- ❑ **La piste des clauses d'emploi local mériterait d'être approfondie**
 - L'analyse de la direction juridique du MEIE conclut à une nécessité de prudence mais non à une impossibilité
 - Elle souligne toutefois que les critères d'emploi local « ne sauraient être admis sans risque juridique sauf à modifier les textes » (loi du 10 février 2000 sur le service public de l'électricité et/ou décret du 4 décembre 2002 sur la procédure d'appel d'offres pour les installations de production d'électricité)

Pour le segment des grandes toitures, la mission a examiné trois options et privilégie celle des tarifs dégressifs

Outil	Points forts	Points faibles
Adjudication par lots : mise aux enchères trimestrielle de quantités, qui seront allouées en fonction du seul critère du tarif proposé	Maîtrise des quantités Révélation de la courbe de prix par les professionnels, si la profondeur du marché est suffisante (mais pas de maîtrise directe du prix) Visibilité pour les acteurs, plus ou moins grande en fonction de la fréquence des enchères et de l'affichage pluriannuel des quantités mises aux enchères Coût de gestion modéré	Nouveauté du dispositif Nécessité d'un outil informatique performant et temps de développement Pas de maîtrise du prix Risque de non-atteinte des objectifs
Tarifs contingentés, dégressifs automatiquement en fonction des quantités	Maîtrise des quantités et des prix (maîtrise totale de l'impact sur la CSPE) Ajustement automatique des tarifs en fonction des quantités (insensibilité à l'asymétrie d'information)	Gestion de la file d'attente Risque de fraude Risque de non-atteinte des objectifs de puissance Faible visibilité pour les acteurs et risque de spéculation
Tarif d'achat dégressif en fonction des quantités, avec un « corridor » cible et une échelle de dégression	Maîtrise des prix : réduction progressive du coût pour la CSPE pour les nouveaux contrats Ajustement automatique (insensibilité à l'asymétrie d'information) Action indirecte sur les quantités en ajustant la rentabilité des projets Visibilité pour les acteurs Adapté à la gestion des grands nombres (faible coût de gestion)	Pas de maîtrise des quantités Effet retard important, surtout si le délai est d'un an Effet d'anticipation Nécessité d'un suivi très rapproché des quantités

La mission privilégie l'option « tarif d'achat dégressif en fonction des quantités », qui semble relativement robuste et qui conjugue des possibilités d'ajustement fortes et une bonne visibilité pour les acteurs ; toutefois elle rappelle que ce système ne donne pas de maîtrise directe des quantités.

Ce dispositif s'inspire du mécanisme allemand avec deux principales adaptations : la dégressivité à pas trimestriel et le suivi des quantités au niveau des demandes de raccordement

Pour le segment des grandes toitures, la mission préconise un recours aux tarifs dégressifs et une simplification de la grille

- ❑ Comme pour le segment des particuliers, la mission propose que la dégressivité soit calibrée en fonction du volume des demandes afin de conserver une marge d'anticipation et de retenir un dépôt de garantie au stade de la demande (par exemple 10 c€ / Wc)
- ❑ La structure du tarif serait simplifiée:
 - Le tarif d'intégration simplifiée au bâti deviendrait un tarif bâtiment (avec un nombre très limité de critères techniques)
 - Le tarif d'intégration au bâti ne serait pas accessible pour cette tranche de puissance (> 9 kWc)
- ❑ Compte tenu du changement de structure tarifaire (allègements des contraintes techniques), l'initialisation du niveau de départ du tarif bâtiment doit être calée au plus juste des coûts de revient
- ❑ Le corridor cible pourrait être fixé à 150 à 200 MW/an pour les grandes toitures dans une hypothèse à 500 MW/an, avec une dégressivité trimestrielle de 2,5%, revue à la hausse ou à la baisse à 1% près par tranche de 12,5 MW (= un quart de 50 MW)

Puissance des demandes au trimestre n	Dégressivité du tarif au trimestre n+1
> 62,5 MW	4,5%
50 – 62,5 MW	3,5 %
37,5 – 50 MW	2,5 %
25 – 37,5 MW	1,5 %
< 25 MW	0,5 %

Objectif annuel
(150 – 200 MW)
trimestrialisé :
« corridor cible »

* La mission propose que le niveau de tarif dépende de la date de la signature de la proposition technique et financière (PTF) : ainsi un porteur de projet qui a déposé sa demande au trimestre n et qui reçoit la PTF au trimestre n+1 verra le tarif revu à la baisse par rapport au moment où il a déposé son projet

Sommaire

1. Le développement du parc photovoltaïque

- Le photovoltaïque : une énergie à fort potentiel, mais dont le développement à moyen terme est limité par ses coûts élevés
- La flambée des demandes fin 2009 : état des lieux et perspectives
- Les nouvelles conditions tarifaires restent très attractives et le développement devrait se poursuivre à un rythme soutenu

2. Un péril financier et des incertitudes industrielles

- Les conséquences financières potentielles d'une trajectoire de développement soutenue
- L'inadéquation entre les objectifs industriels et le rythme de déploiement

3. Un plan d'action pour un secteur à fort potentiel de croissance qui présente des opportunités économiques

- La politique du photovoltaïque doit cibler prioritairement le positionnement des entreprises françaises sur ce secteur à fort potentiel au niveau mondial
- Un plan d'action en deux temps pour donner de la visibilité aux acteurs

4. Prendre des mesures relatives à l'obligation d'achat dès l'été 2010

- Modifier le niveau du tarif de rachat de l'électricité photovoltaïque
- Améliorer le pilotage de l'outil « tarif d'achat » pour gérer la file d'attente et le flux de demandes nouvelles

5. Définir un plan d'action global pour le développement de l'électricité photovoltaïque à mettre en œuvre début 2011

- Définir de nouveaux objectifs quantitatifs à horizon 2020 pour le photovoltaïque et les décliner sur les différents segments de marché pertinents
- Mettre en place des outils de régulation adéquats pour piloter la trajectoire
- Mettre en œuvre une stratégie industrielle

Complément : éléments de comparaison internationale

Les opportunités pour les entreprises françaises ne se limitent pas au « panneau », mais sont aussi (et surtout) dans le secteur des équipements et des services pour l'amont et l'aval de la filière

La France compte de grands industriels des matériaux de l'industrie PV (Air Liquide, Saint-Gobain) déjà présents sur le secteur du PV et quelques PME innovantes fabriquant des équipements (fours ECM et SEMCO) visant un marché mondial

Équipements ou matériaux pour l'industrie du PV

Composants électriques, systèmes d'intégration, software

La France compte de grands équipementiers électriques (Schneider, Legrand) qui se positionnent progressivement sur le PV. L'intégration au bâti a permis l'émergence de quelques PME innovantes visant ce marché de niche.

Industrie du PV:
« le panneau solaire »
Trois générations de technologies

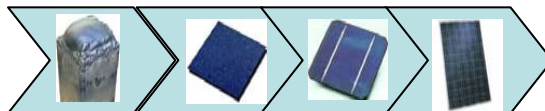
Aval: développement, installation et exploitation des projets

La filière du silicium cristallin présente peu d'opportunités de marché, étant donné l'avance technique et l'avantage comparatif des pays asiatiques.

La France doit centrer son effort sur les technologies de 2^{ème} et 3^{ème} génération, où la compétition internationale est toutefois soutenue et où certains pays ont un temps d'avance.

La rapidité de l'effort de R&D et de la valorisation sera un facteur clé : nécessité de mobiliser des relais industriels (grands énergéticiens, micro-électronique, etc)

1^{ère} génération: silicium cristallin (homojonction)



2^{ème} génération: couches minces



3^{ème} génération: multijonctions, conversion de photons, organiques ...



Les électriciens déjà présents sur ce segments (EDF EN, GDF, ...) sont bien positionnés vis-à-vis du marché mondial, qui constitue également une opportunité pour les autres entreprises leader à l'international sur le secteur des « utilities » (Véolia, JC Decaux, ...)

Mettre en cohérence la stratégie de R&D avec les opportunités identifiées

- ❑ **Dans le secteur de l'industrie photovoltaïque même, centrer l'effort sur les filières de 2^{ème} et 3^{ème} génération où il existe encore des possibilités de développer des avantages technologiques comparatifs, à condition de :**
 - **Créer les conditions d'une R&D à la fois pionnière sur la recherche amont et capable de basculer rapidement vers le développement technologique : améliorer le pilotage avec d'une part des centres de recherche amont (Institut solaire de Saclay : IRDEP, LPICM) et d'autre part une plate-forme technologique, l'INES**
 - **Organiser très en amont les possibilités de transfert de technologie, en associant les partenaires industriels à la R&D (cofinancements, copilotage)**
 - **Maintenir les moyens, accrus récemment grâce au fonds d'investissement d'avenir (qui pourrait être de 100 à 150 M€ pour le photovoltaïque), à court terme et à moyen terme (nécessité d'une avance technologique permanente étant donné le contexte concurrentiel)**
- ❑ **Dans le secteur des équipements pour l'amont et pour l'aval :**
 - **Améliorer la lisibilité de l'effort de recherche pouvant bénéficier au PV, en établissant une cartographie intégrant ces secteurs (exemple: smart-grids)**
 - **Réaliser un diagnostic des besoins en matière de R&D des industriels souhaitant se développer autour du photovoltaïque**

Mobiliser les grands acteurs industriels susceptibles de se positionner sur le photovoltaïque et organiser la mise en réseau des petits, moyens et grands acteurs à l'échelle nationale

- ❑ **La développement d'une industrie du photovoltaïque peut suivre deux types de modèles :**
 - L'émergence de « pure players » (modèle américain, qui repose sur l'efficacité du capital-risque ou modèle allemand du « mittelstand »)
 - Le développement d'industriels existants sur ce segment, par croissance interne ou externe (modèle japonais)
 - Les caractéristiques de l'industrie française laissent penser que la deuxième voie est la plus adaptée... mais les grands industriels français se sont peu mobilisés pour le photovoltaïque à ce stade, à l'exception d'EDF EN (investissement dans Nexcis ou Apollon Solar, partenariat avec First Solar)
- ❑ **Il apparaît donc nécessaire que le Gouvernement mobilise, à un niveau politique, les grands acteurs français de l'énergie (EDF, Total, GDF-Suez) ou des industries connexes au PV (STMicroelectronics, Saint-Gobain, etc.) et use de sa capacité d'influence pour les inciter à investir dans le secteur du PV**
 - Sans cela, il est peu probable que l'effort de R&D se traduise par un développement industriel
 - L'investissement des grands groupes privés devrait être parallèle à l'effort de la collectivité en faveur du marché domestique et de la R&D
 - Dans tous les cas, le positionnement des industriels français sur le secteur ne se traduira pas par une création d'emploi 100% française (stratégie internationale pour conquérir un marché international)
- ❑ **Dans le domaine des équipements pour l'amont et l'aval (équipementiers, matériaux solaires, « Balance of System », fournitures électriques et autres), l'existence d'un tissu de groupes et de PME apparaît comme un atout, mais l'essor de ces dernières passe par une mise en réseau et une visibilité internationales renforcées**
 - Après avoir identifié tous les intervenants (cartographie ou annuaire), les pouvoirs publics favoriseront les regroupements ou consortiums en soutenant le développement de projets collaboratifs sur ce segment de marché (OSEO)
 - La bonne échelle est nationale, même si elle peut d'appuyer sur les réseaux régionaux ou inter régionaux (pôles de compétitivité)
 - Le développement à l'international des entreprises françaises doit être soutenu et leur visibilité améliorée par la promotion d'une « marque France » en lien avec le réseau Ubifrance

Les acteurs industriels présents sur le territoire, essentiellement sur le segment très concurrentiel du silicium cristallin, doivent démontrer leur capacité à se développer sur le marché

- ❑ **Les deux catégories d'acteurs présents sur le territoire dans la filière du silicium cristallin ont fait jusqu'à présent l'objet de soutiens directs ou indirects :**
 - **Photowatt a largement bénéficié de l'effort de R&D, via l'INES et PV Alliance**
 - **Les assembleurs, qui ont connu un développement rapide en 2009 et 2010, tirent en partie leur compétitivité du tarif intégré au bâti**
- ❑ **Toutefois, dans la vision stratégique du secteur photovoltaïque, le marché national joue seulement le rôle de base pour un développement à l'international**
 - **L'enjeu pour ces entreprises est donc désormais de démontrer leur capacité à se positionner sur un marché international (via un avantage prix / qualité / technologie, ou un positionnement sur des niches susceptibles d'être exportées)**
 - **L'appui des pouvoirs publics doit être prioritairement tourné vers cet objectif, plutôt que sur une stimulation excessive par le marché national dont le bilan coût / avantage est mauvais**

Rapport de synthèse de la mission IGF-CGIET relative à la régulation et au développement de la filière photovoltaïque en France

Paris, le 29 juillet 2010

L'Ingénieur général des mines



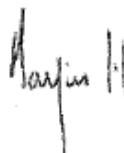
Christian STOFFAES

L'Ingénieur général des mines



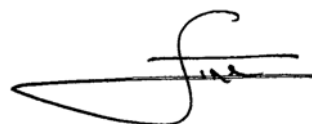
Claude TRINK

L'Inspecteur général des finances



Jean-Michel CHARPIN

L'Inspecteur des finances



Alexandre SINÉ

L'Inspecteur des finances



Philippe HELLEISEN

L'Inspecteur des finances



Cécile TLILI

Sommaire

- 1. Le développement du parc photovoltaïque**
 - Le photovoltaïque : une énergie à fort potentiel, mais dont le développement à moyen terme est limité par ses coûts élevés
 - La flambée des demandes fin 2009 : état des lieux et perspectives
 - Les nouvelles conditions tarifaires restent très attractives et le développement devrait se poursuivre à un rythme soutenu
- 2. Un péril financier et des incertitudes industrielles**
 - Les conséquences financières potentielles d'une trajectoire de développement soutenue
 - L'inadéquation entre les objectifs industriels et le rythme de déploiement
- 3. Un plan d'action pour un secteur à fort potentiel de croissance qui présente des opportunités économiques**
 - La politique du photovoltaïque doit cibler prioritairement le positionnement des entreprises françaises sur ce secteur à fort potentiel au niveau mondial
 - Un plan d'action en deux temps pour donner de la visibilité aux acteurs
- 4. Prendre des mesures relatives à l'obligation d'achat dès l'été 2010**
 - Modifier le niveau du tarif de rachat de l'électricité photovoltaïque
 - Améliorer le pilotage de l'outil « tarif d'achat » pour gérer la file d'attente et le flux de demandes nouvelles
- 5. Définir un plan d'action global pour le développement de l'électricité photovoltaïque à mettre en œuvre début 2011**
 - Définir de nouveaux objectifs quantitatifs à horizon 2020 pour le photovoltaïque et les décliner sur les différents segments de marché pertinents
 - Revoir les outils de régulation pour piloter la trajectoire
 - Mettre en place des outils de régulation adéquats pour piloter la trajectoire

Compléments et éléments de comparaison internationale

Le choix espagnol : contingenter l'accès aux tarifs réglementés pour une maîtrise du coût total, mais en créant une file d'attente (1/2)

- ❑ Avant 2008 : un tarif unique à 45 c€/MWh sans contingentement
- ❑ Des excès en 2008 :
 - 3GWc installés pour un objectif total de 8,4 GWc pour 2020,
 - 4000 inscriptions avec 80% d'irrégularités :
 - des centrales inscrites qui ne produisent pas d'électricité
 - des cas de production d'électricité en pleine nuit avec des groupes électrogènes.
- ❑ Une nouvelle politique de régulation (décret royal 1578/2008) :
 - La distinction de 3 catégories : toits < 20kWc, toits > 20kWc, sol
 - Des tarifs définis pour 25 ans
 - Une baisse des tarifs : 34 c€/kWh pour les toits < 20kWc et 32 c€/kWh au sol et pour les toits > 20 kWc
 - La mise en place d'une formule de dégressivité automatique des tarifs à chaque trimestre et pour chaque segment en fonction d'un objectif de dégressivité annuel (-10%) ajusté en fonction des puissances demandées par rapport au contingent (cf. page suivante)
 - Un contingentement des quantités éligibles (500 MWc en 2009, 400 MWc en 2010 : les quotas annuels seront augmentés du pourcentage de la réduction tarifaire dans la limite de 10% par an)
 - Une limitation des puissances (10 MW au sol, 2MW sur les toits)
 - La mise en place de pré-registres : l'inscription nécessite d'avoir obtenu les autorisations administratives et une caution bancaire (50€/kWc si < 20kWc, 500€/kWc sinon)
 - Le traitement chronologique des demandes (la date de référence est la date la plus récente parmi les dates de l'autorisation administrative, du permis de travaux et du dépôt de caution)
 - Quatre conventions annuelles qui débouchent sur la publication d'une liste des projets retenus dans le contingent
 - Un délai d'un an (prolongeable de 4 mois si difficultés) pour réaliser l'installation des projets retenus
 - Un accès aux tarifs en vigueur au moment de la publication de la liste définitive

Le choix espagnol : contingenter l'accès aux tarifs réglementés pour une maîtrise du coût total, mais en créant une file d'attente (2/2)

❑ L'adéquation de la demande aux contingents fixe l'évolution des tarifs

- P_0 est le quota prévu au trimestre n-1
- P est la puissance demandée

1 Le tarif du trimestre n dépend du tarif du trimestre précédent.

$$T_n = T_{n-1} \left(\left(1 - 0,9^{\frac{1}{4}} \right) \left(\frac{1}{P_0} \frac{P_0 - P}{\frac{1}{4}} \right) + 0,9^{\frac{1}{4}} \right)$$

2 Le coefficient 0,9 fixe une réduction des tarifs de 10% par an si les puissances demandées correspondent aux puissances offertes

3 Le coefficient $\frac{1}{4}$ permet la déclinaison trimestrielle de l'objectif de - 10%/an

4 Ecart relatif par rapport aux prévisions ramené à la période (trimestre) considérée :

$$\frac{1}{P} \cdot \frac{\Delta P(W)}{\Delta t(\text{années})}$$

- L'adéquation offre-demande entraîne baisse du tarif de 10% /an
- En cas d'insuffisance de la demande de 25 %, le tarif est constant
- Une demande 2 fois trop élevée induit une baisse trimestrielle de 13%

❑ Évolution distincte des tarifs par catégorie (3ème trimestre 2010) :

- au sol 26,6 c€/kWh (3ème trimestre 2010)
- toits <20 kWc, 33 c€/MWh
- toits > 20 kWc, 29,5 c€/kWh

❑ Difficultés rencontrées par le système de contingentement :

- Constitution d'une importante file d'attente : 5 ans pour les centrales au sol
- Comportements spéculatifs : développement d'un marché secondaire des licences, voire de fraudes
- Perspective incertaine d'abandon de certains projets pour cause d'anticipation d'une baisse des coûts supérieure à celle des tarifs

Le choix allemand : un « corridor cible » de puissance avec des tarifs dégressifs automatiques qui donne de la visibilité à la filière, mais qui n'assure ni la maîtrise des quantités, ni celle des coûts

❑ Le système allemand est fondé sur des tarifs de rachat

- Garantis pour une durée de 20 ans
- Aujourd'hui compris entre 28 et 39 c€/kWh

❑ Le ministère de l'environnement élabore un scénario prospectif mis à jour chaque année :

- Détermine un corridor de croissance pour l'année à venir avec des objectifs de puissances à installer
- Fixe l'évolution des tarifs si ce corridor est respecté (-9%/an aujourd'hui)
- Si le corridor n'est pas respecté, alors la variation du tarif est modifiée

❑ Pas de contrôle sur les quantités

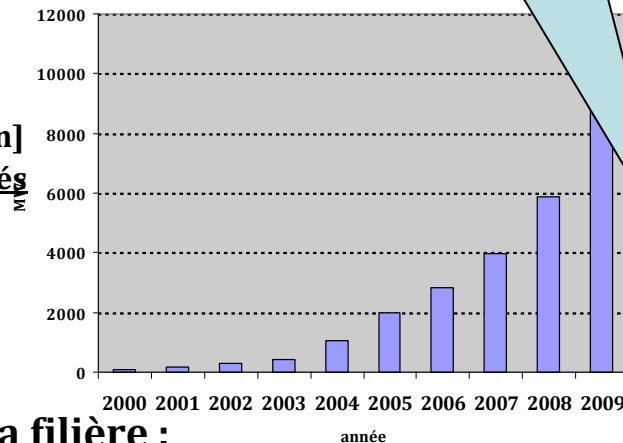
- Mi-2009 : corridor centré sur 1,425 GWc/an
- Aujourd'hui : corridor [2,5GWc/an ; 3,5 GWc/an]
- Tendance pour l'année 2010 : 6 à 8 GWc installés

❑ Corollaire : pas de contrôle sur les coûts

- 2009 : 2,47 Mds€ pour 9,8 GWc installés
- ➔ 40 Mds € sur 20 ans
- Corridor centré sur 3GWc : 42 GWc en 2020

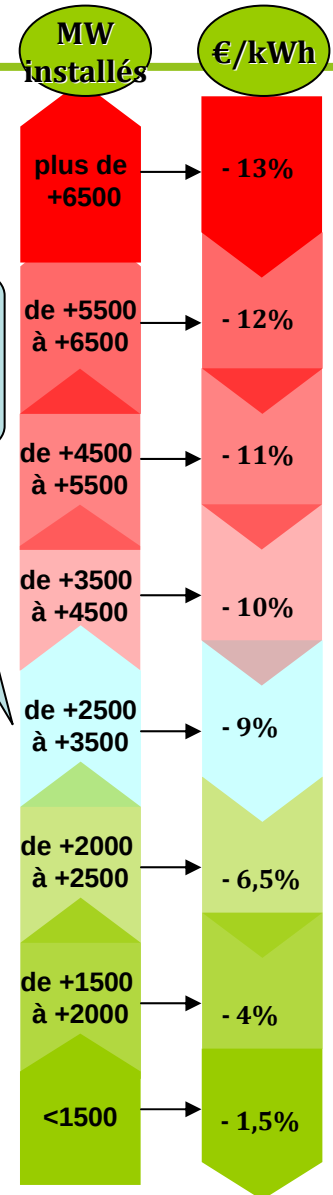
❑ Des baisses de tarifs mal acceptées par la filière :

- Opposition du secteur fortement relayée par les médias
- Après que le Bundesrat a bloqué la baisse de 16 à 18 % prévue initialement par le Gouvernement pour avril 2010, les assemblées ont trouvé en juillet 2010 un compromis prévoyant une première baisse de 13% à compter du 1^{er} juillet 2010 suivie d'une baisse supplémentaire de 3% en octobre 2010
- Plusieurs mesures d'accompagnement ont été annoncées, dont un renfort de l'effort de R&D monté à 100 M€



Corridor cible et variation du tarif 2011 en fonction du nombre de MWc installés en 2010

Source : BMU.



L'exemple du mécanisme de pré-registre en Espagne (déclaration en ligne des projets)

SITUACIÓN ACTUAL

R. D. 1578/2008
Registro Preasignación

 **MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO**

Formulario de solicitud de inscripción en el registro de preasignación de retribución de instalaciones de generación de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica según Real Decreto 1578/2008 de 26 de septiembre.

Nº de registro electrónico: Fecha de entrada en registro:

■ Datos relativos a la solicitud

Tipo de comunicación: Solicitud de inscripción en el registro de preasignación de energía solar fotovoltaica

Área: Energía Órgano administrativo destinatario: Dirección General de Política Energética y Minas / S.G. de Energía Eléctrica

■ Datos del titular

Nombre: Apellido 1º: Apellido 2º: N.I.F. / N.I.E.:
 nombre del titular Apellido 1 del titular Apellido 2 del titular NIF del titular

Domicilio Social: Nacionalidad:
 Dirección del titular Nacionalidad titular

Provincia: Municipio: Código Postal:
 Jaén Municipio del titular 54321

■ Datos a efectos de comunicaciones

Dirección:
 Dirección de comunicación

Provincia: Municipio: Código Postal:
 Asturias Municipio de comunicación 43456

Correo electrónico: Teléfono: Fax:
 titular@mail.com 3334443303 9438209

Principales informations demandées dans le pré-registre :

- identification du demandeur (nom, adresse, téléphone)
- caractéristiques de l'installation
- programmation des travaux de raccordement et mise en service
- + engagement du déclarant

SITUACIÓN ACTUAL

R. D. 1578/2008
Registro Preasignación

■ Identificación de la instalación

Nº de Expediente: FTV-000946-2008-E Nombre de la instalación:
 Nombre de la instalación

■ Datos de la Instalación

Dirección de la instalación:
 Dirección de la instalación

Provincia: Municipio: Código Postal:
 Huesca Municipio instalación 22345

Potencia (kW): 444.33 Referencia catastral (codificación completa del terreno, inmueble, etc.):
 444.33 Dirección catastral Tipo (Artículo 3, R.D. 1578/2008): Tipo 1.1

Ampliación de la ubicación (información complementaria a la dirección de la instalación, p.e. nombre del edificio, cubierta de..., paraje, etc.):

■ Información aportada

Fecha de punto de conexión: 3 de febrero de 2003 Fecha de autorización administrativa: 2 de febrero de 2102 Fecha de licencia de obras: 2 de febrero de 2009

Fecha del aval: Cuantía del aval (€): Nº de identificación del aval:
 3 de febrero de 2030 44,30 número del aval

Fecha de solicitud anterior: Nº de registro administrativo de Solicitud presentada anteriormente:

Identificación del punto de conexión (CUPS o denominación equivalente o descripción del punto frontera previsto y localización del equipo de medida): Fecha de inscripción definitiva en el registro administrativo de instalaciones de régimen especial dependiente del órgano competente: 2 de febrero de 2233

El solicitante declara expresamente su deseo de no participar en sucesivas convocatorias con la presente solicitud



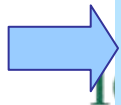
Fecha de solicitud:
 Lugar:

Firma del solicitante:



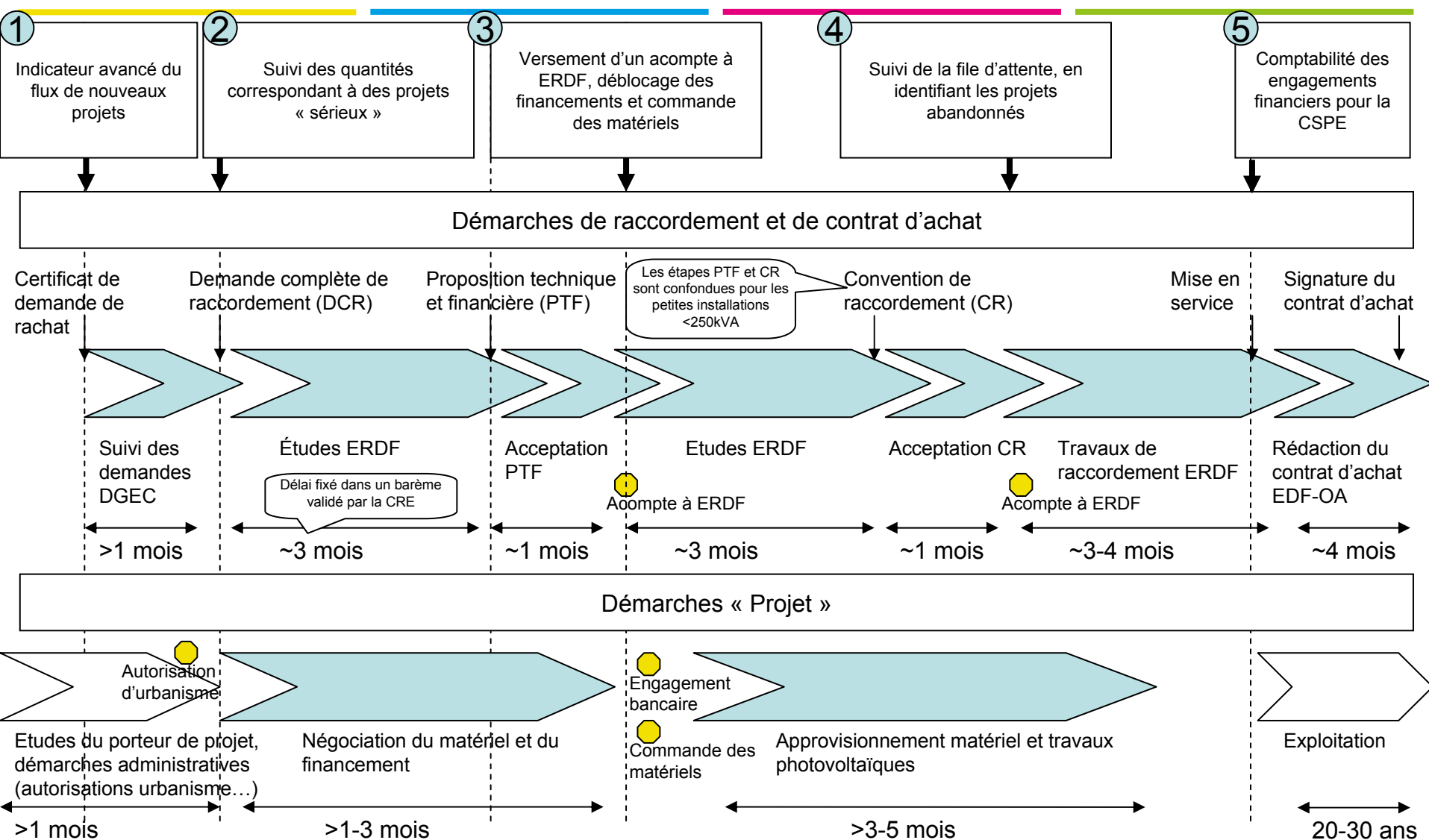
La mission a écarté les scénarios 17GW en 2020 et moratoire en 2012 en raison de leur bilan coût/avantage très négatif

- ❑ **Le scénario « laisser faire », avec un déploiement rapide des capacités de production d'électricité photovoltaïque (tendance de 1,5GW/an sur les prochaines années), présente un bilan coût/avantage très négatif aux conditions économiques actuelles**
 - Ce scénario présente de forts inconvénients
 - Il n'est pas soutenable financièrement : même en cas de moratoire sur l'obligation d'achat une fois les objectifs de la PPI atteints vers 2012/2013, les charges pour la CSPE dépasseraient 2Md€ par an (et même 5Md€/an en 2020 dans le scénario 17GW, pour une production d'énergie représentant moins de 5% de la consommation)
 - Il conduit à creuser le déficit de la balance commerciale en l'état de la filière industrielle nationale
 - Il peut se heurter à des contraintes de raccordement (capacités de raccordement ERDF ou travaux de renforcement du réseau dans les départements où les capacités installées se développent le plus vite)
 - Il correspond à un investissement important sur des technologies amenées à évoluer au cours des prochaines années
 - En revanche, il peut avoir un effet positif sur l'emploi aval : enjeu de 10 000 à 12 000 emplois supplémentaires sur l'aval (en se fondant sur les études du Boston Consulting Group, selon les quelles les objectifs PPI de 5,4GW soit 500MW/an correspondent à 5 000 à 6 000 emplois)
 - La situation de la France est différente de celle de l'Allemagne (parc installé de 10GW fin 2009, flux de plus de 4GW en 2010)
 - Le prix de l'électricité sur le marché de gros est plus élevé (~100€/MWh contre ~56€/MWh en France) et les tarifs d'achat sont plus bas qu'en France, donc le coût pour la collectivité est moindre (et les consommateurs semblent accepter un coût plus élevé de l'énergie distribuée)
 - L'Allemagne mène une politique photovoltaïque volontariste depuis plus de dix ans et a développé une filière industrielle reconnue au niveau international (en 2008 chiffre d'affaires de 10Md€ / an pour et 65 000 emplois - pour un flux d'installations de 1,5GW / an)
 - La situation et les défis de la politique énergétique allemande sont différents
- ❑ **Une absence de maîtrise des flux d'installation risquerait d'amener à terme à décider d'un moratoire sur l'obligation d'achat, ce qui apparaîtrait comme une très mauvaise solution**
 - Ce scénario entraînerait de graves dommages pour les entreprises qui se seraient développées jusque-là sur l'amont et l'aval (risque sur 10-12 000 emplois créés pour traiter un flux de 1,5GW/an) à un moment où le marché du photovoltaïque pourrait fortement croître et le prix de l'énergie augmenter
 - Ce scénario n'est pas souhaitable, mais pourrait être la seule décision en cas de non-décision d'une nouvelle régulation de la filière



- ❑ **La mission propose de maîtriser les flux d'installation et de les fixer entre 300 et 500MW / an**

Les cinq étapes clés pour le pilotage de l'obligation d'achat (suivi du stock et des flux)



Lettre de mission



LE MINISTRE D'ÉTAT, MINISTRE DE L'ÉCOLOGIE, DE
L'ÉNERGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE LA MER,
EN CHARGE DES TECHNOLOGIES VERTES ET DES
NÉGOCIATIONS SUR LE CLIMAT

LA MINISTRE DE L'ÉCONOMIE,
DE L'INDUSTRIE ET DE L'EMPLOI

PARIS, LE

26 MARS 2010

à

Monsieur le Vice-Président
du Conseil Général de l'Industrie, de l'Énergie et des Technologies

Monsieur le Chef du Service
de l'Inspection Générale des Finances

Conformément aux engagements pris lors du Grenelle de l'environnement, le Gouvernement apporte au développement des énergies renouvelables des moyens financiers d'une ampleur inégalée. Ce soutien doit en particulier permettre un développement approprié de l'énergie solaire et la construction dans notre pays d'une véritable filière industrielle et à la création d'emplois.

En novembre et décembre 2009, une bulle spéculative s'est développée dans le secteur de la production d'électricité solaire photovoltaïque. L'engagement financier potentiel a atteint plusieurs dizaines de milliards d'euros sur 20 ans, et sa prise en charge par la contribution au service public de l'électricité aurait nécessité un relèvement très important du prix de l'électricité.

Face à cette situation, le Gouvernement a pris des mesures d'urgence destinées à supprimer certains effets d'aubaine et à protéger le pouvoir d'achat des Français : les tarifs ont été ajustés afin d'assurer une rémunération plus juste aux projets de production d'électricité d'origine photovoltaïque, et des règles transitoires ont été définies pour le traitement des demandes formulées à la fin de l'année 2009.

Nous vous serions reconnaissants de bien vouloir diligenter une mission d'inspection afin d'une part de tirer les enseignements de ce phénomène, et d'autre part d'identifier les moyens de conduire un développement pertinent et raisonné de l'énergie photovoltaïque, qui permette notamment l'émergence de nouvelles filières industrielles créatrice d'emplois.

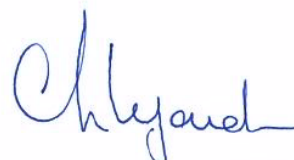
La mission s'attachera (i) à identifier les mécanismes et acteurs ayant conduit au phénomène de bulle spéculative en fin d'année 2009, (ii) à évaluer la pertinence des mesures mises en place par le Gouvernement pour y remédier, (iii) à proposer, si nécessaire, des mesures complémentaires visant à éviter le renouvellement d'un tel phénomène, et (iv) à proposer des améliorations aux mesures de soutien à la filière allant dans le sens d'une plus grande efficacité et prenant en compte les atouts industriels français.

La mission pourra s'appuyer sur les services centraux des ministères (CGDD, DGEC, DGTPE, DGCIS, DLF, ...) et sur les établissements publics (ADEME, ...) compétents. Il nous semblerait également utile que la mission soit éclairée dans ses travaux par des administrations déconcentrées (Préfectures, DREAL, DDT, ...).

Nous souhaiterions que les conclusions de la mission puissent nous être remises avant la fin du premier semestre 2010.



Jean-Louis BORLOO



Christine LAGARDE

Liste des personnes rencontrées ou contactées par la mission

Cabinets

M. Boris RAVIGNON, conseiller technique développement durable, Transport, Aménagement du territoire et M. Benjamin GALLEZOT, conseiller technique industrie, énergie, Présidence de la République.

M. Jean-François MONTEILS, conseiller pour le développement durable, la recherche et l'industrie au cabinet du Premier ministre, et M. Bertrand DE SINGLY, conseiller technique (énergie, politique industrielle, sûreté nucléaire), cabinet du Premier ministre.

M. Jean-François CARENCO, directeur de Cabinet MEEDDM et M. Youenn DUPUIS, conseiller technique énergie et climat, cabinet du ministre de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer.

M. Jacques LE PAPE, directeur de cabinet MEIE et M. Benjamin FREMAUX, conseiller technique, cabinet de la ministre de l'économie, de l'industrie et de l'emploi.

M^{me} Élodie GALKO, conseillère technique chargée du développement durable et du changement climatique, cabinet du ministre de l'alimentation, de l'agriculture et de la pêche.

Directions d'administration (DGEC, DGTPE, DGCIS,...), opérateurs (ADEME) et organismes de régulation (CRE)

M. Pierre-Marie ABADIE (directeur de l'énergie) et Philippe GUILLARD directeur adjoint et Pierre FONTAINE (troisième sous-direction, Système électrique et énergies renouvelables), Jacques LENGYEL, chef du bureau des énergies renouvelables.

M. Bruno LEBoulLENGER, bureau des technologies de l'énergie, sous-direction des filières de matériel de transport, de l'énergie et des éco-industries, DGCIS.

M^{me} Catherine BERGEAL, direction des affaires juridiques, ministère de l'économie, de l'industrie et de l'emploi.

M. Xavier BONNET, sous directeur Politiques sectorielles, Véronique MASSENET, chef du bureau Économies des réseaux, Pierre SENTENAC, chef du bureau Réseaux d'expertise et de veille internationales, DGTPE.

MM. Philippe-Emmanuel De BEER, sous-directeur C - fiscalité des personnes, Gilles LE MOIGNE, DLF.

MM. Alain GRAS, sous-directeur services et réseaux, Frédéric GRUET, chef de bureau, DGCCRF.

M. Dominique BUREAU, délégué général du Conseil économique pour le Développement durable (CEDD).

M. Jean-Louis BAL, directeur des énergies renouvelables, des réseaux et des marchés énergétiques, ADEME.

M^{me} Christine BIHAN-GRAF, directrice générale des services, M^{me} Esther PIVET, directrice du développement des marchés, M. Julien JANES, chef de département, M. Renaud MOISAN, chargé de mission, Commission de régulation de l'énergie, Direction du développement du marché, Dispositifs de soutien aux énergies renouvelables et aux consommateurs.

M. Michel SAPPIN, préfet de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

M. Gabriele FIONI, directeur de recherche, Energie, DGRI, ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche.

La direction des affaires juridiques du MEEDDM n'a pas donné suite aux demandes d'entretiens présentées par la mission et n'a pas transmis les documents demandés pour la bonne information de la mission.

Services déconcentrés :

DDTM (direction départementale des territoires et de la mer), DREAL (direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement) et DIRECCTE (direction régionale des entreprises, de la concurrence, de la consommation, du travail et de l'emploi) de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur et de la région Languedoc-Roussillon.

Acteurs économiques

♦ Organisations professionnelles :

MM. André ANTOLINI, Jean-Philippe ROUDIL, Philippe CHARTIER, Waël ELAMINE, Syndicat des énergies renouvelables (SER) ainsi que MM. Arnaud MINE, Eric VINCENT et Yvon ANDRE, vice-présidents.

M. Jean-Louis ESTEVES, fédération française du bâtiment (FFB), TCE Solar.

M. Richard LOYEN, délégué général, ENERPLAN.

M. Raphaël CLAUSTRE, directeur, Comité de liaison des énergies renouvelables (CLER) et M. Marc JEDLICZKA, vice-président du CLER et directeur général d'Hespul.

♦ Groupe EDF et EDF obligation d'achat :

M. Emmanuel HUSSON, directeur Clients & Marchés, EDF - Direction Optimisation amont aval et Trading, M. Bruno FERRIER, chef du service Régulation et organisation des marchés énergétiques, Direction Optimisation amont/aval et Trading, M. Bernard MAHIOU, directeur Finances et développement, Direction des Systèmes énergétiques insulaires.

MM. Bernard SALHA, directeur de la recherche et du développement EDF, Eric SANDRE, spécialiste photovoltaïque, Frédéric JOUVE, directeur délégué programme énergies renouvelables, suivi des activités relatives aux ENR, Olivier PÉTROS, directeur des énergies renouvelables et M. Patrice BRUEL, délégué aux régulations.

M. Xavier LAFONTAINE, ingénieur sénior, Direction Optimisation amont/aval et Trading, mission obligation d'achats, responsable du département.

♦ ERDF :

M^{me} Michèle BELLON, présidente du directoire et M. François ABKIN, secrétaire général, ERDF.

M. François HENIMANN, directeur, direction Raccordements, M. Benoît THOMAZO, directeur, direction Régulation, M. Marc BUSSIERAS, directeur, direction Réseaux.

♦ Autres acteurs :

M. André JOFFRE, président directeur général, TECSOL S.A.

M. Bernard BESNAINOU, directeur adjoint, Pôle de compétitivité CAP ÉNERGIES.

M. Bruno BENSASSON, GDF-Suez.

MM. Pâris MOURATOGLOU, président du Conseil d'administration et David CORCHIA, directeur général, EDF énergies nouvelles.

M. Michel TROUSSEAU, ex-directeur général délégué, EDF énergies nouvelles.

MM. MOLHO, vice président Corporate planning, M. DIDIER, chief executive officer, et M. HÉBERT, chief financial officer, Saint-Gobain, Solar.

MM. Philippe BOISSEAU, directeur général Gaz et énergies nouvelles et Gilles PERROT, directeur solaire photovoltaïque, TOTAL.

M. Yann MAUS, PDG, Thierry CARCEL, directeur général, Fonroche.

M. Wilfried DEBUS, directeur Activité Solaire, Imerys Terre Cuite.

MM. Claude GRAFF, executive advisor new technologies of energies, Gilles CALAME, directeur Business Line Photovoltaïque, SCHNEIDER Electric.

MM. Jacques GALVANI, directeur général délégué, CASINO développement, OTMANE HAJJI, directeur général, Philippe HOUINS, chief operation officer, GREEN YELLOW groupe CASINO.

M. Thierry LEPERCQ, président directeur général, SOLAIRE DIRECT.

M. Benoît ROLLAND, directeur général, M^{ME} Fatima BERRAL, TENESOL, groupe TOTAL et EDF.

MM. Bertrand DURRANDE, directeur général, Vincent BES, directeur financier, René DESSERRIERES, directeur activités systèmes, Jean-Louis DUBIEN, directeur des opérations, PHOTOWATT.

MM. Antoine NOGIER, président, Ludwig MANGIN, secrétaire général, SUN'R.

Acteurs en matière de recherche et de développement :

M. Daniel LINCOT, Head, Institute of Research and Development of Photovoltaic Energy (IRDEP), M. Yves SCHLUMBERGER, directeur adjoint, IRDEP, Joint Institute EDF, CNRS et Chimie ParisTech.

M. Olivier KERREC, directeur général, NEXCIS *Photovoltaic technology*.

M. Jean-Pierre JOLY, chef du département des énergies solaires, Institut national de l'énergie solaire, Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives.

Déplacements de la mission :

Déplacements en région :

- ♦ **Languedoc-Roussillon et en région Provence-Alpes-Côte d'Azur (5-7 mai) :** visite d'une grande centrale au sol (Narbonne) et d'un pôle de compétitivité et rencontrer avec les services déconcentrés PACA et Languedoc-Roussillon (préfecture, DREAL, DDTM, DIRECCTE).
- ♦ **Rhône-Alpes (23 juin) :** institut national de l'énergie solaire (recherche et développement technologique du CEA ; Chambéry) et Photowatt (site industriel de production de panneaux photovoltaïques ; Bourgoin-Jallieu).
- ♦ **Lot et Garonne (Roquefort ; 8 juin) :** Fonroche (site industriel de production de panneaux photovoltaïques)

Déplacements à l'étranger :

- ♦ **Allemagne (Berlin, le 4 juin 2010) :**
 - **Fédération du secteur énergétique allemand (BDEW) :** MM. Stephan KRIEGER, représentant spécial pour les relations internationales, Benjamin DUEVEL, chargé de mission réseaux et régulation, Martin RUHRBERG, chargé de mission développement durable.
 - **Ministère fédéral de l'Environnement (BMU) :** Mme Cornelia VIERTEL, chargée de mission énergie solaire, Céline KITTEL, bureau de coordination franco-allemand énergie éolienne, M. Matthias REICHMUTH, économiste de l'institut de Leipzig pour l'énergie.
 - **Ministère fédéral de l'Economie (BMWi) :** MM. BUEREN et KROEGER, chargés de mission, bureau énergies renouvelables.
 - **Fédération allemande de l'industrie solaire (BSW) :** M. Thomas CHROMETZKA, directeur international, M. Jan KNAACK, responsable soutien à l'exportation et politique de la recherche, Mme Mélanie PERSEM, bureau international.
- ♦ **Espagne (Madrid, le 28 juin 2010) :**
 - **ASIF (« Asociación de la Industria Solar Fotovoltaica ») :** M. Tomas DIAZ, directeur de la communication et des relations extérieures.
 - **« Congreso de los Diputados » (parlement) :** M. Antonio CUEVAS, député, président de la commission « Industrie », M. Antonio ERIAS, député, et M. Ruiz NAVARRO, avocat.
 - **IDAE :** M. Marisa OLANO, chef du département des relations internationales, Diana LOPEZ, département des relations internationales et Raquel VAZQUEZ, département de l'énergie solaire.
 - **IBERDROLA :** M. Jose GASSET, directeur des relations institutionnelles, Carlos GASCO chargé des énergies renouvelables (prospection) et Fernando TEIGELL, directeur du développement négoce IBERDROLA Ingénierie & Construction.
 - **ACCIONA Energy :** M^{me} Carmen BECERRIL DG et M. Miguel ARRARAS, directeur de technologie solaire.

ANNEXE

Le développement de la filière photovoltaïque française

SOMMAIRE

1. LE PHOTOVOLTAÏQUE : UNE OPPORTUNITE DE MARCHÉ FORTE AU NIVEAU MONDIAL, MAIS UN SECTEUR INDUSTRIEL DÉJÀ TRÈS CONCURRENTIEL.....	2
1.1. Le marché du photovoltaïque a connu un développement rapide grâce aux aides publiques, qui devrait s'accélérer avec l'approche progressive de la parité réseau dans les deux décennies à venir	2
1.2. La croissance de la demande a entraîné une multiplication des investissements industriels, qui sont de plus en plus localisés en Asie	4
1.3. Le secteur photovoltaïque présente des perspectives de marché intéressantes au niveau mondial à moyen terme, qui constituent une opportunité pour les entreprises françaises	7
2. LA POLITIQUE DE RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT DOIT ÊTRE POURSUIVIE ET CIBLÉE SUR LES PRINCIPALES OPPORTUNITÉS DE MARCHÉ IDENTIFIÉES.....	8
2.1. Le secteur photovoltaïque est caractérisé par la coexistence de plusieurs technologies, à divers stades de développement, dont aucune ne semble à court terme devoir évincer les autres	8
2.2. La R&D française se positionne sur l'ensemble des technologies du photovoltaïque et vise aussi bien les avancées théoriques que la pré-industrialisation, avec des moyens inférieurs à ceux des leaders du secteur.....	11
2.2.1. <i>Les principaux financeurs dans le domaine du photovoltaïque traitent des projets allant de la recherche au développement préindustriel.....</i>	<i>11</i>
2.2.2. <i>La structuration de la recherche autour de deux principaux instituts, l'INES et l'IRDEP, doit être renforcée et leur articulation améliorée.....</i>	<i>13</i>
2.2.3. <i>Les pôles de compétitivité, qui recensent un nombre important de projets innovants dans le domaine du photovoltaïque, constatent que peu d'entre eux parviennent à passer au stade de l'industrialisation</i>	<i>18</i>
2.2.4. <i>Le montant total de l'effort de R&D français reste inférieur à celui des principaux acteurs du domaine et sans commune mesure avec les moyens anticipés pour le développement du parc</i>	<i>19</i>

2.3. Conclusion sur la R&D dans le secteur photovoltaïque	22
3. L'AMONT DE LA FILIERE FRANÇAISE RESTE EMBRYONNAIRE	23
3.1. Le seul acteur français intégré dans le domaine du photovoltaïque, Photowatt, doit réduire fortement ses coûts et proposer des progrès technologiques pour être compétitif.....	23
3.2. La production de modules (assemblage de cellules) en France a connu un développement rapide en 2009-2010.....	25
3.3. Les retours de la prime d'intégration au bâti en termes d'innovation et de développement des produits de niche ne sont pas à la hauteur des ambitions qui avaient conduit à la mettre en place	28
3.4. Quelques entreprises françaises innovantes se positionnent sur le marché mondial des matériaux solaires ou des équipements industriels.....	30
3.5. Le secteur français des couches minces en est au stade de la R&D.....	31
3.6. Les capacités industrielles françaises aboutissent à un déficit de la balance commerciale.....	33
4. L'AVAL DE LA FILIERE, QUI BENEFICIE DIRECTEMENT DES POLITIQUES DE SOUTIEN AU MARCHÉ, CAPTE UNE PART IMPORTANTE DES MARGES DE LA FILIERE ET CONCENTRE LA MAJORITE DES EMPLOIS.....	34
4.1. L'aval de la filière constitue un marché local assez peu structuré qui capte une part importante des subventions au photovoltaïque.....	34
4.2. Les créations d'emploi de la filière sont concentrées sur l'aval, du fait d'une rémunération excessive qui va à l'encontre de la recherche de compétitivité pour le secteur photovoltaïque	35
5. DEVELOPPER ET METTRE EN ŒUVRE UNE STRATEGIE DE POSITIONNEMENT DES ENTREPRISES FRANÇAISES SUR L'UN DES SECTEURS CLES DE LA « CROISSANCE VERTE » ET DES ENERGIES RENOUVELABLES	38
6. RECAPITULATIF DES PROPOSITIONS	40

Encadré 1 : Filières et technologies photovoltaïques

Il existe aujourd'hui deux principales filières industrielles pour la conversion photovoltaïque, qui font appel à différents types de matériaux semi-conducteurs :

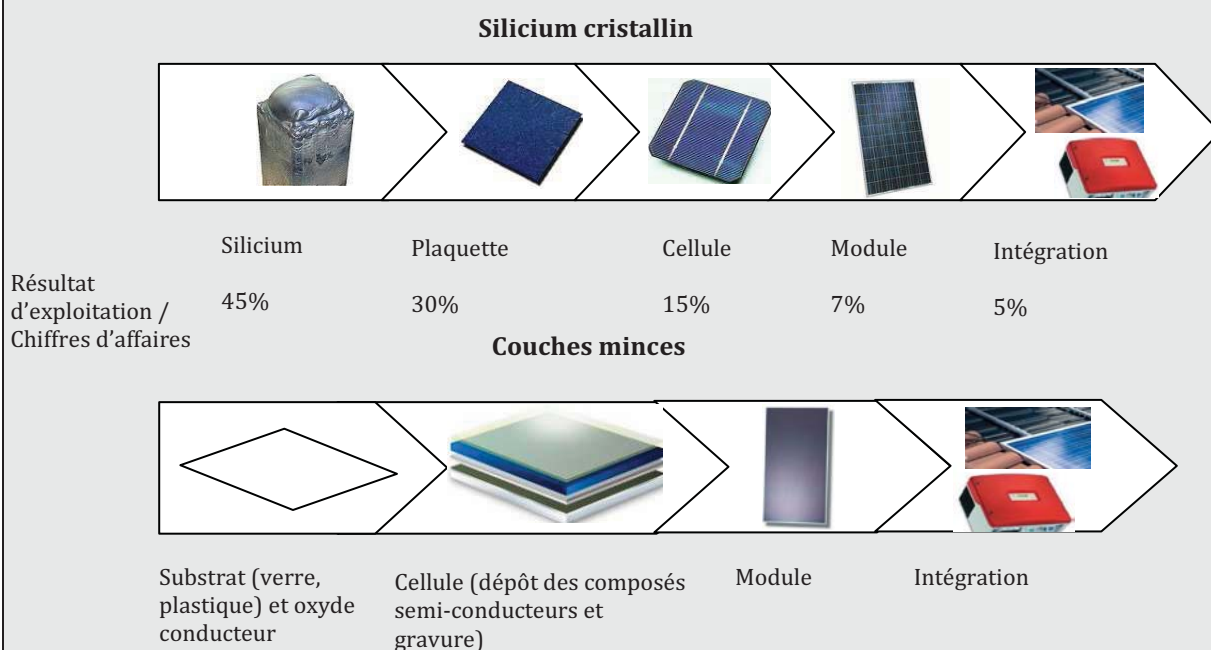
- le silicium cristallin, qui constitue la filière historique du photovoltaïque ;
- les couches minces, qui se sont développées plus récemment.

Par ailleurs, d'autres technologies dites de « troisième génération » sont au stade de la recherche ou du développement (cf. 2.1 ci-dessous).

L'amont de la filière photovoltaïque va de la production des charges des panneaux (silicium cristallin, ou autres semi-conducteurs pour les couches minces) à la production des panneaux mêmes. Il passe par :

- la production du silicium cristallin puis le moulage des lingots ;
- pour le silicium cristallin, la découpe du lingot en tranches minces appelées plaquettes ou wafers ;
- la fabrication des cellules, par traitement des plaquettes de silicium cristallin (dopage par injection de phosphore et de bore et ajout d'une grille conductrice), ou directement par dépôt du semi-conducteur sur un substrat pour les couches minces ;
- la fabrication des modules (ou panneaux), par connexion des cellules entre elles et encapsulation (verre ou polymère) ;
- la fabrication des systèmes photovoltaïques, par intégration autour du module du « balance of system » (BOS : éléments de montage et de support des panneaux, câbles, onduleurs et éléments de sécurité).

Graphique 1 : Filière amont (silicium cristallin et couches minces)



Source : Mission et étude PricewaterhouseCoopers « L'État de la filière photovoltaïque en France – 2010 ».

L'aval de la filière couvre les métiers de développement de projet, d'installation et d'exploitation des installations photovoltaïques.

Au-delà des objectifs énergétiques retenus dans le cadre du Grenelle de l'environnement pour 2020, qui semblent en passe d'être atteints rapidement, il apparaît que le véritable défi à relever en matière d'énergie photovoltaïque est d'ordre économique. En effet, les perspectives à moyen terme permettent d'anticiper un développement massif de cette forme d'énergie d'ici quelques années, qui devrait aboutir à un essor très rapide de la filière industrielle au niveau mondial :

- ◆ l'énergie photovoltaïque repose sur une ressource illimitée, bien qu'intermittente ;
- ◆ si cette forme d'énergie est encore coûteuse en Europe et nécessite des dispositifs publics de soutien, selon les études des professionnels¹, la parité réseau² pourrait progressivement être atteinte dans différents pays du monde entre 2010 et 2020 pour les installations résidentielles et commerciales, en fonction du prix de détail de l'électricité et du taux d'ensoleillement des pays concernés ;
- ◆ une fois la parité réseau atteinte, le secteur connaîtra une phase de déploiement à grande échelle. En effet, tous les consommateurs d'électricité auront progressivement intérêt économiquement à investir ;
- ◆ les spécificités françaises (coût faible de l'électricité, taux d'ensoleillement moyen) impliquent que le déploiement se produira d'abord dans d'autres pays du monde : les opportunités industrielles se situent au niveau mondial.

Les perspectives de développement de cette énergie prometteuse, qui laissent entrevoir des besoins massifs en équipement d'ici une dizaine d'années, conjuguées aux échelles de temps relativement courtes des travaux de recherche et développement (par comparaison par exemple à la temporalité des développements dans le domaine du nucléaire) permettent de considérer que **le positionnement des entreprises françaises sur le marché international du photovoltaïque est un enjeu stratégique.**

1. Le photovoltaïque : une opportunité de marché forte au niveau mondial, mais un secteur industriel déjà très concurrentiel

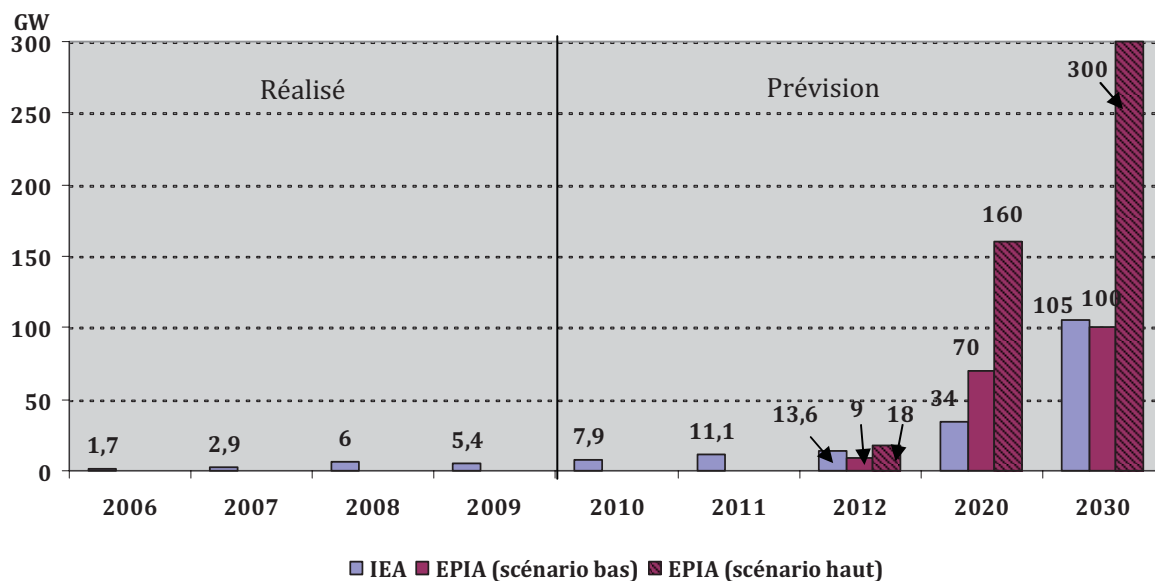
1.1. Le marché du photovoltaïque a connu un développement rapide grâce aux aides publiques, qui devrait s'accélérer avec l'approche progressive de la parité réseau dans les deux décennies à venir

Le marché du photovoltaïque a fait l'objet d'une croissance rapide de 2006 à 2009 en raison du développement des différents systèmes de soutien. En 2009, la capacité annuelle installée est de 5,4 GW selon l'agence internationale de l'énergie (IEA). L'IEA anticipe un doublement de cette capacité annuelle installée en 2012 (13,6 GW). À partir de 2020, l'atteinte progressive de la parité entraîne une accélération des installations annuelles, qui s'élèverait à 34 GW en 2020 et 105 en 2030 selon l'IEA tandis que l'association européenne de l'industrie photovoltaïque (EPIA) propose une fourchette comprise entre 70 et 160 GW en 2020 et 100 et 300 GW en 2030.

¹ Sources : *European Photovoltaic Industry Association (EPIA)*, *New Energy Finance*, EDF Energies Nouvelles.

² La notion de parité réseau correspond à une situation où le coût de production de l'électricité photovoltaïque est équivalent au coût évité, c'est-à-dire au prix d'achat de l'électricité sur le réseau ; il s'agit donc de la situation dans laquelle la production d'électricité photovoltaïque devient une solution économiquement rationnelle sans subvention publique.

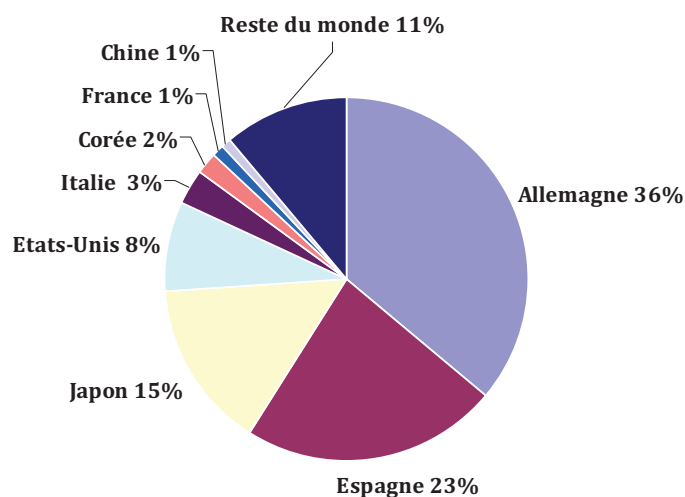
Graphique 2 : Capacité photovoltaïque installée chaque année : constat 2006-2009 et prévisions jusqu'en 2030



Source : Mission d'après IEA et EPIA.

Le marché est, à la date de la mission, largement européen : sur les 5,6 à 6 GW installées en 2008, 4,5 GW soit 80 % l'avaient été en Europe (2,5 GW soit 45 % en Espagne, 1,5 GW soit 27 % en Allemagne), le reste correspondant en grande partie aux États-Unis, à la Corée et au Japon (15 %). En termes de capacité totale installée, ces cinq pays concentrent 83 % de la puissance d'après l'IEA (Graphique 3).

Graphique 3 : Répartition de la capacité totale installée en 2008 (14,5 GW) entre les pays



Source : IEA – Technology roadmap solar photovoltaic energy - 2010

La parité réseau devrait être atteinte sur les segments distribués (toitures) d'abord dans les pays où le prix de l'électricité est le plus cher et l'ensoleillement le plus fort ; les observateurs les plus optimistes (cabinet *New Energy Finance* notamment) considèrent qu'elle sera atteinte dès 2011 dans les premières régions du monde (Italie, Hawaï) puis qu'elle se généralisera progressivement dans les pays d'Europe et les États-Unis à partir de la deuxième moitié de la décennie. L'IEA estime, de manière plus prudente, que le photovoltaïque commencera à être compétitif dans les pays les plus ensoleillés et présentant les plus forts prix de l'électricité de détail autour de 2015, et à une plus grande échelle entre 2020 et 2030.

En termes de perspectives, il est intéressant de souligner qu'au regard des critères déterminants pour la parité réseau (ensoleillement, prix de détail de l'électricité) :

- ♦ la France devrait connaître une compétitivité de l'énergie solaire plus tardivement que dans beaucoup d'autres pays (notamment Italie, Turquie, Espagne, Allemagne, certains États des États-Unis) ;
- ♦ au-delà des pays ayant déjà entamé une politique de promotion des ENR (Europe, États-Unis, Japon, Corée), le photovoltaïque pourrait se développer une fois la compétitivité atteinte dans nombre de pays émergents, intéressés par cette forme d'électricité peu capitalistique, relativement peu technologique et distribuée. L'IEA rappelle ainsi le potentiel de croissance de pays comme la Chine, l'Inde, les pays d'Amérique latine (Brésil en particulier) ou d'Afrique.

1.2. La croissance de la demande a entraîné une multiplication des investissements industriels, qui sont de plus en plus localisés en Asie

Pour répondre à cette demande en croissance, les capacités de production de cellules et de modules ont connu un développement rapide. Elles seraient de 17 GW dans le monde en 2009 selon PricewaterhouseCoopers (PWC) et ont connu comme principales évolutions :

- ♦ le déplacement de leur centre de gravité de l'OCDE (Allemagne et Japon en particulier) vers les pays d'Asie hors OCDE, Chine en tête : la part de la production provenant des pays d'Asie hors OCDE est passée de moins de 15 % en 2005, à 30 % en 2006, 40 % en 2007 et 50 % en 2008 selon l'IEA ;
- ♦ une consolidation verticale, sur le modèle de la société chinoise Trina Solar, initialement spécialisée dans le développement de projets, qui a ensuite élargi son champ d'activité vers la fabrication de modules, celle de lingots, puis celle de plaquettes ;
- ♦ une tendance à l'augmentation des capacités en vue de réaliser des économies d'échelle : ainsi par exemple l'usine de fabrication de modules de Yingli à Baoding (Chine) devrait-elle passer en 2010 de 600 à 900 MW.

La fabrication est très concentrée sur le segment de la production de silicium (une vingtaine environ) ; les fabricants de cellules sont environ une centaine, les dix premiers concentrant plus de la moitié du marché (60 %) ; enfin le marché des modules, qui recoupe pour partie celui des cellules, est plus éclaté. Ceci est à mettre en relation avec le coût de l'investissement unitaire, qui est d'autant plus important que l'on remonte la chaîne de production. Quant au marché des composants du BOS, il repose essentiellement sur les grands acteurs des équipements électriques, l'allemand SMA en tête.

Le segment de la fabrication de modules est dominé par l'américain First Solar, suivi par des entreprises chinoises, allemandes et japonaises. Au sein des sept premiers (Tableau 1), First Solar est présent exclusivement sur le marché des couches minces (technologie tellurure de cadmium – CdTe) ; tous les autres interviennent sur le segment du silicium cristallin, qui représentait en 2008 85 % de la production de modules, ainsi que pour Sharp sur le silicium amorphe et pour Q-Cells sur le CIGS.

Tableau 1 : Principaux acteurs sur le segment de la fabrication de modules

Entreprise	Pays	Part de marché 2009
First Solar	États-Unis	13 %
Suntech	Chine	7 %
Sharp	Japon	7 %
Q-Cells	Allemagne	6 %
Yingli	Chine	5 %
JA Solar	Chine	5 %
Sunpower	États-Unis	5 %

Source : PricewaterhouseCoopers (État de la filière photovoltaïque en France – janvier 2010),

Les progrès industriels, le développement des capacités de production asiatiques et les économies d'échelle ont conduit à une baisse importante du prix des modules. Le prix du module de silicium cristallin à fin 2009 était compris entre 2,3 et 2,7 \$/Wc pour les produits occidentaux et entre 1,9 et 2,3 \$/Wc pour les produits chinois. D'après le magazine Photon International (édition de février 2010), la baisse du prix des modules entre fin 2009 et fin 2010 serait comprise entre 12 et 27 %.

L'analyse de la fonction de production des modules démontre la difficulté à dégager un avantage compétitif français. En effet, le coût du capital est élevé en France par rapport aux pays émergents et à la Chine en particulier. En termes de maîtrise technologique, Photowatt ne présente plus d'avantage par rapport à ses concurrents ; seul un effort important de R&D permettrait de combler ce retard. Enfin, l'argument de proximité au marché, avancé par plusieurs interlocuteurs de la mission pour expliquer le développement récent d'unité d'assemblage en France, semble fragile et relève sans doute plus d'un argument marketing que d'un critère technique.

Tableau 2 : Qualification de la fonction de production

	Lingots/substrats	Plaquettes - Cellules	Modules et intégration
Principaux déterminants du coût	Accès au capital Coût de l'énergie Coût des matières premières (silicium)	Maîtrise technologique/ procédés de fabrication Taille unitaire (économies d'échelle) Accès au capital	Prix d'achat des cellules et des composants Proximité marché ?
Intensité concurrentielle	Faible	Forte Situation de surproduction temporaire Consolidation en cours	Forte
Segment capitalistique (Ordre de grandeur du coût d'un investissement industriel)	+++ 500 M€ à 1,3 Mds€	++ <100 M€	+ < 10 M€
Compétence clé	Métallurgie	Électronique	Assemblage/ montage

Source : Etude PWC et entretiens mission (Total, GDF Suez)

Graphique 4 : Illustration de la chaîne de production des panneaux photovoltaïques



Source : Photowatt

Au-delà des cellules et modules photovoltaïques mêmes, la croissance du marché du photovoltaïque tire celle des équipements pour l'amont et l'aval de la filière : équipements industriels, intermédiaires de fabrication (verre, gaz de process), électronique et connectique, systèmes d'intégration et d'encapsulation, systèmes de stockage de l'électricité ou réseaux intelligents (smarts-grids). Le potentiel de croissance de ces segments apparaît au moins aussi fort que celui de la filière photovoltaïque elle-même, et potentiellement plus prometteur pour la France au vu :

- ◆ des déterminants de leur développement à une échelle industrielle (segments moins capitalistiques et moins intensifs en main-d'œuvre) ;
- ◆ de la présence d'acteurs français dans le domaine : par exemple, Air Liquide, Saint-Gobain, Schneider Electric, etc.

Encadré 2 : Le développement de la filière industrielle chinoise, un modèle tourné vers l'export

En 2009, quatre des dix premiers fabricants de panneaux solaires de la planète sont chinois et 40 % de la production mondiale de panneaux est localisée en Chine. Au-delà des panneaux, la Chine compte une part importante des leaders mondiaux du silicium, des lingots et plaquettes, et deux entreprises à forte croissance dans le domaine des couches minces : la Chine a donc réussi la mise en place d'une véritable filière photovoltaïque, leader au niveau mondial.

La production chinoise est tournée à 90 % vers l'export. La politique de développement de la production d'électricité photovoltaïque sur le territoire national reste d'ailleurs modeste, avec une capacité de 300 MW en 2009.

Le succès du développement de la filière chinoise s'explique par deux principaux facteurs :

- l'effort de R&D : la Chine a mené une politique de R&D sur le domaine du silicium depuis les années 50 et du photovoltaïque depuis les années 70 (applications spatiales) ;
- la capacité de financement : avec les fonds d'investissements occidentaux, les provinces chinoises côtières du Sud qui cherchaient à reconvertir leur industrie ont joué un rôle important d'incubateur pour le déploiement de la filière. Elles apportent les premiers fonds et des subventions pour la R&D dans le cadre des parcs technologiques qu'elles mettent en place.

Si certaines entreprises chinoises ont été durement touchées par l'effondrement de la demande en 2009, les principaux acteurs (en particulier Yingli, Suntech et Trina sur le segment des modules) ont démontré leur capacité à résister à la crise. L'État chinois a apporté un soutien financier aux entreprises en difficulté lors de la crise qu'a connue le secteur en 2009, alors que la demande de panneaux puis le prix du silicium se sont effondrés. Les banques publiques ont accordé aux entreprises des prêts à taux intérêts très bas. Le gouvernement a ensuite mis en place des mesures, encore timides, pour développer le marché intérieur, afin d'atténuer le ralentissement du marché mondial. Yingli a, par exemple, obtenu au plus fort de la crise un projet de ferme solaire développé sur fonds publics.

Ces entreprises présentent d'après les acteurs de l'aval rencontré par la mission des performances de qualité et des perspectives de stabilité égales à celles des acteurs occidentaux.

Source : Service économique régional de Pékin.

1.3. Le secteur photovoltaïque présente des perspectives de marché intéressantes au niveau mondial à moyen terme, qui constituent une opportunité pour les entreprises françaises

Le secteur du photovoltaïque apparaît comme stratégique : le marché du photovoltaïque présente des perspectives de croissance importantes à l'échelle de la décennie, puisqu'il pourrait décupler en dix ans.

L'accélération du développement avec l'atteinte de la parité réseau se produira d'abord dans les pays à fort taux d'ensoleillement et à fort coût de l'électricité « traditionnelle ». **L'enjeu est donc le positionnement sur un marché mondial ; le marché national doit constituer une « base de développement » pour les acteurs économiques et non leur unique débouché.**

Par ailleurs, le marché de l'amont est aujourd'hui fortement concurrentiel et les avantages compétitifs français ne sont pas évidents au regard des caractéristiques du secteur ; les opportunités apparaissent au moins aussi fortes sur les équipements pour l'amont et l'aval de la filière. **Il apparaît donc nécessaire de développer une politique de recherche et développement et une stratégie industrielle ciblées vers les principales opportunités et s'appuyant sur les forces des entreprises françaises.** Si l'on peut espérer qu'avec l'automatisation croissante de la production, les coûts de main-d'œuvre ont vocation à jouer un rôle de moins en moins déterminant, la maîtrise technologique et la rapidité de valorisation des résultats de R&D sont des avantages concurrentiels clés pour un marché qui ne devrait pas être totalement mature avant une ou deux décennies.

Enfin, dans l'hypothèse d'un positionnement réussi sur ce secteur pour les entreprises françaises, les capacités de production n'ont pas nécessairement vocation à se développer sur le territoire national ni même européen. **Le photovoltaïque doit donc plus être vu comme une opportunité pour les entreprises françaises que pour l'emploi industriel français** : un modèle de développement où des équipes de recherche et développement et de petites entités production seraient localisées en France, tandis que les principales capacités seraient localisées dans les pays d'Asie est un scénario qui pourrait prendre place. Si le potentiel d'emploi industriel y compris en cas de réussite de la stratégie de développement ne doit pas être surestimé, **le potentiel d'emploi lié à l'aval ne doit pas être sous-estimé**, y compris pour le développement de projet à l'international, où les grandes entreprises françaises des « utilities » (eau, gaz, électricité, service aux collectivités) ont une bonne implantation.

En conclusion, l'analyse du secteur du photovoltaïque et des atouts des entreprises françaises amène à retenir un objectif prioritaire : le positionnement à l'international des entreprises françaises sur ce secteur à fort potentiel de croissance au niveau mondial.

2. La politique de recherche et développement doit être poursuivie et ciblée sur les principales opportunités de marché identifiées

2.1. Le secteur photovoltaïque est caractérisé par la coexistence de plusieurs technologies, à divers stades de développement, dont aucune ne semble à court terme devoir évincer les autres

Les travaux de R&D menés en France portent à la fois sur l'optimisation des technologies existantes, et sur les nouvelles technologies en matière de photovoltaïque.

La première génération de cellules photovoltaïques repose sur le silicium cristallin, obtenu à partir de galets de quartz d'abord convertis en silicium de qualité métallurgique puis traités pour obtenir une pureté de l'ordre de 99,99 %. L'épaisseur de silicium nécessaire à l'absorption du spectre solaire est de l'ordre de la centaine de microns ; le silicium peut-être monocristallin ou multicristallin (également appelé polycristallin).

Les technologies dites de « couches minces » reposent sur l'utilisation de matériaux pour lesquels une épaisseur de seulement quelques microns est suffisante à la conversion photovoltaïque, étant donnés leurs coefficients d'absorption des photons très supérieurs à ceux du silicium cristallin ; ces matériaux sont donc déposés en couche très mince sur un substrat (verre, céramiques, polymères). Plusieurs semi-conducteurs de ce type sont utilisés dans l'industrie :

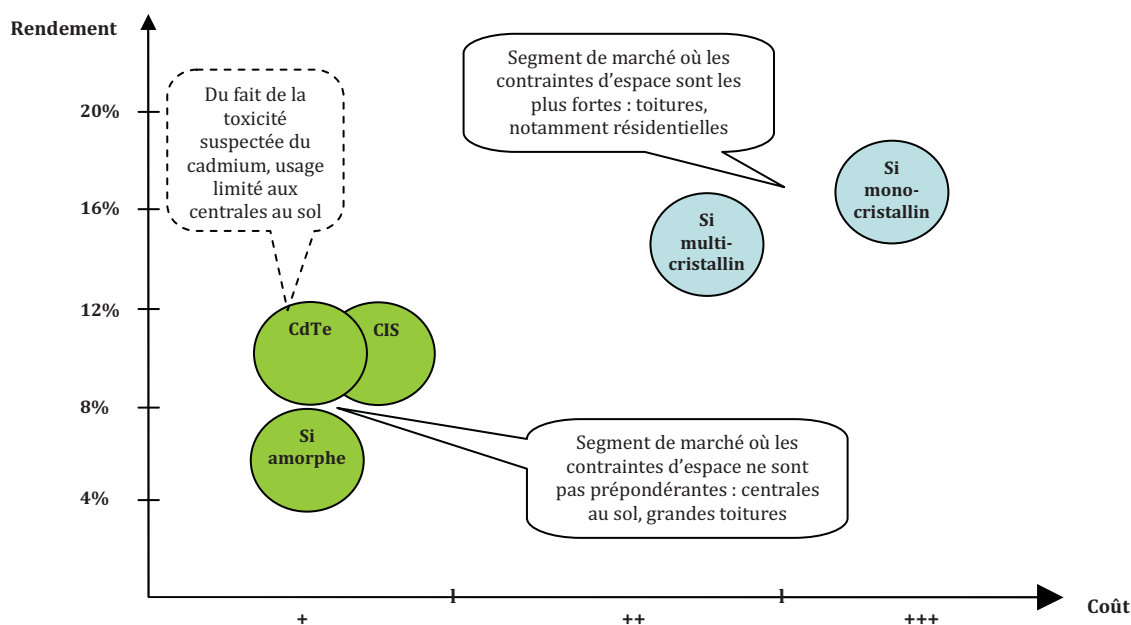
- ◆ le silicium amorphe ;
- ◆ le tellurure de cadmium (CdTe) ;
- ◆ le di-séléniure de cuivre-indium (CIS).

Les caractéristiques des différentes technologies de silicium cristallin et des couches minces (cf. Tableau 3), notamment en termes de couple coût / rendement (€/W combiné aux W/m²) les orientent vers différents segments de marché. En particulier les technologies à faible rendement et faible coût peuvent répondre au modèle économique des centrales au sol et des grandes toitures industrielles, tandis que les applications résidentielles et commerciales privilégieront le maximum de rendement pour optimiser leurs surfaces exploitables, comme l'illustre le Graphique 5.

Tableau 3 : Avantages et inconvénient du silicium cristallin et des couches minces

		Rendement		Coût (+++ = le plus cher)	Disponibilité matière première	Durabilité
		Industrie	Laboratoire			
Silicium cristallin (1 ^{ère} génération)	Monocristallin	15 à 20 %	25 %	+++	Forte	+++
	Multicristallin	12 à 16 %	20 %	++	Forte	+++
Couches minces (2 nd e génération)	Silicium amorphe	7 %	13 %	+	Forte	+
	CdTe	11 %	17 %	+	Faible (tellure) Toxicité cadmium	++
	CIS	12 %	20 %	+	Faible (indium, mais ressources mal connues et possibilité de substitution)	++

Source : Mission.

Graphique 5 : Positionnement de marché des différentes technologies photovoltaïques

Source : Mission. Axe des abscisses : du moins cher (+) au plus cher (+++).

Au-delà des caractéristiques des semi-conducteurs eux-mêmes, les matériaux d'encapsulation jouent un rôle en termes de positionnement sur le marché : en effet, si la plupart des modules sont aujourd'hui en verre, des substrats souples et légers pour des cellules actives en couche mince peuvent répondre aux contraintes de poids acceptable pour les grandes toitures : ce type de produit existe pour le silicium amorphe, et des développements sont en cours pour le CIS.

La troisième génération de modules photovoltaïques, aujourd'hui au stade de la recherche et développement (R&D), vise à dépasser la limite maximale de rendement des cellules actuelles, qui est d'environ 30 %. Plusieurs concepts sont envisagés pour atteindre cet objectif :

- ◆ la superposition de multiples cellules (multijonctions³) et les cellules à concentration : dans les cellules multijonctions, l'empilement de jonctions permet d'utiliser au mieux le spectre d'énergie des photons. Si les coûts de production des cellules à multijonction sont aujourd'hui très élevés, leur combinaison à des systèmes à concentration laisse entrevoir la possibilité de développement d'une filière à haut coût mais à très fort rendement ;
- ◆ l'utilisation des photons à basse énergie qui ne sont habituellement pas absorbés par la cellule ou la conversion des photons pour ajuster le spectre de la lumière solaire aux caractéristiques du semi-conducteur ;
- ◆ les cellules à électrons chauds produisant plus de paires électron/trou.

Enfin, l'utilisation de polymères organiques, dont le coût de revient est très faible, n'a pas dépassé à ce jour le stade de la recherche ou des applications de niche étant donné ses très faibles rendements (5 %) et surtout sa durée de vie courte (quelques années au mieux).

En conclusion, il apparaît que :

- ◆ aucune des trois générations ne peut être considérée comme totalement mature, dans la mesure où tant le produit que son processus de production peuvent être améliorés ;
- ◆ il n'est pas certain que l'une des technologies ait vocation à évincer toutes les autres : en effet, chacune offre un couple rendement / coût qui pourrait répondre à un besoin spécifique du marché.

En termes d'orientations de l'effort de R&D français, ceci signifie qu'il est pertinent de mener en parallèle des travaux sur les différentes technologies, dans la mesure où chacune d'entre elle offre des perspectives de retour sur investissement, à deux réserves près :

- ◆ dans la filière du silicium cristallin, où comme on le verra par la suite l'écart en matière de développement industriel est très fort par rapport à d'autres pays d'Europe ou d'Asie, les perspectives semblent moins intéressantes au regard des moyens nécessaires au rattrapage par rapport aux filières de deuxième et troisième génération ;
- ◆ la diversification des programmes de recherche ne doit pas entraîner de dispersion de moyens, d'autant plus que les budgets de la R&D française restent inférieurs à ceux des champions du secteur (cf. 2.2.4).

Proposition n° 1 : Dans le domaine des cellules et modules photovoltaïques, l'effort de recherche et développement français doit se concentrer sur les technologies de deuxième et troisième génération, plutôt que sur le silicium cristallin à homojonction pour lequel les perspectives de développement industriel apparaissent limitées en France.

Enfin, au-delà des cellules et modules photovoltaïques mêmes, des perspectives d'innovation existent dans le domaine des équipements industriels, des matériaux et des systèmes photovoltaïques ; l'exemple des matériaux d'encapsulation a été cité, comme aurait pu l'être celui des équipements électroniques et de la connectique, du stockage de l'électricité ou des réseaux intelligents (smarts-grids). Le potentiel de croissance de ces segments apparaît au moins aussi fort que celui de la filière photovoltaïque elle-même, et potentiellement plus prometteur pour la France au vu des déterminants de leur développement à une échelle industrielle (segments moins capitalistiques et moins intensifs en main-d'œuvre, présence d'acteurs français dans le domaine) ; or, l'effort de R&D pour ces segments est peu lisible.

³ Pour permettre l'instauration d'un champ électrique, le matériau semi-conducteur doit faire l'objet d'un « dopage » en surface par l'ajout d'impuretés (homojonction), l'alternative étant l'utilisation de deux matériaux semi-conducteurs différents (hétérojonction).

Proposition n° 2 : La DGRI devrait cartographier les compétences et moyens de R&D dans le secteur photovoltaïque au sens large, incluant les équipements industriels, les matériaux et les systèmes photovoltaïques, de manière à pouvoir afficher une programmation globale qui ne soit pas limitée aux cellules et aux modules. Elle procédera également à un examen systématique avec les industriels des segments de marché offrant un fort potentiel de croissance et où le besoin de R&D n'est pas couvert.

2.2. La R&D française se positionne sur l'ensemble des technologies du photovoltaïque et vise aussi bien les avancées théoriques que la pré-industrialisation, avec des moyens inférieurs à ceux des leaders du secteur

La R&D française en matière de photovoltaïque est structurée autour :

- ◆ des principaux financeurs que sont l'ANR, l'ADEME et OSEO, ainsi que les projets européens ;
- ◆ des organismes de recherche (CEA, CNRS) qui interviennent sur leurs budgets propres ou dans le cadre de financement de projets collaboratifs ;
- ◆ des deux instituts spécialisés dans le domaine du solaire que sont l'INES (Institut national de l'énergie solaire), spécialisé dans les technologies silicium et de 3^{ème} génération, et l'IRDEP (institut de recherche et développement pour l'énergie photovoltaïque), spécialisé dans les couches minces. Les budgets de l'INES et de l'IRDEP sont constitués à la fois des budgets propres des organismes de recherche (essentiellement le CEA pour l'INES) ou des entreprises qui les constituent, des financements des projets collaboratifs auxquels ils contribuent ainsi que des aides des collectivités ;
- ◆ des pôles de compétitivité (Capénergies, Tenerrdis, Derbi et Sciences et Systèmes de l'Énergie Électrique).

2.2.1. Les principaux financeurs dans le domaine du photovoltaïque traitent des projets allant de la recherche au développement préindustriel

L'Agence Nationale de la Recherche (ANR) a financé de 2005 à 2007 un programme de recherche « Solaire photovoltaïque ». La mise en œuvre des appels à projets, la conduite opérationnelle de l'évaluation et de la sélection ainsi que le suivi des projets ont été confiés au CEA. Dans le cadre de sa programmation 2008, l'ANR a décidé de lancer un nouveau programme intitulé « Habisol » regroupant des thèmes de recherche sur le bâtiment (anciennement « Briques technologiques ») et sur le solaire (anciennement « Solaire photovoltaïque ») ; ce programme en est à sa troisième édition (2008, 2009 et 2010).

De 2005 à 2007, le programme « Solaire photovoltaïque » a financé 32 projets, pour un budget total de 75,2 M€ dont 25,6 M€ de financement ANR. Les projets étaient répartis de manière à peu près équitable entre quatre thèmes : filière silicium cristallin, filière couches minces, nouveaux concepts et systèmes photovoltaïques. Dans le cadre de l'appel à projet 2008 du programme Habisol, 11 projets et 9,4 M€ d'aides ont été sélectionnés sur la filière photovoltaïque. **En 2009, l'ANR a retenu sept projets correspondant à 6,3 M€ sur le photovoltaïque** ; quatre projets portent sur le silicium cristallin (dont deux sur des technologies à haut rendement : conversion des photons, hétérojonctions) et les trois autres sur les couches minces ou les cellules organiques.

L'ADEME intervient à deux titres dans le domaine de la R&D :

- ♦ elle joue un rôle de coordination et de financement de la R&D à travers son fonds démonstrateur de recherche dont la feuille de route de recherche pour le photovoltaïque sera finalisée courant juin 2010. Le budget global de ce fonds est de 375 M€ ; son objectif est de mener des opérations en grandeur proche du réel et de démontrer leur efficacité technologique. Il est piloté par un comité de pilotage dont font partie le MEEDDM, le MEIE et le MESR, via des feuilles de route qui donnent lieu à appel à manifestation d'intérêt. **Le budget du fonds est amplifié avec le fonds d'investissement d'avenir, qui prévoit 1,35 Md€ sur les énergies renouvelables et la chimie verte, dont environ 10 % pourrait aller au secteur photovoltaïque ;**
- ♦ elle soutient l'émergence de start-up, notamment dans le domaine des couches minces : Solsia, et Nexcis dans le CIS.

Son **budget 2009 pour le photovoltaïque était de 4,8 M€**, dont 70 % correspondaient à un projet de développement de modules en couches minces.

OSEO finance l'innovation dans la filière photovoltaïque à travers deux principaux leviers :

- ♦ le programme innovation et stratégie industrielle (ISI, issu de Agence de l'innovation industrielle AII), destiné à financer des projets collaboratifs regroupant des entreprises et des laboratoires, qui finance le programme Solar Nano Crystal ;
- ♦ le fonds unique interministériel (FUI), qui finance les projets de recherche et développement collaboratifs des pôles de compétitivité.

OSEO soutient notamment quatre programmes importants visant chacun une des générations du photovoltaïque : silicium à homojonction et à hétérojonction, couches minces, cellules organiques (Tableau 4).

Tableau 4 : Principaux programmes soutenus par OSEO dans le secteur photovoltaïque

Programme	Budget (M€)		Période	Acteurs	Objectifs
	Total	OSEO (dont subventions + avances remboursa- bles			
Solar Nano Crystal	190	46,5 (21,5 + 25)	2008 - 2012	PV Alliance (Photowatt International, EDF Energies Nouvelles Réparties, CEA-Valorisation), Emix, Photosil, Apollon Solar, INES	Abaissier les coûts des matériaux de base, en produisant directement du silicium de qualité photovoltaïque et améliorer rendement Développer des technologies à haut rendement grâce à l'usage des nanotechnologies dans la filière du silicium en couches minces
PV 20	25,9	9,8 (3,2 + 6,6)	2010- 2012	MPO , Emix, Semco, Tenesol, INES	Repenser toute la chaîne de production du module de silicium cristallin de manière à avoir un module 100 % à prix compétitif
SOLCIS	29,9	9,6 (5,4 + 4,2)	2010- 2012	Nexcis , Semco, Impika, Amplitude Systèmes, Komax, Solems, Rescoll, CNRS, Armines, Enthone, Arkema,	Faire émerger une filière industrielle basée sur la technologie CIS, avec : une première génération de modules CIS bi-verre, basée sur un procédé mixte

ANNEXE

Programme	Budget (M€)		Période	Acteurs	Objectifs
	Total	OSEO (dont subventions + avances remboursa- bles			
				(IBM et ST Microelectronics : partenaires non financés)	d'électrodéposition couplé à un recuit à pression atmosphérique (et non sous vide) ; une seconde génération de CIS à meilleurs rendements de conversion (de 8 % à 12 % puis 14 %), à coût de production réduit et à procédé d'encapsulation innovant (produits légers pour toitures).
OSCAR	15,7	6 (3,8+2,2)	2010-2013	Armor , INES, LCPO (Laboratoire de Chimie des Polymères Organiques de Bordeaux), Plasto, Alca Packaging Les objectifs sont : coût < 0,70 €/Wc, rendement compris entre 8 et 10 %, durée de vie supérieure à 6 ans.	Produire des films de photovoltaïque organique (OPV) constitués de matériaux innovants tant au niveau des matériaux actifs qu'au niveau des matériaux supports ; la conception de ces films fera appel à des procédés de fabrication industrielle empruntés au secteur de l'impression. Triple objectif : coût < 0,70 €/Wc, rendement compris entre 8 et 10 %, durée de vie > 6 ans

Source : Mission.

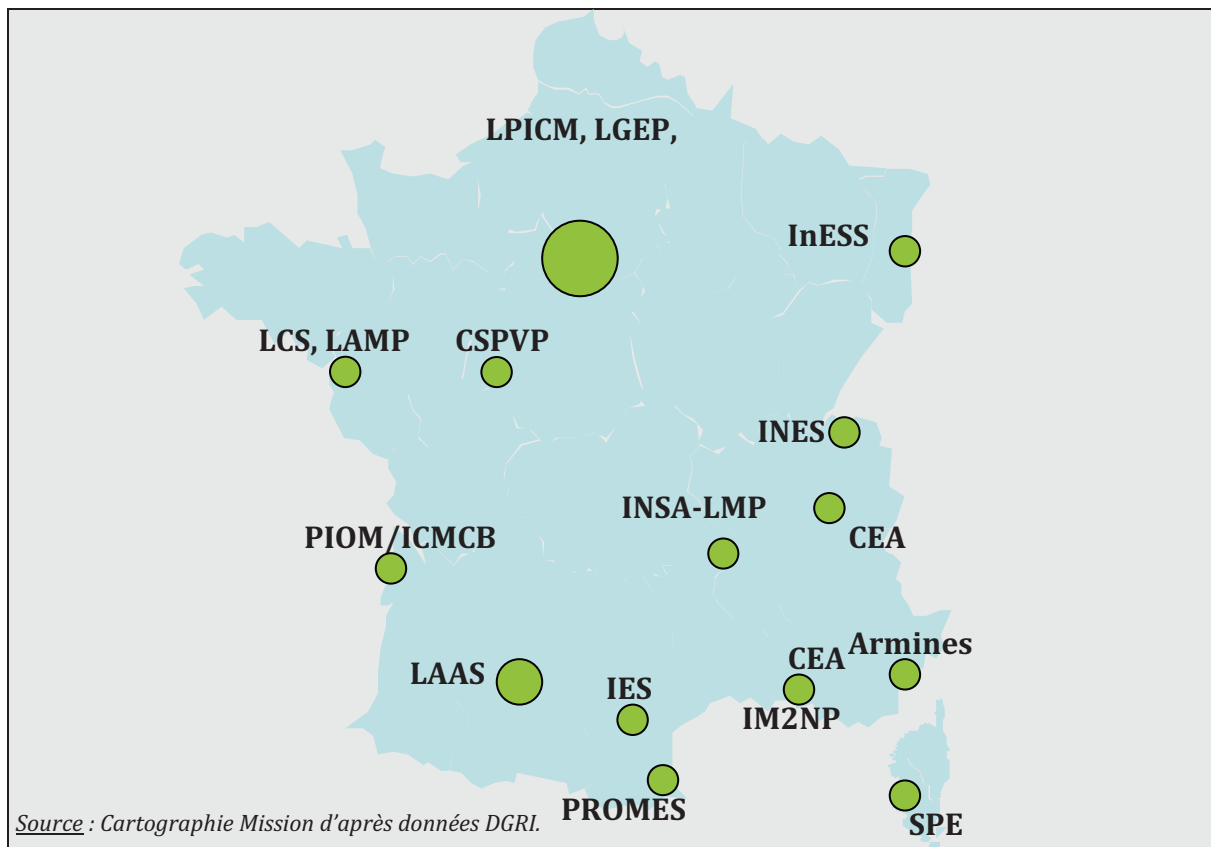
Enfin, l'Europe propose des aides européennes (réservées aux projets d'envergure). Dans le cadre du septième programme cadre de recherche et développement (7^{ème} PCRD), l'Union Européenne émet régulièrement des appels à projets d'envergure dans le domaine de l'énergie. L'ADEME a été désignée comme point contact national (PCN) et à ce titre assure plusieurs tâches d'aide aux porteurs potentiels de projets, notamment de formation et d'information concernant ce programme, à la fois pour l'énergie et l'environnement. D'autres programmes, comme l'Énergie Intelligente Europe (EIE) peuvent également émettre des appels à projets touchant à l'énergie photovoltaïque.

2.2.2. La structuration de la recherche autour de deux principaux instituts, l'INES et l'IRDEP, doit être renforcée et leur articulation améliorée

Les travaux de recherche sur le secteur photovoltaïque sont conduits :

- ♦ à l'INES (Institut National de l'Énergie Solaire) ;
- ♦ à l'IRDEP (Institut de Recherche et Développement sur l'Énergie Photovoltaïque) ;
- ♦ ainsi que dans d'autres centres de recherche amont en France (cf. Encadré 3 : Panorama de la recherche française).

Encadré 3 : Panorama de la recherche française

**Ile-de-France :**

- LPICM : Laboratoire de Physique des Interfaces et des Couches Minces, UMR7647 ;
- LGEP : Laboratoire de génie électrique de Paris, UMR8507 ;
- ICMPE : Institut de Chimie et des Matériaux Paris-Est ;
- IRDEP : Institut de Recherche et Développement sur l'Énergie Photovoltaïque, UMR7174, CNRS et EDF R&D ;
- ENSCP : École nationale supérieure de chimie de Paris ;
- CEA : Commissariat à l'Énergie Atomique et Alternative.

Bourget du Lac :

- INES : Institut National de l'Énergie Solaire, CEA- CNRS - Université de Savoie- CSTB ;

Bordeaux :

- ICMCB : Institut de Chimie de la Matière Condensée de Bordeaux, UPR9048(CNRS/Convention UB1) ;
- PION : laboratoire de Physique des Interactions Ondes-Matière est une UMR CNRS/ENSCP/UB1 ;
- LCPO : Laboratoire de Chimie des Polymères Organiques, CNRS, UB1.

Toulouse :

- LAAS : Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes, CNRS ;
- LAPLACE : Laboratoire Plasma et Conversion d'Énergie, Unité Mixte de Recherche UMR5213, Institut National Polytechnique de Toulouse (INPT) et l'Université Paul Sabatier (UPS).

Perpignan :

- PROMES : Procédés, Matériaux et Énergie Solaire UPR8521 du CNRS qui coopère étroitement avec l'Université de Perpignan.

Montpellier :

- IES : Institut d'Électronique du Sud, Unité Mixte de Recherche, UMR5214, UM2/CNRS.
- Marseille :
- CINaM : Centre Interdisciplinaire de Nanoscience de Marseille UPR3118.

Cadarache :

- CEA

Toulon :

- IM2NP : Institut Matériaux Microélectronique Nanosciences de Provence UMR6242.

Lyon :

- INL : Institut des Nanotechnologies de Lyon, UMR5270.

Grenoble :

- LPSC : Laboratoire de Physique Subatomique, UMR5821 ;
- CEA.

Nantes :

- LAMP : Laboratoire des Matériaux Photovoltaïques, université de Nantes.

Strasbourg :

- InESS : Institut d'Électronique du Solide et des Systèmes, UMR7163, Université de Strasbourg et du CNRS ;
- IPCMS : Institut de Physique et Chimie des Matériaux de Strasbourg, UMR7504, CNRS et Université de Strasbourg.

Corse :

- SPE : Sciences Pour l'Environnement, UMR6134.

Source : DGRI.

L'INES (Institut National de l'Énergie Solaire) a été créé le 3 juillet 2006 par convention entre le Conseil général de la Savoie, la Région Rhône-Alpes, le CEA (laboratoire LITEN), le CNRS, le CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment), et l'Université de Savoie. Il est situé sur le site de Savoie Technolac à proximité de Chambéry. En 2010, il compte 250 chercheurs pour un budget de 25 M€, dont 18 M€ pour le solaire photovoltaïque, provenant à 30 % du budget du CEA et à 70 % de contrats industriels (dont OSEO).

Le programme de recherche de l'INES dans le domaine du photovoltaïque porte à la fois sur les cellules et modules, et sur les systèmes ainsi que le stockage. L'INES intervient notamment dans le cadre du programme Solar Nano Crystal en lien avec le consortium PV Alliance pour développer deux principaux axes d'innovation :

- ◆ améliorer le rendement des cellules à base de silicium polycristallin produites par Photowatt, dans le cadre d'une unité pilote ou « LabFab » de 25 MW, situé sur le site de Photowatt à Bourgoin-Jallieu, et qui devrait mobiliser des équipes de l'INES (investissement de 40 M€, démarrage en juillet 2010) ;
- ◆ développer des cellules à hétérojonction à haut rendement (silicium cristallin et silicium amorphe) : l'INES conduit des travaux de recherche sur son site en lien avec l'équipementier coréen Jusung, où il a déjà atteint des rendements de 20 %, et vise la mise en place d'un pilote industriel de 25 MW en 2012 sur le site du CEA à Grenoble ; les financements de ce LabFab 2 ne sont toutefois pas acquis et restent à consolider d'ici 2012.

Ces axes prioritaires illustrent le fait que **l'INES se situe, en 2010, plus dans une perspective de rattrapage que de développement d'un avantage compétitif** ; en particulier, la technologie d'hétérojonction pour laquelle des développements industriels suite au programme Solar Nano Crystal ne sont pas envisageables avant 2015 est déjà mise sur le marché par le japonais Sanyo à des rendements supérieurs à ceux qu'atteint l'INES en laboratoire (23 % contre 20 %). Il fait également apparaître **la part prépondérante de Photowatt dans les partenariats industriels de l'INES, qui semble disproportionnée par rapport aux enjeux industriels que présente l'entreprise** (cf. 3.1).

Au-delà de Photowatt, l'INES mène notamment des travaux dans le cadre de partenariats industriels dans le domaine de la purification du silicium (Ferropem), de la fabrication de lingots de silicium (ECM et Vésuvius) ou de l'encapsulation de cellules (Apollon Solar).

Les moyens de l'INES doivent permettre, au-delà de l'optimisation des procédés industriels, des avancées technologiques capables de créer un avantage compétitif pour les entreprises. Pour cela, la coopération avec les centres de recherche amont doit être renforcée et les partenariats industriels diversifiés.

Positionné sur le secteur des couches minces, qui semble devoir prendre une part croissante du marché dans les années à venir étant donné ses faibles coûts et ses rendements en progrès, l'IRDEP doit atteindre une taille critique pour faciliter les transferts de technologies vers les entreprises, comme cela a été fait pour sa spin-off Nexcis.

L'IRDEP (Institut de Recherche et Développement sur l'Énergie Photovoltaïque) a été créé en 2005 entre EDF, le CNRS et l'école de Chimie ParisTech. Il est situé à Chatou (Yvelines) et compte quarante-cinq chercheurs en 2010. Ses travaux portent principalement sur la réduction des coûts de production des modules PV, l'amélioration des rendements de conversion photovoltaïques, les procédés de dépôt de couches minces, et s'articulent autour de trois champs :

- ◆ la technologie à couche mince CIS ;
- ◆ les cellules à très haut rendement (cellules multijonctions) ;
- ◆ la recherche exploratoire en matière de couches minces (cellules hybrides nanostructures, oxydes conducteurs transparents).

Le budget 2010 de l'IRDEP est de l'ordre de 4 M€, dont 3 M€ d'EDF et 1 M€ issus des projets européens et ANR. L'IRDEP a été à l'origine de l'émergence de la start-up Nexcis (cf. 3.5) ; après plusieurs années dédiées à la consolidation préindustrielle du procédé de production de modules CIS à bas coût destiné à être transféré à Nexcis, l'IRDEP se concentre depuis la création de la spin-off sur un composé alternatif de CIS dont le rendement théorique est encore nettement supérieur à celui de la technologie développée par Nexcis et pour lesquels les rendements records ont à ce jour été obtenus au National Renewable Energy Laboratory (NREL) aux États-Unis.

Malgré une concurrence très soutenue au niveau mondial au sein des équipes de recherche, le positionnement de l'IRDEP semble pertinent, à la fois dans des perspectives de pré-industrialisation, et de développements à moyen terme, à travers :

- ◆ une technologie, le CIS, qui offre des possibilités de déploiement industriel à court terme, pour laquelle le couple coût/ rendement reste à optimiser pour permettre des développements industriels à grande échelle (cf. 3.5), et qui pourrait constituer une alternative ou un complément pertinent au CdTe sur le segment des couches minces étant donné les faiblesses de l'usage du cadmium (toxicité) ;
- ◆ des technologies de rupture susceptibles d'émerger à moyen terme et de dominer tout ou partie du marché du photovoltaïque grâce à leurs très hauts rendements, pour lesquelles le leadership technologique se situe à ce jour dans des laboratoires allemands et américains.

Toutefois, afin de pouvoir d'une part être présent au niveau international, et d'autre part être en mesure de conduire rapidement à la création d'entreprise, l'IRDEP doit atteindre la taille critique par rapprochement avec d'autres équipes, en maintenant le principe d'un regroupement entre recherche privée et publique. L'IRDEP, qui souffre aujourd'hui d'une taille trop faible pour être en mesure de mettre en place une structure de transfert de technologie, ce qui apparaît pourtant comme une priorité étant donné les échelles de temps très courtes en matière de développement du photovoltaïque, a pour projet de rejoindre un institut du solaire sur le plateau de Saclay qui rassemblerait également :

- ◆ le laboratoire de physique des interfaces et des couches minces (LPICM), unité mixte de recherche du CNRS et de l'École Polytechnique, dont les travaux portent principalement sur le silicium microcristallin ou polymorphe ;
- ◆ des équipes de R&D de Total ;
- ◆ un mastère École polytechnique et Paristech.

L'institut, qui regrouperait des équipes représentant actuellement 150 personnes environ (dont 70 permanents), a pour cible :

- ◆ des équipes de 200 personnes à 250, notamment par quelques recrutements de chercheurs étrangers ;
- ◆ un regroupement sur le site de Saclay, qui pourrait être financé dans le cadre du grand emprunt. L'institut est en effet sur le point de déposer un dossier de candidature comme Institut d'Excellence pour les Énergies Décarbonées (IEED)⁴, comportant une première phase d'investissement de l'ordre de 60 M€.

Proposition n° 3 : La mission préconise que le projet d'institut du solaire de Saclay soit soutenu dans le cadre du fonds d'investissement d'avenir et soit mis en place rapidement pour être en mesure de développer un avantage technologique dans le cadre de la compétition internationale des équipes de R&D.

Au-delà des performances respectives de l'INES et de l'IRDEP, se pose la question de leur articulation. En effet, l'équilibre entre ces deux centres de recherche semble résulter d'une logique double : logique de maturité des projets (l'IRDEP étant plutôt positionné sur des recherches amont et l'INES sur le développement technologique) et logique de génération technologique (silicium cristallin pour l'INES, couches minces pour l'IRDEP, les deux instituts conduisant par ailleurs des travaux sur les filières dites de troisième génération). Or, il résulte de cette double logique des lacunes. L'enjeu est pour l'INES, au-delà de l'optimisation des procédés industriels, de pouvoir contribuer à des avancées technologiques capables de créer un avantage compétitif pour les entreprises en travaillant de manière plus rapprochée avec des centres de recherche amont ; pour l'IRDEP et les autres centres de recherche amont, de bénéficier des moyens de la plate-forme de Chambéry.

Par ailleurs la question de la coordination avec les industriels en vue de faciliter les transferts de technologie vers les entreprises est au cœur de la question du pilotage des instituts de recherche. Elle passe par une meilleure association en amont des partenaires industriels (association aux instances de pilotage des instituts, cartographie des besoins des industriels : cf. proposition 2), mais aussi par la mise en place ou le renforcement des structures de valorisation (mise en place d'accords collectifs ou de partenariats pour l'accès aux résultats de la recherche et aux brevets).

⁴ Au-delà des 1,35 Md€ affectés au fonds démonstrateur de l'ADEME pour les énergies renouvelables et décarbonées et la chimie verte », le programme « Investissements d'avenir » prévoit 1 Md€ de crédits pour des « instituts thématiques d'excellence en matière d'énergies décarbonées ». Ces crédits seront consacrés à la constitution de campus d'innovation technologique en matière d'énergies renouvelables visant une dimension mondiale.

Encadré 4 : Le modèle américain de R&D dans le photovoltaïque : une organisation tournée vers la valorisation de la recherche

Le *Department of Energy* américain (DOE) a mis en place un programme national de recherche en matière de solaire : le *Solar Energy Technologies Program*. La somme annuelle allouée en faveur du programme consacrée à l'énergie photovoltaïque est de 145 MUSD. Les domaines de recherche sont les suivants :

- technologies photovoltaïques innovantes (*Next generation PV devices and processes*). Les technologies à l'étude sont les cellules CIGS (cuivre, indium, gallium et sélénium) ou à base de tellure de cadmium, le silicium amorphe, des semi-conducteurs de grande efficacité énergétique, les cellules à pigment photosensible (cellules Grätzel) et organiques ;
- pré-incubateur de technologie photovoltaïque : aide à des petites entreprises disposant d'une technologie reconnue à développer des prototypes commerciaux ;
- incubateur de technologie photovoltaïque : analyse du potentiel commercial (coût, fiabilité, performance) de nouveaux processus produits dans les prototypes ;
- partenariats de développement technologiques (*Technology Pathway Partnerships*) : désignation de projets pouvant faire l'objet d'une commercialisation massive avant 2015 ;
- chaîne logistique : réduction de coûts de production par l'amélioration des produits et des processus.

Source : *Servie économique régionale des États-Unis*.

Proposition n° 4 : Améliorer la coordination entre les centres de recherche amont (notamment l'IRDEP) et la recherche technologique, organisée autour de la plate-forme de l'INES à Chambéry. Faciliter les transferts de technologie par des liens renforcés avec les industriels.

Le projet de la direction générale pour la recherche et l'innovation (DGRI) du ministère de la recherche a transmis à la mission un document de travail proposant un schéma de pilotage de la R&D dans le photovoltaïque, fondé notamment sur :

- ♦ une clarification du positionnement des différents centres : IRDEP, LPICM, ENSCP, LCPO de Bordeaux sur la recherche amont / INES sur la recherche technologique et l'intégration ;
- ♦ une proposition de pilotage harmonisé de ces deux catégories de centres de recherche ;
- ♦ des partenariats renforcés avec les industriels.

Si ce projet semble intéressant, il apparaît que sa mise en œuvre devrait être accélérée. Par ailleurs, il ne répond pas à la question de l'articulation entre les différents financeurs (ANR, ADEME, OSEO) ni à celle de la mise en place d'une stratégie de R&D sur le secteur (notamment articulation avec la mission de l'Alliance nationale dans le domaine de l'énergie – ANCRE – et avec la feuille de route de l'ADEME dans le cadre du fonds démonstrateur).

2.2.3. Les pôles de compétitivité, qui recensent un nombre important de projets innovants dans le domaine du photovoltaïque, constatent que peu d'entre eux parviennent à passer au stade de l'industrialisation

Dans un contexte d'absence d'entreprises industrielles moyennes ou grandes sur le secteur, les pôles de compétitivité peinent à faire émerger des projets innovants offrant des perspectives de développement industriel.

Les pôles de compétitivité Capénergies (Provence-Alpes-Côte d'Azur), Derbi (Languedoc-Roussillon), Tenerrdis (Rhône-Alpes) et Sciences et Systèmes de l'Énergie Électrique (région Centre) interviennent dans le domaine des énergies renouvelables. Les pôles permettent la structuration de projets, le plus souvent mixtes (entreprises, recherche, collectivités) et accompagnent l'obtention d'aide auprès des guichets nationaux (ANR, OSEO et ADEME), européens (PCRD) ou locaux (conseils régionaux et généraux, autres collectivités).

Le pôle Capénergies rassemble 400 acteurs de l'industrie, de la recherche et de la formation des régions Provence-Alpes-Côte d'Azur, Corse et d'outre-mer. Son champ d'intervention est la maîtrise de la demande énergétique ainsi que le développement des ENR. Une trentaine de projets relatifs au photovoltaïque ont été labellisés et financés dans le cadre du pôle sur la période 2006-2010, pour un montant total des projets de 142 M€ dont 34 M€ d'aides.

Le pôle compte plusieurs projets labellisés en matière de solaire photovoltaïque :

- ◆ projets relatifs à l'amont, portant sur les matériaux (couches minces ou nanostructures) ou sur les performances des systèmes (optimisation des performances sous ombrages par reconnexion automatique des panneaux, refroidissement, systèmes électriques) ;
- ◆ projets de déploiement d'installations à caractère exemplaire ou de vitrine ;
- ◆ expérimentations de labels pour les entreprises de l'aval.

Aucune des sociétés du pôle présente sur l'amont de la filière n'offre de perspectives de développement ni d'industrialisation à moyen terme, du fait de difficultés de financement auprès des investisseurs financiers comme auprès des groupes industriels ; à défaut d'investissement privé suffisant, les aides publiques ne parviennent pas à créer un effet de levier et le développement du marché de production lié aux tarifs de rachat est sans effet sur le développement de l'innovation.

Enfin, il apparaît que l'émergence d'entreprises innovantes dans la filière photovoltaïque souffre de l'insuffisance des investissements ou des projets de développement collaboratifs de la part des grands énergéticiens ou des grands industriels français. Le seul acteur présentant une stratégie d'investissement systématique dans les PME innovantes est EDF Énergies Nouvelles (EDF EN), qui détient notamment 19 % du capital de Nexcis, 50 % du capital d'Apollon Solar, et qui est membre du consortium PV Alliance. Toutefois, le « monopole d'investissement » d'EDF EN présente un double défaut :

- ◆ il ne peut à lui seul répondre au besoin de financement de l'ensemble des entreprises innovantes du secteur, parfois d'ailleurs positionnées sur des technologies concurrentes ;
- ◆ il induit un rapport de force déséquilibré entre les pouvoirs publics et l'entreprise, qui tient à la fois le rôle de principal promoteur du développement de la filière photovoltaïque et de principal bénéficiaire des politiques publiques menées dans le secteur.

En revanche, des acteurs comme Total, ST Microelectronics, GDF-Suez, Saint-Gobain, etc. n'ont pas investi dans les entreprises innovantes ou projets issus de la R&D, du moins en France. Or leur implication sur le secteur est une condition nécessaire à l'émergence d'une véritable filière industrielle.

Proposition n° 5 : La mission préconise que les pouvoirs publics, à un niveau politique, mobilisent les principaux acteurs de l'énergie et de l'industrie de manière à ce que les importants moyens de recherche et de développement engagés trouvent des relais de croissance à travers ces grands groupes.

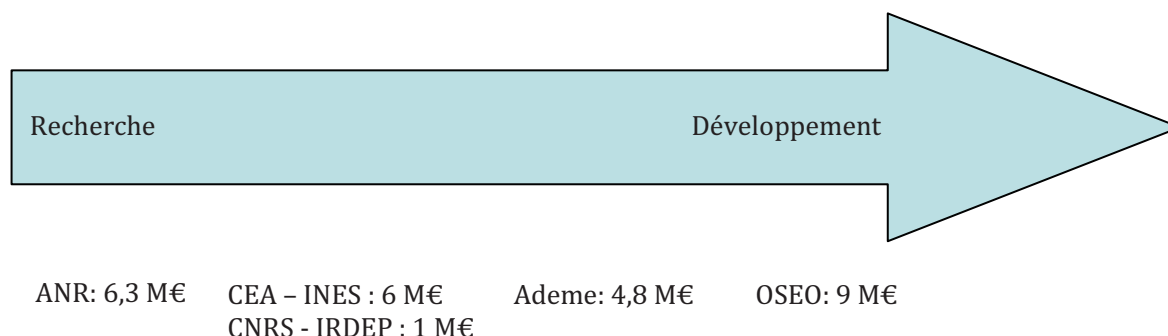
2.2.4. Le montant total de l'effort de R&D français reste inférieur à celui des principaux acteurs du domaine et sans commune mesure avec les moyens anticipés pour le développement du parc

La France s'est ainsi dotée de moyens de financement de la recherche qui couvrent les différentes étapes de R&D, de l'amont à l'aval (cf. Graphique 7), et d'une organisation en instituts ayant commencé à structurer le secteur, même si leur consolidation et leur articulation restent à poursuivre. Ces moyens atteignaient en 2009 de l'ordre de 26 M€ d'après les informations dont dispose la mission ; ils devraient croître de manière accélérée en 2010, avec d'une part l'augmentation des moyens mis en œuvre par OSEO pour l'innovation industrielle et d'autre part les appels à projet du fonds démonstrateur et des investissements d'avenir pilotés par l'ADEME.

Toutefois, malgré ces évolutions positives, l'effort de R&D français reste :

- ♦ en deçà de celui consenti par les pays leaders dans le domaine ;
- ♦ très inférieur aux moyens qui sont en passe d'être alloués au développement du parc de production d'électricité photovoltaïque.

Graphique 6 : Effort public de R&D dans le photovoltaïque en 2009



Source : Mission⁵.

En effet, le rapport 2009 *PVPS Trends report* de l'agence internationale de l'énergie (IEA), évalue l'effort de R&D français à 12 M€ pour 2008, pour l'ANR et l'ADEME. Pour l'année 2009, le budget de ces deux organismes est du même ordre (11,1 M€). **L'étude de l'IEA positionne la France en sixième position en termes d'effort de R&D**, derrière les États-Unis, l'Allemagne, la Corée, le Japon et la Grande-Bretagne. Le montant de la R&D française en 2008 était sept fois inférieur à celui des États-Unis et cinq fois inférieur à celui de l'Allemagne (cf. **Encadré 5**).

Tableau 5 : Montant de l'effort de R&D publique des pays membres de l'AIE

Pays	Effort de R&D 2008 (M€)
États-Unis	83,3
Allemagne	59,4
Corée	35,9
Japon	24,3
Grande-Bretagne	14,8
France	12 ⁶
Pays-Bas	12
Espagne	12

Source : IEA – *PVPS Trends report 2008* (pays de l'OCDE seulement : hors Chine).

⁵ La DGRI a communiqué à la mission les résultats d'une enquête menée auprès des organismes publics dans le cadre du suivi de la mise en œuvre des engagements du Grenelle de l'environnement relatifs à la recherche ; cette enquête fait état d'un budget prévisionnel 2009 pour le solaire (photovoltaïque et thermique) de 13 M€ pour le CEA et de 15 M€ pour le CNRS. N'ayant pas eu accès au détail de ces chiffres, la mission s'en tient aux données fournies par l'INES et l'IRDEP. Pour Oséo, le budget annuel est estimé par annualisation de l'enveloppe globale pluriannuelle.

⁶ Pour la France, l'étude ne tient compte que des budgets ANR et ADEME, c'est-à-dire hors budgets propres du CEA et hors Oséo. La mission n'a pas été en mesure de vérifier l'homogénéité des données et des types de financements pris en compte entre pays.

Encadré 5 : Le modèle allemand : un soutien important à la recherche publique qui travaille en étroite collaboration avec le privé

La R&D dans le secteur photovoltaïque a été subventionnée par l'État fédéral en 2009 à hauteur de 70 M€ auxquels s'ajoutent des investissements privés de 180 M€ annuels. En avril 2010, le gouvernement fédéral a annoncé un nouveau programme de soutien à la recherche privée dans le domaine du photovoltaïque d'un montant de 100 M€. Ce programme, qui devrait entraîner des investissements industriels de 400 M€, a été mis en place pour compenser la baisse des tarifs d'achat garantis.

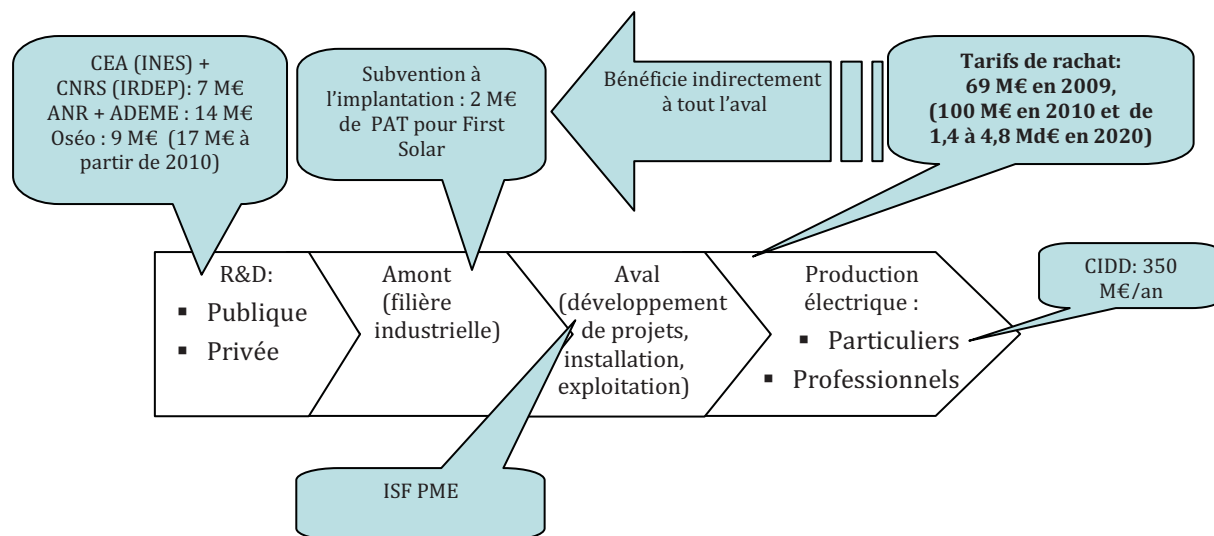
Ces financements sont utilisés par la recherche publique allemande qui, dans le secteur photovoltaïque, est principalement menée par quatre institutions, travaillant en étroite collaboration avec le monde industriel :

- ◆ l'institut Fraunhofer des systèmes énergétiques solaires (ISE) est le plus grand institut de recherche solaire européen avec 830 collaborateurs et plus de 40 M€ de budget (2008). Ses travaux vont de l'exploration des fondements techniques à la réalisation d'installations de démonstration en passant par le développement de prototypes. Il étudie les cellules solaires multi-jonctions hautement performantes et les systèmes PV à haute concentration. Il collabore activement avec les industriels, des universités et les autres instituts Fraunhofer ;
- ◆ le centre allemand de recherche aérospatial dispose d'une unité de 90 employés qui développe et teste des composants pour les systèmes CSP (technologies solaires à concentration) et réalise des études de faisabilité technique et économique. Il met ses capacités de R&D à disposition de l'industrie allemande pour favoriser l'introduction des technologies CSP sur le marché européen.
- ◆ la division « Énergie » du HZB (centre Helmholtz de Berlin) se focalise sur les aspects de recherche fondamentale et de développement de prototypes avec deux objectifs : réduire les coûts et augmenter le rendement. Elle travaille aux côtés de la Technische Universität de Berlin et de huit industriels, en particulier sur les technologies à couches minces et les nanotechnologies.
- ◆ le groupe de recherche IEF-5 de l'IEF (Institut pour la recherche énergétique) : il fait partie du Centre Helmholtz de recherche de Jülich qui héberge le Projektträger Jülich, le centre de gestion de projets qui gère le financement public projets liés aux énergies renouvelables. IEF-5 travaille sur les cellules photovoltaïques à couche mince à base de silicium.

Source : Service économique régional de Berlin

Par ailleurs, **les moyens dévolus au développement du marché sont en passe de croître beaucoup plus rapidement que ceux de la R&D** ; ces moyens, qui passent par les tarifs de rachat et le crédit d'impôt développement durable notamment, comptabilisés en centaines de millions et bientôt en milliards d'euros, ont, s'ils bénéficient à l'activité aval et à l'atteinte des objectifs du Grenelle, très peu contribué au développement d'une filière industrielle (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Graphique 7 : Cartographie des aides publiques au photovoltaïque en 2009



Source : Mission.

Proposition n° 6 : La mission préconise de conforter l'effort de R&D annoncé, notamment à travers les programmes d'OSEO et l'investissement d'avenir, tout en s'assurant de l'efficacité de ces moyens en termes de valorisation (rapidité des circuits, diversité des partenaires industriels).

2.3. Conclusion sur la R&D dans le secteur photovoltaïque

En conclusion, la mission préconise que l'effort de R&D entrepris dans le domaine du photovoltaïque soit conforté mais aussi optimisé dans :

- ♦ ses thématiques, en ciblant les technologies émergentes (deuxième et troisième générations) ou les secteurs connexes à l'industrie du photovoltaïque, qui comptent déjà des acteurs industriels majeurs français (propositions 1 et 2) ;
- ♦ son organisation et son pilotage, qui doivent permettre aussi bien les avancées théoriques grâce à la recherche amont, que leur valorisation industrielle grâce à une plate-forme technologique. Les liens avec les grands industriels, que ce soit sous forme de recherche partenariale ou d'investissement dans des spin-off issues de la R&D doivent être renforcés (propositions 3, 4 et 5) ;
- ♦ ses moyens, en confirmant les renforts annoncés mais aussi en renforçant la mesure de leur efficacité en termes de valorisation (proposition 6).

3. L'amont de la filière française reste embryonnaire

La filière française amont du photovoltaïque présente les caractéristiques suivantes :

- ◆ un seul acteur, Photowatt, intervient de manière intégrée sur tout l'amont de la filière du silicium cristallin, de la production de silicium à la fabrication de modules. Sa production (70 MW/an) est nettement inférieure aux besoins du marché français ;
- ◆ les fabricants de modules de silicium cristallin (par assemblage de cellules), en nombre limité jusqu'en 2008 sont en développement depuis deux ans. La prime d'intégration au bâti n'a pas réellement permis de créer de produits de niche sur ce segment ;
- ◆ plusieurs sociétés de petite taille se positionnent sur des étapes très précises du processus de production, pour lequel elles proposent des solutions innovantes, souvent développées dans le cadre de programme de R&D. Leur volume de production reste toutefois marginal ;
- ◆ le segment des couches minces est embryonnaire, même s'il présente deux perspectives de développement : l'émergence de Nexcis, spin-off de l'IRDEP, dont le positionnement au stade de la production reste à consolider et l'implantation possible de l'américain First Solar à Blanquefort (Aquitaine) ;
- ◆ plusieurs industriels français sont présents sur le marché de la fourniture des équipements industriels et matériaux pour le photovoltaïque, ainsi que sur celui du « balance of system » (BOS), avec toutefois peu de capacités de production localisées en France.

3.1. Le seul acteur français intégré dans le domaine du photovoltaïque, Photowatt, doit réduire fortement ses coûts et proposer des progrès technologiques pour être compétitif

Le seul acteur français intervenant de manière intégrée sur l'amont de la filière photovoltaïque, de la fabrication des lingots de silicium à l'assemblage des modules, est Photowatt, société initialement créée en 1979 en tant qu'organisme de recherche dans le domaine des technologies photovoltaïques, installée à Bourgoin Jallieu (Isère). Sa capacité de production, qui était de 3 MW en 1996 puis de 13 MW en 2000 suite à son rachat par le canadien ATS en 1997, est de 70 MW en 2010 ; elle a produit 40 MW de modules en 2009, pour un chiffre d'affaires de 130 M€. Elle compte à la date de la mission 700 employés, dont 550 pour la fabrication.

Photowatt qui se situait à sa création dans les trois premiers fabricants mondiaux et figurait encore au début des années 2000 dans les dix leaders du marché, représente en 2010 moins de 1 % de la production mondiale de cellules et modules alors que le « top 10 » concentre plus de 60 % de la production.

Photowatt a connu en 2009 d'importantes difficultés à la fois conjoncturelles et structurelles :

- ◆ l'entreprise a été touchée de plein fouet par l'effondrement du marché espagnol, qui conjugué à la hausse des capacités mondiales de production, a abouti à un effondrement des prix ;
- ◆ elle a des coûts de production élevés, liés notamment à un fort niveau de main-d'œuvre sur les fonctions d'assemblage ;
- ◆ elle a cherché, suite à la hausse des prix du silicium, à baser sa fabrication sur le silicium métallurgique au lieu du silicium électronique, ce qui a dégradé fortement la qualité de ses produits.

Depuis 2010, la situation est devenue un peu plus favorable pour Photowatt, à la fois grâce à des actions menées par l'entreprise, à un soutien public via le programme Solar Nano Crystal et à la conjoncture :

- ◆ Photowatt a entrepris un plan d'action de réduction des coûts, en agissant sur l'optimisation des process (réduction des pertes sur les lignes de production), sur la performance du produit (composition du silicium, connexions électriques, épaisseur des plaques), sur les achats et la productivité des employés ;
- ◆ l'entreprise bénéficie par ailleurs de l'évolution favorable du cours euro/dollar et de la reprise du marché du photovoltaïque, notamment tiré par l'Allemagne, où l'avantage est revenu à l'offre. Dans ce contexte, conjugué au plan de réduction évoqué précédemment, ses coûts de production, qui étaient, en 2009, 50 % supérieurs à ceux de ses concurrents chinois, se sont rapprochés des prix de vente des modules chinois : les coûts de Photowatt atteignent en 2010 selon l'entreprise 1,6 €/Wc, alors que les modules chinois sont vendus à 1,55 €/Wc ;
- ◆ elle a développé ses activités sur l'aval (fourniture d'installations clés en main), où ses marges sont plus importantes ;
- ◆ enfin, elle a bénéficié des aides publiques dans le cadre du consortium PV Alliance et du programme Solar Nano Crystal, qui a permis l'installation d'un « LabFab 1 » de 25 MW destiné à permettre en lien avec les équipes de l'INES des gains en termes de rendement des modules (objectif de gain de 0,25 % de rendement par semestre).

Malgré ces améliorations, il apparaît que l'entreprise reste fragile. Le financement du « LabFab 2 » dans le cadre de Solar Nano Crystal, qui devrait permettre un saut technologique avec le développement d'une technologie à hétérojonction et donner à Photowatt un avantage compétitif à échéance 2012, apparaît également incertain. Enfin, une incertitude plane sur l'évolution de l'actionnariat de l'entreprise, le canadien ATS ayant annoncé son souhait de se retirer du capital.

Pour atteindre son objectif d'accéder à une taille critique de 500 MW de production destinés à 80 % à l'export, l'entreprise a besoin de pouvoir s'appuyer sur le marché national à hauteur de 20 % de ses ventes. Pour cela il existe deux options :

- ◆ Photowatt est en mesure rapidement de vendre au prix du marché ;
- ◆ elle est soutenue par des mesures de protection, comme des clauses d'emploi local dans les appels d'offre des collectivités ou de l'État si ce système est retenu (l'alternative proposée par Photowatt aux clauses d'emploi local est celle du contenu CO₂ des produits). Ce type de mesure, dont la faisabilité juridique n'est pas assurée, n'aurait dans tous les cas pas pour effet de discriminer spécifiquement Photowatt par rapport aux produits de First Solar si le projet d'implantation de cette entreprise était confirmé (cf. 3.5).

En conclusion, la mission considère que Photowatt, qui a déjà fait l'objet de soutiens publics directs ou indirects importants, peut difficilement bénéficier de nouveaux appuis à travers le marché national. De plus, comme cela a été démontré précédemment, le marché national joue seulement le rôle de base pour un développement à l'international : l'enjeu pour Photowatt est de se positionner sur un marché international via un avantage prix, qualité ou technologique. **L'action des pouvoirs publics doit être prioritairement tournée vers l'aide à l'exportation** (relai de la part des services du commerce extérieur, garantie de l'État français pour les appels d'offre étrangers).

Deux abandons de projets sur l'amont de la chaîne du silicium illustrent la difficulté française à développer un avantage comparatif sur ce segment :

- ◆ Photovoltech, filiale commune de GDF-Suez et Total, qui produit en Belgique des cellules photovoltaïques à partir de plaquettes (capacité de 140 MW), avait annoncé en 2009 un projet d'extension à Carling en Moselle, abandonné depuis lors ;
- ◆ le projet de fabrication de silicium « Silpro » (Silicium de Provence), porté de 2006 à 2009 par la compagnie d'énergies renouvelables Econcert (Pays-bas), EDF Energies Nouvelles et le fabricant norvégien de wafers de silicium NorSun, sur le site de Saint-Auban (ancienne usine Arkéma).

Toutefois, un projet mené par le consortium constitué autour de l'entreprise MPO (Moulages Plastiques de l'Ouest) dans le cadre du projet PV 20 financé par OSEO (cf. 2.2.1.) a pour objectif de créer une filière compétitive en développant des procédés innovants et à bas coûts sur la filière intégrée du silicium cristallin⁷.

3.2. La production de modules (assemblage de cellules) en France a connu un développement rapide en 2009-2010

Alors que jusqu'à 2008 le marché français des modules de silicium était dominé par les seuls Photowatt et Tenesol (filiale d'EDF), plusieurs industriels français de taille intermédiaire se sont développés en 2009 et 2010. Ces nouveaux entrants sur le marché, qui assemblent des cellules de fabrication étrangère, ont différentes stratégies de positionnement : spécialisation dans l'intégré au bâti et/ou intervention également en aval de la chaîne pour le développement de projets.

La capacité totale de fabrication de modules de l'ordre de 220 MW au premier trimestre 2010, et les extensions de capacités ou nouveaux projets annoncés avant la fin de l'année 2010 amènent cette capacité à près de 400 MW. Plusieurs spécialistes de l'aval annoncent également des projets de fabrication de modules à moyen terme (par exemple, projets de la société Solaire Direct), ce qui confirme le modèle de remontée du développement de projets vers l'assemblage.

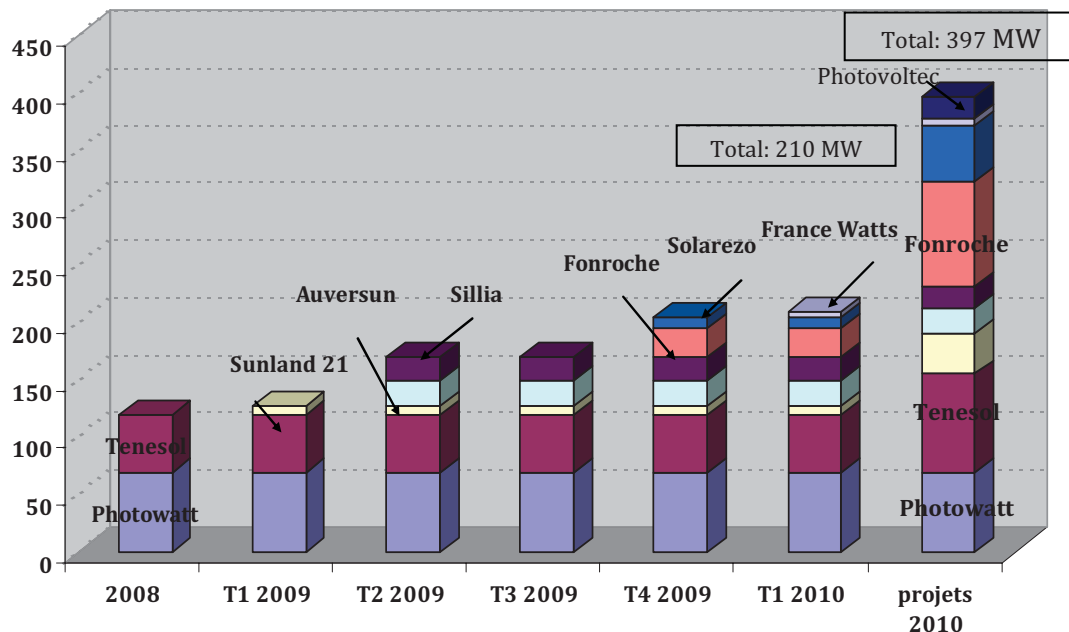
⁷ Toute l'étendue de la filière (sauf la production de silicium charge) devrait être représentée dans le projet, avec, depuis l'amont, Emix pour la fourniture des lingots de silicium et la production des plaquettes, MPO pour la fabrication de cellules sur une ligne de production de grande capacité (100 MW) délivrée par SEMCO Engineering, enfin Tenesol pour la qualification des cellules produites et l'intégrant dans ses panneaux solaires. L'INES intervient aussi en transférant des procédés de fabrication de cellules solaires à MPO et en effectuant la recherche sur l'architecture de la cellule de façon à mettre au point les procédés par voie sèche.

Tableau 6 : Fabricants de modules photovoltaïques implantés en France

Nom	Capacité (MW)	Site	Démarrage de la production	Technologie Fournisseur	Emplois	Commentaires
Photowatt	70	Bourgoin-Jallieu	1984 (60 MW depuis 2007)	Multicristallin Photowatt	550 emplois industriels (dont 200 sur l'assemblage)	Positionnement intégré
Tenesol	50 (85 en 2010)	Toulouse, 31 (Haute Garonne)	2005	Mono et multicristallin	100 emplois industriels	Positionnement aval Second site en Afrique du Sud
Auversun	22	Clermont-Ferrand , 63 (Puy-de-Dôme)	Juin 2009	Mono et multicristallin SMA, Q-Cells	ND	Positionnement aval Un produit ciblé vers les installations agricoles : Agrisun
Sunland 21	8 (35 en 2010)	Anse, 69 (Rhône)	2009	Monocristallin	ND	Activité de R&D ? (partenariats INES, ANR, ADEME, Tenerrdis).
Sillia	20	Lannion, 22 (Côtes d'Armor)	Juin 2009	Mono et multicristallin Q-Cells	ND	ND
Fonroche	25 (90 en 2010)	Roquefort, 47 (Lot-et-Garonne)	octobre 2009	Mono et multicristallin	55 (120 en 2010)	Positionnement aval
Systovi	ND	Saint Herblain, 44 (Loire-Atlantique)	octobre 2009	Monocristallin Bosch Solar	ND	Production annoncée 2011 : 40 MW
Solarezo	10 (50 en 2010)	Pontoux-sur-l'Adour, 40 (Landes)	décembre 2009	Monocristallin	ND	Positionnement aval Extension à 50 MW annoncée pour 2010 ; une centaine d'emplois annoncés
Voltec Solar	20	Dinsheim-sur-Bruche, 67 (Bas-Rhin)	février 2010	ND	ND	60 annoncées pour septembre 2010
France Watts	5	Barentin, 76 (Seine Maritime)	mars 2010	Mono et multicristallin	ND	Positionnement aval

Source : Mission

Graphique 8 : Capacité française de production de modules (en MW)



Source : Mission.

Bien que très peu de données soient disponibles sur les emplois de ces entreprises les quelques ratios connus (Tenesol : 100 emplois industriels pour 85 MW, Fonroche : 120 emplois industriels pour 90 MW à fin 2010) ou annoncés (Solarezo : 100 salariés pour 50 MW) suggèrent que **le potentiel d'emploi lié à ce segment est relativement limité**. Ainsi, par extrapolation, dans l'hypothèse où toutes les capacités d'assemblage de modules correspondant à la PPI (550 MW/ an) seraient situées en France, ce segment emploierait de l'ordre de 500 personnes.

En termes de valeur ajoutée, l'analyse que fait PricewaterhouseCoopers du résultat d'exploitation montre par ailleurs que ce segment réalise des marges relativement faibles (cf. Encadré 1) : les ratios résultat d'exploitation sur chiffres d'affaires (de l'ordre de 8 %) sont parmi les plus faibles de la filière.

Ce segment est très largement tourné vers le marché national ; or les principales perspectives de croissance sont à l'exportation. Une entreprise fait toutefois exception vis-à-vis de ce constat : Tenesol, filiale d'EDF et de Total, qui intervient en Europe et dans plusieurs pays d'Afrique et du Moyen-Orient, met en œuvre une stratégie d'exportation liée à leurs activités sur l'aval dans le monde. Toutefois Tenesol, qui a été l'un des acteurs historiques du photovoltaïque en France, est confrontée à un enjeu de recomposition de son actionnariat, avec notamment la volonté affichée par EDF de se recentrer vers les activités de production d'électricité plutôt que la fabrication industrielle.

Par ailleurs, les purs fabricants de modules sont menacés par la concurrence des fabricants de cellule qui ont une stratégie de descente de la chaîne.

Finalement, le développement récent des entreprises et des sites de fabrication de modules, qui semblent tirer bénéfice de la proximité avec le marché national, constitue un retour en emploi et en valeur ajoutée modeste au regard de l'ambition de la politique du photovoltaïque ; ce segment de marché ne semble pas en mesure de constituer le socle d'une filière industrielle.

3.3. Les retours de la prime d'intégration au bâti en termes d'innovation et de développement des produits de niche ne sont pas à la hauteur des ambitions qui avaient conduit à la mettre en place

L'introduction de la prime d'intégration au bâti en 2006 avait pour objectif l'élaboration de produits de niche, et la mise en place d'une filière spécifique française tournée vers les produits adaptés au bâtiment. Or, si la prime à l'intégration au bâti a sans doute contribué au développement des entreprises de fabrication de modules et de systèmes évoquées au chapitre 3.2), ce n'est pas en favorisant le développement de modules spécifiques mais en permettant aux assembleurs de regagner en compétitivité en réduisant les coûts des systèmes d'intégration⁸. La nouvelle définition de cette prime ne changera sans doute rien à cette situation. En effet :

- ◆ la majorité des produits répondant à la définition de l'intégration au bâti de l'arrêté de 2006 sont en fait la juxtaposition de modules photovoltaïques et de structures métalliques (« bacs acier »), qui représentent 75 % du marché en 2009 à dire d'experts. Ces produits correspondent à des modules tout à fait classiques, où seuls les systèmes d'intégration sont adaptés au marché français ;
- ◆ les produits répondant à la définition renforcée de l'intégration au bâti introduite par l'arrêté du 12 janvier 2010 (cf. encadré 6), qui ne représentaient en 2009 que de l'ordre de 25 % de ce marché, sont répartis entre des systèmes dans lesquels seuls les systèmes d'intégration (cadres drainants par exemple) sont spécifiques (20 % du marché en 2009) et des systèmes dans lesquels le module est réalisé sur mesure (« tuile photovoltaïque », 5 % du marché en 2009). Dans un cas comme dans l'autre, les équipements spécifiques (systèmes d'intégration ou module) ne sont pas nécessairement produits en France : **ainsi la tuile d'Imerys est-elle réalisée sur mesure par Suntech (Chine), tandis que celle de Saint-Gobain produite dans l'usine luxembourgeoise du groupe.**

Encadré 7 : Définitions de l'intégré au bâti et les tarifs

L'arrêté du 10 juillet 2006 définissait comme suit la notion d'équipements intégrés au bâti : « les équipements de production d'électricité photovoltaïques assurant également une fonction technique ou architecturale essentielle à l'acte de construction. Ces équipements doivent appartenir à la liste exhaustive suivante : toitures, ardoises ou tuiles conçues industriellement avec ou sans supports ; brise-soleil ; allèges ; verrière sans protection arrière ; garde-corps de fenêtre, de balcon ou de terrasse ; bardages ; mur rideau.

L'arrêté du 12 janvier 2010 limite, d'une part, le bénéfice de la prime d'intégration au bâti aux installations de moins de 250 kWc, et d'autre part retient une définition nettement plus complexe pour les équipements en toiture, avec un cumul de conditions pour bénéficier de la prime d'intégration au bâti :

- le bâtiment doit être clos et couvert, avoir plus de deux ans (sauf pour les bâtiments à usage principal d'habitation) ;
- les panneaux doivent être dans le plan de la toiture et remplacer les éléments du clos et couvert et assurer l'étanchéité ;
- pour les systèmes rigides, le module doit être l'élément principal de l'étanchéité tandis que pour les films souples l'assemblage doit être effectué en usine, ou sur site dans le cadre d'un contrat de travaux unique.

⁸ En intégrant les marges de l'assemblage et de l'intégration, ces entreprises retrouvent une part de compétitivité sur des produits livrés prêt à l'emploi aux installateurs, par rapport à l'alternative qu'est l'achat séparé de modules et de système d'intégration sur le marché. Ceci fonctionne tant que les grands fabricants de panneaux, chinois notamment, ne se sont pas tournés vers les systèmes photovoltaïques « prêts à l'emploi » car le marché est trop limité pour eux.

L'arrêté prévoit une période de transition d'un an (jusqu'au 1^{er} janvier 2011) pour la mise en œuvre de cette définition. Par ailleurs, il introduit pour les installations ne répondant pas à cette définition la notion d'intégration simplifiée au bâti, qui donne lieu à un niveau de prime plus faible ; dans ce cas, il suffit que le système photovoltaïque assure l'étanchéité et soit parallèle au plan de la toiture.

Enfin, il apparaît que les produits intégrés au bâti n'ont pas connu de développement hors des tarifs spécifiques : malgré les avantages techniques (du point de vue du bâtiment) ou esthétiques (cf. graphique 9) mis en avant par leurs promoteurs, ces produits se seraient assez peu développés dans les autres pays d'Europe.

Graphique 10 : Comparaison des différents systèmes d'intégration en toiture



Surimposition

Panneaux intégrés au bâti sur bac acier

Tuile photovoltaïque

Source : image 1 : site www.photovoltaique.guidenr.fr ; images 2 : site www.saint-gobain-solar.com ; image 3 : site [imerys terre cuite](http://imerys-terre-cuite.com).

Ainsi, si l'idée initiale poursuivie en 2006 avec la prime d'intégration au bâti paraissait pertinente, les résultats ne sont pas à la mesure des ambitions et le bilan coût / avantage est défavorable :

- ◆ le système n'a pas fonctionné en tant que barrière à l'entrée puisque la majorité des équipements répondant à la définition de l'intégration au bâti sont importés ;
- ◆ très peu de produits de niche à haute valeur ajoutée ont vu le jour, dans la majorité des cas les systèmes d'intégration pour la bâtiment sont à faible contenu technologique (support en acier) ;
- ◆ même si la nouvelle définition devait susciter un peu plus d'innovation au plan technique (étanchéité) ou esthétique, les produits correspondant seraient intéressants pour un marché résidentiel mais non agricole ou industriel ;
- ◆ si l'intégration au bâti a renforcé la création d'emploi sur l'aval de la filière (plus de temps d'étude et de main d'œuvre pour l'installation), c'est au prix d'un fort surcoût, comme le suggère l'analyse des écarts de coûts France – Allemagne réalisée par l'entreprise Tenesol (cf. Graphique 11 : surcoût de 12 % même pour l'intégration simplifiée).

Proposition n° 7 : La mission préconise donc de limiter la prime d'intégration au bâti au seul segment des particuliers (toitures <9 kWc), où se situent les principales perspectives en termes de marché de niche. Pour les autres types de bâtiments ou pour les installations des particuliers non intégrées au bâti, la prise en compte des surcoûts d'installation par rapport au sol sera traitée par un tarif « bâtiment » qui ne comportera qu'un nombre très limité de critères techniques et pas de notion d'intégration.

Cette dernière proposition nécessitera, outre les dégressions proposées pour le tarif à structure constante, de réinitialiser le niveau de tarif pour les bâtiments étant donné que les contraintes techniques seront allégées (facteur de réduction du coût).

Graphique 11 : Écarts de coûts entre la France et l'Allemagne : analyse réalisée par Tenesol

Installation de 100 KWp	France	Allemagne	Toiture simple avec pente
Module	1,75	1,75	
Matériel	0,55	0,5	
Pose classique	0,3	0,2	Sécurité en France vs Allemagne
Ingénierie / étude	0,05	0,03	
Surcout intégré simplifié	0,4		
Sous total Système seul	3,05	2,48	
Traitement administratif / démarches bancaires	0,06	0,02	50 heures @ 80 €/heure
Coût commercial	0,1	0,05	Maturité et densité
Marge	0,32	0,26	
Somme : prix de vente	3,53	2,81	
Délai Raccordement	0,09		Maximum : 9 mois en France à 6% pris par les établissements financiers
Coût de raccordement	0,15	0,05	
Assurances (décennale, dommage ouvrage)	0,07	0,03	
Coût total opération	3,84	2,885	

Ensoleillement	1000	900
----------------	------	-----

Tarif de rachat	0,42	0,31
-----------------	------	------

Source : Tenesol 2010.

3.4. Quelques entreprises françaises innovantes se positionnent sur le marché mondial des matériaux solaires ou des équipements industriels

Par ailleurs, plusieurs sociétés de plus petite taille implantées en France interviennent en tant que sous-traitant à des étapes spécifiques entre la fabrication de silicium de qualité photovoltaïque et la fabrication de cellules, où elles apportent une plus-value technologique (processus innovants) :

- ♦ Production de silicium : Apollon Solar développe du silicium de qualité photovoltaïque par purification du silicium métallurgique (dans le cadre du projet Photosil, mené conjointement avec Invensil/Ferropem et le CEA/ INES et le CNRS : après une phase de R&D, mise en place d'une unité pilote au Bourget-du-Lac près de l'INES avec une capacité de production de 200 tonnes) et développement d'un procédé de fabrication de modules à bas coût (procédé NICE). EDF ENR est actionnaire à 50 % de cette entreprises ;
- ♦ Production de lingots et plaquettes Emix, située à la Souterraine en France (Creuse), fabrique et commercialise des blocs de silicium multicristallin, à partir de la technologie de moulage électromagnétique en creuset froid (production continue, forte productivité, exploitation aisée et très automatisée), avec une capacité de 360 tonnes et 30 salariés en 2008. Selon l'ADEME⁹, des investissements seraient en cours pour la production de plaquettes ;
- ♦ Production de plaquettes Solar Force (Bourgoin Jallieu) développe des plaquettes de silicium de haute qualité à partir de la technologie de fabrication en ruban, procédé permettant de diviser par quatre la quantité utilisée pour la fabrication de cellules.

La France dispose par ailleurs d'un tissu d'équipementiers pour l'industrie photovoltaïque, issus de la recherche (CEA ou CNRS) ou de la microélectronique ; le syndicat des énergies renouvelables en compte 25, dont notamment CM technologies (fours de fusion à silicium), SEMCO (appareillages), TRUMF (traitement de surface), Adixen (pompes à vide).

⁹ Rapport intermédiaire n°1 – programme PVPS de l'AIE, rapport « France PV 2009 ».

De grands groupes industriels sont également présents sur le marché des matériaux solaires, tels Saint-Gobain qui détient une part importante du marché mondial des verres pour modules photovoltaïques **ou Air Liquide** qui fournit les industriels du photovoltaïque en gaz de process.

Enfin, pour ce qui concerne le « balance of system » (éléments constitutifs du système photovoltaïque, hors modules), qui a vocation à devenir un déterminant de plus en plus important du coût des systèmes photovoltaïque étant donnée la baisse du prix des modules :

- ◆ **Schneider Electric** est positionné sur le marché des onduleurs, disjoncteurs, transformateurs et automatismes. Entrée plus tardivement sur le marché du photovoltaïque que le leader mondial des onduleurs photovoltaïques, l'allemand SMA, l'entreprise Schneider Electric se développe sur ce segment notamment à partir de la société canadienne Xantrex, acquise en 2008 ; la fabrication d'onduleurs Schneider pour l'Europe est localisée en Allemagne. On peut souligner qu'au-delà de la fourniture d'équipements liés au BOS, Schneider Electric se développe depuis 2009 sur les activités de l'aval (ensemblier, ingénierie, maintenance) ;
- ◆ plusieurs entreprises se sont développées sur la vente de systèmes photovoltaïques intégrés au bâti (cf. 3.3 ci-dessus). Il s'agit soit de fabricants de modules détenant des brevets pour les systèmes d'intégration (cadres en acier par exemple), qu'elles font fabriquer en sous-traitance par des sociétés d'usinage, soit de spécialistes du bâtiment. Ces entreprises réalisent généralement peu de marges au plan industriel, mais peuvent également intervenir sur l'aval de la filière.

Ces entreprises (équipementiers, matériaux solaires, BOS), dont les clients sont des industriels du photovoltaïque, visent un marché mondial et leur développement ne dépend pas spécifiquement du marché français. L'enjeu est pour elles d'une part la capacité d'innovation (cf. proposition 2), d'autre part, pour les petites entreprises en particulier, la mise en réseau et la visibilité internationale.

Proposition n° 8 : Mettre en réseau au niveau national le tissu d'entreprises présentes sur le segment des équipements pour l'amont et l'aval (équipementiers, matériaux solaires, BOS). Après avoir identifié tous les intervenants (cartographie ou annuaire), les pouvoirs publics favoriseront les regroupements ou consortiums en soutenant le développement de projets collaboratifs sur ce segment de marché.

En effet, les projets de développements (cf. 2.2.1 OSEO) sont aujourd'hui beaucoup plus centrés sur la chaîne de valeur des panneaux photovoltaïques que sur les produits ou systèmes connexes, qui constituent pourtant une opportunité plus forte de développement pour les entreprises françaises. Par ailleurs, si les pôles de compétitivité ont pu intervenir sur ce type de projets, il apparaît que la bonne échelle est nationale, même si elle peut d'appuyer sur les réseaux régionaux ou inter régionaux.

Proposition n° 9 : Soutenir le développement à l'international des entreprises françaises et améliorer leur visibilité par la promotion d'une « marque France » en lien avec le réseau Ubifrance.

3.5. Le secteur français des couches minces en est au stade de la R&D

Jusqu'en 2009, la France comptait dans le domaine des couches minces deux petites sociétés, toutes deux positionnées sur le silicium amorphe, positionnées au stade de la R&D et avec une activité industrielle très faible ou en devenir (Free Energy à Lens et Solems à Palaiseau).

Nexcis, nouvel acteur apparu en 2009, et qui offre des perspectives intéressantes sur le plan industriel, ne devrait pas être présent sur le marché avant 2012. La société Nexcis, spin-off de l'IRDEP, a été créée en novembre 2008 et s'est implantée en mars 2010 sur le site de Rousset dans les Bouches-du-Rhône (ancienne unité ST Microelectronics). Le projet de la société Nexcis consiste à développer et produire des modules photovoltaïques CIS grâce à un procédé à bas coût (cible d'1 €/Wc) d'électro-dépôt. La société en est aujourd'hui au stade de la R&D (Nexlab), et envisage le développement d'un pilote industriel de 5 MW en 2012 (Nexfab1), destiné à atteindre une production industrielle de 50 MW en 2013-2014 (Nexfab2). En mars 2010, Nexcis comptait 37 emplois, avait levé 19 M€ de fonds dont 12 M€ d'aides publiques (FEDER, CG 13, CR PACA, Pays d'Aix, OSEO). Son actionnariat est constitué à 66 % de la SIIF (Société Internationale d'Investissement Financier, détenue par le président d'EDF EN), d'EDF EN, d'EDF EDEV, d'IBM et du directeur général de Nexcis.

Ainsi, si Nexcis a bénéficié indirectement du développement du marché du photovoltaïque via son investisseur EDF Énergies Nouvelles, elle ne semble pas pouvoir tirer profit de développement trop rapide de ce marché. Son positionnement est en effet clairement international, dans un contexte fortement concurrentiel (les technologies alternatives de Nanosolar ou Solopower ont un temps d'avance) même si elle compte pouvoir adosser son développement à un marché français, et fondé sur un avantage technologique (projet de technologie couche mince à bas coût et modules légers pour le marché des grandes toitures) ; l'entreprise affiche à cet égard qu'en cas de succès, le déploiement de sa production ne se ferait pas nécessairement sur le territoire français mais probablement dans différentes unités en fonction des financements (cf. partenariat avec IBM) ou du marché.

Saint-Gobain est également présent sur le segment des couches minces à travers sa filiale Avancis, positionnée sur les modules en couches minces CIS, qui connaît un développement progressif du fait de coûts de production encore élevés. Cette entreprise avait été fondée par Siemens et développée par Shell, avant d'être entièrement reprise par Saint-Gobain. Les modules Avancis sont fabriqués à Torgau, en Allemagne ; le projet d'usine française semble totalement abandonné avec l'extension en juin 2010 du site de Torgau. L'argument avancé par Saint-Gobain est, comme pour l'abandon du projet de site français de fabrication de tuiles solaires, la difficulté à élaborer des partenariats avec les professionnels de l'aval étant donné l'éclatement du marché.

Enfin, au-delà du développement des entreprises françaises, les couches minces devraient voir l'implantation en France d'un site industriel de l'américain First Solar, leader mondial du photovoltaïque en 2009, et exploitant d'un site de 200 MW aux États-Unis, d'un site de 200 MW en Allemagne et d'un site de 800 MW en Malaisie. En effet, First Solar a annoncé l'implantation à Blanquefort (33) d'une unité de production de 100 à 120 MW/an générant 400 emplois. Les travaux sont censés démarrer fin 2010 et la production fin 2011. First Solar devrait recevoir dans le cadre de ce projet une subvention de 2 M€ au titre du maintien de l'emploi (prime à l'aménagement du territoire).

Ce projet s'inscrit dans le cadre d'un partenariat avec EDF Énergies Nouvelles, dont First Solar est déjà en 2009 le principal fournisseur pour ses centrales au sol, et qui s'est engagé dans le cadre du projet de Blanquefort à racheter à First Solar l'ensemble de la production du site pendant dix ans à un prix négocié en 2010, et à l'installer uniquement sur le territoire français.

Pour sécuriser ce contrat en termes de débouchés et de rentabilité, EDF EN cherche à disposer d'un portefeuille de sites de centrales au sol, qui constituent un segment de marché adapté à la production de First Solar. A cette fin, EDF EN compte obtenir l'ensemble des autorisations administratives correspondant à cette production (soit 1 000 à 1 500 MWc) avant l'implantation de l'usine afin d'avoir la certitude de bénéficier des tarifs 2010. L'intérêt de l'implantation de site de First Solar, qui tout en apportant un contenu en emplois ne semble pas s'inscrire dans une dynamique de création de filière en France (pas de R&D partenariale ni de création d'un réseau de sous-traitant), ne semble pas justifier l'important surcoût que représente le rachat de ses débouchés pour EDF EN à un tarif 2010 par rapport aux évolutions d'ores et déjà prévues (dégression de 10 % d'après l'arrêté du 12 janvier 2010) ou proposées par la mission (évolution du dispositif de soutien pour les centrales au sol : appels d'offres, mécanismes de sortie de la file d'attente après deux ans).

3.6. Les capacités industrielles françaises aboutissent à un déficit de la balance commerciale

L'analyse de la balance commerciale française sur le segment des cellules et des modules¹⁰ montre que celle-ci présente un fort déficit, qui s'est nettement accentué en 2009 pour atteindre plus de 800 M€ sur l'année, soit de l'ordre de 2 % du déficit de la balance commerciale française (43,4 Mds€ en 2009 selon les douanes). Cette tendance se poursuit en 2010 puisque le déficit de la balance commerciale sur les quatre premiers mois de l'année atteint plus de 400 M€.

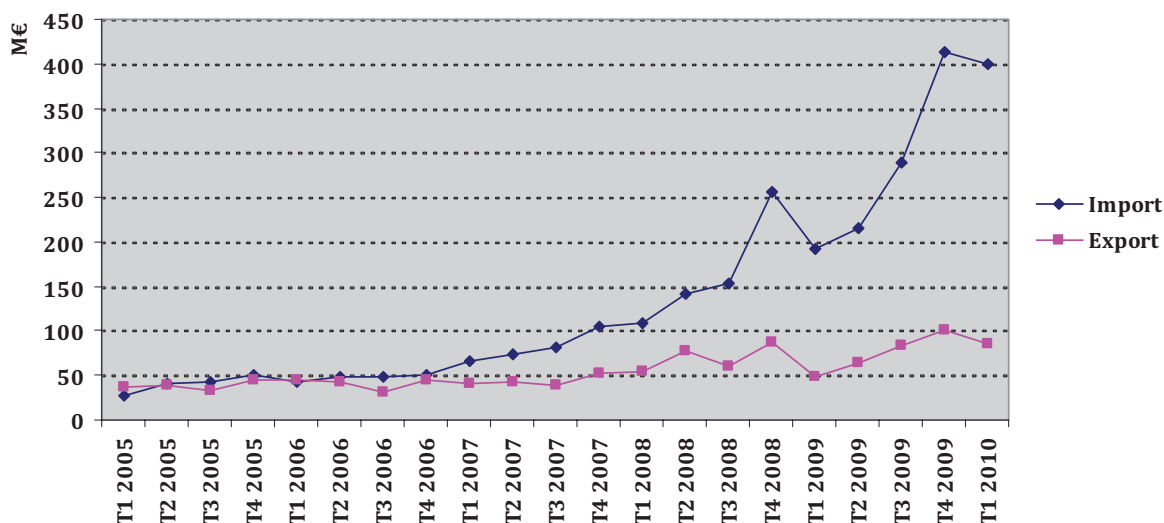
Tableau 7 : Balance commerciale française des cellules et modules photovoltaïques

	2009		Janvier-avril 2010	
	Valeur (M€)	Quantité (tonnes)	Valeur (M€)	Quantité (tonnes)
Exportations	298	14 832	115	6 563
Importations	1 125	50 767	551	29 870
Balance commerciale (exportations – importations)	-827	-35 935	-436	-23 307

Source : Direction générale des douanes et droits indirects - Département des statistiques et des études économiques.

¹⁰ Le code de la nomenclature internationale douanière à huit chiffres utilisé est le code NC85414090 « dispositifs photosensibles à semi-conducteur, y compris les cellules photovoltaïques même assemblées en modules ou constituées en panneaux ». Ce code peut donc contenir d'autres matériels que les cellules et modules photovoltaïques, toutefois le service des douanes a considéré dans son étude de mars 2010 sur les éco-produits, en accord avec le CGDD et Eurostat, qu'il constituait un bon indicateur pour ce marché.

Graphique 12 : Évolution de la balance commerciale française des cellules et modules photovoltaïques de 2005 à 2010



Source : Direction générale des douanes et droits indirects - Département des statistiques et des études économiques.

Sur la période avril 2009 – avril 2010, les importations proviennent essentiellement d'Allemagne (27 % en valeur), de Chine (23 %) et de Malaisie (11 %, correspondant probablement à l'usine First Solar). Les exportations sont quant à elles majoritairement tournées vers l'Allemagne, l'Italie et l'Espagne (70 % du total).

Ainsi, la subvention donnée au marché national a essentiellement conduit à creuser le déficit de la balance commerciale ; cette politique, coûteuse, ne profite ainsi que très marginalement aux emplois industriels français.

4. L'aval de la filière, qui bénéficie directement des politiques de soutien au marché, capte une part importante des marges de la filière et concentre la majorité des emplois

4.1. L'aval de la filière constitue un marché local assez peu structuré qui capte une part importante des subventions au photovoltaïque

L'aval de la filière va du montage de projet sur la plan technique (études), financier (solutions de financement, assurances) et administratif à l'installation et parfois à l'exploitation ou à la maintenance des panneaux. Les acteurs peuvent avoir une offre :

- ♦ globale, ou au contraire limitée à une étape ;
- ♦ généraliste, ou au contraire spécialisée (résidentiel vs industriel ou agricole, intégration au bâti vs centrales au sol, grosses vs petites puissances).

La structure de marché dépend largement du type de production, et apparaît d'autant plus concentrée que les puissances à installer sont importantes :

- ◆ pour la production résidentielle, les quatre principaux installateurs, dont l'offre est globale (Evasol, Sunnco, Photon Power – filiale d'EDF EN et Solaire Direct) détenaient en 2008 entre 30 et 34 % du marché. Le segment de l'installation même compte une multitude de petits acteurs (> 5 000 installateurs certifiés QualiPV en novembre 2009) ;
- ◆ pour la production professionnelle en toiture (agriculteurs ou industriels), les projets peuvent être développés par des spécialistes de la filière photovoltaïque (Tenesol, Sunvie, Urbasolar...), dont l'offre est le plus souvent globale, ou par les foncières des groupes industriels. Le financement et d'exploitation peuvent être assurés par le propriétaire (qui paye une prestation d'assistance à maîtrise d'ouvrage), le développeur ou un investisseur tiers (dans ces deux derniers cas, le propriétaire loue sa surface via un bail emphytéotique) ;
- ◆ pour les centrales au sol, le nombre d'acteurs est beaucoup plus limité (EDF EN, Solaire Direct, GDF Suez, Powéo...).

Alors que le marché des modules photovoltaïques est clairement mondial, les activités de l'aval sont par définition locales ; ainsi, tout décalage entre le niveau des politiques de soutien (tarif) et les prix mondiaux des modules est capté par les acteurs de l'aval, soit sous forme de marge, soit en leur permettant de développer une force de vente démesurée.

Par ailleurs, la politique française de l'intégration au bâti a engendré sur l'aval des surcoûts en termes d'étude et d'installation (cf. 3.3).

Les importants moyens financiers ainsi dirigés vers l'aval de la filière, que ce soit en compensation des surcoûts techniques (intégration au bâti) ou en rémunération excessive du fait d'un décalage entre les tarifs et les coûts, se traduisent en partie par des créations d'emplois (cf. 4.2 ci-dessous). Toutefois, le coût de l'emploi généré apparaît excessif et par ailleurs ceci va à l'inverse de l'objectif prioritaire de compétitivité du secteur, qui passe non seulement par une réduction du coût des équipements mais aussi par une baisse des coûts sur l'aval. Ce constat est cohérent avec les propositions de maîtrise du marché formulées par la mission.

En revanche, il apparaît que l'aval de la filière, et notamment le développement de projet, offre des perspectives de croissance à l'international pour les grandes entreprises françaises des « utilities », qu'elles soient déjà positionnées sur ce secteur (EDF EN, GDF Suez) ou non (par exemple Véolia, JC Decaux).

4.2. Les créations d'emploi de la filière sont concentrées sur l'aval, du fait d'une rémunération excessive qui va à l'encontre de la recherche de compétitivité pour le secteur photovoltaïque

Plusieurs évaluations du nombre d'emplois créés et susceptibles d'être créés par la filière photovoltaïque (emplois directs, de la production industrielle à la maintenance en passant par l'installation) sont disponibles :

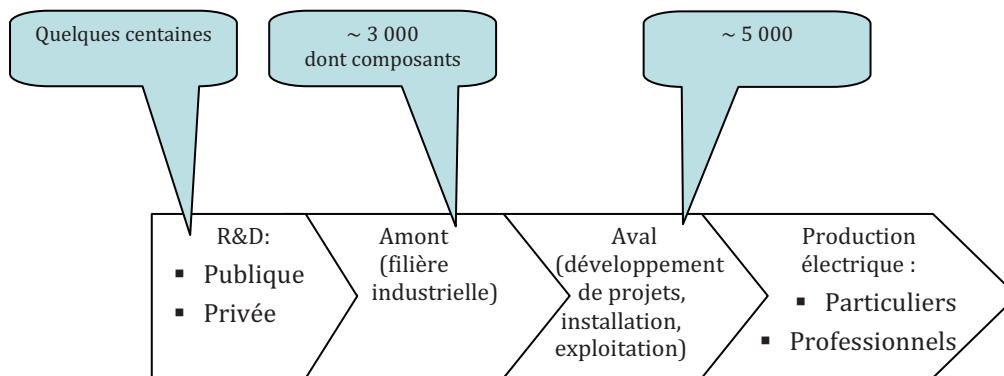
- ◆ l'ADEME publie annuellement, depuis 2008, une estimation des emplois liés aux énergies renouvelables. L'édition 2008 incluait également un exercice de prévision jusqu'à 2012¹¹ ;

¹¹ Marchés, emploi et enjeu énergétique des activités liées aux énergies renouvelables et à l'efficacité énergétique : Situation 2007-2008 – Perspectives 2009/ Situation 2006-2007 – Perspectives 2012.

- ◆ l'étude du Boston Consulting Group sur les éco-industries réalisée en 2008 modélisait les conséquences en termes d'emploi de la filière photovoltaïque, dans le cadre d'une croissance progressive vers l'objectif de 5 400 MW installés en 2020, avec quatre scénarios en termes de production industrielle (0 %, 50 %, 100 % et 200 % de la consommation nationale est produite sur le territoire) ;
- ◆ le rapport PricewaterhouseCoopers 2010 relatif à l'état de la filière photovoltaïque en France dresse un état des lieux des emplois en 2008 et des perspectives 2012, sur la base d'une enquête menée par le syndicat des énergies renouvelables (SER) en avril 2009 auprès de ses 250 adhérents ;
- ◆ l'étude de l'association Enerplan « Panorama du photovoltaïque en France et prospective 2020 » propose également un état des lieux 2008 et des perspectives pour 2020.

Les études convergent autour du chiffre de 4 000 emplois environ en 2008, répartis, selon l'ADEME, de manière à peu près équilibrée entre l'amont (incluant pour moitié les modules et cellules et pour moitié les composants) et l'aval de la filière. Pour 2009, les chiffres disponibles sont uniquement des prévisions, qui proposent une fourchette assez large allant de 5 500 (SER – PWC) à 8 500 (ADEME) emplois.

Graphique 13 : Cartographie des emplois liés au photovoltaïque en 2009



Source : Mission, données Ademe.

Les prévisions à moyen (2012) et long terme (2020) divergent beaucoup plus fortement, ce qui s'explique aisément par le fait que les différents organismes retiennent des hypothèses très diverses aussi bien en ce qui concerne la production installée (impactant directement les emplois de l'aval) que le développement de la filière industrielle.

Ainsi, pour 2012, l'ADEME sur la base du chiffre de 1 100 MW installés évalue les emplois créés à 13 000 ETP. Le SER (source : étude PricewaterhouseCoopers « L'état de la filière photovoltaïque en France – 2010 ») estime les emplois créés à 15 000, dont 7 000 pour l'amont (2 000 systèmes d'intégration, 1 500 filière couches minces, 3 500 filière silicium) et 8 000 pour l'aval, sans préciser les hypothèses sous-jacentes.

À horizon 2020 :

- ◆ le BCG évalue les emplois de l'aval à 6 800 pour 5,4 GW installés (scénario PPI). Pour l'amont, son estimation va de 0 à 11 600 emplois créés, selon que la production annuelle est de 0 ou 1 200 MW de modules. L'étude retient une fourchette de 9,5 à 17,5 ETP/MW produit, mais ne précise pas si ces emplois correspondent uniquement à des usines d'assemblage, ou bien intègrent une part plus large de la filière amont voire des emplois liés aux composants ou aux équipements industriels ;

- ◆ Enerplan, sur la base d'une capacité installée de 17 GW, évoque 70 000 à 100 000 emplois créés.

Tableau 8 : Évaluation des emplois créés par le photovoltaïque (2007-2020)

		2007	2008	2009 (prévision)	2012 (prévision)	2020 (prévision)
Ademe	Amont	1446	1 900	3 237	ND	ND
	Aval	898	2 550	5 278	ND	ND
	Total	1 158	4 450	8 515	13 000¹²	ND
SER - PWC	Amont	ND	ND	ND	7 000	ND
	Aval	ND	ND	ND	8 000	ND
	Total	ND	4 000	5 500	15 000	ND
BCG	Amont	ND	ND	ND	ND	0 – 11 600
	Aval	ND	ND	ND	ND	6 800
	Total	3 000	ND	ND	ND	6 800- 18 400
Enerplan	Amont	ND	ND	ND	ND	ND
	Aval	ND	ND	ND	ND	ND
	Total	ND	3 700	ND	14 030	100 780

Source : ADEME (Marchés, emplois et enjeu énergétique des activités liées aux énergies renouvelables et à l'efficacité énergétique – éditions 2008 et 2009), PricewaterhouseCoopers (État de la filière photovoltaïque en France – janvier 2010), Boston Consulting Group (Développer les éco-industries - décembre 2008), Enerplan.

En conclusion sur les créations d'emplois dans le secteur, il apparaît que les emplois de l'aval seront directement corrélés au montant des subventions sur le marché : ils dépendront du niveau mais aussi de la structure des tarifs (avec les chiffres du BCG, 600 MW installés par an en toiture généreront 9 600 emplois en 2020, contre seulement 1 200 si tout est réalisé sous forme de centrales au sol). Ainsi plus les montants consacrés au photovoltaïques seront élevés via la CSPE notamment, plus cela génèrerait d'emploi sur l'aval ; toutefois ce constat n'est que faussement encourageant, puisque :

- ◆ cela revient à dire que les emplois de l'aval sont des emplois purement subventionnés, et ce à un niveau très supérieur au coût des dispositifs publics d'aide à l'emploi¹³ : le système est donc très peu efficace. Par ailleurs, les emplois créés sont par construction fragiles et très dépendants de la politique publique ;
- ◆ le fait de sur-rémunérer le photovoltaïque conduit certes à renforcer la création d'emploi sur l'aval (force de vente, installation) mais par là-même à gonfler durablement les coûts : ceci va à l'inverse de l'objectif d'atteindre le plus rapidement possible la compétitivité prix pour le photovoltaïque.

En ce qui concerne en revanche la création d'emplois industriels sur le secteur, elle n'est pas directement corrélée au niveau de soutien au marché national, mais plutôt à l'ensemble de la politique de soutien à la filière, qui passe par une politique de R&D, une stratégie industrielle basée sur l'adhésion des grands groupes, et enfin une stimulation du marché national uniquement comme base de développement pour les entreprises.

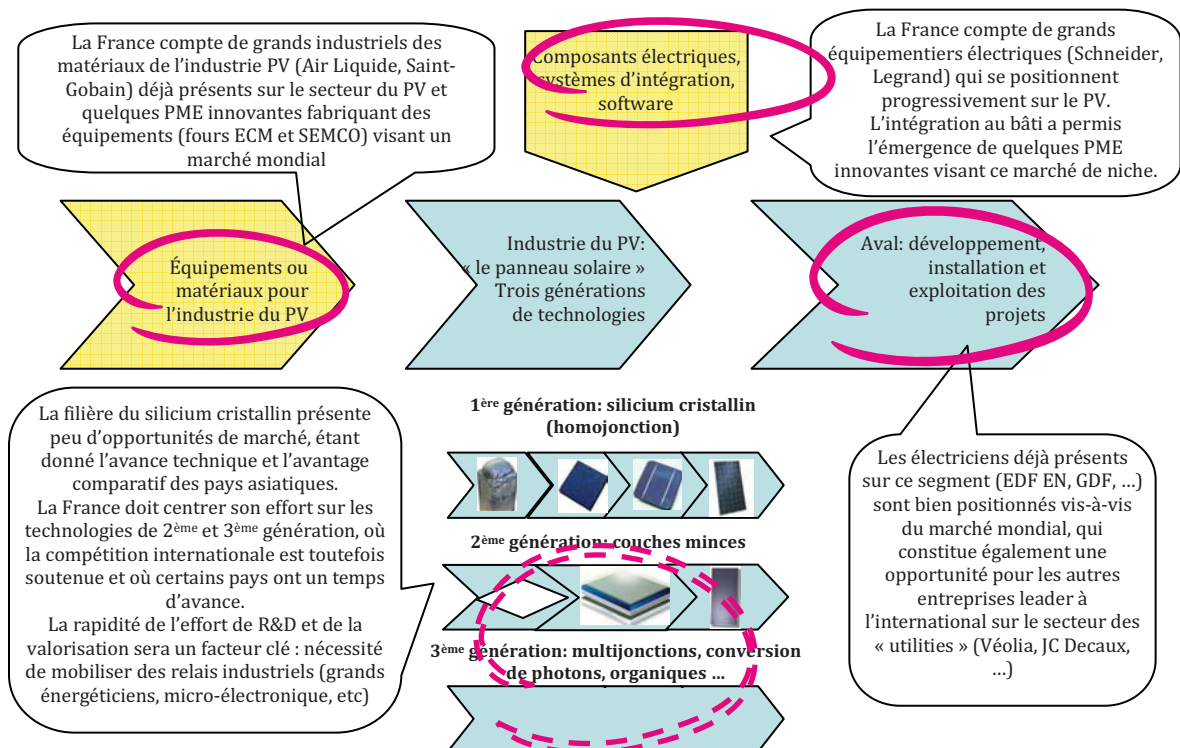
¹² Hypothèse : 1 100 MW installés.

¹³ Une étude du Rheinische-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung en rapportant le coût pour le consommateur d'électricité à la création d'emploi évalue le coût de l'emploi créé en Allemagne à 175 000 €. Une étude du ministère allemand du développement durable (Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) de mars 2009 estimait à 57 000 le nombre d'emplois dans le photovoltaïque en 2008, dont 54 700 pour l'industrie et 2 300 pour l'aval. Le syndicat allemand de l'énergie solaire les évaluait à 63 000 en 2009. Pour mémoire la capacité installée en Allemagne était de près de 5,9 GW en 2008 et 9,8 GW en 2009.

5. Développer et mettre en œuvre une stratégie de positionnement des entreprises françaises sur l'un des secteurs clés de la « croissance verte » et des énergies renouvelables

L'analyse des différents segments industriels du secteur photovoltaïque au sens large, ainsi que celle des forces et faiblesses des entreprises françaises, montrent ainsi que les opportunités pour ces dernières ne se limitent pas à la chaîne de valeur du module photovoltaïque, mais sont aussi (et surtout) dans le secteur des équipements et des services pour l'amont et l'aval de la filière.

Graphique 14 : Le secteur du photovoltaïque : principales opportunités pour les entreprises françaises



Source : Mission.

Dans la chaîne de valeur du module photovoltaïque, l'approche doit se concentrer sur les technologies émergentes (couches minces et troisième génération), où les possibilités de développer un avantage compétitif grâce à l'effort de R&D sont encore ouvertes :

- ♦ la filière « traditionnelle » du silicium cristallin, qui représente aujourd'hui 85 % du marché et devrait rester prédominante, ne semble pas devoir connaître de développement industriel en France. La Chine dispose des mêmes technologies que les pays occidentaux et est plus compétitive (écart de prix de 25 % ; très grandes capacités de production, développées grâce à leur accès aux capitaux). Les développements actuels que connaît le segment de l'assemblage des panneaux, qui s'inscrit à l'opposé de la logique d'intégration industrielle observée dans les autres pays, présente des perspectives modérément intéressantes en termes d'emplois (de l'ordre de 100 emplois pour 50 MW) et en termes de création de valeur (cf. Graphique 15) ;

- ◆ la filière « couches minces » offre à court terme une perspective d'implantation industrielle et surtout l'émergence possible à moyen terme d'un acteur français :
 - une technologie éprouvée (CdTe), maîtrisée par le seul américain First Solar, devrait faire l'objet d'une implantation industrielle à Blanquefort (33) générant 400 emplois pour une production de 120 MW/an ;
 - Nexcis, spin-off d'un institut de recherche, présente des perspectives de développement d'une technologie alternative innovante (CIGS) à horizon 3-5 ans ;
- ◆ les filières « nouvelle génération », objet d'un effort de recherche soutenu, présentent des perspectives de développement industriel à plus long terme encore.

Même si les opportunités semblent plus importantes sur la 2^{ème} et 3^{ème} génération que sur la filière traditionnelle du silicium, le contexte reste très fortement concurrentiel aussi bien au niveau de la R&D que de la mise sur le marché. **La priorité doit donc être donnée à la rapidité de développement des projets de R&D et à leur valorisation, plutôt qu'au développement de la demande qui dans tous les cas ne bénéficiera pas à court terme aux entreprises française étant donnés leur horizons de développement.**

Par ailleurs, le passage du stade de la R&D au développement industriel peut suivre deux types de modèles :

- ◆ L'émergence de « pure players » (modèle américain, qui repose sur l'efficacité du capital-risque ou modèle allemand du « mittelstand ») ;
- ◆ Le développement d'industriels existants sur ce segment, par croissance interne ou externe (modèle japonais).

Les caractéristiques de l'industrie française laissent penser que la deuxième voie est la plus adaptée, mais les grands industriels français se sont peu mobilisés pour le photovoltaïque à ce stade, à l'exception d'EDF EN.

Proposition n° 10 : Il apparaît nécessaire que le Gouvernement mobilise, à un niveau politique, les grands acteurs français de l'énergie (EDF, Total, GDF-Suez) ou des industries connexes au photovoltaïque (ST Microelectronics, Saint-Gobain) et use de sa capacité d'influence pour les inciter à investir dans le secteur du photovoltaïque.

L'investissement des grands groupes privés devrait être la contrepartie de l'effort de la collectivité en faveur du marché domestique et de la R&D. La mission souligne également que dans tous les cas, le positionnement des industriels français sur le secteur ne se traduira pas par une création d'emploi 100 % française (stratégie internationale pour conquérir un marché international).

En outre une recomposition possible de l'actionnariat de plusieurs entreprises du secteur, à savoir Photowatt (cf. 3.1), Tenesol (détenue à parts égales par EDF et Total), Photovoltech (détenue à parts égales par GDF Suez et Total) pourrait conduire à une implication plus affirmée de certains grands groupes français dans ce secteur.

Enfin, au-delà de la chaîne de valeur du module photovoltaïque, les segments des matériaux solaires, des équipements industriels et du « balance of system » présentent l'avantage d'un tissu de grands groupes et de PME bien positionnés sur le marché international. L'enjeu pour ces activités est la recherche d'innovation (cf. stratégie de R&D en chapitre 2.3) et une meilleure mise en réseau.

6. Récapitulatif des propositions

Proposition n° 1 : Dans le domaine des cellules et modules photovoltaïque, l'effort de recherche et développement français doit se concentrer sur les technologies de deuxième et troisième génération, plutôt que sur le silicium cristallin à homojonction pour lequel les perspectives de développement industriel apparaissent limitées en France.

Proposition n° 2 : La DGRI devrait cartographier les compétences et moyens de R&D dans le secteur photovoltaïque au sens large, incluant les équipements industriels, les matériaux et les systèmes photovoltaïques, de manière à pouvoir afficher une programmation globale qui ne soit pas limitée aux cellules et aux modules. Elle procédera également à un examen systématique avec les industriels des segments de marché offrant un fort potentiel de croissance et où le besoin de R&D n'est pas couvert.

Proposition n° 3 : La mission préconise que le projet d'institut du solaire de Saclay soit soutenu dans le cadre du fonds d'investissement d'avenir et soit mis en place rapidement pour être en mesure de développer un avantage technologique dans le cadre de la compétition internationale des équipes de R&D.

Proposition n° 4 : Améliorer la coordination entre les centres de recherche amont (notamment l'IRDEP) et la recherche technologique, organisée autour de la plateforme de l'INES à Chambéry. Faciliter les transferts de technologie par des liens renforcés avec les industriels.

Proposition n° 5 : La mission préconise que les pouvoirs publics, à un niveau politique, mobilisent les principaux acteurs de l'énergie et de l'industrie de manière à ce que les importants moyens de recherche et de développement engagés trouvent des relais de croissance à travers ces grands groupes.

Proposition n° 6 : La mission préconise de conforter l'effort de R&D annoncé, notamment à travers les programmes d'OSEO et l'investissement d'avenir, tout en s'assurant de l'efficacité de ces moyens en termes de valorisation (rapidité des circuits, diversité des partenaires industriels).

Proposition n° 7 : La mission préconise donc de limiter la prime d'intégration au bâti au seul segment des particuliers (toitures <9 kWc), où se situent les principales perspectives en termes de marché de niche. Pour les autres types de bâtiments ou pour les installations des particuliers non intégrées au bâti, la prise en compte des surcoûts d'installation par rapport au sol sera traitée par un tarif « bâtiment » qui ne comportera qu'un nombre très limité de critères techniques et pas de notion d'intégration.

Proposition n° 8 : Mettre en réseau au niveau national le tissu d'entreprises présentes sur le segment des équipements pour l'amont et l'aval (équipementiers, matériaux solaires, BOS). Après avoir identifié tous les intervenants (cartographie ou annuaire), les pouvoirs publics favoriseront les regroupements ou consortiums en soutenant le développement de projets collaboratifs sur ce segment de marché.

Proposition n° 9 : Soutenir le développement à l'international des entreprises françaises et améliorer leur visibilité par la promotion d'une « marque France » en lien avec le réseau Ubifrance.

Proposition n° 10 : Il apparaît nécessaire que le Gouvernement mobilise, à un niveau politique, les grands acteurs français de l'énergie (EDF, Total, GDF-Suez) ou des industries connexes au photovoltaïque (ST Microelectronics, Saint-Gobain) et use de sa capacité d'influence pour les inciter à investir dans le secteur du photovoltaïque.