

Comment diminuer vraiment le prix des installations photovoltaïques à financement citoyen

Table des matières

1	Introduction.....	2
2	Le prix des systèmes complets PV passés et actuels.....	4
3	Le potentiel de diminution du coût des installations photovoltaïques.....	9
	3.a Les systèmes PV.....	9
	3.b Les modules.....	11
	3.c Les onduleurs.....	18
	3.d Les coûts annexes ou Balance of System (BoS).....	19
4	Évolution envisageable des prix de l'électricité du réseau.....	22
5	Perspectives de parité réseau et d'autoconsommation en France	23
6	Compilation d'informations sur les distorsions de concurrence en France.....	27
	6.a L'alerte des industriels du PV européens.....	27
	6.b La non-incidence du prix local de l'électricité et du parc installé.....	28
	6.c Des écarts persistants suivant la taille des installations.....	29
	6.d L'impact à la hausse pour les clients exemptés de taxes.....	30
	6.e Des méthodes de fixation des prix non-concurrentielles.....	30
	6.f Une confirmation directe que le marché français est faussé.....	32
7	Réduire le coût des systèmes PV.....	33
	7.a Quel objectif de prix ?.....	33
	7.b Quelle approche ?.....	34
	7.c Maîtrise de la phase préparatoire.....	34
	7.d Réduire le prix des matériels.....	35
	7.e Réduire le prix de pose.....	35
8	Estimation d'un " juste prix ".....	36
9	Conclusion.....	38
 Annexes		
A	Quelques repères sur le marché de l'énergie.....	39
B	Prix au détail de l'électricité dans le Monde.....	42

1 Introduction

Après une première réalisation enthousiasmante en 2009, notre association Bretagne Énergies Citoyennes a tenté depuis plusieurs années de participer à l'essor des énergies renouvelables à travers l'installation de sites photovoltaïques.

De fait, nous devons constater que nous n'avons pas su ou pas pu exploiter les tarifs d'achat obligatoire de l'énergie PV et la baisse continue des tarifs ne nous laisse pas entrevoir un plus grand succès si nous persistons dans notre démarche sous sa forme actuelle.

On peut souligner que les mêmes difficultés ont contraint des associations voisines à renoncer à leurs objectifs. On note aussi que les projets aboutis dont nous avons eu connaissance ont pour certains perçus des subventions, sous une forme ou une autre, pour le lancement du projet sinon pour le fonctionnement de la structure définitive.

Pour notre part, nous n'avons pas su ou voulu exploiter la source des subventions.

Au fil du temps, nous avons ainsi étudié, analysé, épluché environ 5 projets en concluant à chaque fois à une rentabilité insuffisante malgré un objectif de rentabilité du capital investi faible.

Cette récurrence du " juste trop peu " a fini par nous intriguer, d'autant plus que nous avons des échos de l'essor important du PV en Europe, sinon de belles réalisations en France.

Il y a des causes à nos échecs intimement liés à la nature de notre structure. Étant association, nous devons créer une structure juridique extérieure pour accueillir les fonds investis et redistribuer les dividendes. Cette contrainte génère des surcoûts que ne connaissent pas, ni le particulier, ni le professionnel (industriel, commerce ou agriculteur) qui entreprendrait un projet de même importance.

Toutefois, le hasard de la lecture d'un échange entre internautes sur un forum à propos de prix pratiqués en Belgique nous a mis sur la piste d'un déséquilibre du marché français. Cet indice, bien que fragile, nous a conduit à une étude bibliographique finalement assez conséquente.

Parmi d'autres, les documents consultés sont essentiellement des études de marché menées par des organismes en contrat avec des états ou la Communauté Européenne ou encore des prospectives publiées par des syndicats professionnels.

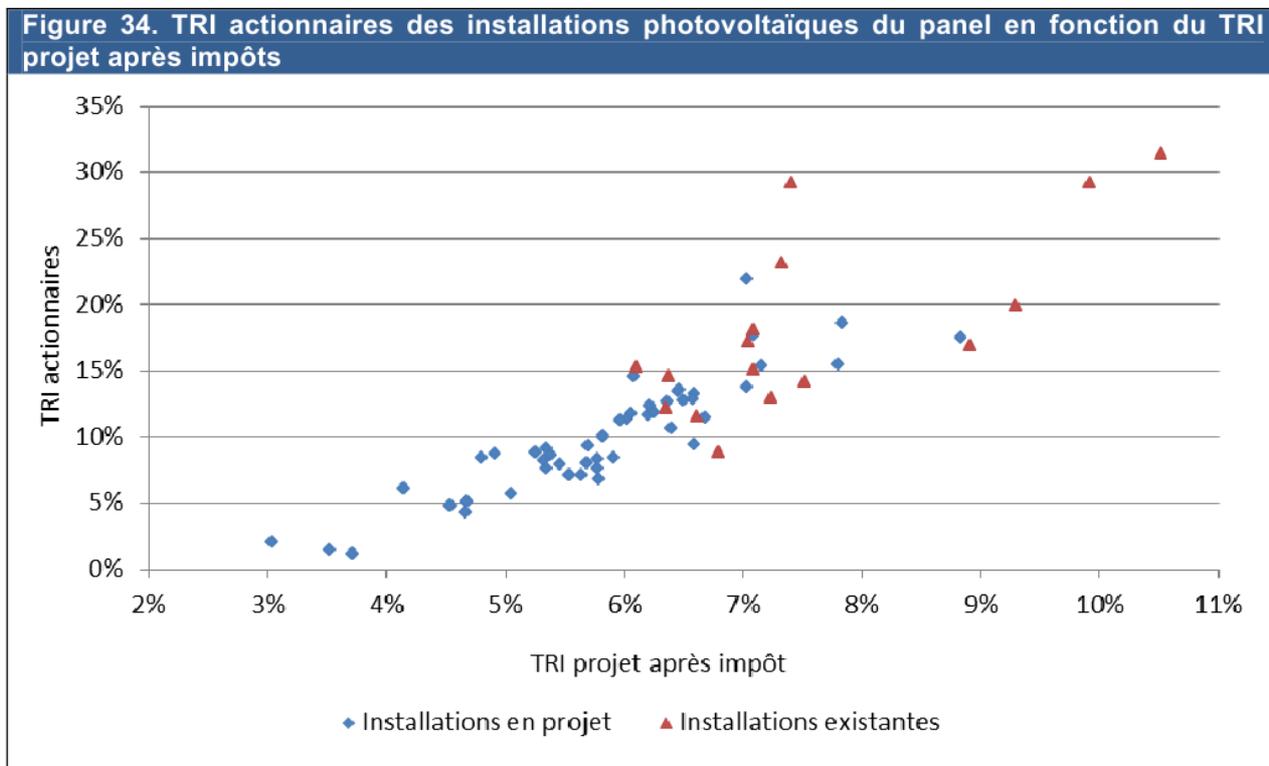
Nous en avons tirés une compilation d'informations au niveau mondial sur

- le prix de l'électricité,
- le coût et les évolutions de coût prévues du PV,
- les distorsions de concurrence en France.

Notre centre d'intérêt est naturellement le marché français du photovoltaïque. Le faible nombre de publications étayées, sans doute la marque du réflexe des pouvoirs publics français de rétention d'information, nous a obligé à chercher l'information ailleurs. Il y a évidemment un risque de décalage, mais nous verrons que les comportements vertueux ou non se dupliquent assez bien d'un pays à l'autre (les lois du *business* pourraient être universelles ...) et expliquent partiellement les prix pratiqués en France.

Il n'y a qu'un pas du constat à la réaction et nous le franchissons en présentant une série d'actions que nous proposons pour réduire le prix du photovoltaïque " citoyen ".

Un graphique extrait d'une étude publiée par la CRE ⁱ (Commission de Régulation de l'Énergie) en avril 2014 vient opportunément mais a posteriori corroborer notre démarche.



Le graphique rapporte un rendement pour l'actionnaire de 8 à 30% (points rouges) alors que nos projets se situaient entre -1 et + 1%. Il y avait donc bien matière à s'interroger pour ensuite chercher des pistes d'améliorations.

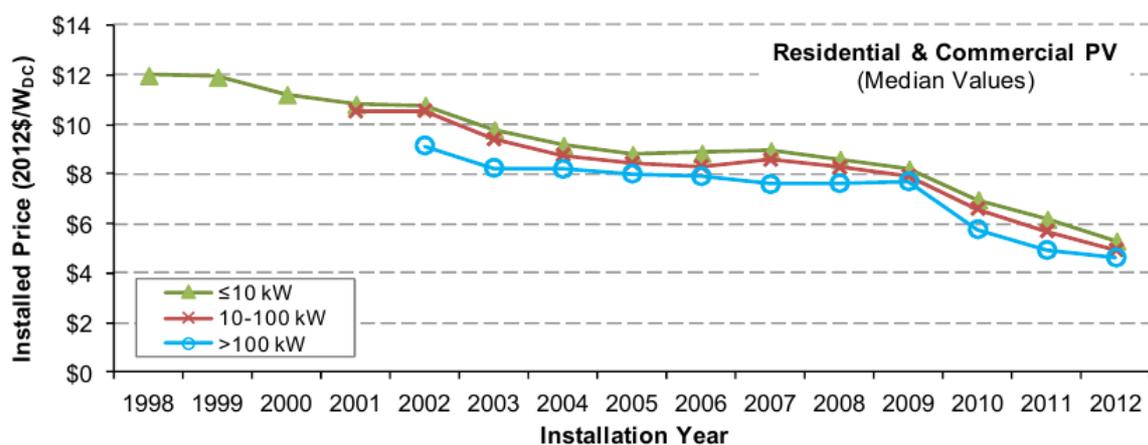
2 Le prix des systèmes complets PV passés et actuels

Notre analyse s'appuie en premier lieu sur l'étude " Tracking the Sun VI " ⁱⁱ des installations sur le marché USA jusqu'au début de 2013, 200 000 sites, soit 72 % des sites connectés au réseau. Les prix indiqués sont ceux des systèmes payés par les maîtres d'ouvrage, hors aides et subventions.

L'étude montre que les prix ont régulièrement baissé de 1998 à 2012.

Les auteurs de l'étude signalent que les prix semblent avoir suivis la même tendance en 2013.

Puissance	- de 10 kW	de 10 à 100 kW	+ de 100 kW
Baisse de prix entre 2011 et 2012	14 %	13%	6%
Prix médian en \$2012/W	5,3	4,9	4,6



Notes: See Table 1 and Table B-2 for residential and commercial PV sample sizes by installation year. Median installed prices are shown only if 15 or more observations are available for the individual size range.

Figure 7. Installed Price of Residential & Commercial PV over Time

Le graphique ci-dessous montre la grande disparité des prix pour une même puissance installée et une même année d'installation.

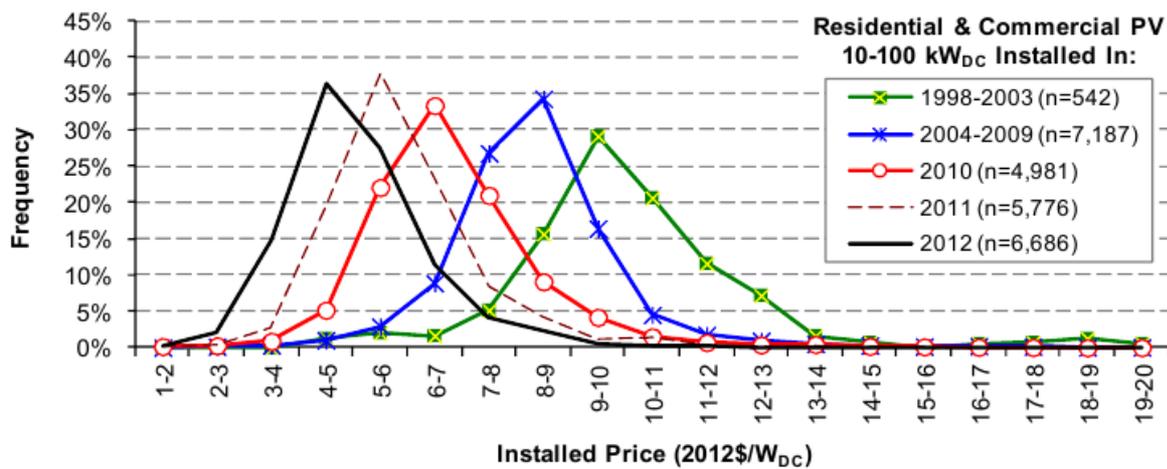
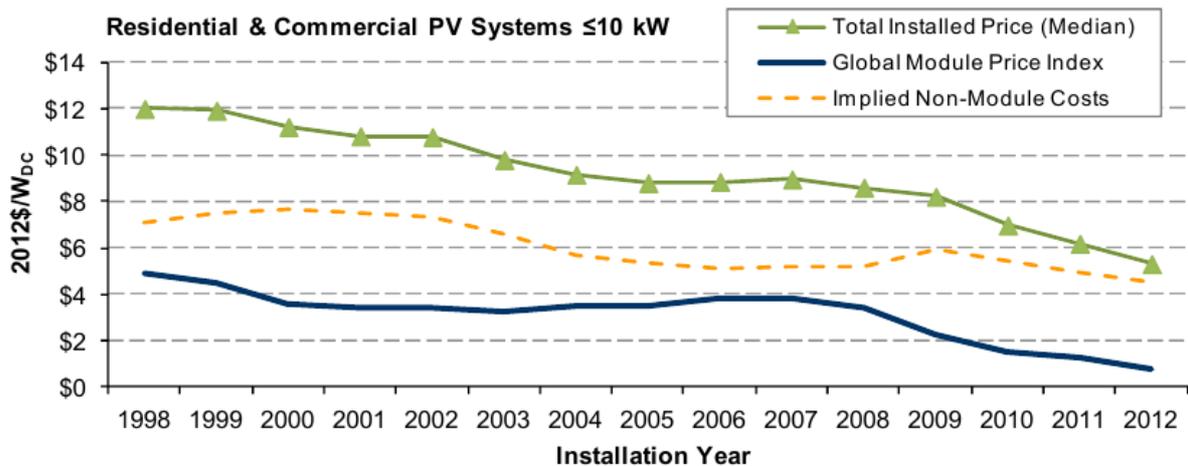


Figure 15. Installed Price Distribution for Residential & Commercial PV (10-100 kW Systems)

On observe aux USA une grande dispersion des prix pour les systèmes de moins de 10 kW:
Médian = 5,2 \$/W, 20 % du parc < 4,5 \$/W et 20 % du parc > 6,5 \$/W

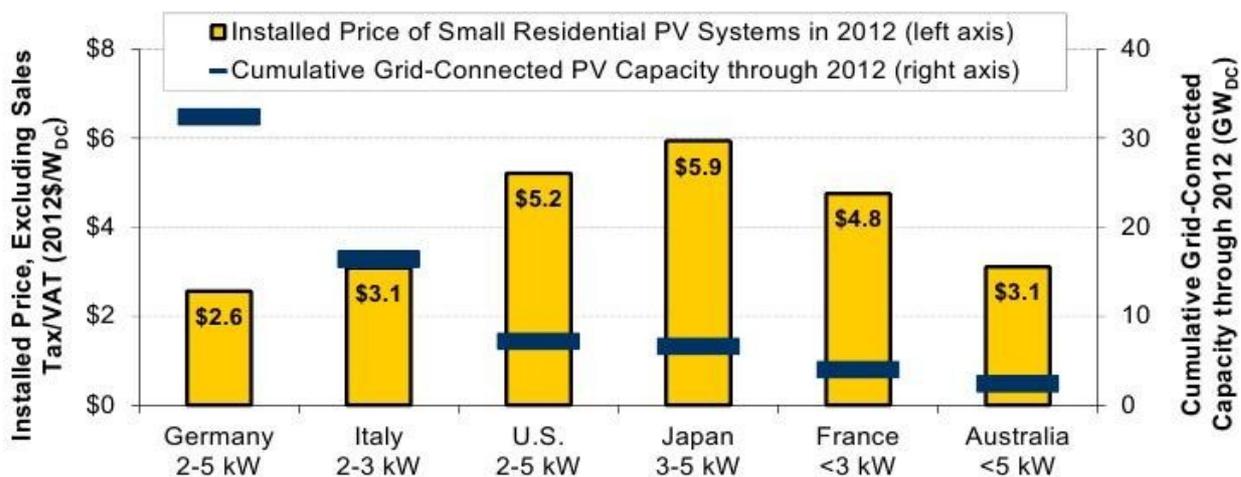
Le prix médian varie d'un État à l'autre (aux USA) entre 3,9 \$/W et 5,9 \$/W. Plusieurs facteurs peuvent expliquer ces écarts tels que le degré de concurrence entre installateurs, les contraintes administratives locales, ... L'existence ou non d'incitations financières en fait partie.

Le graphique ci-dessous montre la part proportionnellement croissante des coûts hors modules.



Notes: The Global Module Price Index is Navigant Consulting's module price index for large-quantity buyers (Mints 2012) and the successor index for first-buyer ASPs published by Paula Mints Solar PV Market Research (Mints 2013). "Implied Non-Module Costs" are calculated as the Total Installed Price minus the Global Module Price Index.

Figure 9. Installed Price, Module Price Index, and Implied Non-Module Costs over Time for Residential & Commercial PV Systems ≤ 10 kW



Prix en €2012	2,0	2,4	4,0	4,5	3,7	2,4
---------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Ci-dessus, les différences de prix entre États sont frappantes et amènent à s'interroger sur leurs causes, compte tenu que ces pays ont des niveaux de développement industriel et des niveaux de vie proches.

Rapport de l'ADEME sur les prix du PV en France en 2012 ⁱⁱⁱ

Turnkey systems prices with european modules		
Category/Size	Typical applications	2012 prices (€ HT/W stc)
Grid-connected less than 3 kW	Residential building-integrated system	3,7
Grid-connected around 9 kW		2,8
Grid-connected 36 kW to 100 kW		2,1
Grid-connected 100 kW to 250 kW	Industrial, commercial agricultural large roof	2,0
Grid-connected ground-mounted > 2 MW	Centralised production, utility scale plant	1,6

dont les chiffres ont été inclus dans l'étude IEA PVPS ^{iv} ci-après

Table 12 : Indicative Prices for Installed PV Systems in Selected IEA PVPS countries in 2012 (End of Year)

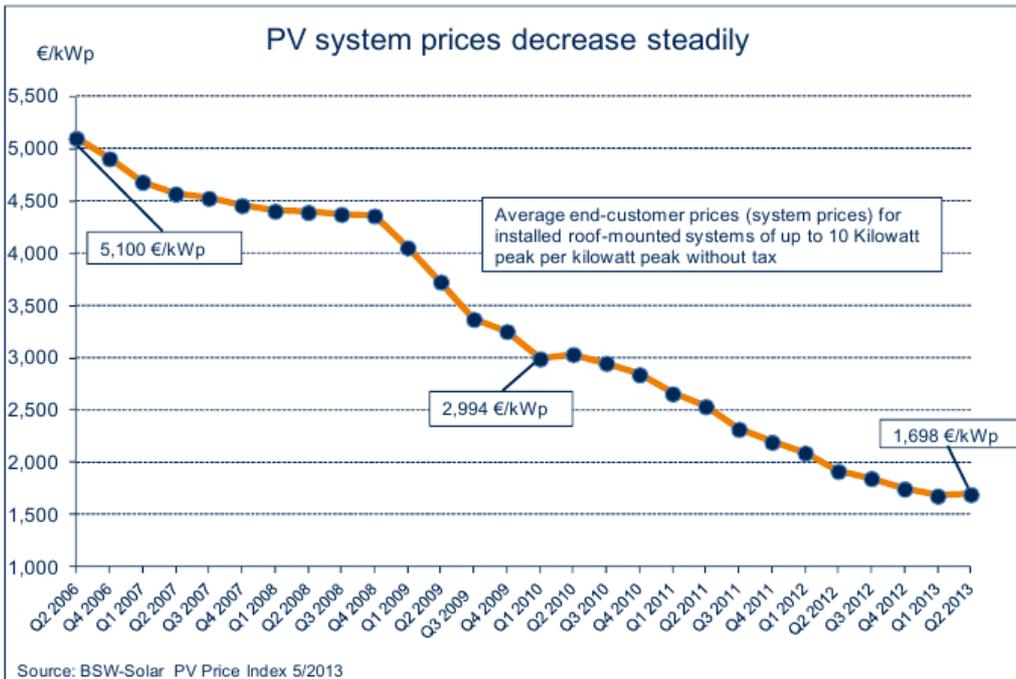
	Off-grid (EUR or USD per W)				Grid-connected (EUR or USD per W)			
	<1 kW		>1 kW		<10 kW		>10 kW	
	EUR	USD	EUR	USD	EUR	USD	EUR	USD
Australia	4,8-12,1	6,2-15,5	5,6-16,1	7,2-20,6	2,0-3,2	2,6-4,1	1,2-1,6	1,5-2,1
Austria	≤ 10	≤ 12,8	≤ 10	≤ 12,8	1,9 - 2,7	2,4 - 3,5	< 1,9	< 2,4
Belgium					1,8 - 3,5	2,3 - 4,5	1,2 - 1,8	1,5 - 2,3
Canada			6,3	8,1	2,3 - 3,9	3,0 - 5,0	2,2 - 3,1	2,8 - 4,0
China							1,24	1,58
Denmark	2,0 - 4,0	2,6 - 5,2	4,0 - 7,4	5,2 - 9,5	2,0 - 4,0	2,6 - 6,0	1,3 - 4,7	1,7 - 6,0
France			15	19,2	3,7	4,7	1,6 - 2,0	2,1 - 2,6
Germany					1,4 - 2,4	1,8 - 3,1	1,3 - 1,6	1,7 - 2,1
Israel							2	2,6
Italy	3,1 - 5	3,8 - 6,4			2 - 2,8	2,6 - 3,6	1 - 2,6	1,3 - 3,3
Japan					4,6	5,9	4,3	5,5
Korea					2,1	1,7	2,7	2,1
Malaysia					2,3 - 3,1	2,9 - 3,9	1,8 - 2,3	2,3 - 2,9
Netherlands					1,3 - 1,4	1,68 - 1,74	1,15 - 1,2	1,47 - 1,55
Norway	8,1 - 20	10,3 - 25,8			2,7 - 4,0	3,4 - 5,2	2,0 - 2,7	2,6 - 3,4
Spain			4	5,2	2,5	3,2	2	2,6
Sweden	3	3,8			2,3 - 2,5	3,0 - 3,2	1,8	2,4
Switzerland	8,3 - 16,6	10,6 - 21,3	6,6 - 12,4	8,5 - 16,0	2,5 - 5,0	3,2 - 6,4	2,1 - 2,9	2,7 - 3,7
USA					4,15	5,31	2,5 - 3,8	3,2 - 4,9

(prix HT)

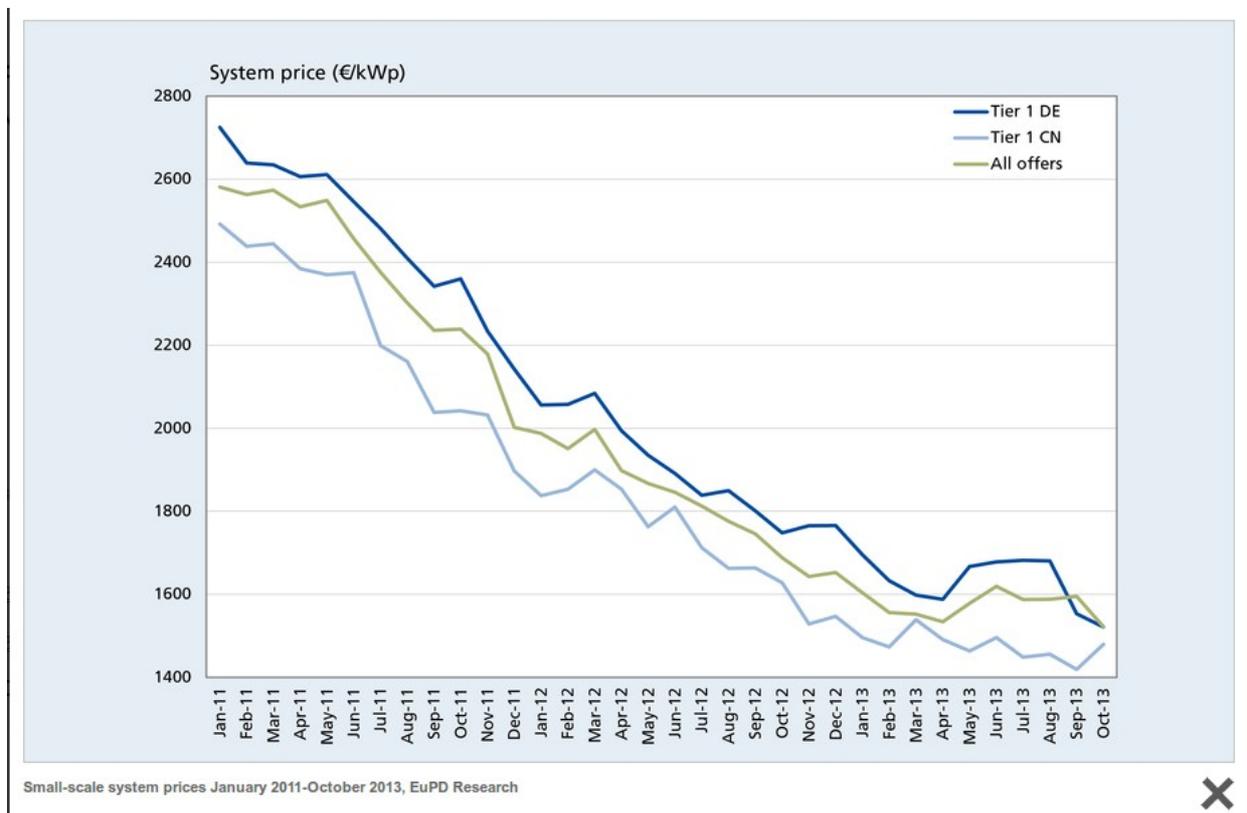
Historique des prix en Allemagne ^v

Installation moins de 10 kWc :

4) PV price index - System prices decrease steadily



Autre graphique ^{vi} :



3 *Le potentiel de diminution du coût des installations photovoltaïques*

3.a Les systèmes PV

D'une étude à l'autre, un consensus s'établit pour annoncer la poursuite de la réduction des prix des systèmes, mais sans doute pas au même rythme qu'auparavant.

Ainsi, le programme Sunshot Vision ^{xvi} lancé par le gouvernement américain pose en objectif une baisse des coûts PV de 75% entre 2010 et 2020,

" The U.S. Department of Energy (DOE) is providing this type of strong, coordinated effort through its SunShot Initiative. Launched in 2011, the SunShot Initiative aims to reduce the price of solar energy systems by about 75% between 2010 and 2020.

Achieving this target is expected to make the unsubsidized cost of solar energy competitive with the cost of other currently operating energy sources, paving the way for rapid, large-scale adoption of solar electricity across the United States."

soit $(1-75\%)^{1/10} \rightarrow -13\%$ /an.

Les objectifs US sont, pour 2020 :

- 1 \$/W pour les parcs solaires (plusieurs MW), soit 0,72 €²⁰¹⁴/Wc,
- 1,25 \$/W pour les grandes installations (100 à 500 kW), soit 0,89 €²⁰¹⁴/Wc,
- 1,50 \$/W pour les sites résidentiels (moins de 10 kW), soit 1,07 €²⁰¹⁴/Wc.

Une étude de l'EPIA ^{xiii} prévoit une baisse de 50 % (au mieux) entre 2011 et 2020, soit $(1 - 0,5)^{1/9} \rightarrow -8\%$ /an.

Pour sa part, le SER (Syndicat des Énergies Renouvelables) propose l'évolution suivante ^{xv}.

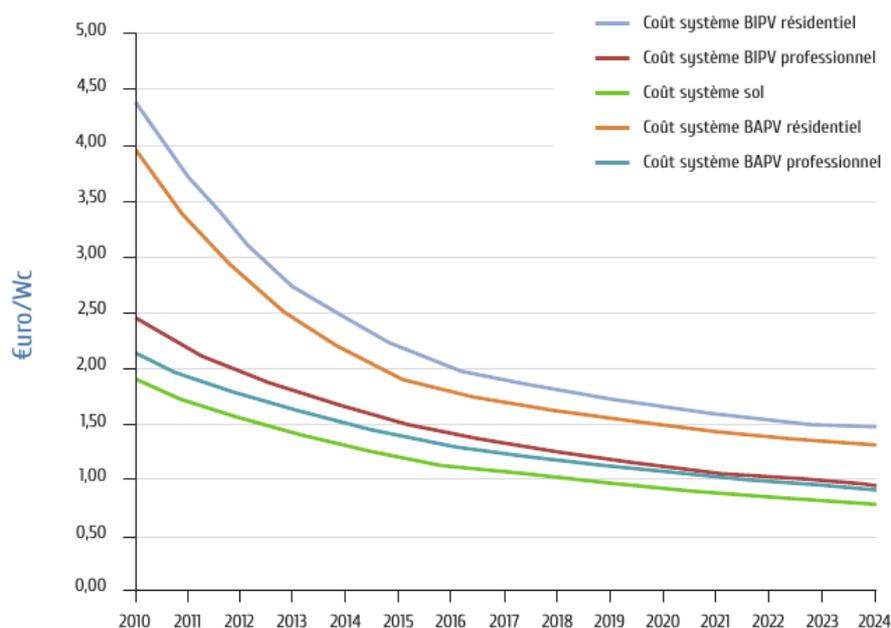


Figure 5 : Estimation du coût d'investissement (Capex, en €/Wc) d'un système photovoltaïque (matériel et installation) dans différentes configurations : en intégré au bâti (BIPV – Building-integrated photovoltaics), en surimposé (BAPV – Building-applied photovoltaics), et au sol)

(Source : SER, 2013)

soit une baisse approximative 40% de 2013 à 2020,
soit $(1 - 40\%)^{1/7} \rightarrow - 7\%/an$ pour les systèmes résidentiels et professionnels.

Toutefois, certaines hypothèses sont peut-être trop optimistes. Le SER reconduit en effet la baisse continue du prix des modules et suppose la levée, en France, de barrières administratives (complexité des permis et des dossiers de raccordement) génératrices de coûts et de délais.

D'autres études sont plus prudentes.

L'observation d'une forme de stabilisation des prix des gros systèmes pourrait être un indice d'une future stabilisation générale.

" Ces réductions de prix [des gros systèmes cristallins > 2 MW] ont considérablement ralenti sur la dernière année de la période analysée avec juste une baisse de 0,2 \$/W de 2011 à 2012 [...] De même, les gros systèmes mobiles ont baissé de 0,1 \$/W. "

traduit de Tracking the Sun ii :

" Those price reductions slowed considerably within the last year of the analysis period, with just a \$0.2/W decline from 2011 to 2012 (not unlike the \$0.3/W decline for >100 kW commercial systems shown earlier in the report in Figure 7). A similar pattern and magnitude of installed price declines is also observed among crystalline systems with tracking, for which the capacity-weighted average installed price fell by \$2.7/W over the entire historical period, but by only \$0.1/W from 2011 to 2012. "

3.b Les modules

L'étude IRENA xvii annonçait en 2010 une baisse qui s'est avérée plus rapide que prévue.

TABLE 5.1: CRYSTALLINE SILICON PV MODULE PRICES PROJECTIONS FOR EUROPEAN, NORTH AMERICAN AND JAPANESE MANUFACTURERS, 2010 TO 2015

High-cost producers	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Production scale (MW)	150	400	650	900	1 150	1 400
Polysilicon production (USD/W)	0.43	0.33	0.23	0.18	0.15	0.13
Silicon wafer production (USD/W)	0.46	0.37	0.33	0.29	0.27	0.25
Solar cell production (USD/W)	0.36	0.29	0.25	0.23	0.20	0.19
PV module production (USD/W)	0.50	0.42	0.37	0.33	0.31	0.29
Total PV module cost (USD/W)	1.75	1.41	1.18	1.03	0.93	0.85

Note: Production scale refers to the annual production capacity of a single manufacturing plant required to achieve the cost presented.

Source: Mehta and Maycock, 2010.

Conversion en €	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Total PV Module cost (€2010/Wc)	1,42	1,15	0,93	0,84	0,76	0,69
Prix constatés (€)			0,7	0,6		

Relevé de prix de modules en 2012 (IEA PVPS). On note un minimum à 0,4 €/Wc.

Table 13: Indicative Module Prices (in National Currency, EUR and USD per Watt) in Selected IEA PVPS Countries.

	Currency	National Currency	EUR	USD
Australia	AUD	0,9 - 1,8	0,72 - 1,45	0,93 - 1,86
Austria	EUR	0,8 - 3,8	0,8 - 3,8	1,0 - 4,9
Canada	CAD	1,15	0,9	1,15
China	CNY	4,5	0,56	0,71
Denmark	DKK	6-10,1	0,81 - 1,35	1,04 - 1,73
France	EUR	0,72	0,72	0,92
Germany	EUR	0,54 - 0,84	0,54 - 0,84	0,69 - 1,1
Israel	NIS	3,12 - 2,31	0,47 - 0,63	0,60 - 0,81
Italy	EUR	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7	0,64 - 0,90
Japan	JPY	290	2,8	3,6
Korea	KRW	1 000	0,69	0,89
Malaysia	MYR	4	1,02	1,31
Netherlands	EUR	1,04	1,04	1,33
Spain	EUR	0,4 - 1,0	0,4 - 1,0	0,52 - 1,3
Sweden	SEK	7 - 16,1	1,04 - 1,84	1,33 - 2,36
Switzerland	CHF	0,85 - 1,30	0,71 - 1,10	0,90 - 1,38
USA	USD	0,76	0,59	0,76

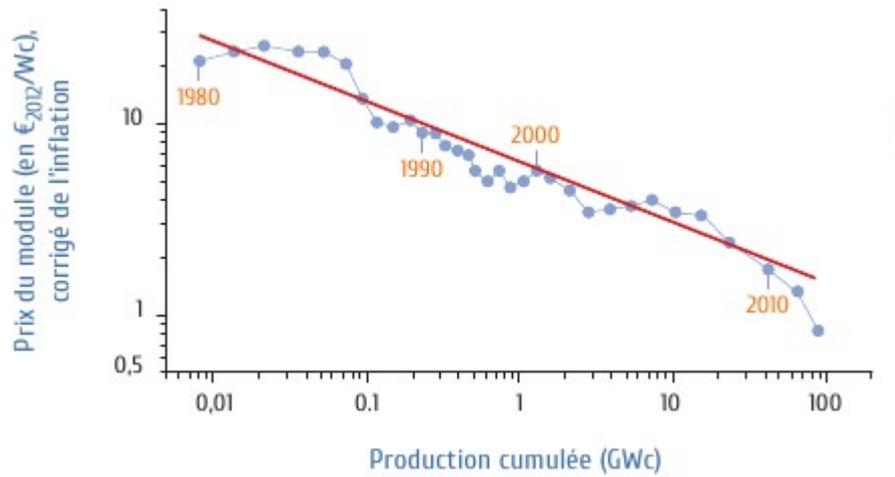
Note : Prices are averages considered during the year 2012 for different technologies and volumes. Lower and higher prices can have been found on the market due to commercial actions.

Le marché des modules PV est mondial c'est-à-dire que les barrières nationales n'ont plus beaucoup d'impact sur les prix. La mise en place de mesures incitatives pratiquée de manière coordonnée dans la plupart des pays industriels a entraîné un très fort accroissement des volumes fabriqués et une baisse des prix, mécaniquement.

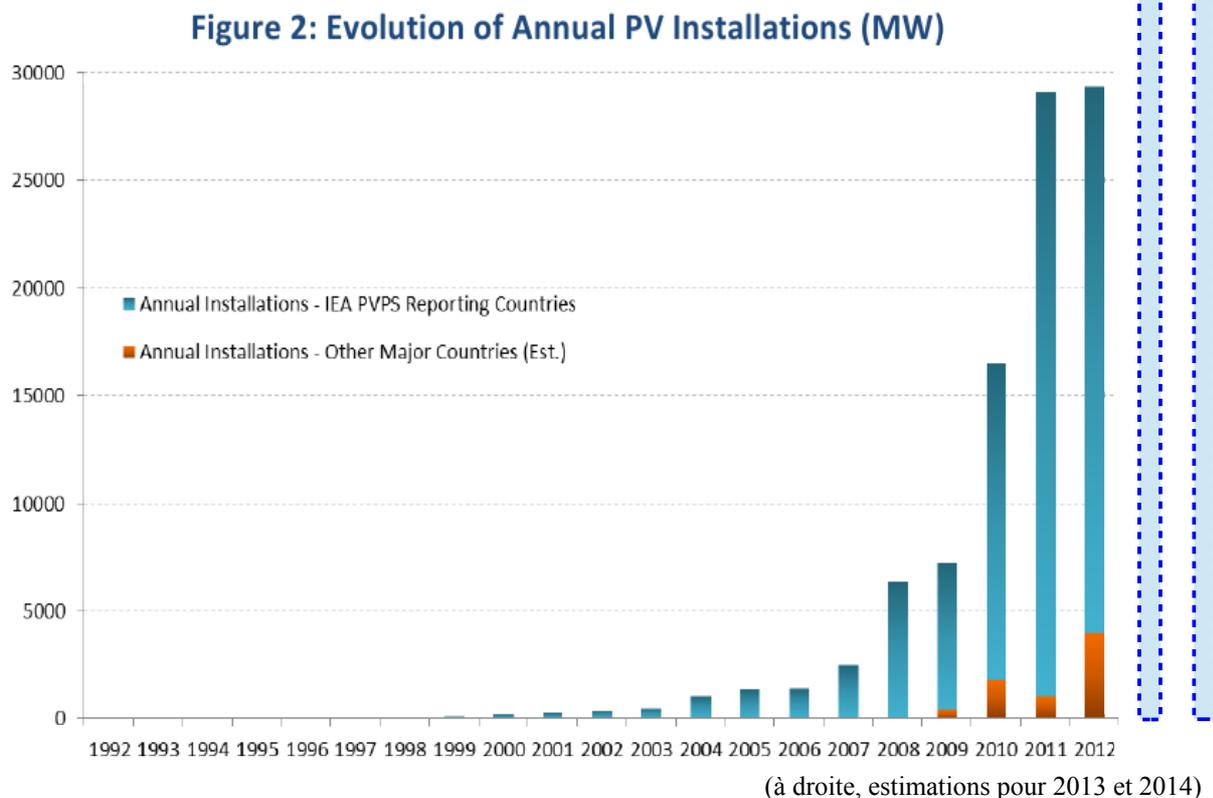
LE SER présente ainsi la notion de " courbe d'apprentissage " (xv) qui veut que chaque doublement des volumes fabriqués s'accompagne d'une réduction des prix de 20%.

" Afin de pouvoir modéliser convenablement cette diminution des coûts futurs, il nous faut introduire la notion de courbe d'apprentissage : celle-ci établit un lien entre le coût d'une technologie et ses volumes installés ou produits. L'analyse de la courbe d'apprentissage d'une technologie peut nous fournir une projection de son coût dans le futur. Pour l'industrie photovoltaïque, l'analyse de la courbe d'apprentissage depuis vingt ans montre une diminution de 20 % environ du coût du Wc à chaque doublement de la capacité mondiale de production de modules. "

Cette affirmation est à peu près vérifiable par le graphique suivant. On remarquera toutefois la forte plongée en 2011 et 2012 qui a surpris toute la filière.



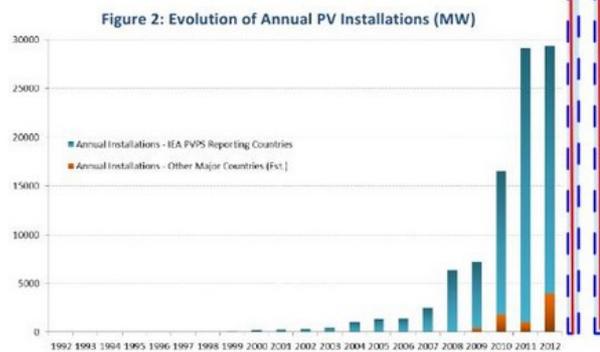
Faisons le rapprochement avec le graphique de la puissance installée annuellement :



qu'on peut compléter avec les estimations de volume indiquées ci-après:

" Plus de 35 GWc ont été installés à travers le monde en 2013 contre 31,2 GWc en 2012, selon le cabinet spécialisé IHS. Le photovoltaïque a ainsi représenté un marché de 83 milliards de dollars (61 milliards d'euros), une valeur en hausse de 7 % par rapport à 2012. Surtout, le centre de gravité du solaire s'est déplacé de l'Europe à l'Asie. La Chine devient ainsi le premier marché mondial avec plus de 8,6 GWc installés en 2013. Elle est talonnée par le Japon (6,3 GWc) et les États-Unis (4,2 à 5,5 GWc, selon les sources). Ex-leader, la locomotive allemande est passée de 7,6 GWc en 2012 à 3,3 GWc en 2013 et est désormais reléguée à la 4e place mondiale. En 2014, IHS prédit un marché encore en croissance situé entre 40 et 45 GWc. " <http://www.ihs.com/>

On reporte sur le graphique précédent les volumes qu'il faudrait atteindre (traits rouges) pour espérer une baisse de prix des modules conforme à la courbe d'apprentissage évoquée ci-dessus, soit 20% / an, à partir de 2012.



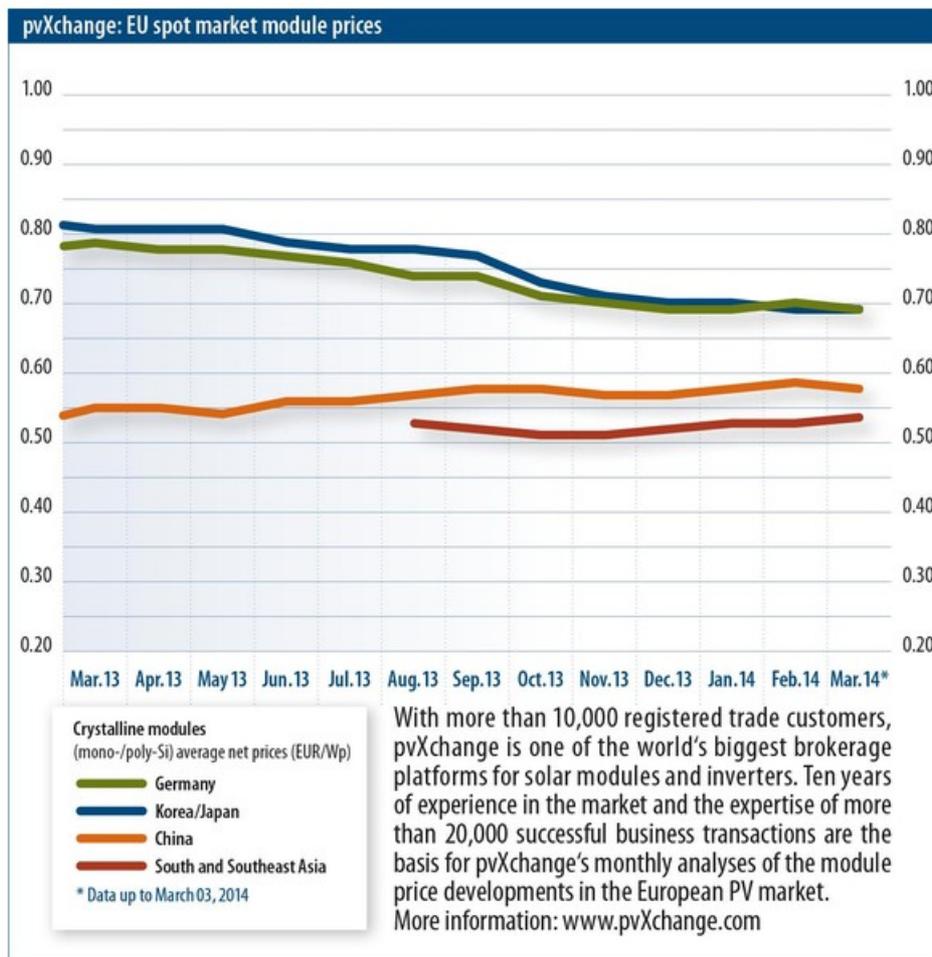
Les volumes anticipés pour 2013 et 2014 (pointillés bleus) étant largement inférieurs aux niveaux nécessaires (traits rouges), la probabilité d'une baisse de prix de 20%/an s'éloigne fortement, selon cette loi d'apprentissage.

Par ailleurs, la " loi d'apprentissage ", de nature technico-économique, est aujourd'hui en butte avec une décision politico-économique de l'Europe d'anti-dumping sur les modules chinois ^{vii}.

L'accord [de juillet 2013] fixe à 56 centimes d'euros par watt le prix minimum de vente des panneaux.

A compter du 6 décembre 2013, une surtaxe de 47,6% [ou plus] sera appliquée sur les panneaux photovoltaïques chinois provenant d'industriels ne respectant pas l'accord passé entre l'Union Européenne et la Chine au mois de Juillet.

La tendance est confirmée par l'index PV Magazine (prix de fabricants HT) ^{viii}.

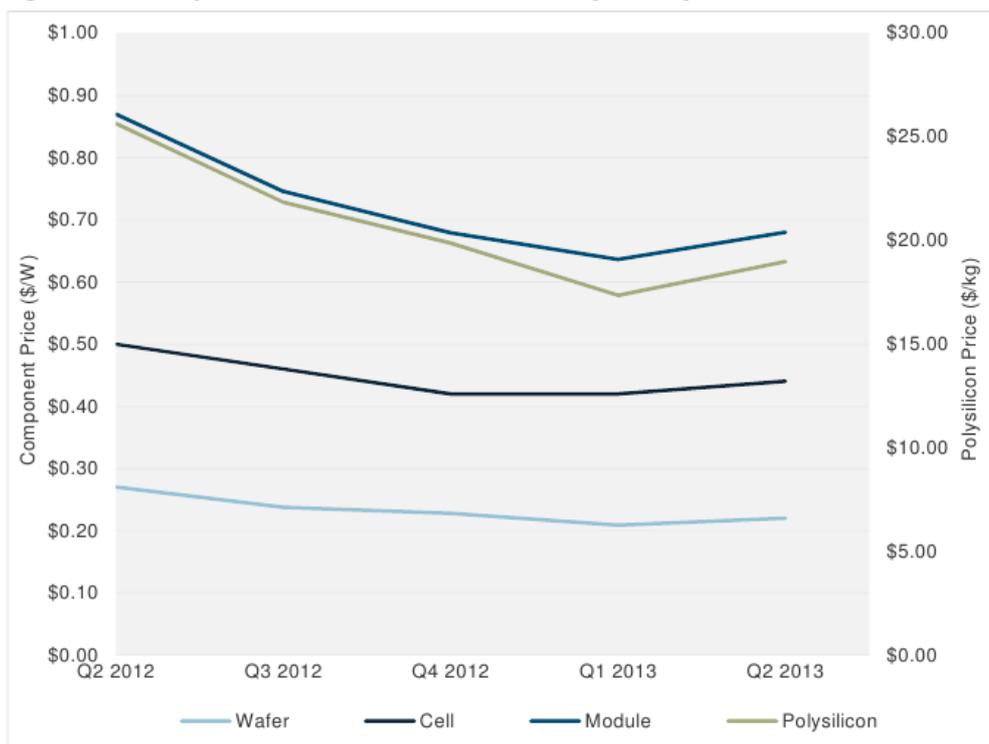


Une augmentation est même observée aux USA ^{ix} :

" Pricing for polysilicon and PV components increased for the first time in more than two years in Q2 2013 due to strong demand pick-up from Japan, the EU, and China and a more consolidated supply chain. "

L'explication donnée ci-dessus par l'auteur du SEIA semble toutefois ne pas prendre en compte que le gouvernement US a mis en place des mesures anti-dumping fin 2012 ^x. La hausse des prix s'explique ainsi encore mieux.

Figure 2.9 U.S. Polysilicon, Wafer, Cell, and Module Prices, Q2 2012-Q2 2013



En conclusion partielle, le prix des modules en Europe est dorénavant sous contrôle.

3.c Les onduleurs

Selon les segments de marché, les diminutions de coût de l'onduleur pourraient aller de 35 à 50 %. Pour sa part, IRENA estime que l'ensemble des innovations associées aux onduleurs devrait permettre de diviser par deux le coût de ce poste à l'horizon 2020.

L'étude Irena précise toutefois:

" Also important for both inverters and micro- inverters are efforts to increase the lifetime from today's 5-10 years which is significantly shorter than the lifetime of the PV system life. All of these efforts are projected to halve inverter costs by 2020 (Mott MacDonald, 2011) . "

" In the short-term, this could lead to higher inverter prices, but a lower LCOE for PV systems. However, it is likely that the incremental gains in inverter life should be able to be achieved at modest cost and the overall downward trend in inverter costs will continue. "

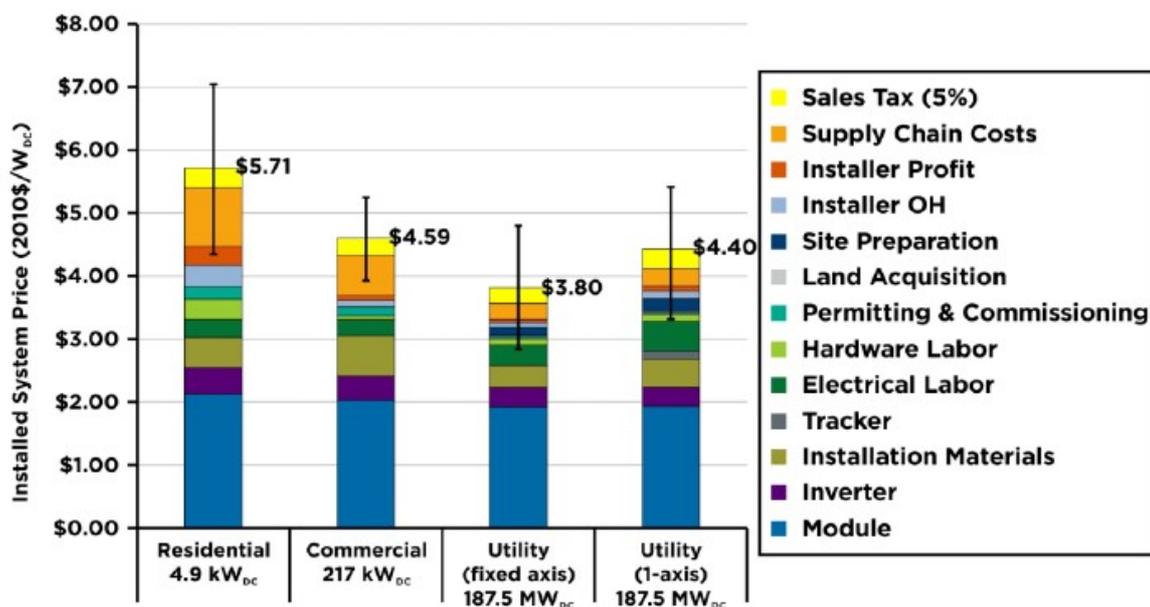
Une baisse de prix de 40 % en 7 ans est un bon compromis:

soit $(1 - 40\%)^{1/7} \rightarrow \text{env. } -7 \text{ \%/an.}$

3.d Les coûts annexes ou Balance of System (BoS)

Étude SunShot ^{xi}

Figure 4-4. Benchmarked 2010 Installed PV System Prices with Uncertainty Ranges for Multiple Sectors and System Configurations with Three Standard Deviation Confidence Intervals Based on Monte Carlo Analysis⁴²



Source: Goodrich et al. (2012)

Le Rocky Mountain Institute ^{xii} présente des possibilités de réduction des coûts annexes.

Les coûts annexes sont tous les coûts d'un site hors panneaux de production.

Le coût d'un site de moins de 10 kW est en moyenne de 4,9 \$/W aux USA et de 2,2 \$/W en Allemagne.

L'écart de coût entre les installateurs US les 10 % moins cher et 10 % les plus chers est de 0,5 \$/W.

Les écarts de salaires entre les USA et l'Allemagne justifient faiblement les écarts de coûts d'installation.

Les coûts d'installation (transport, préparation, montage, câblage, temps morts) sont de 0,2 \$/W en Allemagne et de 0,5 \$/W aux USA.

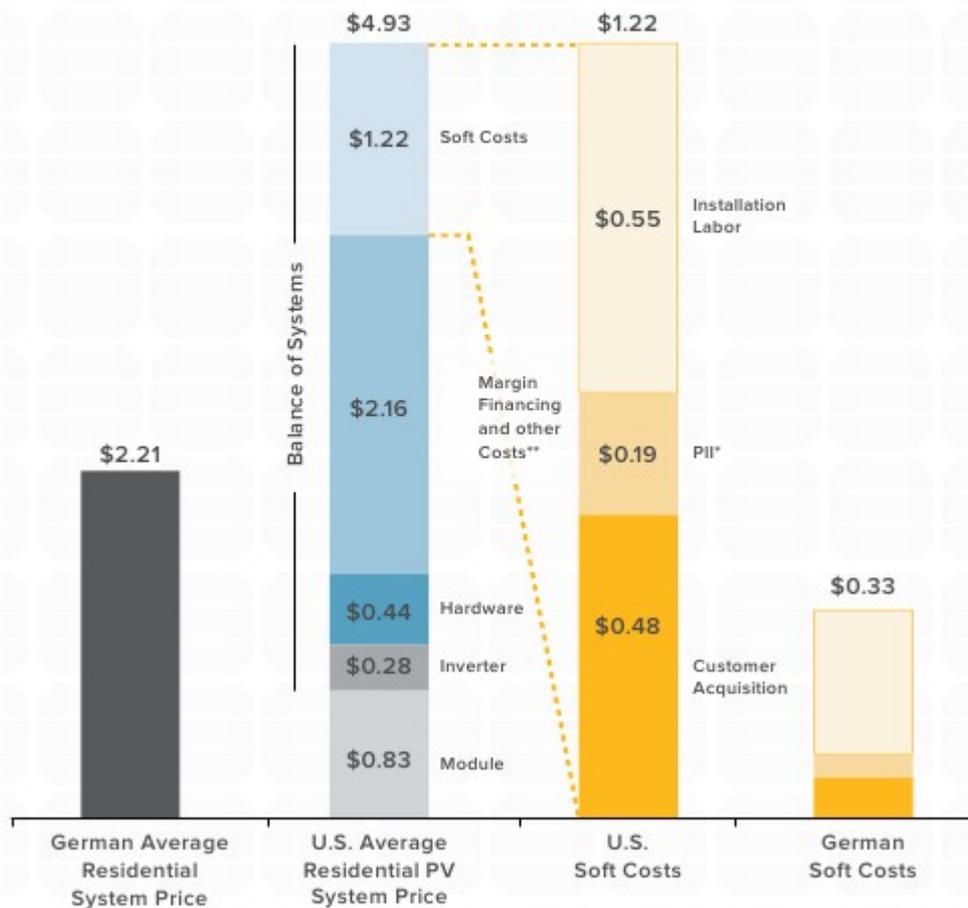
Une partie du surcoût provient des différences entre les toits US et allemands (plus simples et standards en Allemagne).

L'analyse montre qu'un objectif de réduction 0,3 \$/W est accessible principalement par l'amélioration de l'organisation du travail.

La différence la plus importante apparaît dans les matériels de fixation (0,5 \$/W vs 0,25 \$/W).

FIGURE 1: SOLAR PV COSTS IN THE U.S. AND GERMANY

SOFT COSTS ARE THE MAJOR DRIVER OF COST DIFFERENCES BETWEEN THE U.S. AND GERMANY



*Permitting, inspection, and interconnection costs

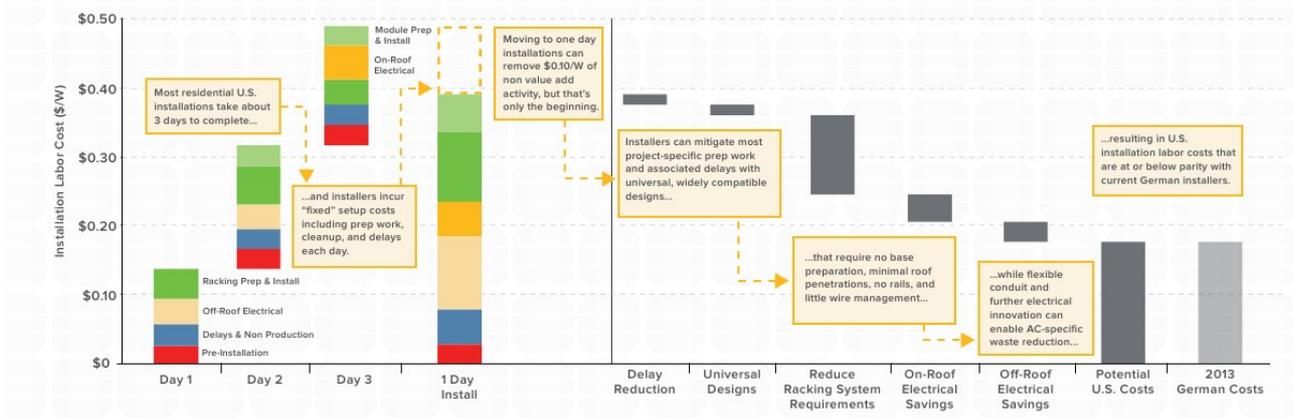
** Includes installer and integrator margin, legal fees, professional fees, financing transactional costs, O&M costs, production guarantees, reserves, and warranty costs.

Remarque: Les analystes s'intéressent principalement aux économies possibles de la partie " Soft cost " car c'est la partie la plus accessible, la plus facilement comparable (benchmark) **alors que la partie " Margin, Financing " est moins lisible et pourtant plus coûteuse.**

Les économies potentielles sont dans :

- installation en 1 jour au lieu de 3 (pour des sites résidentiels de moins de 10 kW),
- la standardisation des accessoires de montage (visserie, raccords, supports, ...),
- conception améliorée des châssis (tout-en-un, supports universels, sans-rail, ...),
- la simplification du câblage sur la partie AC.

FIGURE 4: PATHWAY TO ACHIEVING GERMAN INSTALLATION LABOR COSTS IN THE U.S.



Ce qui est confirmé par le rapport Irena xvii

"Les économies dans la structure des systèmes PV, y compris la réduction de taille des éléments de structure, pourraient atteindre 40% du total des réductions des coûts annexes envisagés. [...]"

L'automatisation de procédures, un haut niveau de standardisation et le recours important au pré-assemblage de pièces devraient également permettre d'obtenir une diminution du coût d'installation de l'ordre de 30 % . "

extrait de :

" [...] Technological developments to optimise physical design and reduce BOS costs are still possible. There are many possible design strategies, but further work will be required to identify what combination of approaches is optimal in different circumstances and markets. This is an area of debate in the industry (Bony, 2010 and Newman, 2011). The most important factors to reduce BOS and installation costs are outlined below. These factors together could result in BOS and installation cost reductions similar to those for PV modules.

[...] Structural system improvements include downsizing of the structural components. This could yield up to 40% of the BOS cost reductions. Efficient designs to minimise the impact of wind loads could result in significant reduction in the structural costs by allowing lighter, cheaper structures (Bony, 2010).

Installation costs can be reduced with continued experience, increased market scale and competition.

Process automation and high-level pre-assembly and standardisation could reduce labour costs for installation by up to 30% (Bony, 2010). Standardisation and economies of scale will help reduce component costs by high volume manufacturing of BOS components. The potential cost reduction is large, as most BOS component manufacturers today are small companies. Large companies are pursuing important economies of scale strategies to remain competitive. (Bony, 2010). "

4 Évolution envisageable des prix de l'électricité du réseau

Évolution prévue des prix de l'électricité ^{xiii}:

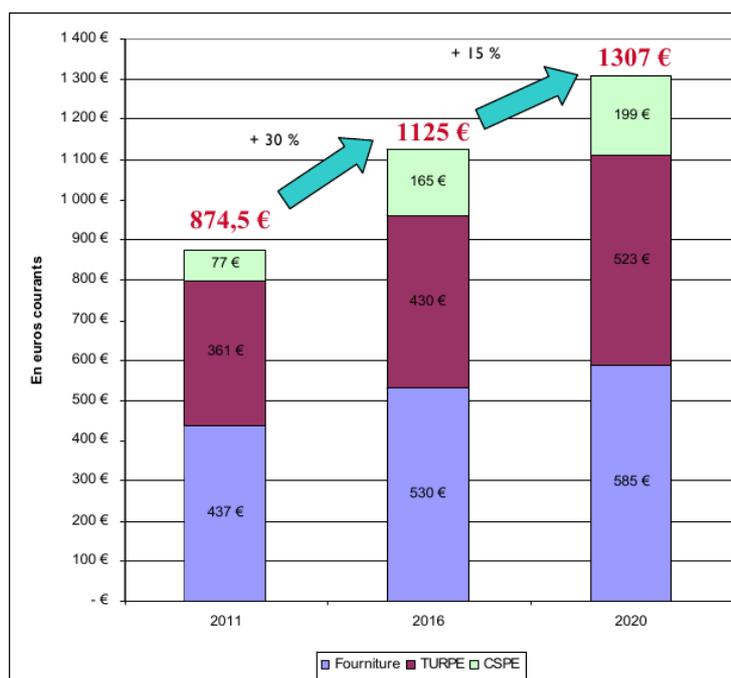
	Residential			Commercial			Industrial			All
	CAGR 2000-2007	CAGR 2008-2010	Forecast CAGR 2011-2020	CAGR 2005-2007	CAGR 2008-2010	Forecast CAGR 2011-2020	CAGR 2005-2007	CAGR 2008-2010	Forecast CAGR 2011-2020	Long-term growth 2020-2055
France	0.4%	1.8%	5.4%	1.2%	5.1%	3.5%	0.8%	9.9%	3.5%	2%
Germany	3.6%	5.2%	3%	5%	2.3%	3%	8.9%	1.8%	2.5%	2%
Italy	2.2%	-1.6%	3%	11.5%	1.4%	3%	8.9%	-1.5%	3%	2%
Spain	1.7%	12.5%	5%	8.4%	9.2%	5%	8.1%	5.2%	3%	2%
United Kingdom	2.5%	-2.5%	2%	12.3%	2.4%	5%	34.6%	-0.3%	5%	2%
EU 27	2.6%	2.9%	3%	5.5%	3.1%	3.5%	9.1%	2%	3.5%	2%

Table 3 - Yearly retail electricity prices increase

CAGR: Compound Annual Growth Rate

Un rapport du Sénat ^{xiv} prévoit 49% d'augmentation entre 2011 et 2020, soit $1,49^{1/9} \rightarrow 4,5\%/an$.

Évolution de la facture annuelle d'électricité, selon la CRE, d'un ménage type entre 2011, 2016 et 2020 (Hors taxes mais CSPE comprise)



Source : CRE, graphique Sénat

Évolution de la facture annuelle d'électricité d'un ménage type ayant souscrit l'option heures pleines – heures creuses consommant 8,5 MWh par an (et donc a priori équipé d'un chauffage électrique).

Ces projections sont réalisées à législation constante, sans modification des comportements de consommation et sur la base des hypothèses suivantes :

- la part fourniture comprend l'ARENH, la part marché et les coûts commerciaux ;
- le prix de l'ARENH et le prix de marché de base évoluent en fonction de l'inflation ;
- le TURPE évolue de 2 % par an hors inflation jusqu'en 2016 puis de 3 % hors inflation ;
- l'évolution de la CSPE résulte de l'atteinte des objectifs de programmation pluriannuelle des investissements en matière de développement des énergies renouvelables à l'horizon 2020 ;
- l'inflation est de 2 % par an.

5 Perspectives de parité réseau et d'autoconsommation en France

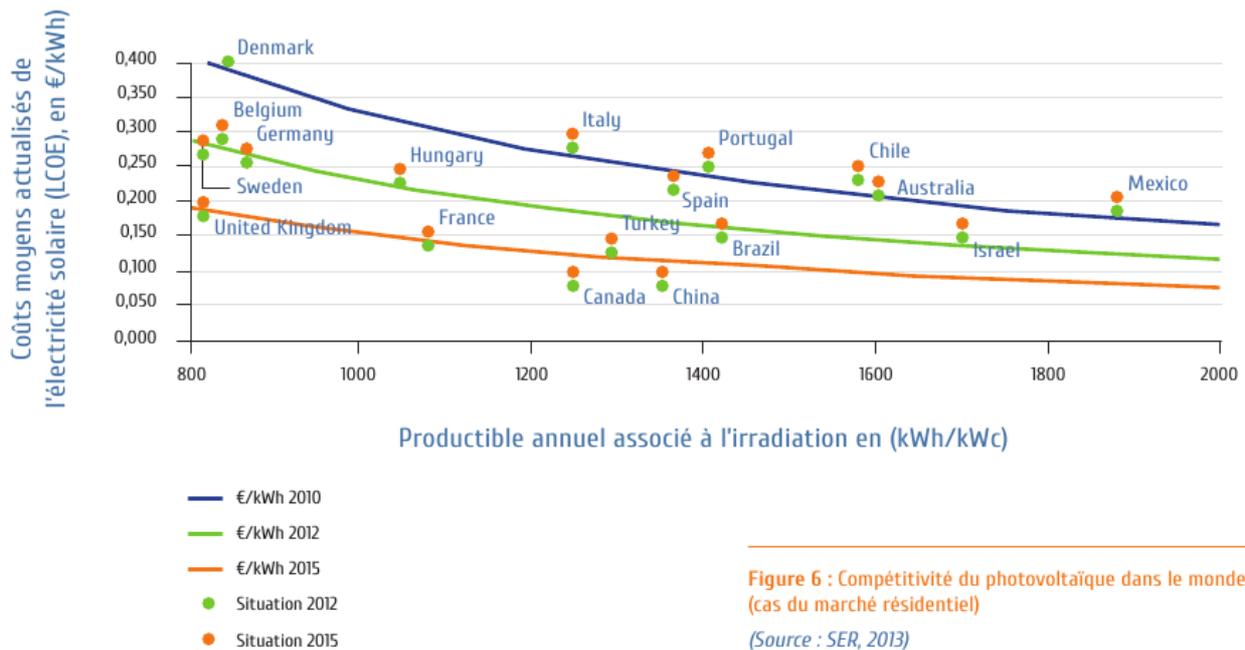
La " parité réseau " est le fait que le coût moyen actualisé du kWh électrique PV soit égal au prix payé à un fournisseur local conventionnel. L'éventualité de cette parité réseau a fait l'objet d'une étude de l'EPIA ^{xiii}, un organe représentatif de la filière industrielle PV en Europe.

" ... En intégrant l'ensemble des potentiels de baisse sur chacun des postes d'investissement d'une installation photovoltaïque, le SER estime que la compétitivité du solaire photovoltaïque sera atteinte entre 2013 et 2020 selon les segments de marché mentionnés ci-dessus. ... " ^{xv}

" [Les] politiques de soutien à la filière ont fait décoller le marché photovoltaïque mondial permettant à la capacité photovoltaïque installée de passer de moins de 300 MW en 2000 à près de 100 000 MW en 2012 avec une diminution du coût des modules qui est passé sous le seuil de 1 \$/Wc. "

Positionnement relatif des prix de l'électricité par pays selon l'irradiation :

Le graphique ci-dessous illustre l'atteinte de la compétitivité « consommateur » dans différentes parties du monde. Les courbes représentent le coût moyen actualisé d'un kWh photovoltaïque en fonction de l'ensoleillement pour les années 2010, 2011 et 2012. Les points représentent le prix de l'électricité dans divers pays.



Perspectives de coût moyen actualisé (LCOE)

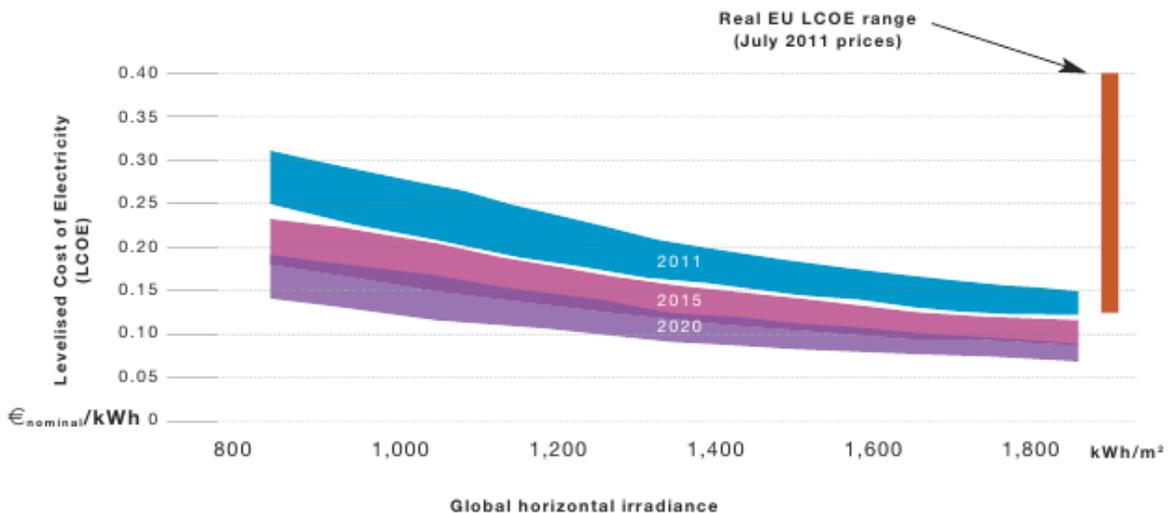


Figure 9 - European PV LCOE range projection

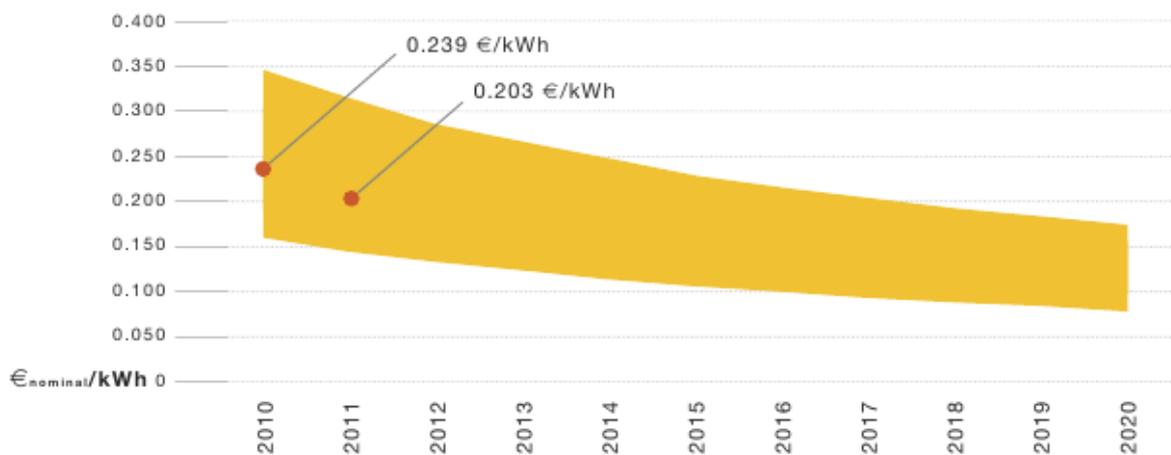


Figure 7 - European PV LCOE range projection 2010-2020

Table 4-1. Assumptions for LCOE Calculations

PV Performance and O&M Costs (2010\$)	Residential		Commercial		Utility	
	2010	SunShot	2010	SunShot	2010	SunShot
	Actual	Proj.	Actual	Proj.	Actual	Proj.
System Lifetime (Years)	30	30	30	30	30	30
Annual Degradation (%)	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%
Inverter Replacement Price (\$/W, at time of replacement)	\$0.25	\$0.12	\$0.20	\$0.11	\$0.17	\$0.10
Inverter Replacement Labor^a (\$/inverter, at time of replacement)	\$600	\$600	\$3,000	\$3,000	\$1,000	\$1,000
Inverter Lifetime (Years)	10	20	15	20	15	20
O&M Expenses (\$/kW-yr)	\$32.8	\$10.0	\$23.5 ^d	\$7.5	19.93 ^e	\$6.5
Pre-Inverter Derate^b (%)	90.0%	93.0%	90.5%	93.5%	90.5%	93.5%
Inverter Efficiency^c (%)	94.0%	97.0%	95.0%	98.0%	96.0%	98.0%
System Size (kW-DC)	5.0	7.5	200	300	20,000	30,000

^a Residential and commercial values for inverter replacement labor costs are based on a 2009 estimate from Standard Solar. Estimates of residential and commercial values for inverter replacement labor costs are also provided by Standard Solar. The utility value is discounted from commercial inverter replacement labor costs due to ground, rather than rooftop, location.

^b Includes losses in wiring, soiling, connections, and system mismatch.

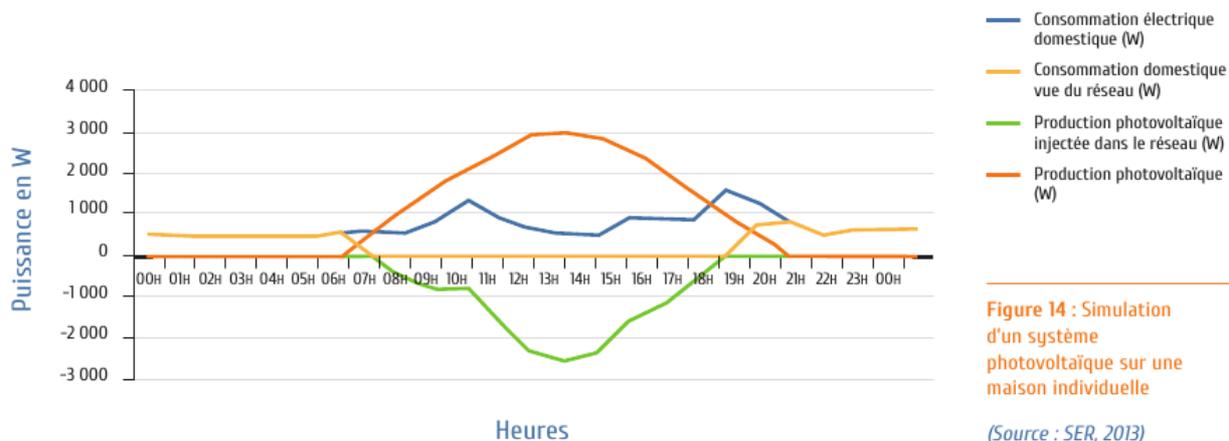
^c 2010 inverter efficiencies for residential, commercial, and utility systems are based on data from the California Energy Commission, available at www.gosolarcalifornia.org/equipment/inverters.php.

^d Based on LBNL (Lawrence Berkeley National Laboratory) (2009). Internal survey of commercial rooftop O&M costs.

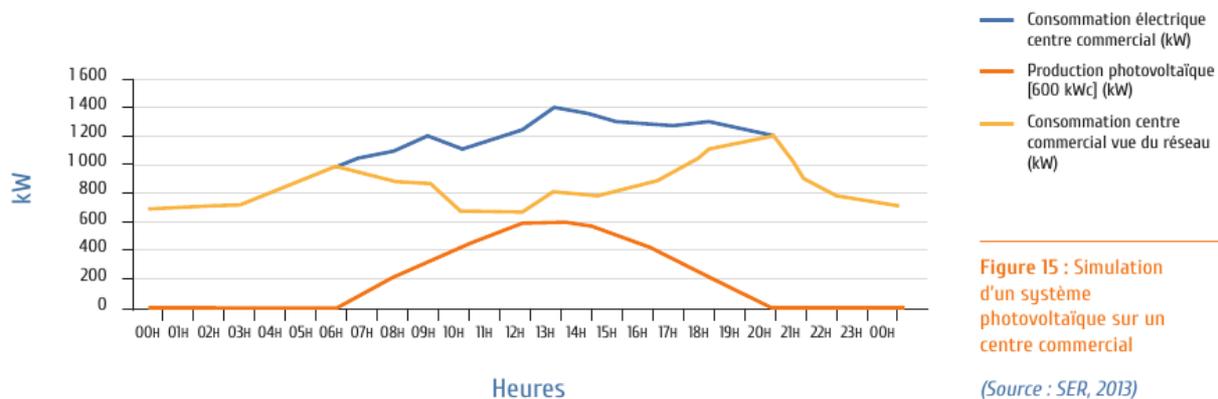
^e Based on average O&M costs at Arizona Public Service's 1-axis tracking PV installations, available at www.resourcesaver.org/ewebeditpro/items/O63F5452.pdf.

L'étude du SER produit ces graphiques ^{xv} :

Exemple d'une installation photovoltaïque installée sur une maison



Exemple d'une installation photovoltaïque installée sur un centre commercial



6 *Compilation d'informations sur les distorsions de concurrence en France*

Nous disposons d'un nombre croissants d'indices selon lesquels le prix des systèmes PV complets pratiqués en France sont excessifs, c'est-à-dire trop au delà du coût de revient direct.

Aucune étude fine ciblant spécifiquement le marché français n'a semble-t-il été publiée sur le sujet mais nous disposons d'études et de synthèses réalisées au niveau européen ou américain et nous verrons que la transposition est aisée sur la France.

6.a L'alerte des industriels du PV européens

En premier lieu, l'étude EPIA ^{xiii}

*" La baisse de prix des systèmes et celle induite des coûts de production électrique est possible au moyen de mécanismes de marché et technologiques combinés. **Mais, dans certains marchés nationaux des distorsions de marché maintiennent les prix artificiellement élevés** [NDLR: l'étude concerne Allemagne, Italie, Royaume-Uni, Italie, France]. Afin d'éliminer ces facteurs de distorsion et atteindre une complète parité-réseau du PV, et aussi afin d'amplifier la confiance des investisseurs dans la technologie PV, un appui politique des mesures suivante sera essentiel:*

[...]

- *Le développement du marché doit avoir lieu dans tous les pays et tous les segments du marché. Ceci induira le développement d'un réseau dense d'installateurs expérimentés et agréés ce qui baissera le coût d'installation et de montage, générera des marges modérées et pérennes pour tous les acteurs de la filière PV et accélérera la baisse des coûts par effet d'échelle et de courbe d'apprentissage.*
- *Les aides diverses (y compris les tarifs d'achat obligatoire) ont besoin d'être révisées sur une base saine pour éviter de fausser le marché. Les profits peuvent être atteints sur une base saine et les soutiens ajustés en conséquence. "*

traduit de:

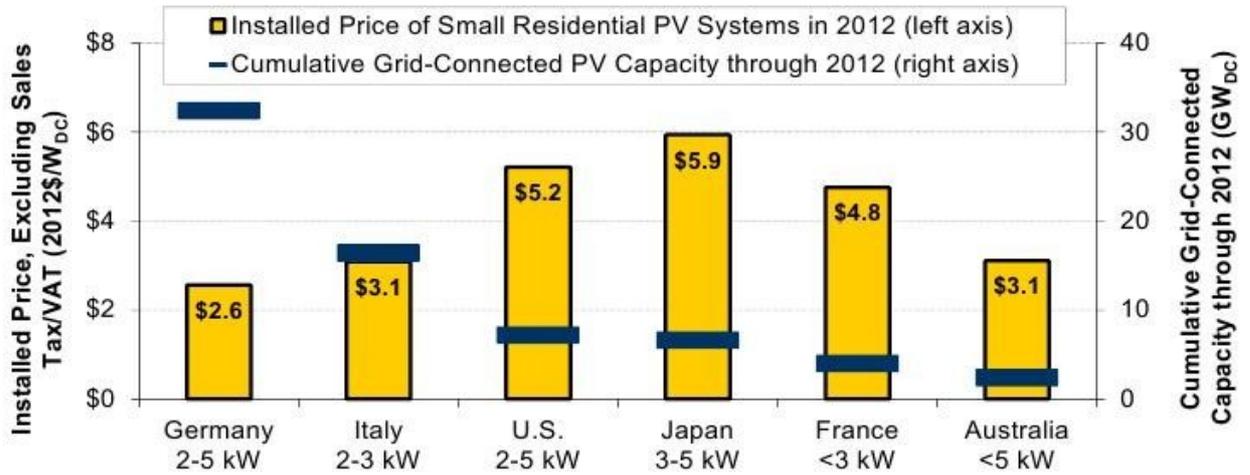
" The decreases in system prices and accordingly in generation costs are feasible from a combined technological and market deployment point of view. But in some countries market distortions keep PV system prices artificially high. In order to remove those distorting factors and achieve full PV competitiveness, and also to boost investors' confidence in PV technology, political commitment to the following priorities is essential:

[...]

- Market development must occur in all countries and all market segments. This will trigger the development of a dense network of trained and certified installers which will decrease the cost of installation and construction, create sustainable and competitive margins for all players in the PV industry and accelerate cost decrease because of scaling and learning effects.
- Support schemes (including FiTs) need to be adapted on a regular basis to avoid market disturbance. Profitability can be assessed on a regular basis and support schemes adapted accordingly. "

6.b La non-incidence du prix local de l'électricité et du parc installé

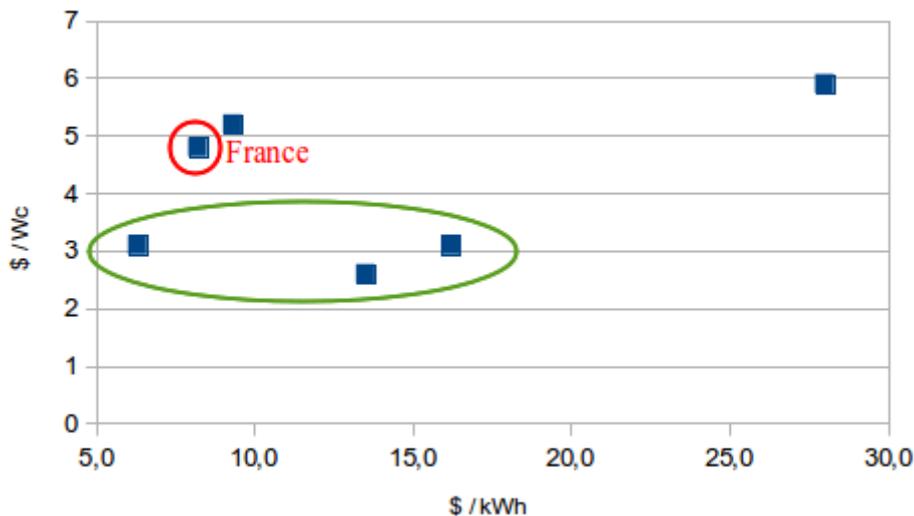
On pourrait s'attendre à ce que les prix au Wc baissent en conséquence d'un marché suffisamment puissant (effet de volume) ou bien lorsque le prix local de l'électricité est bas (effet de compétition). Il n'en est rien.



(*1)	13,5	16,2	9,3	28,0	8,2	6,3
------	------	------	-----	------	-----	-----

(*1) : Prix de l'électricité par pays pour l'industrie en 2009 (\$/kWh) ^{xvi xxiii}

Non corrélation des prix du Wc et de l'électricité



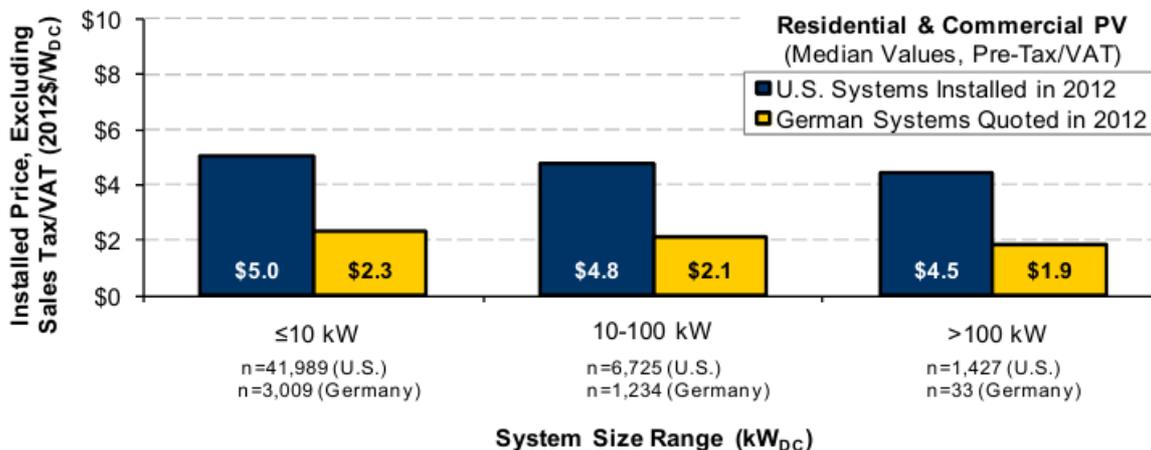
La tentative de mise en relation des prix du Wc et de l'électricité issue du réseau local montre qu'il n'y a pas de corrélation. Autrement dit, ni un prix bas, ni un prix élevé de l'électricité du réseau ne sont un obstacle pour un prix du Wc faible.

Par ailleurs, le graphique montre aussi qu'il n'y a pas de corrélation forte entre le prix du Wc et le

parc installé (cf Australia à 3,1 \$/Wc versus 2 GW installés et Italy à 3,1 \$/Wc versus 8 GW installés).

6.c Des écarts persistants suivant la taille des installations

Le même type d'écart apparaît entre les prix allemands, US et français selon la taille des installations.



Notes: This figure relies upon price quotes for individual German PV systems obtained by EuPD through its quarterly survey of German installers and provided to LBNL (EuPD 2013).

Figure 13. Installed Price of Residential & Commercial U.S. PV Systems Installed in 2012 and German Systems Quoted in 2012 (Pre-Sales Tax/VAT)

Prix en France (\$2012)	4,8	2,73	2,6
-------------------------	-----	------	-----

On peut noter que:

- la baisse de prix en fonction de la taille est nettement plus prononcée en France (-45% de < 10 kW à >100 kW) qu'en Allemagne (-17%) et aux USA (-10%),
- le prix d'un gros système (> 100 kW) en France reste supérieur à celui d'un petit système (< 10 kW) en Allemagne. Les interrogations s'accroissent ...

6.d L'impact à la hausse pour les clients exemptés de taxes

L'étude " Tracking the Sun " (ii) établit que les prix sont plus élevés de 0,3 à 0,8 \$/W dans les États où des exonérations de taxes ont été promulguées.

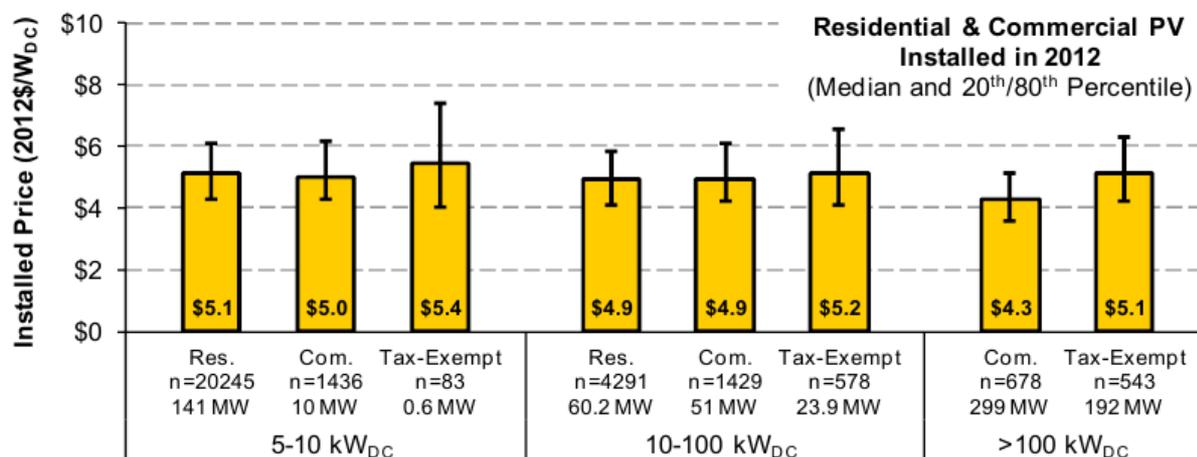


Figure 27. Installed Price Variation across Host Customer Sectors

Table 7. Median Installed Price by Host Customer Sector over Time (2012\$/W)

Installation Year	5-10 kW			10-100 kW			>100 kW	
	Residential	Commercial	Tax-Exempt	Residential	Commercial	Tax-Exempt	Commercial	Tax-Exempt
2008	\$8.4 (n=3771)	\$8.7 (n=166)	\$8.4 (n=50)	\$8.2 (n=708)	\$8.2 (n=374)	\$8.5 (n=130)	\$7.4 (n=254)	\$9.4 (n=60)
2009	\$7.9 (n=8509)	\$8.5 (n=218)	\$8.6 (n=53)	\$7.8 (n=1569)	\$8.2 (n=609)	\$8.4 (n=175)	\$7.5 (n=189)	\$7.9 (n=109)
2010	\$6.7 (n=14231)	\$6.8 (n=321)	\$6.9 (n=70)	\$6.6 (n=3062)	\$6.7 (n=1040)	\$7.0 (n=440)	\$5.7 (n=289)	\$5.9 (n=146)
2011	\$5.9 (n=15912)	\$5.7 (n=440)	\$5.8 (n=92)	\$5.7 (n=3367)	\$5.8 (n=1189)	\$5.7 (n=604)	\$4.8 (n=520)	\$5.3 (n=369)
2012	\$5.1 (n=20245)	\$5.0 (n=1436)	\$5.4 (n=83)	\$4.9 (n=4291)	\$4.9 (n=1429)	\$5.2 (n=578)	\$4.3 (n=678)	\$5.1 (n=543)

6.e Des méthodes de fixation des prix non-concurrentielles

Les écarts de prix d'un pays à l'autre peuvent être expliqués au moins en partie par des particularités locales: types de toiture, politiques d'incitation, normes électriques, coûts de la main d'oeuvre, réglementations de raccordement, mais ces particularités n'expliquent pas tout.

Les analystes en viennent donc à chercher les causes dans les mécanismes de fixation du prix du marché.

" On estime que les différences de prix constatés d'un État à l'autre [NDLR: américain] sont principalement dues à des dynamiques de fixation des prix par la " valeur de marché " différentes selon les États. La fixation de prix par la " valeur sur le marché " est une pratique courante aux USA où la majorité des petits systèmes PV sont vendus en crédit-bail ou par des contrats d'achat d'énergie soutenus par une politique d'exonération de taxes fédérales transférables [au client]. Au

lieu de fixer un prix par un coût de revient direct augmenté d'une marge commerciale, comme c'est le cas dans les industries matures, les installateurs adaptent leurs [offres] de telle sorte que le client économise 5 à 25% sur sa facture d'électricité. "

traduit de :

"Any differences in actual hardware costs across countries, it is hypothesized, are attributable mainly to value-based pricing dynamics in markets across the U.S. Value-based pricing is a common practice in the U.S., where a majority of small PV systems are sold as leases or power purchase agreements supported by transferable federal tax incentives. Instead of pricing systems in terms of expenses plus margin, as is typically performed in other mature construction industries, installers will adjust system pricing and lease/power purchase agreement contracts in order to produce a custom value proposition wherein customers save 5–25% on their electricity bills from the first day their solar system is activated. "

" Par exemple, [...] le prix des installations peut être plus élevé si les installateurs ont la possibilité de facturer une " valeur de marché " (c'est-à-dire le prix fondé sur la valeur attribuée au système par le client plutôt que fondé sur le coût de revient du système). "

traduit de:

"For example, states with less competition among installers, higher incentives, and/or higher electricity rates for net metering may have higher installed prices if installers are able to "value-price" their systems (i.e., price their systems based on the value they provide to the customer, rather than based on the cost borne by the installer). "

" Les différences de prix des systèmes PV dans les différents pays peuvent aussi dépendre de mesures incitatives qui ne sont pas assez rapidement adaptées aux réductions de coûts du matériel PV. [...] installateurs et promoteurs peuvent maintenir des prix élevés et en tirer des profits importants. Ainsi, les prix des systèmes PV peuvent être plus élevés dans les pays où les subventions sont élevées. "

traduit de ^{xvii} :

" An important point is that, although this paper tries to examine costs, strictly speaking, the data available are actually prices, and not even true market average prices, but price indicators. The difference between costs and prices is determined by the amount above, or below, the normal profit that would be seen in a competitive market. The rapid growth of renewables markets from a small base means that the market for renewable power generation technologies is rarely well-balanced. As a result, prices can rise significantly above costs in the short-term if supply is not expanding as fast as demand, while in times of excess supply, prices may be too low to earn a normal return on capital and losses can occur if prices are below production costs. "

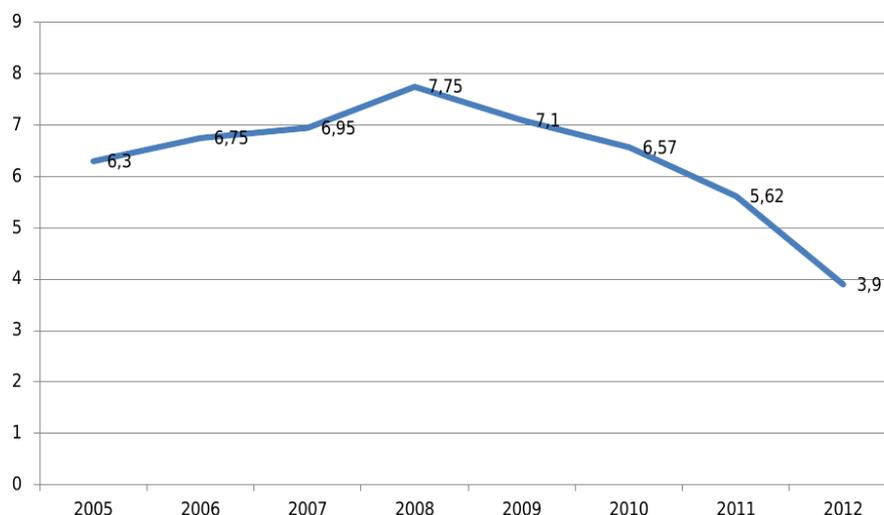
" The differences in the prices of PV systems in different countries can also depend on incentive schemes that are not sufficiently reactive to PV cost reductions. If incentives are not regularly realigned with declining PV manufacturing costs, installers and promoters can maintain high prices and achieve higher margins. Thus, PV system prices can be higher in countries with higher solar subsidies. "

6.f Une confirmation directe que le marché français est faussé

L'étude ObservER ^{xviii} est l'une des rares disponibles ayant mis l'accent sur le marché français. Elle corrobore les observations faites aux USA.

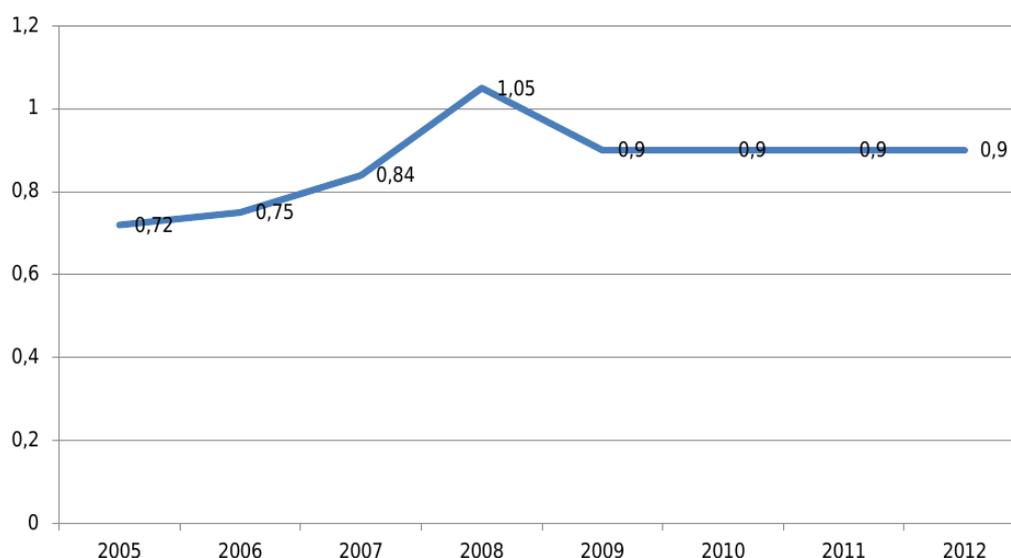
Evolution du prix du matériel

Evolution du coût moyen du matériel PV pour une installation de 3 kWc en € HT par Wc



Evolution du prix de la pose

Evolution du coût moyen de la pose PV pour une installation de 3 kWc en € HT par Wc



On observe que les coûts de pose ont augmenté pendant la période la période relativement fastueuse 2005 - 2008 alors que la loi de " courbe d'apprentissage " aurait dû conduire au contraire à une baisse au fur et à mesure de l'expérience acquise et de l'augmentation des surfaces posées. La

constance des prix de pose depuis 2009 n'est guère mieux justifiée.

Rappelons qu'aux USA, pays où les prix sont élevés aussi, les coûts de pose ont diminué à partir de 2009.

Nous pouvons déduire du dernier graphique que le prix de pose d'un système ne peut pas excéder 0,7 € HT/Wc pour des systèmes au delà de 3 kWc et devrait même être minoré pour tenir compte de l'expérience acquise et que les volumes ont augmenté depuis 2005.

Une autre étude conduite par le bureau Cythélia critique explicitement le comportement économique des acteurs français (l'échelle de prix est toutefois décalée vers le haut, bizarrement).

" Ecart avec un prix optimum de référence

Plusieurs acteurs du secteur (bureaux d'études, association de promotion, etc.) mettent en avant le fait que malgré les diminutions de prix de marché, les prix moyens pratiqués sont encore trop élevés par rapport à un prix « optimum de référence ». Cette notion de prix « optimum de référence » exprime le prix d'une installation complète et posée qui serait au plus près de l'évolution constatée des coûts de matériel (panneaux, onduleur, etc.).

Pour la période du troisième trimestre 2012, le bureau d'études CYTHELIA évalue ce prix « optimum de référence » aux environs de 3,4 € HT le Wc (installé et raccordé) pour une installation d'une puissance de 3 kWc.

Avec un prix moyen national de 4,90 € HT par Wc en 2012, l'écart qui avait déjà été observé en 2011 est toujours présent. Le fait que l'ensemble des gains de coûts de production ne soit pas répercuté sur les prix aux consommateurs est clairement un obstacle de plus au redémarrage du secteur. "

7 Réduire le coût des systèmes PV

Le prix du système est évidemment l'élément central qui conditionne la réalisation d'un projet et nous avons des indices forts à la lecture des chapitres précédents que les prix professionnels en France sont anormalement élevés et compromettent ainsi le succès de nos projets.

Dire que les prix sont trop élevés recouvre deux réalités :

- ils conduisent à un coût de l'énergie produite (coût moyen actualisé ou LCOE) trop élevé par rapport au prix de vente de l'électricité en France, ce qui assèche les comptes de résultat (bienheureux les Allemands avec un prix de l'électricité de 27 c€ TTC ?),
- ils sont trop élevés par rapport à la concurrence étrangère (faut-il souhaiter qu'elle s'installe en France ?).

Nous exposons ci-après un catalogue de pistes inspirées des informations exposées dans les chapitres précédents.

7.a Quel objectif de prix ?

Les États européens sont manifestement en train de se concerter en vue d'une réduction des politiques d'incitation, d'autant plus que la progression de la filière a été plus rapide que prévu. Les dérives recensées dans plusieurs pays, notamment en France, ainsi qu'aux USA, vont probablement accélérer un rapprochement ou un retour au libéralisme de marché.

Par ailleurs, nous avons maintenant des indications fortes que la parité réseau est proche, même en Bretagne, c'est-à-dire que les tarifs d'achat seront prochainement inutiles pour une partie grandissante du marché.

Bien que ce soit très ambitieux, il est nécessaire d'atteindre la parité réseau à court terme et il faudra

s'interroger sur le moyen de réduire les coûts dans tous les postes de charge.

Atteindre la parité réseau aura de surcroît l'avantage d'élargir notre champ de travail au delà du marché des tarifs d'achat obligatoire.

7.b Quelle approche ?

A l'instar des études faites à l'étranger, par exemple SunShot^{xi} ou par RMI^{xix}, une démarche consiste à s'interroger sur ce qui constitue le coût final d'un système. Quels sont les obstacles à un prix au kWh idéalement très bas ? Dans chaque cas, quelle est ou quelles sont les réactions possibles ? Quels sont les types de coûts ? Dans chaque cas, quelles sont les possibilités de réduction ?

Certaines pistes sont écartées dans l'immédiat, s'agissant par exemple des freins administratifs, fiscaux ou réglementaires, car la levée des obstacles demandera une action concertée avec d'autres acteurs, à l'issue incertaine et de longue haleine.

D'autres facteurs de coûts tels que les frais de structure juridique seront abordés lors de la présentation du plan d'action global.

Nous nous intéresserons ici principalement aux causes techniques et économiques.

On décomposera le coût global d'un site jusqu'au niveau de détail suffisant pour y avoir prise et sur lequel agir (Descartes n'est pas loin ...).

On considère tout d'abord que les dépenses nécessaires pour monter un site PV entrent dans trois catégories principales:

- la phase de préparation (prospection, études, autorisations, etc),
- le coût des matériels,
- la prestation de pose.

Le premier acte consiste à acheter (ou assurer) séparément la phase de préparation, les matériels et la prestation de pose. La prestation de pose, a priori, s'appuie sur de la main d'oeuvre (très) locale alors que le matériel peut être d'origines diverses. En outre, les entreprises de prestation ont des structures de coûts de natures différentes des entreprises de fabrication ou de distribution de matériel.

7.c Maîtrise de la phase préparatoire

La maîtrise de la phase préparatoire permettra globalement d'améliorer l'efficacité opérationnelle du montage.

Avec la baisse de prix des panneaux PV, les coûts annexes deviennent progressivement prépondérants. Le coût des supports et des systèmes d'attaches en est un bon exemple. Or ceux-ci sont très dépendants de la nature du site d'accueil (type de charpente et de couverture d'un toit, notamment). Dans l'objectif de réduire les coûts, un investissement préalable est donc nécessaire dans 2 directions parallèles:

- 1) identifier des classes de sites et répertorier les sites par classe (type de surfaces, structures de bâtiments, zonage, type de lieu, ...),

2) et, pour chaque classe, concevoir les supports les plus efficaces et les moins coûteux.

D'autres part, on pourra s'inspirer de " l'esprit de méthode " qui a largement fait ses preuves dans l'industrie manufacturière. L'amélioration de l'efficacité opérationnelle passera aussi par :

- des études méthodes (éviter les temps morts, déplacements, reprises, ...),
- l'accélération des processus (équipements de portage, outillages, ...),
- l'amélioration de l'intégration (connectique, pré-câblage, quincaillerie optimisée, ...),
- l'organisation d'une logistique efficace.

7.d Réduire le prix des matériels

Le principal levier est l'augmentation du volume des achats. Cela conduit à :

- augmenter la taille des projets (100 kW semble un minimum),
- mutualiser les achats entre plusieurs porteurs de projet,
- acheter le matériel à l'étranger, si nécessaire.

On ré-évaluera aussi le ratio entre la puissance crête des panneaux et celle des onduleurs en fonction des évolutions de prix respectives de ces matériels.

7.e Réduire le prix de pose

La pose est essentiellement une activité de main d'oeuvre. La pose fera probablement d'un achat de prestation à des sociétés extérieures, bien que l'hypothèse de constituer une équipe en propre ne soit pas à exclure. Dans l'optique d'un achat de la prestation, les facteurs sont alors classiques et on obtiendra des prix bas en :

- assurant une charge de travail conséquente et surtout planifiée,
- mutualisant l'achat de prestation.

On peut noter qu'il faudra trouver le moyen de former le personnel des intervenants aux méthodes revues, corrigées et adaptées à des systèmes de support standardisés.

8 Estimation d'un " juste prix "

En cas de besoin dans nos calculs ci-dessous, nous appliquons les taux de change suivants et nous ignorons l'inflation d'une année à l'autre, son effet étant actuellement mineur par rapport à celui des variations de taux de change ou des variations intrinsèques.

1 \$ en 2011 = 1 \$²⁰¹¹ = 1/1,4 € = 0,71 €

1 \$ en 2012 = 1 \$²⁰¹² = 1/1,3 € = 0,77 €

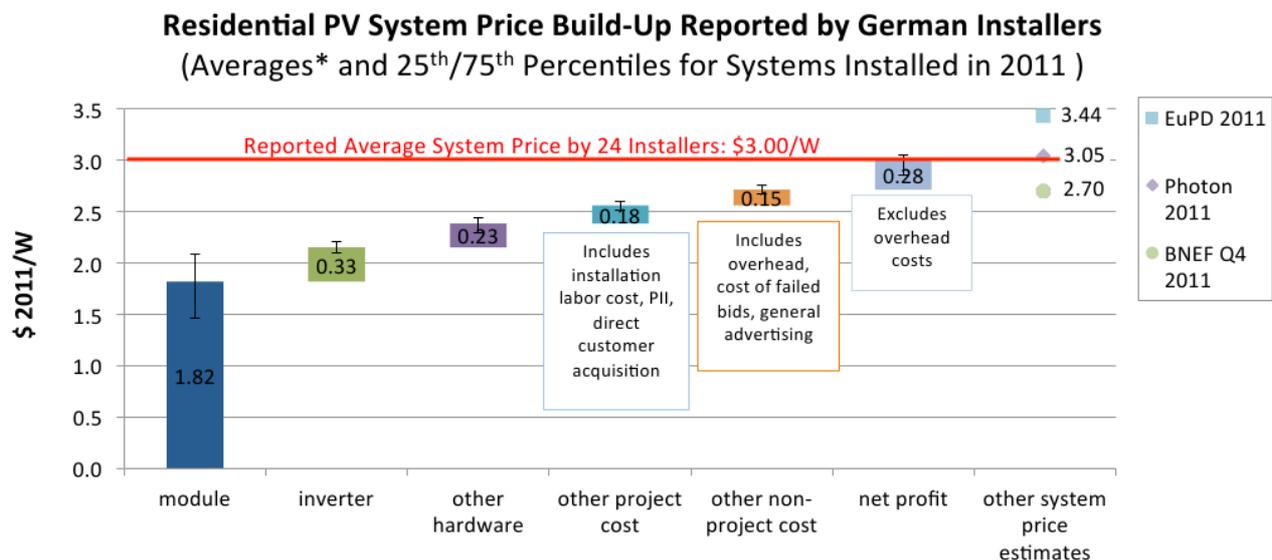
1 \$ en 2013 = 1 \$²⁰¹³ = 1/1,3 € = 0,77 €

Nous faisons la tentative ci-après d'estimer un objectif de prix raisonnable à partir de 3 sources d'informations a priori indépendantes.

Pour ce faire, nous considérons pour acquis les éléments de calcul suivants qui sont tirés des observations faites dans les chapitres précédents:

- le prix des modules est stabilisé à 0.7 €/Wc en raison des lois anti-dumping US et EU,
- le prix onduleurs est en baisse de 7% / an,
- la décote de prix quand on passe d'un site de 10 kWc à 100 kWc est de -17%,
- le prix des systèmes complets est en baisse de 7% / an (au moins).

1er calcul, extrapolé à partir de coûts de revient moyens allemands ^{xx}



Pour construire un objectif de coût en France à partir de cette structure, on propose de tenir compte des éléments de calcul suivants:

- considérer que le prix des modules restera stable " un certain temps " à 1 \$/W au lieu de 1,82, soit - 0,82 \$/W,

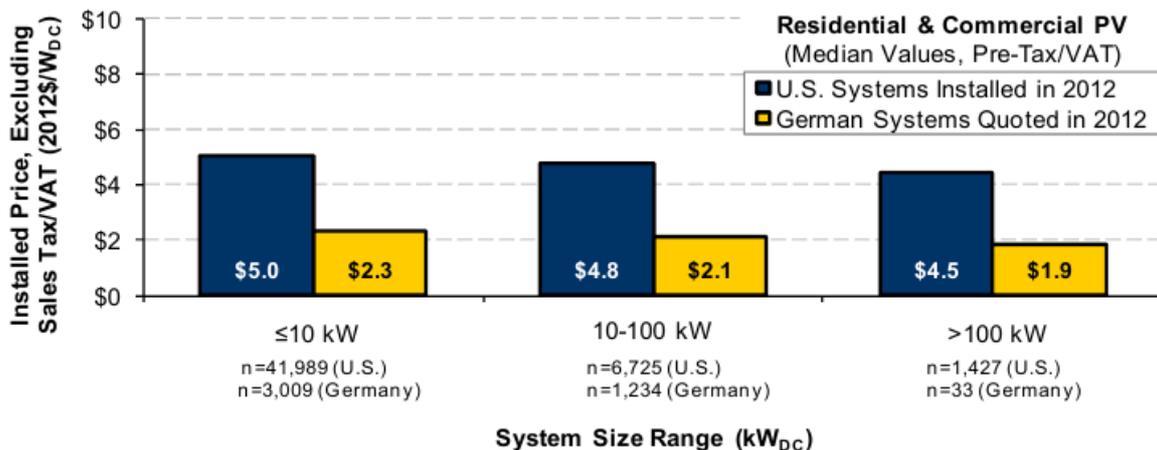
- baisser le prix de l'onduleur de 7% par an entre 2011 et 2016, soit - 0,11 \$/W,
- doubler la part " other project cost ", soit + 0,18 \$/W,
- diviser par 2 la part " other non-project cost ", soit - 0,07 \$/W,
- supprimer le " net profit ", soit - 0,28 \$/W,
- supposer que ce prix est établi " hors coût de raccordement ".

Ce qui donne 1,9 \$²⁰¹¹/W, soit 1,35 €/W (frais de raccordement en sus) pour un petit système.

Nous avons vu que le prix d'un système important (> 100 kW) est plus bas de 17% que celui d'un petit système en Allemagne.

On obtient **1,12 € HT / Wc en 2016** pour un système de moyenne puissance non raccordé.

2 ème calcul, pour une puissance supérieure à 100 kW:



Notes: This figure relies upon price quotes for individual German PV systems obtained by EuPD through its quarterly survey of German installers and provided to LBNL (EuPD 2013).

Figure 13. Installed Price of Residential & Commercial U.S. PV Systems Installed in 2012 and German Systems Quoted in 2012 (Pre-Sales Tax/VAT)

Le graphique ci-dessus indique un chiffre de 1,9 \$²⁰¹², soit 1,46 €/Wc. A raison d'une baisse de prix de 7%/an, on obtient **1,05 €/Wc en 2016 pour un système moyen raccordé**.

3ème calcul:

Les index de prix allemands (page 8) indiquent des prix moyens de 1,7 et 1,5 €/kWh fin 2013 pour un petit système en Allemagne. Prenons une valeur prudente de 1,6 €/Wc qui est ramenée à 1,33 €/Wc pour un système moyen et à **1,06 €/Wc pour un système moyen en 2016**.

A partir de ces trois évaluations faites à partir de sources a priori indépendantes, nous nous proposons de retenir un objectif de coût de 1,10 € HT / Wc pour une installation d'au moins 100 kWh.

9 *Conclusion*

L'analyse des documents que nous avons consultés et exploités dans cette étude permet de constituer un faisceau d'indices qui nous incitent à considérer que le prix de marché des systèmes photovoltaïques en France pourrait être nettement plus bas.

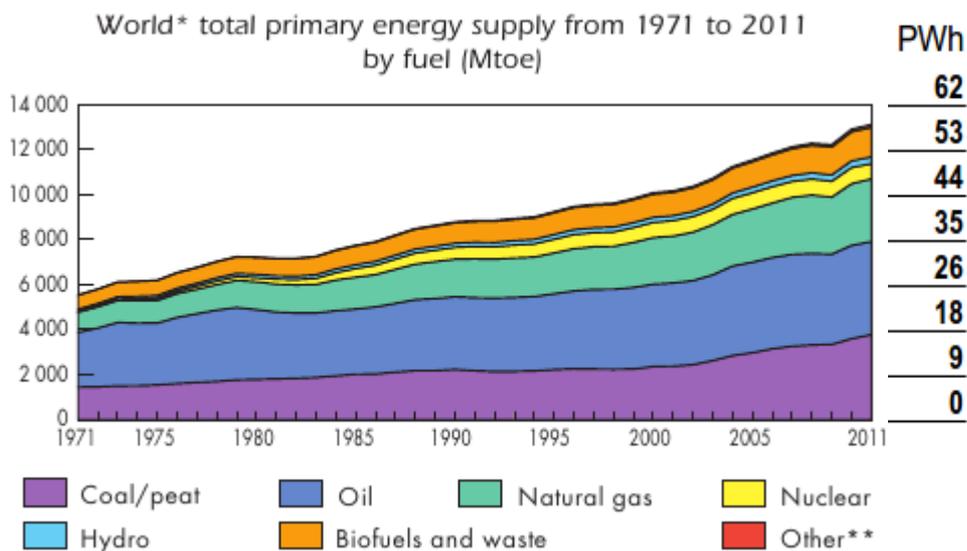
Nous nous garderons de chercher un bouc émissaire. Simplement, nous constatons objectivement que la filière française dans son ensemble n'est pas performante et notre démarche vise à contourner ces faiblesses.

L'étape suivante consistera donc à s'organiser au sein du mouvement citoyen pour atteindre l'objectif de prix de 1,10 € HT/Wc qui semble raisonnablement accessible à court terme et des pistes de travail nous sont suggérées par les documents pré-cités.

Annexes

A Quelques repères sur le marché de l'énergie

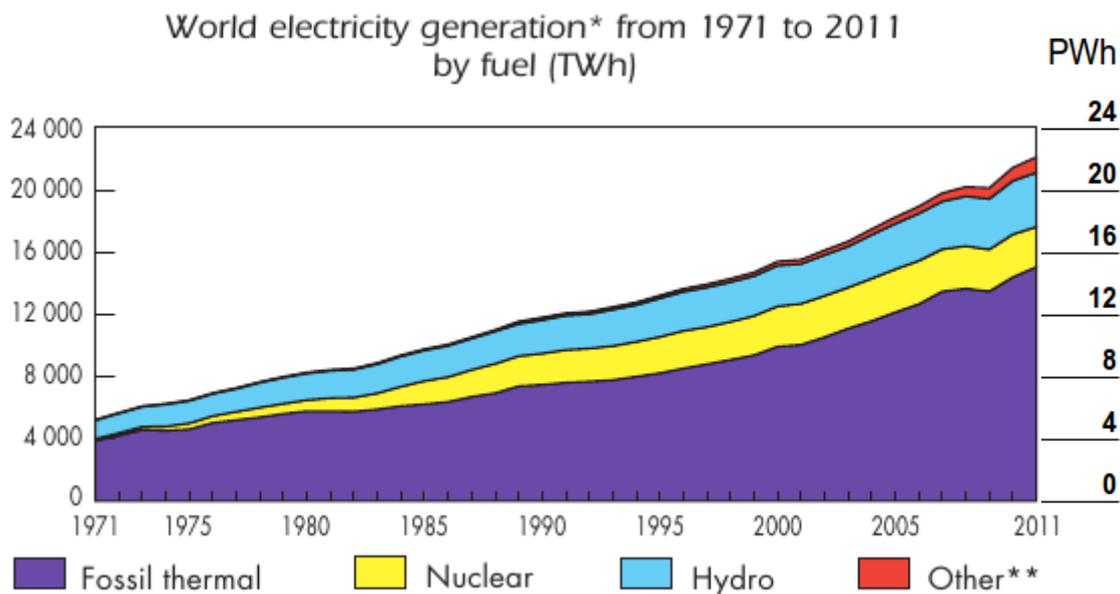
L'Agence internationale de l'Énergie fournit quelques chiffres de base ^{xxi} :



1000 Mtep = ~ 4,4 PWh (convention BP)

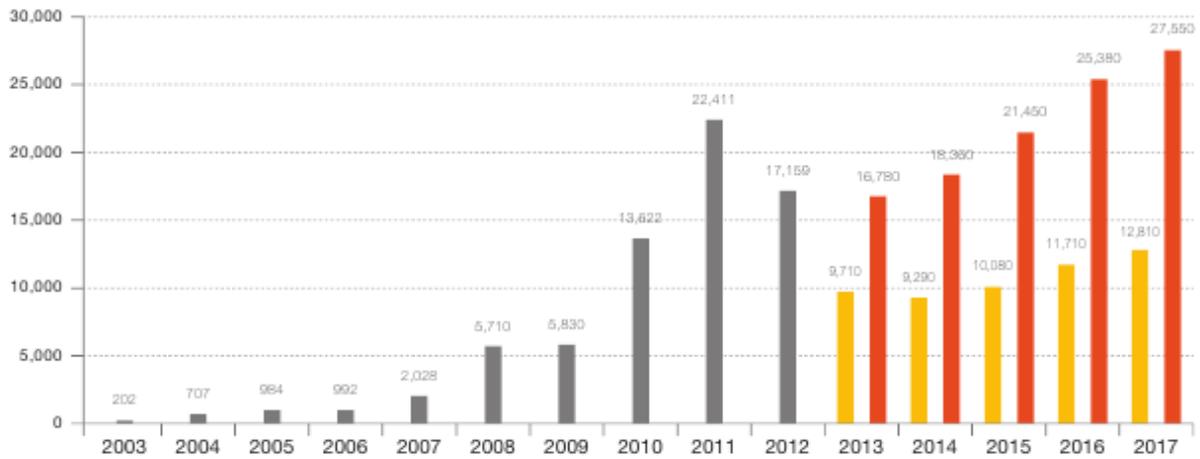
(Other = EnR sauf Hydro, en 2011: 1%)

1 PWh = 1 million x 1 milliard x 1 Wh



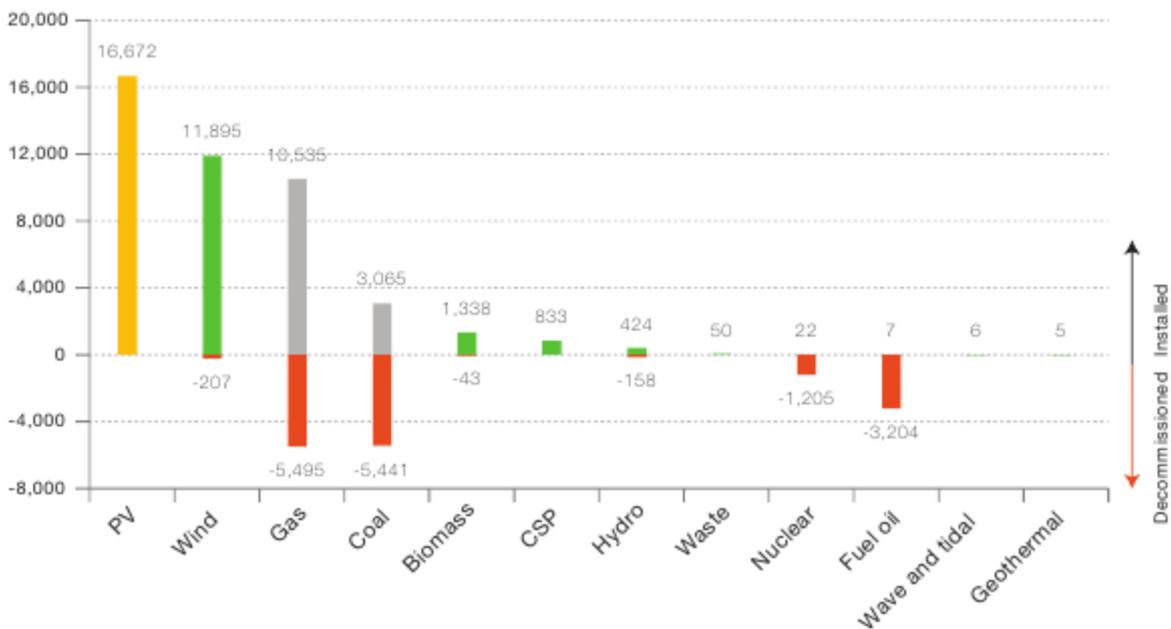
(Other = EnR sauf Hydro, en 2011: 4,5%)

Figure 15 - European annual PV market scenarios until 2017 - Business-as-Usual and Policy-Driven (MW)



Le rythme des installations pourrait s'effondrer en conséquence de la fin des politiques d'aide ^{xxii}.

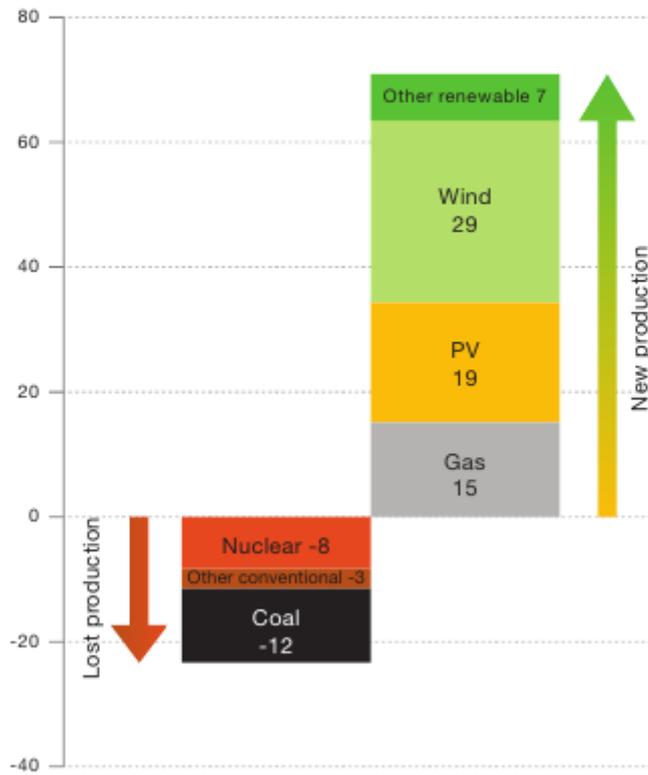
Figure 29 - Power generation capacities added in the EU 27 in 2012 (MW)



Source: EPIA, ESTELA, EWEA, Platts

Attention, les puissances installées ne sont pas vraiment comparables car les temps de production à puissance maximale équivalente ne sont pas identiques.

Figure 31 - Theoretical balance of new electricity production in the EU 27 in 2012 (TWh)



Note: Les centrales gaz fonctionnent en moyenne 3000 heures/an (1 an = 8760 h).

B Prix au détail de l'électricité dans le Monde

Tarifs entreprises 2009 ^{xxiii}

Le tableau ci-dessous est établi sur les prix au 1^{er} juin 2009 pour une puissance de 1 000 kW et une utilisation pendant 450 heures. Les prix sont exprimés en centimes de dollar américain par kilowatt-heure, hors taxe. Ils ont principalement l'intérêt de permettre une comparaison.

Tarifs entreprises [\[modifier \]](#) [\[modifier le code \]](#)

Comparaison du coût de l'électricité au 1^{er} juin 2009⁸

Classement 2008	Classement 2009	Pays	Coût en cts de dollar/KWh	Évolution (%)
1	2	Italie	16,16	-8,4 %
2	1	Allemagne	13,52	-25,3 %
3	3	Autriche	13,31	-21,1 %
4	7	Espagne	12,53	+1,7 %
5	5	Pays-Bas	11,75	-24,2 %
6	4	Royaume-Uni	11,32	-31,7 %
7	6	Belgique	9,90	-27,6 %
8	8	États-Unis ^{note 1}	9,27	-11,9 %
9	11	France	8,15	+7,2 %
10	10	Suède	8,05	-7,8 %
11	9	Finlande	7,94	-17,7 %
12	13	Canada ^{note 1}	6,33	+3 %
13	12	Australie	6,29	-0,2 %
14	14	Afrique du Sud	4,90	+34,8 %

Voici des chiffres pour 2012 ^{xxiv}

Pays	résidentiel hors taxes	résidentiel ttc	industriel hors taxes	industriel ttc
Europe EU 27	13,8	19,7	9,7	14,7
France	10,2	14,5	6,3	9,4
Slovaquie	14,0	17,2	12,3	15,3
Belgique	16,8	22,2	9,6	13,4
Hongrie	12,3	15,6	10,2	13,6
Suède	13,4	20,8	7,7	9,7
Slovénie	11,9	15,4	8,7	11,3
Tchéquie	12,4	15,0	10,2	12,3
Finlande	11,0	15,6	6,7	9,2
Espagne	17,9	22,7	11,4	14,5
Grande Bretagne	17,0	17,8	11,6	14,4
Allemagne	14,3	26,8	8,8	17,3
Pays Bas	13,8	18,9	8,6	11,6
Italie	15,2	23,0	14,4	23,3
Autriche	14,1	20,2	8,9	13,3
Norvège	12,7	17,8	7,1	10,7
Danemark	12,9	29,7	8,6	25,9
Pologne	11,9	15,3	9,1	11,8
Portugal	11,7	20,6	9,9	14,1
Grèce	10,7	14,2	10,3	13,8

- i CRE - Coûts et rentabilité des énergies renouvelables en France métropolitaine - avril 2014
<http://www.cre.fr/documents/publications/rapports-thematiques/couts-et-rentabilite-des-enr-en-france-metropolitaine>
- ii LBNL - Tracking the Sun VI (Revue des installations photovoltaïques aux USA de 1998 à 2013)
<http://emp.lbl.gov/sites/all/files/lbnl-6350e.pdf>
- iii ADEME - Photovoltaic Power Applications in France National Survey Report 2012
http://www.iea-pvps.org/index.php?id=93&eID=dam_frontend_push&docID=1585
- iv IEA PVPS - Trends 2013 In Photovoltaic Applications
http://www.iea-pvps.org/index.php?id=1&eID=dam_frontend_push&docID=1733
- v BSW - Solar statistic numbers German Solar Pwer industry (June 2013)
http://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/media/pdf/2013_2_BSW-Solar_fact_sheet_solar_power.pdf
- vi <http://www.pv-magazine.com/investors/pv-system-prices/#axzz2miP3EokJ>
- vii Photovoltaïque: la Commission européenne sanctionne le dumping chinois
<https://www.lenergieenquestions.fr/photovoltaique-la-commission-europeenne-sanctionne-le-dumping-chinois/>
- viii <http://www.pv-magazine.com/investors/module-price-index/#axzz2miP3EokJ>
- ix Solar Market Insight 2013 Q3 - SEIA
<http://www.seia.org/research-resources/solar-market-insight-2013-q3>
- x Bloomberg - Wingfield - U.S. Sets Anti-Dumping Duties on China Solar Imports
<http://www.bloomberg.com/news/2012-10-10/u-s-sets-anti-dumping-duties-on-china-solar-imports.html>
- xi SunShot Vision Study 2012
http://www1.eere.energy.gov/solar/sunshot/vision_study.html
- xii Reducing Solar PV Soft Costs
<http://www.rmi.org/simple>
- xiii Solar Photovoltaics Competing in the Energy Sector – On the road to competitiveness (EPIA - 2011)
<http://www.epia.org/news/publications/>
- xiv Conférence de presse sur le rapport sénatorial n° 667 sur le coût de l'électricité en France juillet 2012
<http://www.senat.fr/rap/r11-667-1/r11-667-1-syn.pdf>
- xv SER - Anticiper le développement du solaire photovoltaïque compétitif - mai 2013
http://www.enr.fr/docs/2013151216_MiseenpageEtudePVV6.pdf
- xvi Les prix de l'électricité au niveau mondial
<http://www.fournisseurs-electricite.com/fournisseurs-etrangeurs/actu-des-producteurs/1060-prix-de-lelectricite-dans-le-monde>
- xvii IRENA cost analysis series - Solar photovoltaics 2012
http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/RE_Technologies_Cost_Analysis-SOLAR_PV.pdf
- xviii Observ'ER - Suivi du marché 2012 des installations individuelles solaires photovoltaïques - Sept. 2013
http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/etudes/synthese_marche_PV_2013.pdf
- xix RMI - Achieving Low-Cost Solar PV - 2010
<http://www.rmi.org/Content/Files/BOSReport.pdf>
- xx Why Are Residential PV Prices in Germany So Much Lower Than in the United States? (SunShot 2013)
<http://emp.lbl.gov/publications/why-are-residential-pv-prices-germany-so-much-lower-united-states-scoping-analysis>
- xxi IEA Key World Energy Statistics 2013
<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2013.pdf>
- xxii EPIA Global Market Outlook GMO_2013_Final
http://www.epia.org/index.php?eID=tx_nawsecured1&u=0&file=/uploads/tx_epiapublications/GMO_2013_-_Final_PDF_01.pdf&t=1391282417&hash=06ed54da937d180a36a72674b1bd8651f33b84d8
- xxiii Tarification de l'électricité - Wikipédia
[http://fr.wikipedia.org/wiki/Tarification_de_l'électricité](http://fr.wikipedia.org/wiki/Tarification_de_l%27electricit%e9)
- xxiv Statistiques Eurostat / Observ'ER
http://energeia.voila.net/electri/taux_nucle_prix.htm