

## La politique allemande de promotion des cellules solaires ; Un désastre en devenir<sup>1</sup>

Manuel Frondel, RWI and Ruhr-Universität Bochum; Christoph M. Schmidt, RWI, Ruhr-Universität Bochum, IZA Bonn, and CEPR London; Colin Vance, RWI and Jacobs University Bremen.

Ruhr Economic Papers #353, Juillet 2012

(traduction : Hubert Flocard<sup>2</sup> pour « Sauvons Le Climat »<sup>3</sup>)

### Préambule

Depuis quelques années, l'Allemagne s'attache à mettre en place une ambitieuse politique énergétique (« Energiewende » ou « Tournant Énergétique »). De ce côté du Rhin, elle est parfois présentée comme un modèle à suivre. D'ailleurs, par le passé, nos gouvernements se sont souvent inspirés de dispositifs de la loi allemande sur les énergies renouvelables (EEG pour « Erneubare Energien Gesetz »<sup>4</sup>) en cherchant à les transposer à notre pays. De plus, des hommes politiques français, des branches nationales de certaines organisations non gouvernementales et des lobbys de soutien aux énergies renouvelables poussent pour que les dispositions essentielles de la loi EEG soient inscrites dans notre législation de façon à figer pour le futur une politique énergétique qui soit similaire à celle de notre voisin promu à cette occasion au rang d'exemple universel.

Or, il nous apparaît que les réalités de l'Energiewende et les difficultés qu'il rencontre dans sa mise en place ne sont pas aussi bien perçues en France qu'elles commencent à l'être en Allemagne même. Cette perception s'y manifeste de façon récurrente dans des articles de quotidiens et de périodiques ou des rapports d'expertise.

Ayant en vue, les discussions prévues à l'automne pour aider à la définition d'une politique énergétique française, l'association « Sauvons le Climat » (SLC) a pensé utile de mettre à disposition du public certaines parutions allemandes récentes dont la presse française n'a pas encore jugé utile de faire état. Ainsi à côté d'une étude générale sur le tournant énergétique<sup>5</sup> et d'une lecture commentée d'un rapport de la BDEW<sup>6</sup> sur l'application de la loi EEG en 2011 et les années à venir<sup>7</sup>, nous proposons ci-après la traduction d'un rapport récent sur l'ambitieuse politique photovoltaïque allemande ; rapport produit par des chercheurs universitaires (Universités de Bochum et Brême et Institut d'économie de Rhénanie-Westphalie).

---

<sup>1</sup> Les originaux en allemand et anglais de cet article sont disponibles sur le site du Rheinisch-Westfälischen Instituts für Wirtschaftsforschung : <http://www.rwi-essen.de/> .

<sup>2</sup> [hubert.flocard@gmail.com](mailto:hubert.flocard@gmail.com)

<sup>3</sup> <http://www.sauvonsleclimat.org/>

<sup>4</sup> La traduction française de la dernière mouture de la loi EEG est disponible à : [http://www.bmu.de/english/service/documents\\_francais/doc/48384.php](http://www.bmu.de/english/service/documents_francais/doc/48384.php)

<sup>5</sup> « Regards sur la politique énergétique allemande » P. Audigier ; **adresse web SLC**

<sup>6</sup> BDEW= Bundesverband der Energie und Wasserwirtschaft (Association fédérale de l'économie de l'énergie et de l'eau). <http://www.bdew.de/internet.nsf/id/energie-de>.

<sup>7</sup> « Allemagne 2011 – Énergies Renouvelables » H. Flocard : **adresse web SLC**.

## Résumé<sup>8</sup>

*Cet article reprend une analyse par Frondel, Ritter et Schmidt (FRS 2008)<sup>9</sup> de la Loi sur les Energies Renouvelables (EEG), qui, en Allemagne est le fondement législatif pour un système de tarifs d'achat destiné à promouvoir les énergies renouvelables. Reprenant les conclusions de l'article initial, nous estimons que le système de promotion allemand subventionne les technologies énergétiques non pas sur la base de leur potentiel économique de long terme, mais plutôt sur celle de leur manque de compétitivité relatif. Ainsi la technologie photovoltaïque (PV) bénéficie de tarifs d'achat élevés, actuellement plus de deux fois supérieur à ceux de l'éolien terrestre. Le résultat est une explosion des coûts de l'électricité qui ne s'accompagne que de peu de bénéfices pour l'environnement ou pour l'emploi. En effet, nous montrons que les coûts gigantesques annoncés en 2008, (FRS 2008) se sont plus que matérialisés : notre mise à jour de l'estimation des subventions versées au PV - 100md€<sup>10</sup> - dépasse en fait de 60 % la première estimation. Bien plus, compte tenu de la croissance rapide de la capacité PV, ces coûts vont continuer à s'accumuler, détournant au profit du PV des ressources qui, auraient pu être affectées à des instruments qui en termes de coûts sont bien plus efficaces pour la protection du climat.*

## 1 Introduction

Depuis de nombreuses années, l'Allemagne est considérée comme une nation pionnière en ce qui concerne les technologies des énergies renouvelables, une nation qui, selon la formulation du journal britannique The Guardian, « sets a shining example in providing a harvest for the world » (Gu 2007). Il n'y a là rien de surprenant. Avec une part de la production d'électricité à partir de renouvelables qui a crû de quelques 6 % en 2000 (Schiffer, 2001) à presque 20 % en 2011, l'Allemagne est actuellement bien partie pour atteindre les cibles définies par l'Union Européenne<sup>11,12</sup>, de même que son propre objectif pour 2020 d'une fraction d'électricité « verte » de 35 %.

Plus spécifiquement, l'« explosion solaire » de ces dernières années en Allemagne a attiré l'attention mondiale sur la production d'électricité basée sur le photovoltaïque (PV). Avec une part de 37 % de l'ensemble de la capacité mondiale PV installée (Figure 1), l'Allemagne se situe parmi les acteurs les plus importants du marché PV global. Ceci en dépit du fait que l'intensité solaire de ce pays, à 1147 kWh/m<sup>2</sup>, est environ 40 % moins élevée que dans les pays de l'Europe du Sud comme la Grèce et l'Espagne (JRC, 2008). Néanmoins, grâce à des subventions extrêmement généreuses, l'Allemagne, pendant de nombreuses années, a été le pays leader en termes de capacité installée. Elle a seulement été dépassée très récemment par l'Italie qui a installé 9 GW, soit approximativement un tiers de la capacité mondiale installée, pendant la seule année 2011 (Figure 2). Avec 212 W par habitant, la densité de capacité photovoltaïque allemande est la plus élevée au monde<sup>13</sup>. En Espagne et en Italie, la densité est bien plus basse puisque qu'elle est égale à 83 et 58 W par habitant respectivement (EurObservER, 2011). S'appuyant sur la méthodologie présentée dans l'étude : « Promotion du solaire photovoltaïque allemand ; des nuages noirs à l'horizon » (FRS, 2008), cet article met à jour les estimations de

---

<sup>8</sup> Le préambule ci-dessus et les notes de bas de page, **à l'exception de celles en italique**, sont les seules additions de SLC au texte original. La traduction proprement dite débute avec ce résumé.

<sup>9</sup> Ce type de notation renvoie à une référence citée à la fin de l'article.

<sup>10</sup> Les abréviations utilisées dans ce document pour les sous multiples et multiples de l'euro (€) sont « c » (centimes), « M » (million) et md (milliard). Pour les énergies (mesurées en watt.heure ou Wh) et les puissances (mesurées en watt ou W), nous utilisons les conventions de notation usuelles en physique : k (mille), M (million), G (milliard) et T (mille milliards).

<sup>11</sup> La Commission a fixé un objectif particulièrement ambitieux pour l'Allemagne conduisant à un triplement de la fraction de renouvelables dans le mix énergétique allemand de 5,8 % en 2005 à 18 % en 2020.

<sup>12</sup> Le même objectif pour la France en 2020 est de 23 %. Il est donc plus ambitieux ce qui est a priori surprenant puisque, par habitant, la France est un des plus faibles émetteurs de CO<sub>2</sub>. De plus on notera que la Commission fixe un objectif en énergie finale (électricité + biocarburant + chaleur) et non en électricité « verte ». La réalisation pour 2020 des ambitions du Grenelle de l'Environnement conduiraient à une fraction d'électricité « verte » française de l'ordre de 25% mais ne suffiraient pas à atteindre l'objectif pour l'énergie finale. Il n'apparaît donc pas que le Grenelle soit le chemin optimal pour la France tant financièrement qu'en termes d'émissions de gaz à effet de serre, si on choisit de considérer comme réaliste l'objectif de 23 % pour notre pays. On consultera à cet effet l'analyse de H. Nifenecker « Optimiser le déploiement des énergies renouvelables ; mieux faire pour moins cher » : <http://www.sauvonsleclimat.org/etudeshtml/optimiser-le-deploiement-des-energies-renouvelables-mieux-faire-pour-moins-cher/35-fparticles/1208-optimiser-le-deploiement-des-energies-renouvelables-mieux-faire-pour-moins-cher.html>

<sup>13</sup> En fait, la toute récente analyse par l'association Solarsuperstate (Zürich) indique que la tendance à l'augmentation continue. Elle indique 301W/h pour l'Allemagne, 267W/h pour le Vatican(!), 210W/h pour l'Italie. L'Espagne qui a rencontrée la première des difficultés avec son plan photovoltaïque semble avoir pris des mesures à même d'enrayer la croissance de son parc puisqu'elle est citée pour 93W/h ; une valeur proche de celle citée dans l'analyse ci-dessus. Pour la France la valeur serait de 40W/h. Pour les USA la valeur correspondante serait de 14 W/h et pour la Chine 2 W/h. (ENERPRESSE 21/08/2012).

cette étude sur le coût de la promotion du soit disant boom solaire. En fait, ainsi que les auteurs le craignaient, ce boom s'est révélé être un développement très onéreux qui n'a livré aucun des bénéfices dont les avocats des technologies renouvelables avaient annoncé la venue. Peut-être le plus tragique a été que les prédictions de créations d'emploi ont au contraire été systématiquement contredites par une série de faillites dans le secteur industriel PV. La plupart des pertes d'emploi frappent la partie orientale du pays où le taux de chômage est déjà très haut. La situation d'accablement qui est actuellement celle de l'essentiel de l'industrie PV allemande est particulièrement attristante si on considère que les subventions brutes par emploi ont atteint un niveau qui dépasse substantiellement celles allouées à la production charbonnière, un autre exemple aveuglant de subventionnement exagéré (FKS 2007). Nous souhaitons montrer que le soutien gouvernemental aux renouvelables est un exemple remarquable d'intervention politique erronée, qui, poussée essentiellement par des buts de politique industrielle et des interventions de lobbies, n'a, en ce qui concerne les bénéfices pourtant annoncés comme par exemple pour les réductions de gaz à effet de serre, guère de résultats à présenter.

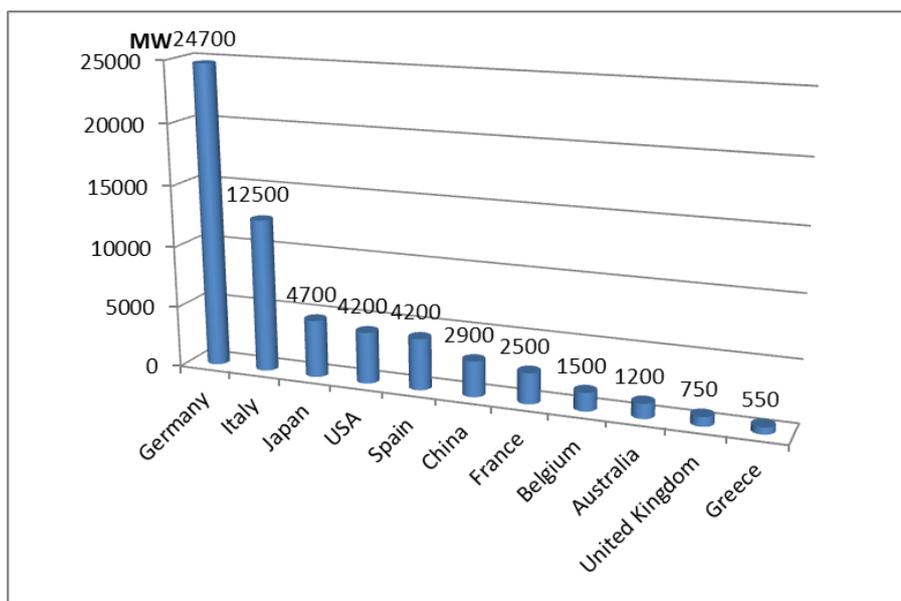


Figure 1: Puissance photovoltaïque totale en Megawatt (MW) en 2011<sup>14,15</sup>

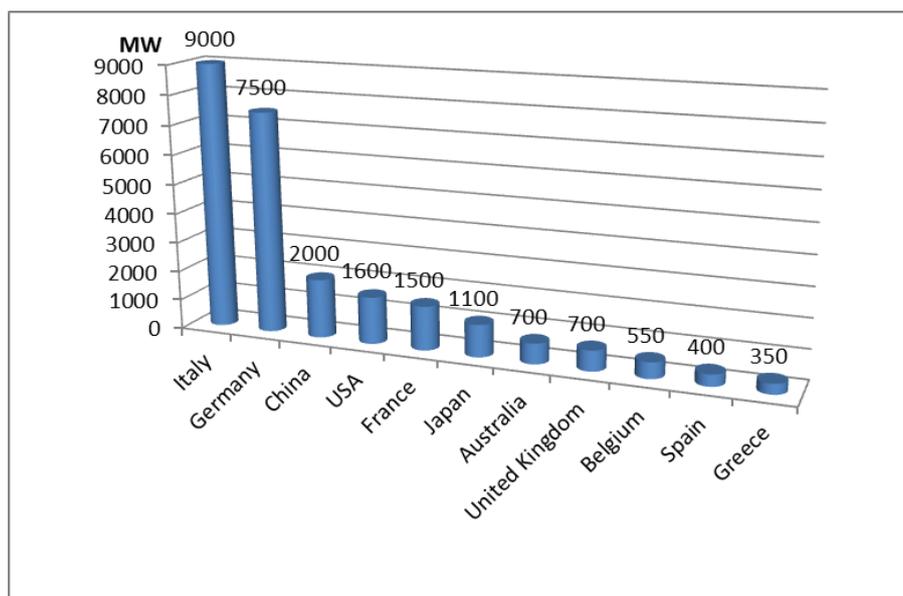


Figure 2: Augmentation de la capacité PV installée durant la seule année 2011 en Megawatt (MW)

<sup>14</sup> Au début aout 2012, la puissance du parc photovoltaïque allemand dépassait 28 GW (ENERPRESSE 6/8/212).

<sup>15</sup> En dépit des efforts des gouvernements français précédents pour enrayer le développement de la bulle PV française (voir figure 2), celle-ci a continué à enfler. La puissance installée en France dépasse actuellement 3 GW.

Parallèlement à la croissance exponentielle des capacités PV allemandes de ces dernières années, on observe une croissance dramatique des subventions totales versées. Pour tous les modules PV qui ont été installés en Allemagne entre Avril 2000 et la fin de 2011, les consommateurs d'électricité, qui au final devront supporter le fardeau de ce soi-disant boom, seront obligés de subir une augmentation de leur facture électrique de 100 md€. Seule une faible fraction, environ 16 %, de cette somme formidable a déjà été payée ; la plus grande part de ce fardeau va grever les factures électriques des consommateurs pendant deux autres décennies. En effet les producteurs d'électricité solaire bénéficient de tarifs d'achat garantis fixés pour presque 21 ans, puisque la période minimale de subvention est de 20 ans plus la fraction de l'année suivant la date de l'installation du module.

La section suivante (Sect. 2) décrit le soi-disant boom solaire allemand et son fondement législatif, la loi EEG<sup>16</sup>. La Section 3 présente les estimations du coût total du subventionnement de cette technologie renouvelable inefficace. Afin d'analyser l'argumentation selon laquelle les effets sur l'emploi et les réductions d'émissions de gaz à effet de serre justifient la subvention aux technologies renouvelables, la Section 4 présente une estimation du coût d'évitement CO2 ainsi que du coût social de chaque emploi créé dans le secteur PV allemand. La dernière section (Sect. 4) résume nos résultats et présente nos conclusions. Cette discussion souhaite attirer l'attention sur le risque d'une réaction du public contre la loi EEG qui pourrait avoir la conséquence fâcheuse de conduire à un rejet des énergies renouvelables. Pour cette raison, nous proposons l'usage d'instruments alternatifs de promotion des renouvelables de façon à éviter une telle issue.

## 2 Le soi-disant boom solaire allemand

La contribution substantielle des technologies d'énergie renouvelables à la production d'électricité allemande est avant tout la conséquence d'une politique basée sur des tarifs d'achat qui a été établie en 1991 alors que la loi sur l'injection d'électricité renouvelable entrainait en action. Selon cette loi, les grands producteurs étaient tenus d'accepter l'injection d'électricité « verte » et de la rémunérer à 90 % du prix de **vente** de l'électricité, c'est-à-dire à un coût considérablement supérieur au prix de la **production** conventionnelle d'électricité<sup>17</sup>. La conséquence de cette régulation a été que les tarifs d'achat des renouvelables ont baissé avec les prix de l'électricité qui a résulté de la libéralisation du marché européen de l'électricité en 1998<sup>18</sup>.

Avec l'introduction de la loi EEG en 2000, le mécanisme de soutien a été amendé de façon à garantir des tarifs d'achat stables pour 21 ans, offrant ainsi des conditions favorables pour des investissements dans la production d'électricité « verte ». Sous le régime EEG, les grands producteurs sont tenus d'accepter préférentiellement l'injection sur leur réseau de puissance fournie par les producteurs indépendants d'électricité renouvelable. De plus, ils payent aussi à ces technologies spécifiques des tarifs d'achat bien supérieur à leur propre coût de production. Cependant, au bout du compte, c'est le consommateur industriel<sup>19</sup> et privé qui, par une augmentation du prix de son électricité, doit supporter le coût de l'EEG et de cette façon subventionner la promotion des technologies d'énergie renouvelables. Le soutien financier décidé par la loi EEG est indispensable à l'accroissement de l'injection d'« électricité verte ». Sans elle, le coût élevé de la plupart des technologies d'énergie renouvelables les aurait empêchées d'entrer en compétition avec la production conventionnelle d'électricité.

Avec une contribution de 5,9% à la production allemande d'électricité en 2010, l'éolien est la technologie renouvelable la plus importante (voir Figure 3) alors que l'électricité produite par les installations PV était bien plus faible, atteignant seulement 2 % en dépit de la croissance quasi exponentielle des augmentations annuelles de capacité (voir Table 1)<sup>20</sup>. En fait avec de nouvelles capacités installées s'élevant à 1,95 GW en 2008, presque 3,8 GW en 2009 et quelques 7,4 GW en 2010, la croissance annuelle de capacité a quasiment doublé d'une année à l'autre. Des données publiées récemment indiquent qu'avec environ 7,5 GW de

---

<sup>16</sup> Voir note 4. Bien que le « G » de EEG corresponde à « Gesetz », c'est à dire « loi », dans ce document, nous dupliquerons parfois le mot en parlant de « loi EEG ».

<sup>17</sup> A titre d'exemple, en France, le prix de **vente** du MWh électrique est de l'ordre de 120 €. Cependant la **production** assurée dans notre pays principalement par le nucléaire et l'hydraulique ne contribue que pour environ 1/3 à ce montant. Un autre tiers environ correspond au transport et la distribution. Le reste couvre des taxes dont une, la CSPE, sert pour partie à couvrir le surcoût des énergies renouvelables. En Allemagne, le prix de vente du MWh électrique pour un ménage est environ deux fois plus élevé qu'en France.

<sup>18</sup> On notera que cette **baïsse** du prix de l'électricité a surtout concerné les pays pour lesquels l'électricité était chère. Pour les français, qui bénéficiaient d'un tarif européen les plus bas, elle ne s'est pas manifestée. Par contre, par effet de vases communicants, il n'est pas exclu que dans le futur, cette même libéralisation au niveau européen affecte à la **hausse** le prix de l'électricité dans notre pays.

<sup>19</sup> En fait ce n'est pas vrai pour les industries grosses consommatrices d'électricité (« électro-intensives ») qui sont quasiment exemptées du surcoût du prix de l'électricité engendré par le déploiement des énergies renouvelables. Très récemment, l'industrie textile allemande a elle-aussi demandée à bénéficier de ce régime favorable d'exemption.

<sup>20</sup> Compte tenu de la dérive permanente à la hausse des capacités installées (à ce jour, 25 Aout 2012, plus de 30 GW pour l'éolien et de 28 GW pour le solaire PV) ces pourcentages doivent être revus à la hausse puisque l'électricité des renouvelables n'est pas soumise à la concurrence et a priorité pour l'injection sur le réseau.

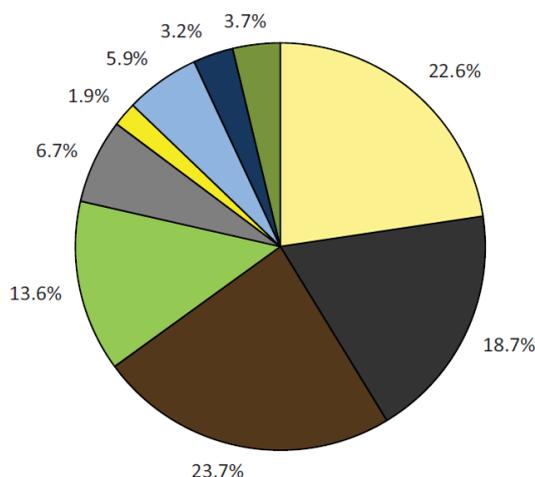
capacités supplémentaires en 2011 (BNetzA 2012), un nouveau maximum d'installations annuelles a été atteint avec une augmentation de capacité incroyable de quelque 3 GW durant le seul mois de Décembre 2011<sup>21</sup>. L'accroissement durant ce seul mois a donc été supérieur à celui de l'année 2008 entière plus toutes les années précédentes (voir Table 1). Ces chiffres pourraient être interprétés à tort comme l'indication d'un formidable boom solaire. Malheureusement, c'est bien du contraire qu'il s'agit, comme le montre la situation catastrophique de l'ensemble de la filière PV allemande, situation mise en lumière par les faillites de nombre d'entreprises dans les derniers mois, à l'exemple de Q-Cells, autrefois le plus grand producteur mondial de cellules solaires.

|                 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004  | 2005  | 2006  | 2007  | 2008  | 2009  | 2010   |
|-----------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Annual Increase | 53   | 110  | 110  | 139  | 670   | 951   | 843   | 1,271 | 1,950 | 3,794 | 7,406  |
| Total Capacity  | 76   | 186  | 296  | 435  | 1,105 | 2,056 | 2,899 | 4,170 | 6,120 | 9,914 | 17,320 |

Source: BMU (2011).

**Table 1: Total (seconde ligne) et accroissement annuel (première ligne) de la capacité photovoltaïque allemande en MW**

Tout aussi remarquable est le fait que la part de l'électricité solaire dans l'ensemble de la production électrique « verte » n'a pas dépassé 14,5 % en 2010 (ÜBN 2011), alors que la contribution du PV au total des tarifs d'achat s'élevait à 38,6 % (Table 2). Au contraire, économiquement parlant, la production d'électricité à partir des capacités éoliennes terrestres était bien plus efficace que la génération d'électricité solaire : contribuant pour 46,4 % à la production totale d'énergie verte subventionnée EEG (ÜBN 2011), l'éolien terrestre n'a reçu qu'un quart du total des tarifs d'achat qui s'établissait à 13.2 md€ in 2010 (Table 2).



**Figure 3: Le mix électrique allemand 2010. Dans le sens des aiguilles d'une montre : Nucléaire 22,6 %, Charbon 18,7 %, Lignite 23,7 %, Gaz 13,6 %, Autres 6,7 %, Solaire PV 1,9 %, Eolien terrestre 5,9 %, Hydraulique 3,2 %<sup>22</sup>, Biomasse 3,7%.**

La raison pour cette différence particulièrement importante tient au tarif d'achat attrayant pour la production d'électricité solaire (IEA 2007:68-69). Par exemple pour des modules PV installés en 2006, pour de l'électricité solaire, la loi EEG offrait jusqu'à 518 €/MWh (Table A1), c'est-à-dire une rémunération environ dix fois supérieure au prix de marché de l'électricité conventionnelle et six fois le tarif d'achat de l'éolien (85 €/MWh). Ce tarif d'achat élevé était nécessaire pour installer un marché. En effet, la faible efficacité technique

<sup>21</sup> Les figures 1 et 2 montrent bien qu'avec un peu de retard par rapport à l'Allemagne, la « bulle solaire » a aussi touché la France. Plus de la moitié des capacités actuellement installées dans notre pays l'ont été dans la seule année 2011. Suite au rapport Charpin, le précédent gouvernement, sous l'égide de son dernier ministre de l'énergie et de l'environnement, avait mis en place un mécanisme destiné à bloquer un gonflement exagéré de la bulle PV. Si celui-ci a certainement ralenti une croissance exagérée du parc solaire, les files d'attente de projets PV en demande de raccordement montrent qu'il n'a pas pour l'instant réussi à la contrôler.

<sup>22</sup> On notera que la loi EEG ne soutient que les énergies renouvelables qui ne sont pas compétitives de façon à assurer des bénéfices à leurs producteurs. De ce fait, une fraction importante, de l'ordre de 80% de l'électricité hydraulique, parce qu'elle est compétitive, n'est pas subventionnée en 2012 dans le cadre EEG.

des modules PV et la position géographiquement défavorable de l'Allemagne étaient deux raisons, parmi un grand nombre, expliquant un sérieux manque de compétitivité de l'électricité solaire.

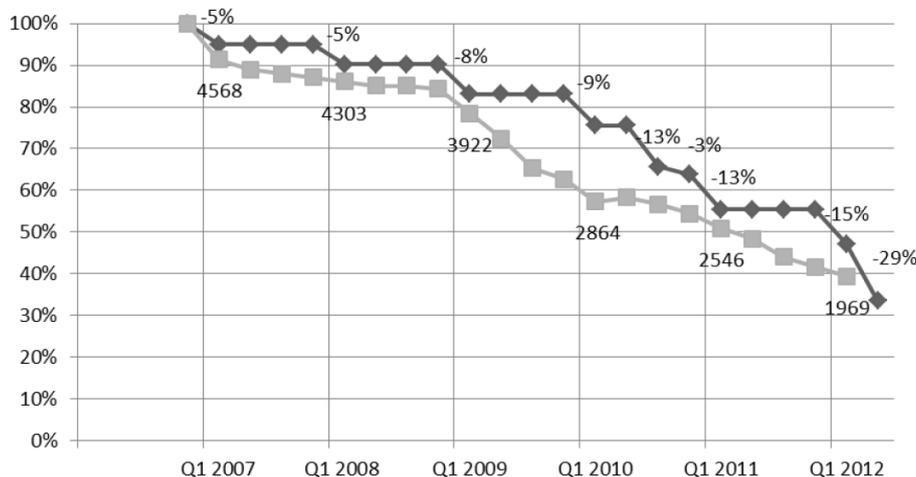
Le prix des modules s'est effondré ces dernières années d'une part à cause de la rude concurrence internationale, en particulier celle de l'Asie, et d'autre part des grandes surcapacités de production mondiales qui, d'ailleurs jusqu'à un certain point, sont la conséquence de la loi EEG. En une année, de la fin de 2008 à celle de 2009, le prix des capacités PV installées de moins de 100kW s'est réduit de plus de 30% (BSW 2012b). Entre les seconds trimestres 2006 et 2012, ces prix ont diminué de plus de 60 %. Ceci, a conduit le législateur à réduire graduellement les tarifs d'achat de l'électricité solaire. Néanmoins, la réduction tarifaire a toujours été plus lente que la baisse du prix des modules (Voir Figure 4) – sans cela l'énorme poussée en installations PV des dernières années n'aurait pas été possible.

|                       | 2002   | 2003   | 2004   | 2005   | 2006   | 2007   | 2008   | 2009   | 2010   |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Wind power            | 64,5 % | 65,1 % | 63,7 % | 54,3 % | 47,1 % | 44,5 % | 39,5 % | 31,5 % | 25,2 % |
| Biomass               | 10,4 % | 12,5 % | 14,1 % | 17,7 % | 23,0 % | 27,4 % | 29,9 % | 34,3 % | 32,2 % |
| Photovoltaïcs         | 3,7 %  | 5,9 %  | 7,8 %  | 15,1 % | 20,3 % | 20,2 % | 24,6 % | 29,3 % | 38,6 % |
| Total Tariffs in Bn € | 2.23   | 2.61   | 3.61   | 4.40   | 5.61   | 7.59   | 9.02   | 10.8   | 13.2   |

Sources: For 2002 to 2009: BDEW 2001-2010. For 2010: ÜBN (2011).

**Table 2: Total des tarifs d'achat EEG en md€ (dernière ligne) et fraction de ce total versée aux différentes technologies « vertes » : éolien (ligne 1), biomasse (ligne 2) et solaire PV (ligne 3).**

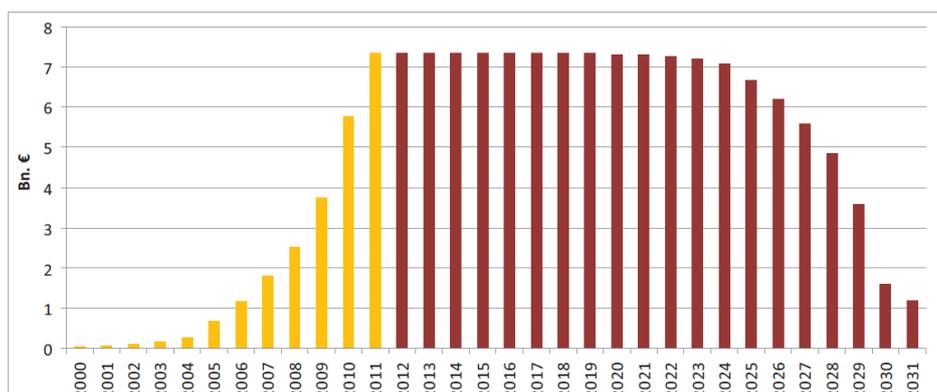
La figure 4 met en lumière un défaut fondamental qui, de façon générale, pénalise les régimes de subvention aux énergies renouvelables basés sur les tarifs d'achat: par suite de l'asymétrie d'information sur les coûts, on ne peut jamais décider si un ajustement du tarif EEG reflète correctement les réductions passées et futures des coûts de production. En conséquence, dans leurs tentatives répétées de calibration de la structure tarifaire sur la base de leur appréciation de la dernière évolution des développements du marché, les décideurs politiques sont piégés dans un jeu permanent de rattrapage. Comme le processus de décision se déroule en permanence sous l'influence d'un lobby allemand très bien organisé, il n'est pas vraiment surprenant qu'une fraction aussi grande du soutien EEG ait été allouée à une source d'énergie qui correspond à une si faible part du mix énergétique renouvelable du pays.



**Figure 4: Evolution des tarifs d'achat (courbe noire et losanges) et du prix des modules PV installés sur toit de puissance inférieure à 100kW (courbe grise et carrés). Les courbes sont normalisées à 100% au premier trimestre 2007.**

Malgré des réductions substantielles des tarifs PV, à la fin de 2012, le tarif d'achat maximum, de presque 250€/MWh pour les petites installations PV de moins de 30kW (Table A3), est encore presque cinq fois plus élevé que les prix de l'électricité de base sur le marché d'échange de puissance EEX (European Energy Exchange) à Leipzig et à peu près trois fois le tarif d'achat alloué à l'éolien terrestre. En bref, afin de compenser ses coûts élevés de production, l'électricité solaire reçoit les plus grandes subventions par MWh parmi les technologies renouvelables. Il importe aussi de noter que ces subventions sont accordées pour une durée de deux décennies à niveau fixe qui est celui en vigueur l'année de l'installation. Il en résulte que, par opposition à

d'autres régimes de subvention, comme celui de la production agricole dans le cadre de la Politique Agricole Commune, pourtant renommée pour son caractère protecteur, la loi EEG aura des conséquences de long terme. Par exemple, même si le régime de subvention s'était arrêté en 2011, les consommateurs auraient à couvrir des charges jusqu'à 2031 (voir Figure 5). Cette figure montre aussi que seule une petite fraction du fardeau énorme causé par le subventionnement exagéré du PV a déjà été payée par les consommateurs. La part la plus importante (les barres rouge-sombre en Figure 5) devra être payée dans les futures factures d'électricité. La récente croissance exponentielle de la capacité PV des dernières années se reflète dans l'essor des tarifs d'achat pour la production solaire (Figure 5). Selon nos estimations présentée dans la section suivante, en 2011, le tarif d'achat total PV correspondait à 7md€, soit à peu près 40% des 17md€ prévus pour la rémunération de la production électrique à partir d'énergie renouvelables (BDEW 2012).



**Figure 5: Evolution annuelle du total du tarif d'achat EEG pour le solaire PV en supposant que le soutien EEG au solaire PV cesse à la fin 2011. L'axe des ordonnées est gradué en md€.**

Il n'est pas surprenant qu'un subventionnement aussi massif d'un mode de production électrique inefficace soit actuellement le sujet d'un débat public et politique brûlant.

D'une part, les technologies d'énergie renouvelables sont perçues comme une possibilité pour revigorer des régions souffrant d'un déclin industriel, mobilisant de ce fait, les politiques locaux et régionaux, les agriculteurs et les syndicats (Michaelowa 2005:198). Ceci est particulièrement vrai pour les Länder d'Allemagne de l'Est, où un très grand nombre de gigantesques parcs solaires ont été démarrés ces dernières années. De plus, presque sans exception, parmi les technologies renouvelables, le solaire PV est adopté par l'ensemble de la population allemande : dans un sondage effectué en 2012, 91 % des allemands estiment que l'électricité solaire jouera un rôle très important dans leur approvisionnement futur (BSW, 2012a).

D'autre part, même si les coûts sont largement étalés sur plusieurs décennies et sur l'ensemble de la population, le fardeau supporté par les consommateurs est significatif. En fait, l'effet moyen sur les prix de l'électricité a été une augmentation de 35,3 €/MWh en 2011, dont presque la moitié est due au PV. En termes de prix de l'électricité, qui pour un ménage moyen est de l'ordre de 255 €/MWh par an, ceci correspond à un surcoût de l'ordre de 15 % imputables aux seuls renouvelables<sup>23</sup>. Etant donné qu'un foyer moyen consomme environ 4 MWh d'électricité par an, ceci implique un surcoût de 141,2 € pour l'électricité « verte » soit à peu près 12 € par mois dont 6€ dus au seul PV. Si l'on considère que les consommateurs sont tenus de payer cet additif à leur facture électrique pendant les 20 années à venir, cela correspond à un total de 2800 € pour un foyer moyen. Ceci met en lumière l'importance d'un calcul de la charge totale induite par un subventionnement exagéré du PV en Allemagne. Celui qui est présenté dans la Section suivante démontre que le coût net du subventionnement PV s'est dramatiquement accru ces dernières années, au delà de ce à quoi s'attendaient (FRS 2008) dans leur étude «La promotion du photovoltaïque en Allemagne : des nuages noirs à l'horizon»<sup>24</sup>.

<sup>23</sup> En France, où le prix de l'électricité pour un ménage (~120 €/MWh) est deux fois plus faible qu'en Allemagne, la même politique en matière de renouvelables conduirait donc à un renchérissement de 30% de la facture.

<sup>24</sup> Pour l'essentiel la différence entre les deux études tient à l'incroyable développement du parc solaire allemand pendant l'intervalle entre les deux études, engendré par les tarifs d'achat trop généreux. En 2008, les auteurs n'avaient pas voulu anticiper une telle « bulle » dans leur prévision de croissance du parc. Dans la mesure où l'étude actuelle ne prend en compte que l'état du parc PV allemand fin 2011, comme celui-ci continue de croître, la prochaine étude devrait trouver que la facture du solaire PV excèdera la somme de 100 md€ présentée dans ce document. En effet la dérive continue puisque que selon la Frankfurter Allgemeine Zeitung, le parc solaire allemand a cru de 4,37 GW entre janvier et Juillet 2012. De ce fait, la balance EEG est en déficit de 1,15 md€ ce qui veut dire qu'au lieu de payer 36 €/MWh de surcoût sur sa facture 2012 le consommateur allemand aurait déjà du payer de l'ordre de 41 €/MWh. Il lui faudra rattraper ce déficit et celui qui va s'accumuler sur le reste de l'année sur ses factures 2013.

### 3 Les gigantesques conséquences financières de la promotion du solaire PV

En focalisant notre étude exclusivement sur l'impact direct sur les factures électrique des consommateurs d'électricité allemands, nous calculons le coût total net du subventionnement de la production d'électricité par les modules PV. Ce faisant, nous écartons les coûts indirects, tels que le coût de la fourniture électrique nécessaire à la compensation de l'intermittence de l'électricité solaire d'une part comme les bénéfices associés à une réduction des importations de combustibles fossiles<sup>25</sup>. Bien que de tels coûts indirects soient loin d'être négligeables, ils sont difficiles à quantifier<sup>26</sup>. Il en est de même pour les bénéfices associés à une dépendance réduite des importations. En particulier, nous faisons aussi le choix de ne pas prendre en compte des bénéfices supposés, comme le phénomène transitoire de court terme qui est souvent appelé effet d'ordre de mérite (LS 2010), qui, durant plusieurs heures, amortit les prix de l'électricité de pointe les jours d'été ensoleillés. En effet, nous sommes extrêmement sceptiques quant à (1) la persistance de la pression à la baisse sur les prix de l'électricité de gros qui seraient causés par une production croissante d'électricité solaire - un scepticisme partagé par (Erdmann 2011:53), comme par d'autres auteurs et à (2) l'impact supposé sur le prix au consommateur.

En accord avec (FRS 2008), comme avec d'autres études telles que (Erdmann 2011), le coût net de la production d'un mégawatt heure (MWh) d'électricité solaire est calculé en soustrayant la valeur de marché de l'électricité, assimilée au prix de gros, au prix de l'électricité solaire garanti par les tarifs d'achat. Pour établir le coût net du subventionnement du solaire PV, il faut donc disposer d'information sur la valeur spécifique du tarif d'achat année par année et sur le prix sur le marché d'échange de l'électricité produite de façon conventionnelle. Ces valeurs sont données en Table A1 de l'appendice, de même que les évaluations de la quantité totale d'électricité issue des capacités PV installées chaque année. Par simplification, nous supposons constantes ces productions (données en Table 3) pendant la période de subventionnement de deux décennies. Pour chaque nouvelle capacité installée nous obtenons la production en multipliant par le facteur de charge solaire allemand typique<sup>27</sup>. Comme dans (FRS 2008), ce facteur de charge qui est proportionnel – mais pas égal – au nombre heures ensoleillées par an a été pris égal à 809 heures ce qui correspond approximativement à la valeur moyenne sur la dernière décennie.

| Année | Puissance annuelle PV installée (MW) | Production électrique associée (GWh) | Surcoût (md€ courants) | Surcoûts (md€ 2011) |
|-------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|---------------------|
| 2000  | 53                                   | 43                                   | 0,389                  | 0,405               |
| 2001  | 110                                  | 89                                   | 0,802                  | 0,819               |
| 2002  | 110                                  | 89                                   | 0,752                  | 0,753               |
| 2003  | 139                                  | 112                                  | 0,889                  | 0,873               |
| 2004  | 670                                  | 542                                  | 4,779                  | 4,598               |
| 2005  | 951                                  | 769                                  | 7,338                  | 6,919               |
| 2006  | 843                                  | 682                                  | 6,094                  | 5,635               |
| 2007  | 1271                                 | 1028                                 | 8,595                  | 7,795               |
| 2008  | 1950                                 | 1577                                 | 12,316                 | 10,956              |
| 2009  | 3794                                 | 3068                                 | 19,810                 | 17,296              |
| 2010  | 7406                                 | 5988                                 | 30,230                 | 25,924              |
| 2011  | 7500                                 | 6064                                 | 20,669                 | 17,448              |
| Total |                                      |                                      | <b>112,663</b>         | <b>99,421</b>       |

**Table 3: Coûts nets de la promotion du photovoltaïque en Allemagne.** Sources : accroissement annuel de capacité PV (BMU 2011) Coûts nets : notre calcul. Pour plus de détails voir (FRS 2008)

Pour faciliter la comparaison avec l'étude (FRS 2008), nous supposons un taux d'inflation de 2 % - une valeur légèrement inférieure au taux moyen allemand depuis la réunification - et nous utilisons des valeurs pour les prix de l'électricité sur le marché libre issues de la même source, c'est-à-dire que nous faisons l'hypothèse du

<sup>25</sup> Toutefois, dans une certaine mesure, les coûts externe de la production électrique conventionnelle, comme la réduction des émissions de gaz à effet de serre seront pris en compte, puisque nous utiliserons les prix de marché de l'électricité qui incluent le prix des certificats d'émission CO2.

<sup>26</sup> Erdmann (Erdmann 2011) effectue une estimation des coûts indirects pour une augmentation à 50 % de la part des renouvelables à l'horizon 2030 et trouve un total de 85md€. Ces coûts indirects s'ajoutent aux coûts directs qui selon (Erdmann 2012) s'élèveraient à 238md€ (en euros constants).

<sup>27</sup> La notion de facteur de charge correspond au rapport de la production électrique effective totale de l'installation PV pendant une année (mesurée par exemple en kWh) à sa puissance maximale (mesurée alors en kW).

« scénario de prix élevés » proposé par (NSWF 2005) dans leur analyse de l'évolution future des technologies renouvelables en Allemagne. On notera que ce scénario de prix élaboré en 2005 apparaît réaliste au vu de la situation actuelle : selon lui, le prix de l'électricité en base passerait de 56,8€/MWh en 2011 à 84,7€/MWh en 2020 (voir Table A1). En fait, le prix moyen de la base observé en 2011 a été de 56,1€/MWh (BDEW, 2012:16).

On notera aussi que compte tenu des incertitudes sur les prix futurs de l'électricité, nos calculs ne peuvent fournir qu'une valeur approximative du fardeau induit par la politique de subventionnement allemand. Toutefois, ces incertitudes n'ont guère d'importance pour ce qui concerne les ordres de grandeur étant donné la grande différence entre les prix de marché de l'électricité et les tarifs d'achat PV qui, en 2011, montent jusqu'à 290 €/MWh et sont encore plus élevés dans un passé récent (Table A1). Cependant des écarts de quelques 6 % par rapport aux estimations de coût présentés par (FRS 2008), ainsi que les ont calculés (LS 2010) en s'appuyant sur d'autres suppositions (par exemple concernant les productions annuelles d'électricité) sont certainement dans la marge d'incertitude de notre calcul. Le lecteur intéressé par des détails sur la façon de calculer les coûts nets (surcoûts) les trouvera dans l'appendice de ce document et dans (FRS 2008).

Compte tenu des suppositions ci-dessus et du dispositif tarifaire établi par la loi EEG, le coût net total pour tous les modules PV installés entre 2000 et 2011 atteindra aisément 100md€ (en € 2011). C'est un chiffre inquiétant si on considère que le solaire PV correspond actuellement à 3% de la production électrique totale. Les cellules installées dans l'année 2010 seront responsables à elles-seules d'un coût net de 25,9 md€ (Table 3) c'est-à-dire plus d'un quart du coût net total et approximativement le montant que (FRS 2008:4201) escomptait comme coût pour la croissance de capacité PV de 2008 à 2010. Pour cette période, nous estimons maintenant le coût réel à plus de 60md€. En d'autres mots, l'explosion des coûts se révèle être bien plus dramatique que ce qui avait été prédit en 2008 par ces auteurs<sup>28</sup>.

#### **4 Implications de la promotion allemande du PV pour l'emploi et l'environnement**

Très souvent, les partisans du PV justifient ces énormes subventions, comme pour les autres technologies d'énergie renouvelables, en insistant sur leur effet positif pour l'emploi, la prospérité économique et, surtout sur leur rôle comme mesure environnementale et pour la protection du climat. Dans la continuation de (FRS 2008), nous soutenons qu'en fait, la politique allemande de soutien au PV ne produit aucun de ces effets bénéfiques.

Pour commencer le bilan net de l'emploi pour l'Allemagne sera vraisemblablement négatif, premièrement à cause du coût élevé de soutien au PV, deuxièmement parce que la majorité des modules sont importés, essentiellement de Chine, de façon croissante, par suite du différentiel de prix. Ensuite, la coexistence actuelle entre la loi EEG et le système d'échange de quotas d'émissions (ETS), qui a été mis en place en 2006 et instaure un plafond sur les émissions CO<sub>2</sub>, n'implique pas que l'usage accru des énergies renouvelables déclenché par la loi EEG conduise à des réductions d'émissions au delà de celles déjà réalisées grâce à ETS seul. En effet, dans la mesure où la loi EEG permettrait de réduire efficacement les émissions, elle conduirait aussi à réduire le prix des certificats d'émissions ETS, offrant ainsi la possibilité à d'autres industries de les acheter à bas coût pour polluer plus. Pour résumer, alors qu'il y a certainement d'importantes réductions de production de gaz à effet de serre dans le secteur allemand de l'électricité (effet brut positif), l'effet net à l'échelle européenne est nul.

Même si on devait ignorer cet argument et si la production d'électricité solaire devait épargner des émissions de gaz à effet de serre, comme le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), on notera que le photovoltaïque est parmi les plus chères des options de réduction : Pour le tarif de 418 €/MWh accordé aux modules installés en 2008 (Table 1) et en supposant que le solaire déplace une production conventionnelle à partir de méthane et de charbon qui émettrait 0,584 kgCO<sub>2</sub> par kWh (NSWF 2005:66), une simple division nous donne des coûts de réduction de 716 € par tonne (FRS et al., 2010:4052)<sup>29</sup>. Bien que ce coût se soit significativement réduit ces dernières années avec la baisse du tarif d'achat il est plus élevé pour les modules installés avant 2008. Cette estimation du coût de la tonne CO<sub>2</sub> évitée est comparable avec la valeur de l'Agence Internationale de l'Energie (IEA) qui propose un chiffre de l'ordre de 1000 €/t (IEA 2007:74). La différence tient au fait que l'IEA suppose que le photovoltaïque remplace des centrales à gaz. Quelque soit la supposition faite sur le type de fuel engendrant l'électricité conventionnelle, ces chiffres sont dramatiquement plus élevés que les prix actuels des certificats d'émissions CO<sub>2</sub> : depuis l'instauration du système ETS, le prix des certificats n'a jamais dépassé 30 €/t. Ainsi on a pu écrire : « en d'autres termes, la promotion de l'énergie solaire n'est pas basée sur des considérations d'efficacité économique et promeut une méthode plutôt onéreuse de réduction des émissions de dioxyde de carbone. » (WL 2012:72).

De même qu'on doit distinguer les effets bruts et nets en matière environnementale, on doit le faire aussi pour l'emploi. Il ne fait pas de doute qu'avec les 150 000 personnes employées dans le secteur solaire

---

<sup>28</sup> Voir note 24

<sup>29</sup> Ce travail a fait l'objet d'une analyse publiée sur le site de SLC par P. Bacher « Résumé critique d'une étude du RWI » : <http://www.sauvonsleclimat.org/etudeshtml/resume-critique-dune-etude-du-rwi/35-fparticules/142-resume-critique-dune-etude-du-rwi.html>

allemand en 2011 - chiffre incluant la production de collecteurs de chaleur solaire – (BSW 2012b) l'effet brut sur l'emploi est positif. Cependant, ramené par emploi, la promotion du PV en Allemagne est un régime de subventionnement qui dépasse largement les salaires moyens. A partir de notre estimation de coût de 17,4 m€ en 2011 (Table 3), on calcule que la subvention minimale par emploi est de l'ordre de 100 000 €. Ceci suppose aussi, de façon irréaliste, que les 150 000 personnes étaient employées dans le seul secteur PV.

Toutefois, comme les deux tiers de tous les modules étaient importés en 2010 (WL 2012:73), tout résultat différent d'un bilan d'emploi net négatif serait très surprenant. La ponction de pouvoir d'achat et de capital d'investissement des consommateurs d'électricité privés et industriels résultant des subventions massives au PV engendre des effets d'emploi négatif dans les secteurs autres que la branche photovoltaïque (BMU 2006:3). Par opposition, on doit s'attendre à des effets positifs sur l'emploi dans les pays exportateurs comme la Chine, puisque ces pays ne sont pas soumis à la ponction financière de l'EEG ni aux effets négatifs sur le revenu des consommateurs. En fait, alors que la Chine est le leader mondial de la production de cellules solaires depuis 2008, sa production en 2010 était vingt fois supérieure à ses installations sur le territoire national (WL 2012:72, 73). En effet, dans ce pays il n'y a aucune promotion du solaire au plan national, seulement quelques soutiens locaux à l'injection de courant (EPIA 2011)<sup>30</sup>.

Un autre argument qui ne peut plus être défendu concerne les soit disant bénéfices de long terme qui résulteraient d'une implantation précoce dans le marché des énergies renouvelables : le fameux « first-mover advantage<sup>31</sup> ». Selon cet argument qui est en vogue depuis maintenant 20 ans, le soutien permis par la loi EEG permet à de nouvelles compagnies de développer leur capacité de production et de rester en pointe sur les technologies renouvelables, leur donnant ainsi un avantage compétitif alors que le marché continue de croître. Ce « first mover advantage », si tant est qu'il ait jamais existé, a été complètement perdu au profit de compagnies PV étrangères. En 2011, il n'y avait plus de compagnies allemandes parmi les dix premières mondiales du domaine. Etant donné le grand nombre de faillites ces derniers mois, il n'y a guère d'espoir qu'une firme allemande puisse retrouver une place dans les dix premiers. En fait, au-delà de la défaillance de Q-Cells - à un moment donné le premier producteur mondial de cellules - un sort identique a frappé d'autres compagnies allemandes comme Odersun, Scheuten Solar, Solarhybrid, Solon, Sunconcept ainsi que la branche allemande de la compagnie américaine First Solar<sup>32</sup>. Les prévisions sont sombres pour d'autres entités comme Phoenix Solar et Conenergy.

La raison principale de ce résultat négatif est que le progrès technologique dépend de façon critique de la création de mesures favorables permettant l'invention de meilleurs produits ou procédés de production. De ce point de vue, les soutiens inclus dans la loi EEG brident au contraire l'innovation en établissant un système de subvention différentiel qui compense le manque de compétitivité de chaque technologie énergétique. Selon ce détournement de la logique économique, les grandes installations solaires de plus grande capacité et donc profitant d'économies d'échelle reçoivent un tarif d'achat plus faible que celui offert à des installations, plus petites et bien moins efficaces.

Plutôt que de donner d'énormes subventions au PV, il serait plus logique de définir une subvention unique par kWh d'électricité renouvelable. Ceci motiverait les forces du marché, plutôt que l'action de lobbies politiques, à déterminer quel type de technologie alternative peut au mieux entrer en compétition avec les sources d'électricité conventionnelles. Tout en économisant des ressources à la société, une telle redéfinition de la loi EEG inciterait à rechercher les solutions les moins coûteuses. C'est d'autant plus important que ces dernières, la forte croissance de la demande d'installation PV en Allemagne est une forte indication de tarifs d'achat trop généreux.

## 5 Résumé et conclusion

Parmi les défauts les plus flagrants du marché actuel de l'énergie on trouve les externalités environnementales. La seule politique vraiment efficace aurait été de facturer ces externalités à la fois directement et au niveau approprié (Borenstein, 2012:86-87). Cependant, en dépit de l'existence d'un marché européen des émissions (ETS), les programmes additionnels ciblés destinés à promouvoir des alternatives spécifiques à la production conventionnelle d'électricité sont la norme. Actuellement, 18 des 27 membres de l'Europe soutiennent les technologies d'énergie renouvelables, et spécialement le photovoltaïque (PV) en rémunérant la production d'électricité « verte » par des procédures dites de « tarifs d'achat » (REN 21, 2011). Ce soutien additionnel aux technologies renouvelables est souvent justifié par d'autres gains que la réduction des externalités environnementales (LG 2011), par exemple comme un levier au développement technologique et à l'amélioration de la situation de l'emploi et de la prospérité économique d'un pays.

Le système des tarifs d'achat allemand instauré initialement en 1990, est devenu un exemple en Europe et au-delà. Notre estimation du coût net des installations de capacités PV entre 2000 et 2010, à 100 m€ (en

---

<sup>30</sup> On consultera à cet effet les chiffres de puissance solaire installée par habitant donnés en note 13.

<sup>31</sup> First mover advantage ~ Avantage au premier partant.

<sup>32</sup> A partir du 27 Aout 2008, on peut y ajouter l'entreprise Sovello implantée à Bitterfeld-Wolfen dans l'est de l'Allemagne. Mille emplois sont concernés (ENERPRESSE 23/08/2012).

Euros 2011), démontre qu'on ne peut espérer que le système allemand de promotion du solaire PV induise l'un quelconque de ces bénéfices. Fondamentalement, ceci tient à que les énormes subventions pour le PV imposent une ponction substantielle sur les budgets des consommateurs privés et industriels, et détournent les financements au détriment d'investissements alternatifs dont la rentabilité était plus probable. On peut affirmer que l'effet positif principal en termes de création d'emploi de la politique allemande de soutien au PV l'a été à l'étranger puisque c'est de là que sont importés la majorité des modules PV, principalement de la Chine. De plus, les espoirs d'exportations massives futures sont, au mieux, fragiles, étant donné le manque d'excellence technologique et la faible compétitivité du secteur allemand PV mis en évidence par le nombre élevé de faillites d'entreprises allemandes.

La conséquence de ce désastre en devenir est un accroissement continu du prix de l'électricité pour les consommateurs. Au bout du compte, celui-ci peut mettre en danger l'acceptation de la politique de promotion du solaire allemand et des énergies renouvelables en général. Dans ce contexte, un problème toujours plus prégnant est que le mécanisme de soutien actuel sous la forme d'une addition uniforme au prix de l'électricité a un impact fortement socialement régressif sur les ménages (GCEE 2011:249). Compte tenu de la faible élasticité de leur consommation électrique, les bas revenus souffrent plus de la contribution renouvelable que les hauts revenus<sup>33</sup>. Cette composante anti-distributive sera exacerbée si la fraction des technologies renouvelables dans la production électrique atteint la cible nationale de 35 % en 2020. On notera que Grösche and Schröder (GS 2011) estiment le prix moyen acceptable pour une fraction de 20% de renouvelables dans le mix électrique à 13 €/MWh c'est à dire une valeur bien inférieure à la valeur de 35,9 €/MWh déjà atteinte en 2012.

La perte potentielle de l'acceptation de toutes les technologies renouvelables, plutôt que pour le seul PV, causée par de substantiels accroissements supplémentaires des prix de l'électricité est peut-être une des raisons pour laquelle même des avocats des technologies d'énergie renouvelable tel que le Conseil Allemand pour l'environnement, a voté pour limiter l'accroissement des capacités PV (SRU, 2011) à un niveau de 1 GW par an maximum (Hohmeyer 2011)<sup>34</sup>. De telles limites existent aussi dans de nombreux pays comme l'Espagne et la Suisse.

Afin de préserver à la société d'importantes ressources rendues ainsi indisponibles pour des investissements alternatifs ou pour compenser les disparités sociales, le Conseil Allemand d'Expertise Economique (GCEE 2011:252), comme la Commission des Monopoles (Monopolies Commission 2011), suggèrent une réforme fondamentale du système allemand de soutien aux technologies d'énergie renouvelables. Appréciant le fait que l'Allemagne est un pays au ciel relativement nuageux, le Conseil souhaite un nouveau système qui soit mieux piloté par le Marché et exploite les avantages d'une distribution des capacités dans toute l'Europe, par exemple en installant les capacités en puissance solaire dans les pays plus ensoleillés du sud de l'Europe. Le Conseil remarque finalement que les buts assignés par la Commission Européenne en matière de renouvelables seraient plus efficacement atteints par un système de soutien harmonisé au niveau européen, par exemple en établissant un système de quotas complété par un marché d'échange pour des « certificats verts »<sup>35</sup>. Cette proposition est en accord avec le rapport sur la politique énergétique de l'Agence Internationale de l'Energie (IEA) qui recommande de considérer « des politiques autres que les tarifs d'achat très élevés en soutien au photovoltaïque » (IEA 2007:77). La recommandation de l'IEA est basée sur le fait que « le gouvernement doit toujours conserver l'efficacité économique comme un argument essentiel lorsqu'il décide entre des politiques et des mesures possibles » (IEA 2007:76).

Finalement alors que les partisans du système actuel de tarifs d'achat insistent sur le fait que le système des quotas n'offre pas de possibilité de stimuler le progrès technologique, force est de reconnaître qu'en général, il est plus efficace d'assigner des instruments différents à des buts différents plutôt que de travailler avec un seul, comme ici la loi EEG. Le gouvernement allemand serait donc bien inspiré d'appliquer des outils spécifiques aux buts recherchés pour soutenir le développement technologique. Finalement, un financement de la R&D susceptible de déclencher des améliorations technologiques significatives semble être une meilleure voie pour l'obtention de réductions de coût importantes, en particulier dans les phases initiales de développement d'une

---

<sup>33</sup> On peut ajouter le fait que seuls les ménages ayant des revenus confortables (ils disposent d'une maison et de moyens de financement propres ou d'une bonne capacité d'emprunt) peuvent, en France comme en Allemagne, s'offrir une installation photovoltaïque sur leur toit et bénéficier d'un achat forcé de l'électricité qu'ils produisent et vendent à un tarif avantageux garanti pour 21 ans. Ceci permet donc à cette seule couche de population plus aisée de compenser pour partie la hausse de la facture électrique qui retombe sur tous. On ajoutera qu'en France, pour les particuliers, les revenus du solaire photovoltaïque sont défiscalisés. Le PV constitue donc une parmi les niches fiscales de notre pays.

<sup>34</sup> On en loin en 2012, puisque le parc PV allemand a crû de 4,37 GW entre Janvier et Juillet 2012.

<sup>35</sup> Il est ironique que l'Allemagne, qui a inventé le système du tarif d'achat, envisage maintenant de s'en éloigner pour aller vers un système de « certificats verts », au moment même où la Grande Bretagne qui avait promu ce système des certificats réfléchit à les abandonner pour aller vers un système de tarifs d'achat. On notera que dans la mesure où les certificats verts peuvent avoir des valeurs différentes selon la technologie (comme c'est actuellement le cas en Grande Bretagne) et sans relation avec le bénéfice escompté en matière de réduction d'émission de gaz à effet de serre, ils peuvent tout aussi bien distordre le marché de l'électricité renouvelable que les tarifs d'achat.

technologie, plutôt que d'offrir un soutien onéreux pour une pénétration du marché, c'est-à-dire pour une politique dont les améliorations technologiques ne seraient guère que des retombées annexes.

## Appendice

| Année | Prix réels<br>(€ 2005 /MWh) | Prix nominaux<br>(€/MWh) | Tarif d'achat<br>(€/MWh) | Coût net<br>(€/MWh) |
|-------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------|
| 2000  | 29,0                        | 26,3                     | 506,2                    | 479,9               |
| 2001  | 29,0                        | 26,8                     | 506,2                    | 479,4               |
| 2002  | 29,0                        | 27,3                     | 480,9                    | 453,6               |
| 2003  | 29,0                        | 27,9                     | 456,9                    | 429,0               |
| 2004  | 29,0                        | 28,4                     | 505,8                    | 474,4               |
| 2005  | 43,0                        | 43,0                     | 545,3                    | 502,3               |
| 2006  | 44,2                        | 45,0                     | 518,0                    | 473,0               |
| 2007  | 45,3                        | 47,1                     | 492,1                    | 445,0               |
| 2008  | 46,6                        | 49,3                     | 467,5                    | 418,2               |
| 2009  | 47,8                        | 51,6                     | 430,1                    | 378,5               |
| 2010  | 49,1                        | 54,1                     | 381,4                    | 327,3               |
| 2011  | 50,6                        | 56,8                     | 287,4                    | 230,6               |
| 2012  | 52,1                        | 59,6                     | n.a.                     | n.a.                |
| 2013  | 53,6                        | 62,6                     | n.a.                     | n.a.                |
| 2014  | 55,2                        | 65,7                     | n.a.                     | n.a.                |
| 2015  | 56,9                        | 69,0                     | n.a.                     | n.a.                |
| 2016  | 58,1                        | 71,9                     | n.a.                     | n.a.                |
| 2017  | 59,4                        | 74,9                     | n.a.                     | n.a.                |
| 2018  | 60,7                        | 78,0                     | n.a.                     | n.a.                |
| 2019  | 62,0                        | 81,3                     | n.a.                     | n.a.                |

**Table A1: Prix de marché de l'électricité, tarifs d'achat et coût net du MWh PV pour une installation de puissance inférieure à 30 kW.**

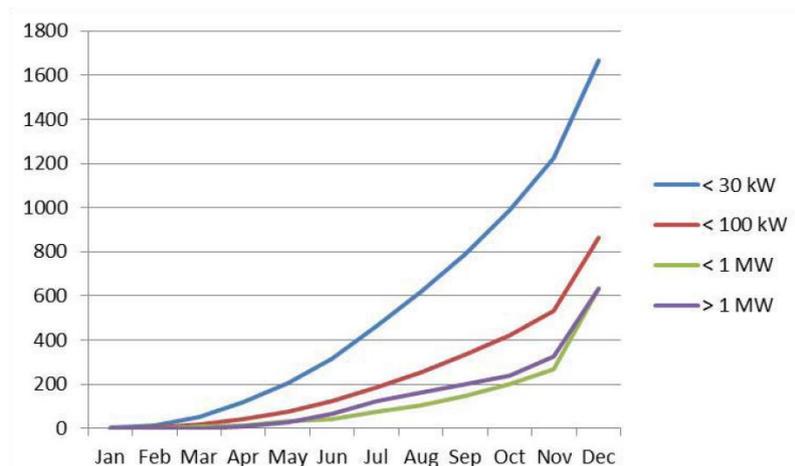
Note: Colonne 1 scénario de « prix élevés » proposé par (NSWF 2005). Colonne 2: prix de marché nominaux de basés sur la première colonne et un taux d'inflation de 2%. Colonne 3 : évolution annuelle des tarifs d'achat 2005-2008 ; tarifs d'achat pondérés à 5% pour 2009-2011 (voir Table A2). Pour les prévisions de tarifs d'achat pour 2012-2016 voir Table A3. Colonne 4: différence entre les colonnes 3 et 2.

Dans nos calculs, nous pondérons les tarifs d'achat pour les années 2009-2011 selon les fractions de catégories de capacité données dans la Table A2. Pour les années 2000-2008, nous utilisons les tarifs d'achat pour les modules de puissance inférieure à 30 kW, plutôt qu'une pondération puisqu'on ne dispose pas d'information sur les capacités installées avant 2009 selon les différentes catégories de puissance.

La Figure A1 montre qu'en 2009, presque la moitié de la capacité installée de 3,8 GW correspondait à une puissance inférieure à 30 kW. Avant 2009, la proportion des installations de faible puissance était encore plus grande.

|               | < 30 kW           | < 100 kW          | < 1 MW            | > 1 MW            | Weighted Tariff |
|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| 2009          | 43.01<br>(43.8 %) | 40.91<br>(22.8 %) | 39.58<br>(16.7 %) | 33.00<br>(16.7 %) | 40.29           |
| Jan-Jun 2010  | 39.14<br>(20.5 %) | 37.23<br>(13.1 %) | 35.23<br>(11.4 %) | 29.37<br>(7.2 %)  |                 |
| Jul-Sept 2010 | 34.05<br>(8.4 %)  | 32.39<br>(5.6 %)  | 30.65<br>(5.5 %)  | 25.55<br>(3.2 %)  | 33.55           |
| Oct-Dec 2010  | 33.03<br>(6.5 %)  | 31.42<br>(4.6 %)  | 29.73<br>(5.5 %)  | 24.79<br>(8.3 %)  |                 |
| 2011          | 28.74<br>(31.0 %) | 27.33<br>(16.8 %) | 25.86<br>(21.3 %) | 21.56<br>(30.8 %) | 25.67           |

**Table A2: Tarifs d'achat en c€/kWh (pour des €/MWh multiplier par 10) et fraction de l'accroissement annuel de capacité (entre parenthèses). La dernière colonne (Weighted tariff) donne le tarif d'achat pondéré pour la période considérée. Les fractions d'accroissement annuel sont calculées en accord avec (BNetzA 2012).**



**Figure A1: Accroissement cumulé des capacités photovoltaïques en 2009 selon la catégorie d'installation (MW)** Source: (BNetzA 2012)

Le 29 Mars 2012, le parlement fédéral a décidé d'ajuster une fois de plus les tarifs d'achat pour l'électricité solaire. Alors que jusqu'à maintenant les tarifs décroissaient sur une base annuelle, une décroissance de 1% par mois commençant en Mai 2012 est envisagée. De plus une coupure drastique des tarifs est prévue pour le premier avril 2012. La table A3 donne les tarifs envisagés pour 2012, la nouvelle loi prenant effet en Avril.

|     | < 30 kW | < 100 kW | < 1 MW  | > 1 MW |
|-----|---------|----------|---------|--------|
| Jan | 24.43   | 23.23    | 21.98   | 18.33  |
| Feb | 24.43   | 23.23    | 21.98   | 18.33  |
| Mar | 24.43   | 23.23    | 21.98   | 18.33  |
|     | < 10 kW | < 1 MW   | < 10 MW |        |
| Apr | 19.50   | 16.50    | 13.50   |        |
| May | 19.31   | 16.34    | 13.37   |        |
| Jun | 19.11   | 16.17    | 13.23   |        |
| Jul | 18.92   | 16.01    | 13.10   |        |
| Aug | 18.73   | 15.85    | 12.97   |        |
| Sep | 18.54   | 15.69    | 12.84   |        |
| Oct | 18.36   | 15.53    | 12.71   |        |
| Nov | 18.18   | 15.38    | 12.58   |        |
| Dec | 17.99   | 15.23    | 12.46   |        |

**Table A3: Prévisions pour les tarifs d'achat 2012 (première version de la loi; Avril)**

#### Références

(BDEW 2012) Energie-Info: Energiewirtschaftliche Entwicklung in Deutschland. 4. Quartal und Jahr 2011. Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., Berlin.

(BDEW 2001-2010), EEG-Jahresabrechnung 2000 bis EEG-Jahresabrechnung 2009. –Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., Berlin.

(BMU 2006) Erneuerbare Energien: Arbeitsmarkteffekte, Federal Ministry of Environment, Nature Conservation, and Nuclear Safety, Berlin.

(BMU 2011) „Erneuerbare Energien 2010“, Daten des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2010 auf der Grundlage der Angaben der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat), Vorläufige Angaben, Stand 23. März 2011, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin.

- (BNetzA 2012) Vergütungssätze für Photovoltaikanlagen sowie Einzelangaben aus der Datenerhebung. Bundesnetzagentur, Bonn. <http://www.bundesnetzagentur.de/>
- (Borenstein 2012) Borenstein S., The Private and Public Economics of Renewable Electricity Generation. *Journal of Economic Perspectives* 26 (1), 67-92.
- (BSW 2012a), Press Release of February 22, 2012, German Solar Industry Association, [http://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/media/pdf/PM\\_BSW\\_Emnid-Umfrage\\_Fukushima.pdf](http://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/media/pdf/PM_BSW_Emnid-Umfrage_Fukushima.pdf)
- (BSW 2012b) Daten und Infos zur deutschen Solarbranche, German Solar Industry Association, [www.bsw-solar.de](http://www.bsw-solar.de).
- (EPIA 2011) Solar Generation 6 – Solar Photovoltaic Electricity Empowering in the World, [http://www.epia.org/publications/epia-publications/solargeneration6.html?tx\\_felogin\\_pil%5Bforgot%5D=1](http://www.epia.org/publications/epia-publications/solargeneration6.html?tx_felogin_pil%5Bforgot%5D=1)
- (EurObserver 2011) Photovoltaic Barometer, April. [http://www.energiesrenouvelables.org/obeserver/stat\\_baro/renac/baro202.asp](http://www.energiesrenouvelables.org/obeserver/stat_baro/renac/baro202.asp)
- (Erdmann 2012) Erdmann G. Jüngste Trends im Bereich der erneuerbaren Stromerzeugung. *Energiewirtschaftliche Tagesfragen* 62 (3), 47–50.
- (Erdmann 2011) Erdmann G. Kosten des Ausbaus der erneuerbaren Energien. Studie der Technischen Universität Berlin im Auftrag der Vereinigung der Bayrischen Wirtschaft (vbw), der Bayrischen Chemieverbände, dem Verband der Bayrischen papierfabriken und dem Verband der Bayrischen Energie- und Wasserwirtschaft, Juli 2011.
- (FRS 2010) Frondel, M., Ritter, N., Schmidt, C. M., Vance, C. Economic Impacts from the Promotion of Renewable Energy Technologies: The German Experience. *Energy Policy* 38 (8), 4048-4056.
- (FRS 2008) Frondel, M., Ritter, N., Schmidt, C. M. Germany's Solar Cell Promotion: Dark Clouds on the Horizon. *Energy Policy* 36 (11), 4198-4202.
- (FKS 2007) Frondel, M., Kambeck, R., Schmidt, C. M. Hard Coal Subsidies: A Never- Ending Story? *Energy Policy* 35 (7), 3807-3814.
- (GCEE 2011) German Council of Economic Experts Chapter Six. Energy policy: Effective Energy Transition only in the European Context. [http://www.sachverstaendigenratwirtschaft.de/fileadmin/dateiablage/Sonstiges/chapter\\_six\\_2011.pdf](http://www.sachverstaendigenratwirtschaft.de/fileadmin/dateiablage/Sonstiges/chapter_six_2011.pdf)
- (GS 2011) Grösche, P., Schröder, C. Eliciting Public Support for Greening the Electricity Mix Using Random Parameter Techniques. *Energy Economics* 33 (2), 363-370.
- (Gu 2007) The Guardian "Germany sets shining example in providing a harvest for the world". <http://www.guardian.co.uk/business/2007/jul/23/germany.greenbusiness/print>.
- (Hohmeyer 2011) Hohmeyer O., Den Ausbau bremsen, Der Flensburger Ökonom und Ökowsche Olav Hohmeyer über den Sonnenstrom und ökogerechte Versorgung, *Die Zeit*, Ausgabe Nr. 5, 27.01.2011, Hamburg.
- (IEA 2007) Energy Policies of IEA Countries: Germany, 2007 Review. International Energy Agency, OECD, Paris.
- (JRC 2008) Photovoltaic Geographical Information System. European Commission Joint Research Center. <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>.
- (LS 2010) Lechtenböhrer, S. und S. Samadi, Kurzanalyse zur aktuellen Diskussion um die mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien in der Stromversorgung verbundenen Kosten und Nutzen. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie. Wuppertal.
- (LG 2011) Lehmann, P., Gawel, Why Should Support Schemes for Renewable Electricity Complement the EU Emissions Trading Scheme? UFZ Discussion Papers 5/2011. Helmholtz Zentrum für Umweltforschung, Leipzig.
- (Michaelowa 2005) Michaelowa A., The German Wind Energy Lobby: How to Successfully Promote Costly Technological Change. *European Environment* 15 (3), 192-199.
- (MC 2011) Monopolies Commission, Sondergutachten 59: Energie 2011: Wettbewerbsentwicklung mit Licht und Schatten: Sondergutachten der Monopolkommission gemäß § 62 Abs. 1 EnWG, Nomos.
- (NSWF 2005) Nitsch, J., Staiss, F., Wenzel, B., Fishedick, M., Ausbau der Erneuerbare Energien im Stromsektor bis 2020: Vergütungszahlen und Differenzkosten durch das Erneuerbare- Energien-Gesetz, Stuttgart, Wuppertal.
- REN 21 (2011) Renewable Energy Policy network for the 21st Century, Renewables 2011 Global Status Report, Paris.
- (Schiffer 2011) Schiffer, H.W. Deutscher Energiemarkt 2000. *Energiewirtschaftliche Tagesfragen* 51 (3), 106-120. P. 117.
- SRU (2011) Wege zur 100% erneuerbaren Stromversorgung. Sondergutachten. Sachverständigenrat für Umweltfragen, Berlin.
- (ÜBN 2011) EEG-Mengentestat 2010 per 31.7.2011 der Übertragungsnetzbetreiber. [http://www.eeg-kwk.net/de/file/EEG\\_2010\\_Public.pdf](http://www.eeg-kwk.net/de/file/EEG_2010_Public.pdf)
- (WL2012) Wackerbauer, J., Lippelt, J., Photovoltaics: Boom of the Rising Sun. *Cesifo Forum* 13 (1), 70-73.