

Les panneaux solaires photovoltaïques : prix & production

20 Juillet 2010, mailing n°9-6 Dr Thomas Chaize

www.dani2989.com

Il existe deux sortes de panneaux solaires, photovoltaïques et thermiques, ceux qui nous intéressent ici sont les panneaux photovoltaïques (PV) qui convertissent la lumière en électricité. C'est Antoine Becquerel qui en 1839 a découvert que certains matériaux pouvaient produire de l'électricité quand ils étaient exposés à la lumière. Dans les années 70 seulement, le premier « rush » solaire a eu lieu, la conquête spatiale a développé la technologie et le [premier choc pétrolier](#) a créé le besoin. La hausse du [prix du baril de pétrole depuis 1998](#) est le rayon de soleil du secteur de l'énergie solaire, nous vivons le second « rush ».

I. Les cellules photovoltaïques.

Les cellules photovoltaïques qui composent un panneau solaire sont fabriquées à base de silicium (Si) provenant de quartz. Le silicium est utilisé en tant que semi-conducteur dans les panneaux solaires, c'est le semi-conducteur le plus rentable puisque le plus abondant. Le Silicium doit être pur à 99.9999 % (solar grade) pour être utilisé dans les cellules photovoltaïques. Cette qualité de silicium est obtenue à une température de 1500°C et dans une enceinte hermétique pour éviter la moindre pollution, le procédé est complexe et énergivore. C'est le point faible de la fabrication de panneaux solaires.

Une fois obtenue, ce bloc très pur de silicium est découpé en fines tranches (wafers) avec des scies à diamants et traité chimiquement avec de l'acide pour éliminer de sa surface les impuretés. Les coûts diminuent avec l'épaisseur de ses « wafers » ; plus les tranches sont fines et plus on peut en fabriquer : dans le même bloc de silicium, on abaisse ainsi les coûts de production.

Il existe plusieurs types de cellules photovoltaïques, **cellule en silicium monocristallin**, le silicium est de première qualité, constitué d'un seul cristal de silicium. Il a un bon rendement mais il est plus cher car plus énergivore et complexe à produire. Les **cellules multi-cristallin** sont fabriquées à partir de silicium de moindre qualité et constituées de plusieurs cristaux, moins chères que le monocristallin, mais avec un rendement moindre. Les **cellules tandem multi-jonction** sont composées de plusieurs couches de silicium. Ils ont



Le photovoltaïque, impasse technologique ou secteur d'avenir ?

un meilleur rendement mais sont plus chers. Les **cellules semi conducteur cis**, la technologie est différente, on utilise des métaux comme le cuivre avec de l'indium, du sélénium, du gallium ou du germanium comme semi conducteur à la place du silicium. Les **cellules solaires amorphes** utilisent du gaz silane (SiH₄) produit par le silicium sur du verre (plastique, métal, verre). Le coût et le rendement sont faibles, l'avantage est qu'il fonctionne sous faible éclairage et que le support peut être souple.

Chaque type de cellule photovoltaïque a un rendement et un coût de fabrication différents, ainsi un panneau solaire pour une maison n'aura pas les mêmes performances et prix que celui pour un satellite. Ce sont les cellules de silicium multicristallin (1/2 des ventes) et monocristallin (1/3 des ventes) qui sont les plus utilisées pour leur rapport coût/rendement.

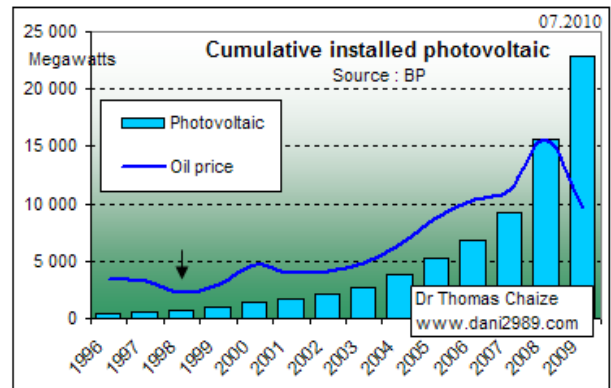


II. La capacité de production des panneaux solaires dans le monde.

La production de panneaux solaires a commencé son réveil en 1998, depuis que le prix du pétrole a commencé lui aussi sa vertigineuse ascension. Le prix du pétrole multiplié par sept de 1998 à 2008, dans le même temps la capacité de production d'électricité depuis des panneaux solaires photovoltaïques est multipliée par 20.

En 2008 et 2009, malgré la forte baisse du prix du pétrole, la capacité production d'électricité à partir de cellules photovoltaïques a continué à augmenter parce que la crise a provoqué une baisse des coûts de fabrication et parce qu'à long terme le prix du pétrole demeure dans une tendance très haussière. La hausse des capacités de production d'électricité à partir de panneaux solaires dans le monde est de

70% en 2008 et de 47% en 2009 (36% par an en moyenne depuis 1998), voilà un secteur où le soleil brille malgré la crise.

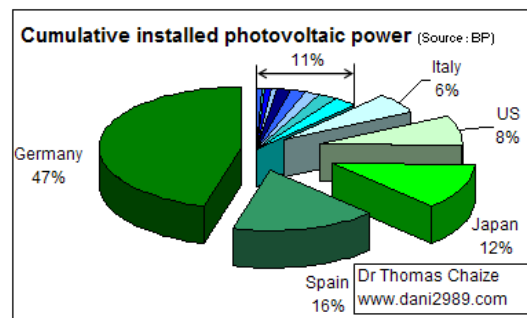


Le pays où il y a le plus de panneaux photovoltaïques est l'**Allemagne** avec 9 677 mégawatts, soit 47% des panneaux solaires dans le monde, mais c'est seulement 1% de sa production d'électricité nationale. Le second pays, c'est l'**Espagne** avec 3 423 mégawatts, soit 16% des capacités mondiales, mais seulement 2% de la production du pays. La capacité allemande a été multipliée par 179 et espagnole par 3423 depuis 1998.

Le troisième pays au monde est le Japon avec 2 628 mégawatts, le quatrième les USA avec 1 645 mégawatts et le cinquième l'Italie avec 1 188 mégawatts.

Les 23 pays restants ne représentent que 11% des capacités installées en panneaux solaires : Corée du Sud, République tchèque, France, Belgique, Chine,

Australie, Inde, Canada, Portugal, Suisse, Hollande, Grèce, Autriche, Angleterre, Mexique, Israël, Malaisie, Suède, Norvège, Bulgarie, Finlande, Turquie, Danemark.



Si on divise la capacité de production des panneaux solaires par le nombre d'habitants, on s'aperçoit que l'Allemagne a une capacité de 118 watts par habitant, l'Espagne, 73 watts et le Japon 20 watts, la France 0.6 watt, la Chine 0.2 watt et l'Inde 0.1 watt et la moyenne mondiale est à 3.3 watts.

Pour que la Chine atteigne le niveau du Japon, sa production doit être multipliée par *92, pour atteindre celui de l'Espagne par 334 et celui de l'Allemagne par *531. La Chine est le premier producteur au monde de panneaux solaires et il me semble très probable qu'une fois qu'elle aura vendu des panneaux solaires partout dans le monde elle deviendra aussi le premier producteur d'énergie solaire photovoltaïque. La Chine préfère aujourd'hui exporter sa production de panneaux solaires qui fonctionne à plein régime, mais demain il est très probable que pour diminuer sa dépendance énergétique, elle couvrira le pays de panneaux solaires.

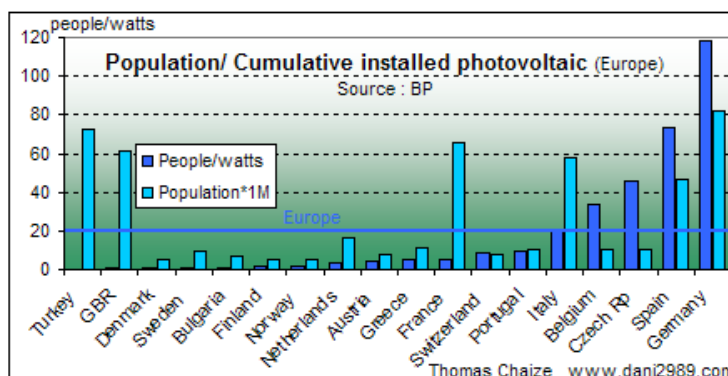
La capacité de production de l'Inde doit être multipliée par 200 pour atteindre le niveau du

Japon, par 716 celui de l'Espagne et par 1 139 pour celui de l'Allemagne.

La capacité de production de la Chine et l'Inde réunie représente 2% des capacités de production d'électricité photovoltaïque dans le monde alors que leur population représente 37% de la population mondiale, de plus la Chine fabrique la moitié des panneaux solaires dans le monde.

La France devrait multiplier sa capacité de production par 37 pour avoir le niveau du Japon, par 133 pour celui de l'Espagne et 212 pour avoir celui de l'Allemagne.

L'Europe possède les $\frac{3}{4}$ des capacités installées en panneaux solaires photovoltaïques dans le monde, mais cette capacité est encore très mal répartie, ces différences devraient s'atténuer dans les années à venir. Ainsi la France devrait connaître une très forte croissance de l'installation de panneaux solaires photovoltaïques, elle a une importante population et peu de panneaux installés (pareil pour l'Angleterre, la Hollande, voire la Turquie).

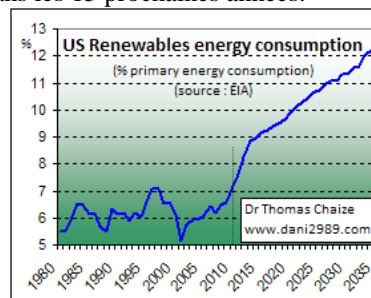


III. Panneaux photovoltaïques : les perspectives.

Les pessimistes d'hier à propos du solaire le sont encore aujourd'hui. Pourtant les perspectives de croissance dans le secteur de la fabrication et de l'installation des panneaux solaires demeurent exponentielles. En 2007 et 2008, la production mondiale de panneaux solaires était limitée par les capacités de production de silicium de qualité « solar ». Il n'y avait pas suffisamment d'usines capables de produire du silicium de qualité « solar » pour les panneaux solaires. Le quartz nécessaire à la fabrication du silicium n'a pas manqué contrairement aux usines capables de fabriquer du silicium de qualité « solar » insuffisantes. Cette année encore, le premier producteur mondial de panneaux solaires utilise 100% de ses capacités de production. L'European Photovoltaic Industry Association (EPIA) prévoit que la capacité de production d'électricité à partir de panneaux solaires en Chine soit multipliée par 6 à 8 d'ici 2014. En France, elle devrait être multipliée par 10 (scénario pessimiste) à 20 fois (scénario optimiste). La croissance devrait être aussi importante aux USA (de *6 à *11), en Angleterre (de *21 à *36) et même en Allemagne, le n°1 de l'électricité solaire, la capacité de production d'électricité photovoltaïque devrait doubler, voir tripler d'ici 2014. La part des énergies renouvelables (solaire,

La tendance est à la baisse des subventions dans beaucoup de pays, mais la hausse du [prix de l'électricité](#), la baisse des coûts de fabrication et les progrès technologiques qu'entraîne une production massive de panneaux photovoltaïques à l'échelle mondiale compenseront la baisse des subventions. Les coûts de production de l'électricité Photovoltaïque devraient être divisés par 4 ou 5 d'ici 2050. Le moteur de la production et de l'installation de panneaux solaires photovoltaïques dans le monde à long terme ne réside pas dans les subventions, mais dans la hausse du prix du pétrole et c'est pour cette raison que j'aborde ici le sujet des panneaux solaires. Habituellement, mines et pétrole sont mes sujets de prédilection. La tendance structurelle haussière du prix du pétrole entraîne mécaniquement la hausse du prix des énergies, fossiles, minérales et de l'électricité. Ainsi l'électricité photovoltaïque se rapproche petit à petit

géothermie, éolien) doit doubler selon l'IAE aux USA dans les 15 prochaines années.



Selon l'IAE, la production d'énergie électrique à partir de panneaux solaires dans le monde devrait passer de 37 TWH à 4 572 TWH (multipliée par 123) d'ici 2050. Ainsi la part de la génération d'électricité photovoltaïque passerait de 0.5% à plus de 10% de la production mondiale d'électricité. Les panneaux solaires photovoltaïques nécessitent de l'énergie pendant leur fabrication, mais de moins en moins. Sur une toiture orientée au sud, il faut entre 1.6 et 3.3 ans pour que les panneaux produisent plus d'énergie que celle nécessaire à leur fabrication. En 2020, le délai devrait tomber à 1 an puis à 6 mois en 2050 grâce à la hausse du rendement des panneaux solaires photovoltaïques. La durée de vie actuelle d'un panneau solaire est de 30 ans, pendant ces 30 ans ils produisent entre 8 et 18 fois l'énergie nécessaire à leur fabrication.

des coûts de production de l'électricité conventionnelle ([Gaz naturel](#), [Charbon](#), [uranium](#), fuel...)

Par exemple, la [géothermie](#) de haute énergie possède beaucoup d'avantages (rendement, disponibilité...) cependant elle manque de « souplesse » d'installation. Il faut habiter dans une région du monde adéquate, posséder quelques hectares, avoir 200 millions de dollars à investir et patienter entre 8 et 10 ans avant de produire de l'électricité. La géothermie de haute énergie est longue et coûteuse à installer, mais avec un excellent rendement. Le photovoltaïque est accessible rapidement avec peu d'investissements et modulable. La géothermie haute énergie et le solaire sont donc complémentaires et non concurrents. La géothermie de haute énergie et le solaire photovoltaïque sont promis à un très bel avenir.

Les panneaux solaires photovoltaïques resteront incontournables dans la prochaine décennie pour la production d'électricité. Leur technologie est opérationnelle, décentralisée, fiable et les concurrents sont rares. Comme toutes formes de productions d'énergie, les panneaux solaires photovoltaïques ne sont pas parfaits, mais leurs défauts sont de mieux en mieux maîtrisés. La technologie s'améliore, et la tendance du prix de l'énergie est extrêmement favorable. Les panneaux photovoltaïques sont un complément nécessaire à la production d'électricité « classique », ils ne sont

pas LA solution au [pic pétrolier](#), mais ils font partie de la solution. Si vous avez manqué la première décennie de croissance du secteur, ne manquez pas la prochaine...

Dr Thomas Chaize

Le 5 novembre 2010 j'organise à Paris une journée sur les perspectives d'investissement pour le pétrole & l'énergie (gaz, charbon, uranium, géothermie, solaire, bio-mass).

[Vous pouvez vous inscrire, ici](#) (le nombre de places est limité).

Pour vous inscrire au **mailing gratuit**, il suffit de [cliquez ici](#).