

Société de Calcul Mathématique SA

*Outils d'aide à la décision*



Faut-il investir dans l'énergie solaire ?

Rapport rédigé par la

Société de Calcul Mathématique SA

Janvier 2010

## Résumé Opérationnel

Il est vraiment très difficile de se faire une opinion objective et sereine à propos de l'énergie solaire ; quelque document que l'on ouvre, on ne trouve que louanges : "énergie renouvelable", "énergie verte", "croissance exponentielle", .... Tous les jours, chacun de nous reçoit des publicités : "investissez dans le solaire...". Le concert, bien entendu, n'a fait que se renforcer avec les récentes préoccupations de développement durable, de lutte contre l'effet de serre, etc. Voilà un sujet qui fait l'unanimité des experts, des médias et des politiques !

Pourtant, nous recommandons clairement de ne pas investir dans le solaire, sous aucune de ses formes technologiques (photovoltaïque, thermique, etc.).

Nos arguments sont les suivants :

- L'énergie solaire est une énergie faible, diffuse et intermittente ; elle réclame d'énormes capteurs et des moyens de stockage qui posent des problèmes techniques non résolus ;
- La production d'électricité grâce à des cellules solaires coûte extrêmement cher et n'est pas au point : le rendement est très faible. Elle requiert des matières premières rares dont le prix et la disponibilité peuvent varier ;
- La production de chaleur par des panneaux solaires coûte également très cher ; les appareils ainsi réalisés ne sont pas du tout concurrentiels ;
- L'Etat a instauré des aides multiples pour ces filières : subventions, dégrèvements, crédits d'impôts, rachat de l'électricité produite. Malgré toutes ces aides, l'ensemble de la filière, sur le plan financier, se porte extrêmement mal ;
- On se préoccupe beaucoup, aujourd'hui, de l'effet des matériaux sur la santé et sur l'environnement (problème du recyclage des déchets). Ces questions, pour les filières solaires, sont à peine abordées ; il apparaît que certains composants sont dangereux pour la santé.

En résumé, malgré au moins 2 250 ans de recherche subventionnée, il n'existe aucune situation où les technologies solaires aient montré une efficacité concurrentielle. L'énergie solaire, par ses propriétés intrinsèques, est fondamentalement non-compétitive devant les autres formes d'énergie et ce dans tous les pays tempérés. Les choses peuvent être techniquement différentes en plein désert, mais là se pose le problème de l'existence d'un besoin et de sa solvabilité.

Nous irons plus loin dans nos conclusions, indépendamment de la question de l'investissement :

La recherche et l'industrialisation, pour une filière de production d'énergie de masse, à partir du solaire, sont une aberration technologique et un gaspillage de fonds publics. Il en va de même de la production d'eau chaude. Elles ne reposent que sur des clichés idéologiques et des effets de mode. La seule situation où l'énergie solaire trouve sa place est celle d'appareils isolés (balises, téléphones en des lieux reculés, etc.).

Mais les limitations restent sévères : les appareils sont fragiles, volumineux, non-transportables, et requièrent des dispositifs de stockage de l'énergie en complément.

Si un investisseur s'intéresse au solaire, nous lui conseillons de le faire dans une fabrique de transats : chaises longues que l'on mettrait sur les ponts des paquebots. Il n'y a plus de paquebots, mais la chaise longue demeure d'usage courant.

Elle correspond à un besoin fondamental de l'humanité, le besoin de repos. Elle permet de convertir directement l'énergie solaire en bronzage, sans avoir recours à des panneaux photovoltaïques coûteux, fragiles et encombrants. Le transat se replie et se range facilement. Il est peu coûteux à produire et ne contient aucun produit nocif pour l'environnement : il est fait de bois et de toile, matières nobles et anciennes.

### **Documents consultés**

Nous avons consulté de très nombreux documents, dont la liste figure en fin de rapport. Mais trois méritent une attention particulière, par la qualité de la documentation et l'honnêteté de la rédaction :

- L'inadéquation du mode de subvention du photovoltaïque à sa maturité technologique, par Dominique Finon, CIRED (Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement), décembre 2008.

*[http://www.centre-cired.fr/IMG/pdf/WP\\_Finon\\_Photovoltaic\\_tarif\\_CIRED\\_LARSEN.pdf](http://www.centre-cired.fr/IMG/pdf/WP_Finon_Photovoltaic_tarif_CIRED_LARSEN.pdf)*

- Rapport d'information sur l'énergie photovoltaïque, présenté devant l'Assemblée Nationale par M. Serge Poignant, député, juillet 2009.

*<http://www.assemblee-nationale.fr/13/pdf/rap-info/i1846.pdf>*

- Les perspectives de l'énergie solaire en France : communication à l'Académie des Technologies, juillet 2008.

*[http://www.academie-technologies.fr/fileadmin/templates/PDF/-publication/Energie\\_SolaireDEF.pdf](http://www.academie-technologies.fr/fileadmin/templates/PDF/-publication/Energie_SolaireDEF.pdf)*

## Sommaire

I.	Introduction .....	5
II.	Les besoins en énergie d'une civilisation .....	6
III.	Energies renouvelables .....	7
IV.	Evolution mondiale des besoins en énergie .....	8
V.	Les faits concernant l'énergie solaire.....	8
VI.	L'investissement dans le solaire .....	9
VII.	Les technologies solaires .....	9
A.	La production d'électricité .....	9
1.	La production d'électricité pour la revente .....	10
1.1.	Eléments techniques .....	10
1.2.	La durée de vie des panneaux photovoltaïques .....	10
1.3.	Un marché incroyablement subventionné .....	11
1.4.	Une production complètement marginale.....	15
1.5.	Des formalités très complexes.....	15
1.6.	Evolution des prix du photovoltaïque .....	15
1.7.	Etat du marché.....	16
1.8.	Autres procédés de fabrication.....	18
2.	Solaire Photovoltaïque Local.....	19
B.	Le solaire thermique.....	21
1.	Performances et coûts.....	21
2.	L'état du marché.....	22
3.	La durée de vie des installations.....	23
4.	Les formalités .....	23
5.	Le bilan de quelques entreprises du secteur.....	24
6.	Les aides .....	26
7.	Progression du marché du solaire thermique en France .....	26
8.	Des projets à long terme .....	27
VIII.	Dangers pour l'environnement et pour la santé .....	27
A.	Recyclage.....	27
B.	Dangers pour la santé.....	27
	Annexe.....	29
	Divers dispositifs de soutien du photovoltaïque en Europe.....	29
	Documents consultés .....	31

## I. Introduction

Cela fait bien longtemps que l'humanité cherche à utiliser l'énergie solaire pour des besoins spécifiques. L'un des exemples les plus connus est peut-être celui d'Archimède, au siège de Syracuse (212 av JC), où, dit-on, il utilisa des miroirs pour incendier les vaisseaux de la flotte romaine qui assiégeait la ville.

Mais ces tentatives d'utilisation ont le plus souvent échoué ; les travaux modernes semblent indiquer que la prouesse technologique d'Archimède relève de la légende (voir Wikipedia : le siège de Syracuse et les miroirs d'Archimède). En effet, les miroirs ne peuvent concentrer suffisamment d'énergie pour réaliser la combustion que sur un objet sec et immobile ; les navires n'étaient ni l'un ni l'autre.

Ce contraste entre les attentes et la réalité des faits est frappant pour l'énergie solaire, et il se poursuit aujourd'hui, malgré les attentes déçues sur des millénaires et sur pratiquement toute la surface de la Terre ; il n'y a pratiquement pas de situation, présente ou passée, en France ou ailleurs, où l'énergie solaire ait pu être valablement "domestiquée" : où elle se révèle commode d'utilisation et moins chère que les autres formes d'énergie.

L'attitude publique envers l'énergie solaire relève, comme d'habitude, d'une idéologie : il s'agit d'idées préconçues, dépourvues de bases scientifiques. Elles sont de deux sortes :

- Des bases religieuses très anciennes : toutes les religions de l'antiquité vénéraient le soleil, source de vie ;
- Des liens très forts avec les préoccupations du moment : la planète serait en danger, menacée par un réchauffement climatique d'origine anthropique.

L'énergie solaire est donc considérée favorablement par les citoyens et les politiques : elle est d'origine naturelle (c'est ce que l'on appelle une "énergie verte") et elle est qualifiée de "renouvelable", ce qui est une complète ineptie, comme nous le verrons plus loin. Elle est donc particulièrement bien vue des mouvements écologistes, comme tout ce qui vient de la nature : le vent, les marées, la bouse de vache, etc.

L'Uranium est également présent dans la nature : 3 g/tonne dans les roches, 3 mg par tonne dans l'eau de mer (Wikipédia : Uranium), mais nos sens ne détectent pas la radioactivité, alors qu'ils détectent la lumière solaire (du moins la lumière visible, mais ni l'infrarouge, ni l'ultraviolet). C'est ce qui fait toute la différence dans la perception populaire, pour laquelle solaire = bienfait ; radioactivité = danger.

Le courant de pensée, très actif en France aujourd'hui, selon lequel la planète est en danger du fait de l'homme, est donc à l'origine de toutes sortes de tentatives pour promouvoir des énergies "vertes". Nous renvoyons à notre Note au SGDN "La mystification du réchauffement climatique" [http://scmsa.eu/archives/BB\\_2006\\_rechauffement.pdf](http://scmsa.eu/archives/BB_2006_rechauffement.pdf) pour une description des erreurs de raisonnement qui sont commises. Mais, même si ce courant de pensée est largement majoritaire aujourd'hui (surtout auprès des politiciens et des journalistes), les faits sont têtus et les faits se moquent bien des consensus humains. C'est donc sur les faits que nous allons nous appuyer dans notre analyse.

## II. Les besoins en énergie d'une civilisation

Toute civilisation, pour subsister, a des besoins en énergie. Ceux-ci semblent très faciles à mesurer pour nos civilisations modernes, friandes de chiffres de toute sorte : on connaît fort bien la consommation annuelle de la France en électricité, en pétrole, en gaz, etc.

Mais il s'agit d'une confusion. Pour le voir, commençons par des exemples tirés du passé. Quel était le besoin en énergie d'un agriculteur, qui labourait son champ avec l'aide d'un bœuf, puis l'ensemait, puis le moissonnait avec ses voisins ? Quel était le besoin en énergie d'un luthier, fabriquant des violons à Crémone ? D'un soldat pendant les croisades ?

Malgré leur apparente désuétude, ces exemples restent d'actualité ; on ne sait pas mesurer les besoins en énergie des activités humaines. Il est impossible de chiffrer la quantité d'énergie requise par la préparation du présent rapport, pour prendre un exemple simple et actuel.

Tout ce qu'on sait faire, c'est mesurer certaines consommations. On sait correctement mesurer une consommation d'électricité (mesurée en TWh), une consommation de pétrole (mesurée en "barils"), mais cela ne traduit pas correctement la consommation humaine d'énergie.

Pour Voltaire (Traité sur la Tolérance) : *"La nature dit à tous les hommes : Je vous ai tous fait naître faibles et ignorants, pour végéter quelques minutes sur la terre, et pour l'engraisser de vos cadavres."*

Un scientifique arrive à la même conclusion : les activités humaines par elles-mêmes ne consomment pas globalement de l'énergie ; elles la transforment. Amener une automobile d'un point à un autre consomme une énergie obtenue à partir du pétrole par des réactions chimiques, mais crée de la chaleur par effet Joule. Construire un immeuble peut consommer du pétrole, mais crée une énergie potentielle : le bilan énergétique global est nul. Vu d'une autre planète, le bilan énergétique de la race humaine est nul.

Aller de Paris à Marseille en avion, en TGV ou en vélo ne consomme pas les mêmes formes d'énergie ; on peut discuter pour savoir s'il faut y inclure la recherche qui a servi à concevoir l'avion ou le train, s'il faut y inclure l'alimentation et le travail du pilote ou du conducteur, mais en définitive le bilan énergétique global est nul.

La question n'est donc pas si simple : nous avons assurément besoin d'énergie, à notre échelle, mais nous ne savons pas définir ce besoin ; il s'agit nécessairement d'une transformation et le bilan complet est nul.

Nous disposons en interne de trois types d'énergie :

- l'énergie cinétique de rotation (Terre sur elle-même, Terre autour du Soleil, Lune) ;
- l'énergie thermique (le noyau central est chaud) ;
- l'énergie représentée par la matière constituant la Terre.

La seule énergie qui nous vienne de l'extérieur est celle du Soleil. La seule déperdition d'énergie que nous subissons est celle du rayonnement réfléchi par la Terre (lumineux et thermique). On estime que, globalement, la Terre reçoit en permanence une puissance de 170 millions de gigawatt, dont elle absorbe 122 et réfléchit le reste (Wikipedia : Energie Solaire).

On peut parfaitement se contenter de l'énergie solaire, telle qu'elle nous vient du Soleil, sans aucun traitement industriel ; l'humanité s'en est contentée pendant des millénaires. Il suffit de travailler le jour et de dormir la nuit. Mais à partir du moment où l'on veut utiliser une lampe à pétrole, il faut du pétrole, et le soleil ne suffit plus. Toute la discussion autour du solaire vise à déterminer si, grâce à certains appareils, l'énergie du soleil peut se substituer à la lampe à pétrole, et la réponse est non. Mais il faut au préalable examiner les qualités des différentes énergies, parce que, aux yeux de l'opinion, certaines sont plus nobles que d'autres.

### **III. Energies renouvelables**

*(ce paragraphe reprend pour partie la Note au SGDN)*

Selon les spécialistes de l'environnement, certaines énergies seraient renouvelables (le vent, les marées, le soleil), d'autres non (le pétrole, l'uranium, etc.). Les seconds seraient susceptibles de s'épuiser, tandis que les premiers seraient illimités. Il s'agit là d'une complète ineptie.

Une usine marémotrice utilise l'énergie des marées, en l'occurrence l'énergie cinétique de rotation. Produire de l'électricité de cette façon ralentit la rotation de la Terre et, dans une moindre mesure, celle de la Lune : ce n'est pas une énergie renouvelable. Les vents sont dus pour partie à des différences de température de l'atmosphère (et donc à l'énergie thermique du Soleil) et pour partie à la rotation de la Terre. Les utiliser pour produire de l'électricité refroidit la Terre et la ralentit : cela n'a rien de renouvelable.

Un panneau solaire utilise l'énergie thermique venant du Soleil. S'en servir pour produire de l'électricité revient à refroidir la Terre. En outre, compte-tenu de la réflexion sur la surface vitrée, une portion significative de l'énergie solaire, normalement reçue par la Terre, est renvoyée vers l'espace : le bilan est particulièrement négatif. Nous avons vu plus haut que, naturellement, la Terre réfléchit déjà 30 % de l'énergie qu'elle reçoit.

En ce qui concerne les différentes énergies internes à la Terre, savoir laquelle on utilise est affaire d'opportunité : la moins coûteuse, la plus facile à exploiter, la moins polluante, celle qui préserve notre niveau de vie et la compétitivité de nos entreprises, etc. Toutes sont renouvelables : la physique atomique sait, si on le lui demande, transformer l'uranium en bouse de vache et inversement, mais il faut pour cela de l'énergie, qui en définitive ne peut venir que du Soleil. Rien ne dit, par exemple, qu'on ne saura pas, d'ici 20 ou 30 ans, créer par génie génétique des bactéries sachant fabriquer rapidement du pétrole. A cet égard, le pétrole est plus renouvelable que l'énergie solaire.

On constate donc ainsi qu'il n'y a pas de justification réelle, conceptuelle, aux énergies "renouvelables", et surtout pas à l'énergie solaire ! Nous sommes, une fois que la lessive idéologique a été correctement faite, en présence d'un simple problème de concurrence commerciale. Différents modes de production d'énergie existent ; il faut choisir le plus approprié.

## IV. Evolution mondiale des besoins en énergie

En cinquante ans, la population mondiale a doublé, passant de 3 milliards dans les années 60 à 6 milliards aujourd'hui ; la progression démographique va certainement se ralentir (elle est due pour l'essentiel aux progrès de l'hygiène et de l'agriculture), mais non se stopper. On table sur un pic à 9 milliards en 2050, selon l'ONU.

En France, la consommation d'électricité ne fait qu'augmenter (Wikipedia : Energie en France) :

Consommation finale d'électricité par secteur :

Twh	1973	1979	1985	1990	2000	2005	2006	2007
TOTAL	151	205	248	305	392	424	430	434

Ce sera évidemment encore plus vrai dans les pays en voie de développement, s'ils parviennent à assurer les ressources nécessaires à ce développement.

Il n'y a donc certainement pas de prévision de restriction dans le besoin, bien au contraire.

## V. Les faits concernant l'énergie solaire

Il y a trois faits, tous évidents :

- Il s'agit d'une énergie faible et diffuse ;
- Il ne s'agit pas d'une énergie permanente ;
- La source d'énergie (le Soleil) n'a pas une position fixe.

Les mots "énergie diffuse" signifient que le Soleil ne procure pas beaucoup d'énergie en chaque endroit pris isolément ; la quantité reçue dépend en outre de la latitude. Plus les rayons du soleil frappent en oblique (au voisinage des pôles) et moins ils sont efficaces. La quantité d'énergie dépend aussi de la présence de nuages, de la pluviométrie, etc.

Le fait que l'énergie ne soit pas permanente résulte de la rotation de la Terre : la nuit, on ne voit pas le Soleil !

Le fait que la position du Soleil ne soit pas fixe (elle varie au cours de la journée et elle varie avec les saisons) rendra difficile le positionnement des dispositifs de captage : ou bien on prendra une position moyenne, jamais optimale, ou bien on essaiera de suivre le Soleil, et cela exigera des dispositifs sophistiqués.

Nous avons donc une question très simple : que faire d'une énergie diffuse, intermittente, d'origine mobile ? La réponse est claire : on ne peut rien en faire directement. Puisqu'elle est diffuse, il faut une très grande superficie de capteurs ; puisqu'elle est intermittente, il faut la stocker ; puisqu'elle est mobile, il faut la suivre.



Chacune de ces contraintes pose des problèmes techniques, économiques, sociaux, qui rendent l'énergie solaire très peu compétitive par rapport aux autres sources d'énergie.

## **VI. L'investissement dans le solaire**

Tout investissement se fait dans une logique de rentabilité. Il s'agit d'acquérir des parts d'une société, et cette société doit verser des dividendes, sinon régulièrement, du moins en moyenne. De plus, ces parts sont destinées à être revendues à horizon de temps 10 à 15 ans : il faut donc qu'elles aient pris de la valeur.

Dans ces conditions, nous considérons qu'il doit s'agir d'une technologie éprouvée, et non d'un prototype de laboratoire, dont on espère qu'il donnera lieu à commercialisation rentable. La mise sur le marché d'un prototype peut être rentable à terme, mais elle est aléatoire et elle s'inscrit sur des durées beaucoup plus longues (surtout s'agissant d'énergie, comme c'est le cas ici).

Nous retiendrons donc ces deux conditions pour la suite de notre analyse :

- Des technologies éprouvées ;
- Une rentabilité sur environ dix ans.

Ce dernier point mérite examen plus approfondi. A l'heure actuelle, le marché des énergies (classiques, renouvelables, etc.) est corrompu par toutes sortes de subventions, largement incohérentes, comme nous le verrons par la suite. Elles ont pour effet de fausser la concurrence et de créer des "effets d'aubaine", souvent sans lendemain.

Il est à peu près impossible de prévoir l'évolution des aides d'Etat ; elles peuvent s'amplifier, mais elles peuvent aussi disparaître du jour au lendemain, si tel ou tel défaut est mis en évidence. En tout état de cause, même avec ces aides, la filière du solaire n'est jamais parvenue à un équilibre financier (voir plus bas). Nous mènerons donc notre analyse sans nous soucier des aides ou subventions.

## **VII. Les technologies solaires**

Il n'existe en réalité que deux types d'applications :

- Les panneaux qui produisent de l'électricité ;
- Les panneaux qui permettent de réchauffer de l'eau.

Nous serons donc amenés à comparer ces technologies à d'autres moyens de produire de l'électricité ou de produire de l'eau chaude.

### *A. La production d'électricité*

La production d'électricité se décompose en deux situations distinctes :

- La production pour la revente (raccordée au réseau) ;
- La production pour une utilisation locale.

Dans les deux cas, plusieurs éléments techniques fondamentaux vont s'ajouter aux difficultés "structurelles" que nous avons vues plus haut :

- La fabrication des cellules qui vont transformer la lumière en électricité est délicate : il s'agit de très haute technologie ;
- Elle requiert des investissements considérables, aussi bien en recherche qu'en équipement ;
- Elle repose sur des matières rares, dont la disponibilité et le prix vont influencer sur le prix de vente ;
- Elle se fait à coût très élevé ;
- Les rendements sont très faibles : de l'ordre de 6 % à 15 % selon la filière, avec une perspective d'atteindre 20 à 25 %, selon les réussites de la recherche (rapport Finon, p. 7).

Nous parlerons plus bas des dangers pour la santé et l'environnement, liés aux matières utilisées : c'est une préoccupation d'actualité.

La France était initialement très présente en ce qui concerne la recherche liée au photovoltaïque (production d'électricité à partir de la lumière solaire), mais elle a pratiquement disparu du processus industriel (voir rapport Poignant, pp. 101-103).

## **1. La production d'électricité pour la revente**

Ici, nous avons un problème bien posé : puisqu'il s'agit de se raccorder au réseau, il faut que ces technologies soient concurrentielles par rapport aux autres modes de production d'énergie. Or ce n'est absolument pas le cas. Le photovoltaïque, sous toutes ses formes, est seulement capable de produire de très petites quantités d'énergie, et à un coût fort élevé. Pour obtenir des quantités importantes, il faut d'énormes installations. Commentons par des éléments techniques.

### *1.1. Eléments techniques*

La technologie est celle de "panneaux photovoltaïques", dont il existe principalement deux versions : l'une à base de silicium (la plus ancienne) et l'autre à base de "couches minces" (la plus récente). Voir par exemple le rapport Poignant, juillet 2009, devant l'Assemblée Nationale. L'ensemble de ces technologies est très peu mature et évolue constamment.

### *1.2. La durée de vie des panneaux photovoltaïques*

Il n'existe pas de données précises sur cette question. La durée de vie d'un panneau photovoltaïque est, paraît-il, de l'ordre de 20 à 25 ans : c'est ce que disent les constructeurs. Le problème est qu'eux-mêmes ont disparu bien avant !

Le constructeur Photowatt garantit ses modules solaires pendant cinq ans seulement.  
(<http://www.photowatt.com/fr/documentation/garantie>)

Un fabricant (Aleo Solar AG) écrit : garantie de performance 10 ans 90 %, 25 ans : 80 %. Mais il ne s'agit pas d'une garantie contractuelle.  
([http://www.aleo-solar.de/images/documents/datenblaetter/datenblaetter\\_neu/aleo%20solar%20modul%20S\\_16\\_ML\\_FR\\_0209.pdf](http://www.aleo-solar.de/images/documents/datenblaetter/datenblaetter_neu/aleo%20solar%20modul%20S_16_ML_FR_0209.pdf))

Le fabricant EMMVEE (<http://www.emmveesolareurope.com/fr>) écrit : "Nos produits sont garantis 5 ans et nous vous garantissons 90% de la puissance par rapport à la puissance de sortie minimale au cours des 10 premières années et 80% de la puissance au cours des 25 premières années à compter de la date de mise en service." Ceci est évidemment contradictoire.

Le rendement des cellules diminue avec l'âge. Indépendamment de cela, un panneau photovoltaïque est par nature fragile et exposé. Il peut être victime de chutes de branches, de jets de pierre. La grêle ne semble pas être un problème, compte-tenu de la résistance des plaques de verre modernes (les panneaux d'un groupe de HLM près de Toulouse ont été détruits par la grêle en 1988).

Chose amusante, les calculs de rentabilité semblent indiquer que celle-ci intervient au bout de 20 à 25 ans, c'est à dire au-delà de la durée de vie du panneau...

### *1.3. Un marché incroyablement subventionné*

Nous allons voir les méthodes employées par l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) pour prétendre au développement du secteur. La malhonnêteté intellectuelle de l'ADEME a déjà été dénoncée dans la "Lettre de la SCM", décembre 2008.

Dans le document "*Le marché du solaire photovoltaïque en France et dans le monde* - Dossier in ADEME & vous - Stratégie & études n° 3 - 12 juin 2007, l'ADEME écrit :

*"Deux types d'installations photovoltaïques coexistent en France : les systèmes en sites isolés, indépendants du réseau électrique et les systèmes qui lui sont raccordés. Historiquement, le marché photovoltaïque français était tourné vers les applications en sites isolés. C'est à partir de 1999 qu'il s'est réorienté vers les applications dites « raccordées réseau », grâce à l'implication des acteurs français de la filière. Aujourd'hui, le volume annuel financé en sites isolés (0,3 MW) est devenu marginal face aux besoins de financement des sites raccordés (plus de 14 MW). Sur le parc, la puissance cumulée des applications photovoltaïques raccordées au réseau en France représente, en 2006, plus du double de celle des sites isolés [...].*

*"L'annonce du nouveau tarif d'achat en juillet 2006, associé à un crédit d'impôt pour les particuliers, a sensiblement dopé la croissance du marché qui a augmenté de 122 % entre 2005 et 2006. Ce résultat est d'autant plus remarquable que le tarif d'achat n'a pris effet qu'au milieu de l'année 2006.*

*"Les départements et territoires d'outre-mer ainsi que la Corse concentrent plus de la moitié de la puissance financée jusqu'à présent. Ainsi trois régions d'outre-mer (Martinique, Guadeloupe et Réunion) regroupent plus de puissance installée que les 22 régions de*

*France continentale (16,6 MW contre 12,9 MW). La Réunion est devenue en 2006 le leader du marché français. À titre d'exemple, le marché 2006 a représenté 8,4 MW dans les DOM et la Corse, et 6 MW en France continentale. Cette répartition géographique reflète les dispositions particulières prises en matière de défiscalisation et de tarif d'achat de l'électricité d'origine photovoltaïque, deux fois plus élevé dans les DOM, en Corse et à Mayotte qu'en France continentale jusqu'en juillet 2006. Elle résulte également d'une volonté de l'État, de l'ADEME et de ses partenaires locaux de concentrer l'installation de générateurs photovoltaïques dans les zones où les coûts de production de l'électricité sont les plus élevés."*

Voici les tarifs d'achat de l'électricité, issus de ce même document :

	Métropole	DOM, Corse, Mayotte, Saint Pierre
Tarif de base	30 c€/kWh	40 c€/kWh
Prime à l'intégration au bâti	25 c€/kWh	15 c€/kWh
Tarif total intégré au bâti	55 c€/kWh	55 c€/kWh

A titre de comparaison, on rappelle que le prix du kWh d'origine nucléaire est de 2 centimes d'Euro !

On constate ceci, qui est vraiment remarquable :

- L'Etat français oblige EDF à acheter à prix très élevé l'électricité produite par des dispositifs non performants. Ceci se traduit évidemment par une augmentation de la facture d'électricité de chaque citoyen : autrement dit, il s'agit d'un impôt ;
- Cet impôt est versé, sous forme d'aides diverses, à des régions friandes de subventions, et où le taux d'activité est faible ;
- Mais malgré cela le taux de raccordement au réseau des installations photovoltaïques reste extrêmement bas.

On peut penser, bien sûr, à une "manip" amusante : puisque le prix d'achat d'électricité est supérieur au prix usuel, il suffit de brancher un projecteur sur le circuit électrique usuel, de braquer ce projecteur sur le panneau solaire (ce qui peut se faire de jour comme de nuit !) et de revendre l'électricité ainsi produite. Mais cette "manip" ne marcherait pas en pratique, parce que le rendement du panneau solaire n'est pas très élevé, et la perte n'est pas compensée par la différence de prix.

Le résumé qui suit est particulièrement instructif ; il explique bien l'absurdité du mode de financement. Il s'agit du rapport *"L'inadéquation du mode de subvention du photovoltaïque à sa maturité technologique"* par Dominique FINON, CIRED (Centre International sur l'Environnement et le Développement), décembre 2008.

On lit :

*"La croissance spectaculaire des marchés du photovoltaïque dans différents pays donne l'illusion d'un décollage commercial de cette technologie alors qu'elle se fonde sur le développement de marchés très subventionnés par des tarifs d'achat pour tirer le développement des capacités de fabrication photovoltaïque de grande taille dans ces pays."*

*"Les marchés n'existeraient pas sans elles. La France s'est alignée sur les autres pays dans l'espoir de construire une filière nationale tirée par le développement de ses débouchés nationaux.*

*"Le choix et la conception du tarif d'achat pose trois problèmes. En premier lieu le tarif d'achat n'est pas le bon instrument par rapport au stade de progression de la technologie PV qui n'est pas encore au niveau pré-commercial, ce qui oblige à avoir des tarifs quatre à cinq fois plus élevés que ceux de l'éolien. Il serait préférable de renforcer l'effort de R&D sur toutes les filières et en particulier les filières couches minces bien moins avancées et de limiter le développement du marché à des programmes de type 10 000 toits PV par des subventions à l'investissement pour permettre un effort de démonstration.*

*"En second lieu, même en imaginant qu'il serait justifié de retenir cet instrument parce que l'on considérerait que la technologie se situerait en phase pré-commerciale, le dispositif français est mal conçu sur quatre plans :*

- la longueur de l'engagement du tarif pour chaque nouvelle installation et l'absence de décroissance du tarif d'achat sur les 20 ans de l'engagement ;*
- l'inutile ajout des aides à l'investissement avec crédits d'impôts, allègement de TVA, et au niveau des régions subventions à l'investissement et bonification d'emprunts ;*
- l'absence de décroissance du tarif pour les nouvelles installations, alors que l'on pourrait déjà limiter les dépenses futures de ce dispositif par des baisses rapides qui accompagneraient l'évolution des coûts ;*
- l'absence de distinction des tarifs entre filières de maturité différente pour les différents usages du PV, ce qui tend à pénaliser les filières couches minces et à contribuer au verrouillage technologique qui se dessine au plan mondial sur les techniques au silicium cristallin moins prometteuses.*

*"En troisième lieu l'objectif industriel de construire une filière photovoltaïque en France en tirant le développement d'un marché interne par ces tarifs ne sera jamais atteint dans le contexte de concurrence globalisée, sachant que les industries de quelques pays se sont placées en tête grâce à des politiques d'appui plus précoces. Le dispositif va engager de façon croissante l'argent des consommateurs français d'électricité sur une période de 20 ans sans faire décoller l'industrie française sur le Si cristallin. Le dispositif va servir à subventionner les industries des autres pays (Japon, Allemagne, Etats-Unis et maintenant Chine).*

*"Un programme ambitieux de subventions à la R&D et de subventions à l'investissement ciblé sur les technologies couches minces et privilégiant les producteurs français dans une logique de démonstration apparaît être une solution beaucoup plus efficace à moyen et long terme".*

Autrement dit, il s'agit d'une complète absurdité : le contribuable français est obligé de payer des subventions à des modes de fabrication non rentables, et cela profite à des industries étrangères !

Voici un extrait de l'Usine Nouvelle du 11 janvier 2010, qui montre bien les hésitations du gouvernement :

## La valse des tarifs : chronologie

**9 septembre.** Le ministère de l'Ecologie et de l'Energie présente un projet d'arrêté prévoyant une stabilité des tarifs de rachat jusqu'en 2012. Cet arrêté devait entrer en application au 1er janvier 2010.

Au menu, **60.2 c€/kWh** pour les installations intégrées au bâti, et **45 c€/ kWh** pour les « intégrations simplifiées » (visés, les bâtiments agricoles, industriels, commerciaux...). **32.8 c€/kWh** pour les installations au sol, mais pour celles d'une puissance supérieure à 250 kWc, le tarif variera désormais de **32.8 c€/kWh** pour les régions métropolitaines les plus ensoleillées à **39.4 c€/kWh** pour les régions les moins ensoleillées. Objectif : permettre une meilleure répartition des centrales solaires sur le territoire national.

**3 décembre.** La Commission de régulation de l'Energie (CRE) critique vivement ce projet dans un avis. Elle estime que les tarifs proposés ne prennent pas en compte la baisse très forte du prix des panneaux solaires depuis un an, qui atteint 30% à 50% selon les technologies. L'autorité de régulation dénonce dès lors une rentabilité très élevée des projets : une rentabilité sur fonds propres de 35 à 45% est évoquée, et de 15,2% en moyenne. Au détriment des consommateurs qui en paient le coût, selon la CRE. Le rachat de l'électricité photovoltaïque par EDF est en effet financé par les consommateurs d'électricité par le biais de la Contribution au service public de l'électricité (CSPE). Le régulateur prône en conséquence l'adoption de tarifs moins élevés et une baisse de 9% par an dès 2010.

**8 décembre.** Le gouvernement propose un nouveau projet d'arrêté, qui suit l'avis de la CRE : il prévoit une forte baisse des tarifs, mais qui suscite une vive opposition chez les industriels. Selon l'Apesi, ce projet aurait conduit à faire du photovoltaïque une "filrière morte-née".

**22 décembre.** Le gouvernement présente un arrêté de compromis au Conseil supérieur de l'énergie. Dans une lettre à ses adhérents datée du 22 décembre, André Antolini, président du syndicat des énergies renouvelables, affirme avoir obtenu du directeur de cabinet de Jean-Louis Borloo de nouveaux tarifs : **0,58 €/kWh** pour les panneaux intégrés aux bâtis des bâtiments d'habitation, de bureaux, de santé et d'enseignements ; **0,50 €/kWh** pour les autres bâtiments ; **0,45 €/kWh** pour les centrales à intégration simplifiée et **0,314 €/kWh** pour les centrales au sol. De plus la dégressivité de ces tarifs serait repoussée au 30 juin 2012. Ce projet reste pour l'instant sans suite. L'arrêté devrait paraître au journal officiel cette semaine, selon des sources proches des parties prenantes.

Au terme de ces valse-hésitation, voici les tarifs retenus en 2010 (HT) :

	Tarif d'achat applicable	
Prime d'intégration	58c€/kWh	50c€/kWh
Prime d'intégration simplifiée	42c€/kWh	
Autres, métropole	31,4c€/kWh	
Autres, DOM /TOM et Corse	40c€/ kWh	

Attention, à compter du 1<sup>er</sup> Janvier 2012, et au 1<sup>er</sup>Janvier de chaque année suivante, les tarifs d'achat seront réduits de 10% par rapport au tarif de l'année précédente. **Le tarif est revalorisé chaque année en fonction de l'inflation.**

(source : <http://www.photovoltaique.info/Le-tarif-d-achat.html>)

#### 1.4. Une production complètement marginale

Le rapport d'activité annuel 2008 du Réseau de Transport d'Electricité ([http://www.rte-france.com/htm/fr/mediatheque/ra\\_2008.jsp](http://www.rte-france.com/htm/fr/mediatheque/ra_2008.jsp)) indique :

*En 2008, la production photovoltaïque française correspond à environ 3 300 sites recensés pour près de 26 MW disponibles et raccordés et 13 GWh de production. Elle est majoritairement implantée dans le sud : Languedoc-Roussillon (pour près de la moitié de la puissance installée), en Rhône-Alpes, en Midi-Pyrénées, en Provence-Alpes-Côte d'Azur, mais également en Pays de Loire.*

Comme la consommation française d'électricité était, en 2008, d'environ 500 TWh (soit  $5 \times 10^{14}$  Wh), la part du photovoltaïque (13 GWh) dans la production est  $\frac{13 \times 10^9}{5 \times 10^{14}} = 0.26 \times 10^{-4}$ , soit 0.0026 %.

La raison de ce faible développement tient aux faits que nous avons présentés tout au début : l'énergie solaire n'est pas rentable, face aux autres sources d'énergie, parce qu'elle est diffuse et intermittente.

#### 1.5. Des formalités très complexes

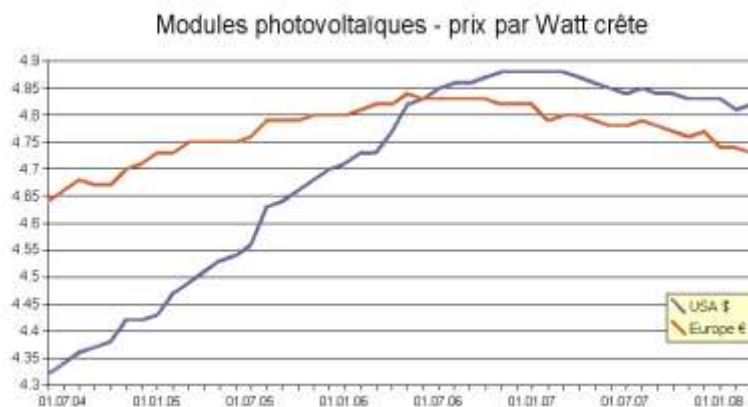
Pour se raccorder au réseau et devenir "producteur d'électricité", les démarches administratives restent complexes :

- Faire une demande de raccordement auprès du gestionnaire du réseau de distribution ERDF ;
- Faire une déclaration d'exploiter une installation photovoltaïque auprès de la DIDI-DEME ;
- Signer un contrat d'obligation d'achat, auprès d'un distributeur d'électricité. Le distributeur s'engage à acheter cette électricité au tarif réglementé pendant un certain nombre d'années ;
- Obtenir une assurance responsabilité civile pour l'exploitation d'une centrale photovoltaïque.

On trouve un bon nombre de sociétés dont le métier est d'aider les particuliers à devenir "producteurs d'énergie" ; elles se chargent de l'installation et des démarches.

#### 1.6. Evolution des prix du photovoltaïque

Pour le passé récent, l'évolution est décrite par le graphique qui suit :



- Il y a eu une baisse régulière jusqu'en 2005 (qui n'est pas visible sur ce graphique) due aux améliorations technologiques ;
- Depuis 2005 / 2006, augmentation des prix due à une pénurie de silicium qui a touché tout le marché semi-conducteurs ;
- A partir de 2007, retour à la baisse grâce à de nouvelles générations de panneaux moins gourmands en silicium, à d'autres évolutions technologiques et à l'augmentation du marché soutenu en particulier par de nombreuses initiatives étatiques.

(<http://www.solarbuzz.com>)

On constate que les prix finaux sont très dépendants du prix des matières premières, et donc largement imprévisibles. L'énergie solaire est peut-être gratuite, mais le silicium pour la transformer en électricité ne l'est pas !

### 1.7. Etat du marché

Il est très peu reluisant : surcapacités de production de panneaux (qui se vendent mal) et pertes abyssales. Voici un extrait de l'article "Le solaire entrevoit la sortie de crise", par Frank Stassi, 5 novembre 2009, *problematiques.fr* :

*"Affectés par la crise, les professionnels du solaire tablent sur les effets de la loi Grenelle 2 et sur la reprise pour conforter de nouveaux projets.*

*"En accusant une perte de près de 700 millions d'euros sur le premier semestre 2009, le producteur allemand de panneaux solaires photovoltaïques Q-Cells témoigne des difficultés qui affectent actuellement la filière. Frappé par la crise, le secteur doit également faire face à un problème de surcapacité : de nombreux acteurs ont massivement misé sur un marché dont la croissance a été pénalisée par un contexte économique défavorable.*

*"Selon le cabinet américain iSuppli, les nouvelles installations représenteraient légèrement moins de 4 gigawatts pour l'année 2009, tandis que la production de panneaux atteindrait une puissance totale de 7,5 gigawatts : le marché est engorgé. « Pendant douze à dix-huit mois, la situation se révélera difficile pour ceux qui ont réalisé récemment d'importants investissements en capacité de production », expliquait au printemps dernier à L'Usine Nouvelle Marc Vogeleisen, président de la filiale française d'Energos, un producteur italien récemment implanté dans l'Hexagone.*



*"La mise en liquidation judiciaire de Silicium de Provence, l'emblématique projet d'usine de fabrication de silicium à usage solaire, a sonné le glas de l'expansion trop rapide de la filière. Lancée en 2006, l'initiative avait pour objectif de profiter de la pénurie de silicium - aujourd'hui largement réglée - en associant un important parterre de partenaires, parmi lesquels une compagnie d'énergie renouvelable hollandaise et EDF Energies Nouvelles. Plombée par 30 millions d'euros de dette, l'usine provençale ne verra pas le jour."*

Voici ce qu'on trouve sur "Solairedirect", l'une de ces sociétés, qui se présente : "Solaire-direct est le premier opérateur entièrement dédié à la production d'électricité solaire en France" ([www.solairedirect.com](http://www.solairedirect.com)).

Editorial du Président, M. Thierry Lepercq :

*"Les ressources en énergies fossiles sont limitées et nous savons qu'en rejetant du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, elles sont les premières responsables du réchauffement climatique. Polluantes et de plus en plus chères, elles risquent de dégrader notre environnement, de nous appauvrir et de provoquer des tensions géopolitiques. Une situation paradoxale quand l'énergie est censée contribuer à l'amélioration de notre bien-être."*

*"L'énergie solaire, à l'inverse des énergies fossiles, est inépuisable, ne rejette pas de CO<sub>2</sub> et est disponible partout. Par rapport à des alternatives comme le nucléaire ou les biocarburants, elle a l'avantage de ne pas produire de déchets toxiques ni d'empiéter sur les cultures alimentaires."*

*"Avec l'électricité solaire photovoltaïque, au-delà du choix d'une nouvelle énergie, Solaire-direct propose celui d'un nouveau modèle énergétique accessible à tous. Un modèle où chacun peut contribuer au bien de tous en devenant producteur d'une énergie propre, abondante et produite localement."*

*"En équipant le toit de sa maison, les bâtiments de son entreprise ou en installant des parcs solaires dans nos communes, nous pouvons tous créer un nouveau réseau énergétique plus intelligent. Un réseau décentralisé de producteurs et non un simple réseau de consommateurs fonctionnant sur le mode centralisé et donc vulnérable."*

*"Pour que ce nouveau modèle puisse s'imposer, Solairedirect a adopté une démarche industrielle et de services afin de le rendre financièrement accessible à tous et simple à mettre en œuvre."*

*"Chacun pourra ainsi faire le bon choix en agissant pour son environnement et celui des générations futures, tout en y gagnant dès aujourd'hui une source de revenus complémentaires."*

Et voici les résultats financiers de cette société (source : Societe.com) :

Solairedirect  
RCS Paris B 492 490 057

	Au 31-12-2008	Au 31-12-2007
<b>Compte de résultat</b>	12 mois - EU	14 mois - EU
<b>Chiffre d'affaires</b>	25.800.000	1.320.000
-Dont export	2.100.000	0
<b>Production</b>	18.800.000	1.510.000
Valeur ajoutée	500.000	- 60.000
EBE	- 4.800.000	- 880.000
Résultat d'exploitation	- 5.500.000	- 890.000
RCAI	- 5.300.000	- 860.000
<b>Résultat net</b>	- 5.500.000	- 860.000
Effectif moyen	116	36

Il est difficile de connaître précisément les résultats du déficit très important, qui augmente au fur et à mesure que le chiffre d'affaires augmente. On peut faire deux hypothèses :

- Les démarches à effectuer prennent beaucoup de temps et occupent un personnel nombreux (ces démarches sont incluses dans le prix de vente à l'acheteur) ;
- Les panneaux solaires se révèlent difficiles à installer, souffrent de malfunctions, de pannes, etc.

Il est possible aussi, bien sûr, que le prix ait été mal calculé, et que la société perde de l'argent sur chaque panneau qu'elle installe !

Les sociétés de type "Solairedirect" sont très nombreuses, très récentes, et la plupart ne publient pas leurs comptes annuels.

### *1.8. Autres procédés de fabrication*

Il y a d'autres méthodes pour fabriquer de l'électricité à partir du solaire : on peut concentrer les rayons par des miroirs, et faire bouillir de l'eau (ou un liquide quelconque) ; la vapeur sert alors à la production d'électricité. C'est sur ce principe que fonctionne le Four Solaire d'Odeillo (près de Font Romeu, Pyrénées Orientales) ; c'est la centrale THEMIS dont l'expérimentation dura de 1983 à 1986. Elle a été fermée entre 2004 et 2007 et sert aujourd'hui à tester la résistance des matériaux : la production d'électricité a été abandonnée (voir Wikipedia : centrale Themis).

De tels dispositifs sont extrêmement complexes, car il faut des miroirs mobiles, capables de suivre le Soleil dans sa course. Ils n'ont aucune rentabilité industrielle.

## 2. Solaire Photovoltaïque Local

C'est une application très ancienne et très répandue : elle concerne des appareils isolés, peu consommateurs en électricité ; on citera par exemple : balises de signalisation, télécommunications le long des routes, etc. Un autre exemple est celui des calculatrices de poche.

Le rapport "Académie des Technologies" fait une bonne présentation :

*"Applications autonomes avec stockage*

*"Ces applications ont constitué le domaine privilégié à l'origine du photovoltaïque en permettant d'apporter un peu d'énergie dans des régions dépourvues de réseau électrique. Dans les pays en développement, l'objectif est de contribuer au développement économique, même si les philosophies diffèrent : électrification rurale ou première électrification. Ce marché est principalement celui des kits photovoltaïques, ne dépassant pas la centaine de Wc, offrant la possibilité d'utiliser quelques tubes fluorescents et une télévision pendant quelques heures par jour. Il comprend aussi des installations collectives : pompage de l'eau, réfrigération de produits médicaux, télévision communautaire, etc.*

*"Le stockage par des batteries au plomb constitue encore aujourd'hui le meilleur compromis entre le prix et la durée de vie (de 5 à 7 ans). Imposant de lourdes contraintes (entretien, sécurité), il représente cependant un handicap pour un développement généralisé de cette forme d'électrification.*

*"Il existe aussi des applications autonomes, domestiques et professionnelles, dans les pays industrialisés : électrification de résidences secondaires isolées et de refuges, signalisation et téléphonie des autoroutes, signalisation et publicité urbaines, balisage en mer, protection cathodique et télécommunications, etc. Le domaine des puissances s'étend du watt à quelques kilowatts et les batteries doivent garantir une réserve d'énergie correspondant à plusieurs jours sans soleil. Les technologies de batteries récentes, lithium-ion notamment, deviennent compétitives grâce aux progrès induits par d'autres applications et le développement de véhicules électriques ou hybrides laisse espérer une baisse considérable des coûts."*

Il est complètement évident, cependant, que les appareils ainsi alimentés sont fragiles et ne se déplacent pas facilement. Lorsqu'il s'agit de produire de l'électricité pour les opérations extérieures, le Ministère de la Défense a recours à des groupes électrogènes classiques, et non à des panneaux solaires.

Imaginons un bédouin, dans le désert, qui veut calculer des décimales de Pi : occupation qui en vaut bien une autre. Comme il ne sait pas le faire de tête, il a besoin d'un ordinateur portable. Pour alimenter cet ordinateur, il lui faudra un panneau solaire d'environ 1 m<sup>2</sup> (production 50 Wh), pesant 10 kg. Le portable cesse d'être portable.

Voici l'exemple de Eco-Innov ([www.eco-innov.com](http://www.eco-innov.com)), qui produit des balises : éclairage et signalisation lumineuse à économie d'énergie.

<b>ECO INNOV'</b>		
<b>RCS Grenoble B 451 859 409</b>		
Comptes simplifiés	Au 31-12-2008 12 mois - EU	Au 31-12-2007 12 mois - EU
<b>Actif</b>		
<b>Actif immobilisé</b>	2.000	3.000
- Incorporel	0	0
- Corporel	2.000	3.000
- Financier	0	0
<b>Actif circulant</b>	219.000	127.000
- Stocks	15.000	6.000
- Créances	116.000	75.000
- Disponibilités	88.000	47.000
Cpte régul. actif	2.000	0
<b>TOTAL ACTIF</b>	<b>223.000</b>	<b>130.000</b>
<b>Passif</b>		
<b>Capitaux propres</b>	124.000	87.000
<b>Provisions</b>	0	0
<b>Dettes</b>	100.000	44.000
- Financières	1.000	2.000
- Fournisseurs	64.000	15.000
- Fiscales et sociales	0	0
- Autres dettes	36.000	27.000
Cpte régul. passif	0	0
<b>TOTAL PASSIF</b>	<b>223.000</b>	<b>130.000</b>
<b>Compte de résultat</b>		
<b>Chiffre d'affaires</b>	466.000	352.000
Dont export	49.000	29.000
Production	7.000	5.000
Valeur ajoutée	112.000	91.000
EBE	44.000	36.000
Résultat d'exploitation	43.000	38.000
RCAI	45.000	37.000
<b>Résultat net</b>	<b>37.000</b>	<b>31.000</b>
Effectif moyen	non précisé	non précisé

## B. Le solaire thermique

Il s'agit de produire de l'eau chaude grâce à l'énergie solaire. Cela concerne essentiellement le secteur du bâtiment.

### 1. Performances et coûts

Nous extrayons le paragraphe qui suit du rapport de l'Académie des Technologies :

*"Le secteur du bâtiment est en France le plus gros consommateur d'énergie finale parmi tous les secteurs économiques, avec 70 millions de tonnes d'équivalent pétrole, soit 43 % de l'énergie finale totale et 1,1 tonne d'équivalent pétrole consommée annuellement par chacun d'entre nous. Aussi, dès le premier choc pétrolier, la politique nationale de l'énergie a prévu un effort de réduction de la consommation d'énergie fossile dans le bâtiment. Cet effort a entraîné l'évolution de la réglementation thermique de l'habitat. Un logement neuf actuel consomme environ 25 % de ce que consommait un logement de surface égale en 1975.*

*"Cependant, la consommation énergétique dans les logements et les bureaux a augmenté de 30 %, durant ces 30 dernières années en France, en raison :*

- du fort accroissement (proche de 40 %) du parc de logements ;*
- de l'augmentation de la surface moyenne occupée ;*
- d'un confort accru ;*
- du développement des usages de l'électricité.*

*"Ce secteur est lent à évoluer en raison de l'importance de son stock : près de 30 millions de logements et plus de 900 millions de m<sup>2</sup> de bâtiments tertiaires chauffés. Le flux annuel de construction (500 000 logements en 2007 et 14 millions de m<sup>2</sup> de bâtiments tertiaires chauffés) est insuffisant pour modifier rapidement les caractéristiques du parc. La réhabilitation du parc existant est une nécessité, mais est beaucoup moins sensible à une politique volontariste que ne l'est la construction neuve.*

*[...]*

*"Compte tenu de l'importance de la production nucléaire en France, il serait tentant de considérer qu'à terme, l'énergie résiduelle demandée par les bâtiments après application de toutes les mesures d'économie, soit d'origine nucléaire. Il ne rentre pas dans le cadre de ce rapport de discuter cette option mais, depuis 30 ans, tous les gouvernements de la France ont affiché une politique de diversification énergétique à côté du développement de l'énergie nucléaire.*

*[...]*

*"La seconde approche fait appel à des capteurs spécifiques de rayonnement solaire, placés sur les parois opaques du bâtiment dans la logique technique suivante : en renforçant l'isolation des parois opaques, la sortie et l'entrée de la chaleur sont freinées, créant ainsi, avec le solaire actif, une double fonction (isolation et collecte d'énergie) de l'enveloppe.*

*"Les capteurs placés en paroi de l'immeuble convertissent le rayonnement solaire en chaleur transportée à l'intérieur par un caloporteur (eau, rarement air) pour une application qui peut être la production d'eau chaude sanitaire, le chauffage, le rafraîchissement, ou*

leur combinaison. Le composant commun à ces applications est le capteur solaire thermique. Son plus gros marché est celui des chauffe-eau solaires.

[...]

"La consommation d'eau chaude sanitaire en France est de 46 TWh/an en énergie finale soit 4 Mtep et en moyenne 1 850 kWh/an par ménage. Elle augmente en valeur absolue de 0,5 à 1 % par an, n'ayant pas profité des incitations aux économies d'énergie dans le bâtiment. Dans les immeubles futurs à basse consommation (50 kWh/m<sup>2</sup>/an), elle pourrait atteindre un tiers de la consommation de chaleur du logement.

"Une brochure de l'ADEME indique un prix de 3 800 à 5 800 € pour un chauffe-eau solaire individuel (CESI), pose comprise (3 à 5 m<sup>2</sup> de capteurs, ballon de 200 à 300 l). Le prix de la pose est variable, les installateurs, peu expérimentés, prenant une marge de risque.

"Un constructeur de maisons standardisées propose le chauffe-eau en option à 3 000 € avec une maison neuve. D'après un constructeur, la part des matériaux et du transport représente 85 % du coût du capteur. Or, les matériaux, dont le cuivre, ont beaucoup augmenté. Malgré l'effet d'échelle, résultant de la croissance du marché, les prix ne décroissent pas autant qu'espéré."

Il est complètement évident, au vu de ces chiffres, que l'installation d'un chauffe-eau solaire coûte beaucoup plus cher que celle d'un chauffe-eau ordinaire. Rappelons qu'un chauffe-eau dit "à accumulation" (électrique, branché sur le secteur) est de l'ordre de 150 à 300 Euros, selon la capacité et les performances.

Le "Grenelle de l'Environnement" a annoncé une réduction de la consommation d'énergie dans les immeubles, avec un seuil fixé à 50 kWh par mètre carré et par an (voir ci-dessus), à partir de 2012. Ceci est très inférieur à la consommation actuelle (environ 250 kWh par m<sup>2</sup> et par an). Cette réduction fait craindre un certain nombre d'interdictions : le chauffage électrique et les chauffe-eau électriques seraient ainsi interdits. Ces points sont en discussion auprès de l'Assemblée Nationale et du Sénat ; divers amendements ont été déposés. Nous ne sommes pas en mesure, début 2010, de savoir précisément quel sera le degré d'absurdité des lois qui seront promulguées.

La réduction de la consommation d'énergie dans les habitations est évidemment souhaitable jusqu'à un certain point : des doubles vitrages éliminent une large partie des pertes thermiques. Mais l'isolation complète prônée par le Grenelle de l'Environnement, notamment avec l'objectif des "bâtiments à énergie positive" est totalement absurde. Une telle isolation sera certainement nocive pour la santé : l'air intérieur est souvent plus pollué que l'air extérieur. En outre, on peut considérer comme un élément de liberté individuelle de pouvoir ouvrir ses fenêtres et choisir son mode de chauffage. Mais, à l'heure actuelle, les principes doctrinaires ont fait perdre tout bon sens aux politiques.

## **2. L'état du marché**

L'état du marché est décrit dans le communiqué de presse de l'Association Professionnelle de l'Énergie Solaire (ENERPLAN) :

"Nous avons interrogé les membres sur leurs ventes pour les 3 segments de marché : le chauffe-eau solaire individuel (CESI), le système solaire combiné (SSC), l'eau chaude sanitaire collective (ECSColl)".

*"Sur la base des premières données collectées qui restent à consolider, on peut dessiner une tendance annuelle du marché, où l'on devrait avoir installé en 2007 en métropole :*

- Moins de 37 000 CESI, équivalent à 165 000 m<sup>2</sup>, contre 35 000 pièces et plus de 150 000 m<sup>2</sup> en 2006 ;*
- Environ 4 600 SSC, équivalent à 48 000 m<sup>2</sup>, contre 5 000 pièces et 51 000 m<sup>2</sup> en 2006 ;*
- Environ 40 000 m<sup>2</sup> en ECSColl, contre 22 000m<sup>2</sup> en 2006."*

*"Soit un marché métropolitain qui totaliserait 253 000 m<sup>2</sup> installés en 2007 (177 MWth), contre 220 000 m<sup>2</sup> en 2006 (154 MWth). Soit un progression de 15%, essentiellement due à l'eau chaude sanitaire solaire, en individuel et surtout en collectif. Le marché du système solaire combiné, qui assure l'eau chaude et le chauffage en maison individuelle, refluerait de 8%.*

*"Le marché à la Réunion est le marché d'outre-mer le plus développé, avec environ 11 000 CESI installés en 2007 et une nette progression de l'eau chaude sanitaire solaire collective (qui est un segment de marché représentant un relais de croissance locale). Le marché solaire thermique des DOM et TOM semble stabilisé autour de 70 000 m<sup>2</sup> (49 MWth).*

*"Au total, le marché 2007 du solaire thermique en France, métropole et DOM TOM, serait de 323 000 m<sup>2</sup> de capteurs installés, soit l'équivalent de 226 MWth mise en service."*

Il est clair, au vu de ces chiffres, qu'il s'agit d'un marché marginal.

Un défaut, quelquefois mentionné par les utilisateurs, est amusant : le panneau solaire est souvent assez éloigné de la salle de bains (beaucoup plus éloigné que ne le serait un chauffe eau à accumulation), si bien que lorsqu'on prend une douche il faut faire couler l'eau (froide) longtemps avant d'avoir de l'eau chaude. Il y a peut-être une économie d'électricité, mais il y a sûrement un gaspillage d'eau !

### **3. La durée de vie des installations**

On parle couramment de 15 à 30 ans pour un chauffe-eau solaire, mais il est impossible de savoir si ce chiffre correspond à une réalité : on ne dispose que des déclarations des fabricants.

### **4. Les formalités**

Une réforme du permis de construire et de la déclaration de travaux est entrée en vigueur en octobre 2007.

Les panneaux solaires thermiques posés au sol et sur châssis ne sont plus soumis à aucune formalité.

En ce qui concerne les panneaux installés sur toiture, avant le 1er octobre 2007, une simple déclaration de travaux d'une page suffisait. Aujourd'hui, il faut remplir un document intitulé : « déclaration préalable cerfa N°13404\*01 », composé de sept pages recto-

verso plus deux pages de notice d'information et enfin d'un bordereau de dépôt de pièces jointes qui lui comprend deux pages. Les pièces à joindre sont nombreuses :

- un plan de situation du terrain ;
- un plan de masse de la construction ;
- un plan de coupe du terrain et de la construction ;
- les plans des façades et des toitures (la face sud suffit) ;
- une représentation de l'aspect extérieur de la construction ;
- un document graphique permettant d'apprécier l'insertion du projet de construction dans son environnement ;
- une photographie permettant de situer le terrain dans l'environnement proche ;
- une photographie permettant de situer le terrain dans le paysage lointain.

(<http://www.energies-libres.com/tag/panneaux%20solaires>)

En bref, on constate que les formalités d'installation restent nombreuses et dissuasives.

## 5. Le bilan de quelques entreprises du secteur

Il est intéressant de voir comment s'en sortent quelques entreprises d'un secteur aussi peu concurrentiel, aussi subventionné, aussi réglementé.

Bilan de Jacques Giordano Industries ([www.giordano.fr](http://www.giordano.fr)), qui se dit premier fabricant français de chauffe-eau solaires :

### JACQUES GIORDANO INDUSTRIES

RCS Marseille B 351 193 347

	Au 31-12-2008	Au 31-12-2007
Comptes sociaux	12 mois - EU	12 mois - EU
<b>Actif</b>		
<b>Actif immobilisé</b>	1.980.000	1.780.000
- Incorporel	60.000	60.000
- Corporel	430.000	530.000
- Financier	1.490.000	1.190.000
<b>Actif circulant</b>	11.640.000	10.190.000
- Stocks	4.020.000	3.300.000
- Créances	7.620.000	6.890.000
- Disponibilités	0	0
Cpte régul. actif	150.000	130.000
<b>TOTAL ACTIF</b>	<b>13.770.000</b>	<b>12.100.000</b>
<b>Passif</b>		
<b>Capitaux propres</b>	5.870.000	5.350.000
<b>Provisions</b>	230.000	170.000
<b>Dettes</b>	7.670.000	6.560.000
- Financières	1.520.000	1.070.000
- Fournisseurs	4.620.000	4.070.000
- Fiscales et sociales	530.000	360.000
- Autres dettes	1.000.000	1.070.000



Cpte régul. passif	0	20.000
<b>TOTAL PASSIF</b>	<b>13.770.000</b>	<b>12.100.000</b>
<b>Compte de résultat</b>		
<b>Chiffre d'affaires</b>	<b>30.180.000</b>	<b>25.870.000</b>
Dont export	15.270.000	15.660.000
Production	14.820.000	15.360.000
Valeur ajoutée	3.100.000	2.620.000
EBE	660.000	470.000
Résultat d'exploitation	640.000	560.000
RCAI	490.000	390.000
<b>Résultat net</b>	<b>490.000</b>	<b>380.000</b>
Effectif moyen	46	44

Pour Clipsol, qui se dit également premier installateur en France, le résultat est nettement moins brillant :

<b>CLIPSOL</b>		
<b>RCS Chambéry B 315 782 128</b>		
	Au 31-03-2008	Au 31-03-2007
Comptes sociaux	12 mois - EU	12 mois - EU
<b>Actif</b>		
<b>Actif immobilisé</b>	1.690.000	1.380.000
- Incorporel	280.000	210.000
- Corporel	970.000	950.000
- Financier	440.000	220.000
<b>Actif circulant</b>	7.340.000	5.990.000
- Stocks	3.090.000	2.640.000
- Créances	4.050.000	2.510.000
- Disponibilités	150.000	830.000
Cpte régul. actif	220.000	390.000
<b>TOTAL ACTIF</b>	<b>9.250.000</b>	<b>7.760.000</b>
<b>Passif</b>		
<b>Capitaux propres</b>	1.540.000	3.190.000
<b>Provisions</b>	140.000	80.000
<b>Dettes</b>	7.370.000	3.990.000
- Financières	1.330.000	630.000
- Fournisseurs	2.790.000	2.230.000
- Fiscales et sociales	1.490.000	960.000
- Autres dettes	1.760.000	170.000
Cpte régul. passif	190.000	500.000
<b>TOTAL PASSIF</b>	<b>9.250.000</b>	<b>7.760.000</b>
<b>Compte de résultat</b>		
<b>Chiffre d'affaires</b>	14.650.000	12.000.000
Dont export	60.000	30.000
Production	15.300.000	12.180.000
Valeur ajoutée	3.440.000	3.110.000
EBE	- 1.480.000	- 1.370.000
Résultat d'exploitation	- 1.580.000	- 1.320.000
RCAI	- 1.650.000	- 1.330.000
<b>Résultat net</b>	<b>- 1.640.000</b>	<b>- 1.170.000</b>
Effectif moyen	non précisé	114

## 6. Les aides

De nombreuses aides sont disponibles pour faciliter l'installation de chauffe-eau solaires individuels ou de systèmes de chauffage solaire.

- Les aides de l'Etat

Il s'agit notamment d'un crédit d'impôt de 50% du coût TTC des équipements de production d'énergie utilisant une source d'énergie renouvelable (systèmes solaires et pompes à chaleur).

Ce crédit d'impôt est applicable au titre de l'habitation principale. Le montant des dépenses ouvrant droit au crédit d'impôt est plafonnée, sur la période comprise entre le 1er janvier 2006 et le 31 décembre 2009, à 8.000 Euros pour une personne célibataire, 16.000 Euros pour un couple. Cette somme est majorée de 400 Euros par personne à charge, 500 Euros pour le deuxième enfant, 600 Euros par enfant à partir du troisième.

Pour bénéficier du crédit d'impôt, le matériel acheté doit faire l'objet d'un agrément du CSTB (ou équivalent européen) ; ce qui est le cas pour l'ensemble des équipements proposés par la plupart des installateurs.

- Les aides complémentaires

Des aides complémentaires peuvent être apportées par certaines collectivités territoriales (Conseil Régional, Conseil Général, départements, communes, communautés de communes ou municipalités). Ces subventions ne sont généralement accordées que pour du matériel référencé et mis en place par des installateurs agréés QUALISOL.

Les aides des collectivités territoriales peuvent être soumises à des exigences supplémentaires.

- Les aides de l'ANAH

L'ANAH (Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat) a mis en place une prime pour l'installation d'un chauffe-eau solaire individuel. Le niveau de revenus de l'utilisateur est déterminant pour l'obtention de cette prime. Elle peut être accordée soit à des propriétaires qui s'engagent à louer des logements, soit à des propriétaires de ressources modestes pour améliorer le confort de leur résidences principales.

## 7. Progression du marché du solaire thermique en France

On lit dans le rapport de l'Académie des Technologies, § 4.5, p. 37 :

*La surface installée par an a augmenté de 50 % chaque année de 2003 à 2006. L'objectif fixé par la Loi POPE pour 2010 est de 200 000 CES et 50 000 systèmes combinés représentant 1 000 000 de m<sup>2</sup> de capteurs. Le projet de PPI chaleur à l'étude prévoit l'installation de 1 560 000 m<sup>2</sup> en 2015. Cependant l'estimation du marché en 2007, qui n'est pas encore exactement connu, est de 330 000 m<sup>2</sup>, soit une croissance de 13 % seulement entre 2006 et 2007 rendant difficile d'atteindre l'objectif affiché par la loi POPE précédemment cité.*

*Il n'y a pas d'explication claire à cette rupture de croissance, également constatée en Allemagne. Cependant le journal Plein Soleil de Novembre 2007 a donné une répartition de*

*cette croissance par type d'installations : une légère croissance des chauffe-eau solaires individuels, une stagnation des systèmes combinés et une croissance de 50 % des systèmes collectifs. Cela peut s'interpréter comme une attitude d'attente des particuliers, mais un engagement accru des institutionnels : communes, gestionnaires d'HLM et administrations. L'auteur de l'article suggère que les particuliers sont découragés par des prix trop élevés proposés par les installateurs, alors que les institutionnels obtiennent des prix plus favorables.*

## **8. Des projets à long terme**

Un point important, concernant le bâtiment en général, est le suivant : tout ce qui s'y rapporte s'inscrit dans le long terme. Les immeubles parisiens datent souvent de Haussmann ou avant ; ils ont plus de cent ans. Il y a très peu de programmes neufs et la rénovation coûte extrêmement cher.

# **VIII. Dangers pour l'environnement et pour la santé**

## *A. Recyclage*

On lit que, pour éviter d'être soumise à la directive sur les déchets électriques et électroniques, l'industrie photovoltaïque va développer une filière de récupération et de recyclage des panneaux solaires (01/01/2008, Environnement Magazine, n°1664, Stratégies, p. 28). Mais il ne semble pas que cette filière existe à l'heure actuelle. Une association appelée PWCycle ([www.pvcycle.org](http://www.pvcycle.org)) cherche à regrouper les industriels du secteur, au niveau mondial.

Mais comme l'installation des premiers panneaux remonte aux années 90 et que la durée de vie annoncée est de 25 ans, les industriels considèrent qu'ils ont encore le temps.

Nous n'avons pas pu trouver d'évaluation, même approximative, des coûts de démantèlement et de récupération.

## *B. Dangers pour la santé*

Le silicium (abondant dans la nature) ne semble pas présenter de danger pour la santé ou l'environnement.

Le cadmium est un métal dangereux pour la santé ; il est normalement présent dans l'organisme, mais sa concentration excessive dans le foie et les reins peut causer des lésions irréversibles. Ce métal est présent dans les panneaux photovoltaïques de dernière génération (CdTe, cadmium-telluride).

L'article "CdTe PV: Real and Perceived EHS Risks", de Vasilis Fthenakis and Ken Zweibel, National Renewable Energy Laboratory, 2003  
[http://www.nrel.gov/pv/cdte/pdfs/real\\_perceived\\_risks.pdf](http://www.nrel.gov/pv/cdte/pdfs/real_perceived_risks.pdf)  
conclut :

*"In conclusion, the environmental risks from CdTe PV are minimal. Every energy source or product may present some environmental, health, and safety hazards, and those of CdTe are by no means barriers to scaling-up the technology",*

mais cet article ne prend en compte que les conditions normales d'utilisation et non les situations accidentelles (incendie, par exemple). Il ne traite pas non plus du recyclage en fin de vie *"Recycling will completely resolve any environmental concerns"*.

Les batteries au cadmium (nickel-cadmium) sont considérées comme dangereuses pour l'environnement, et l'Union Européenne a imposé un système de collecte et de recyclage. On lit, sur Wikipedia, "Nickel-cadmium battery" :

*NiCd batteries contain cadmium, which is a toxic heavy metal and therefore requires special care during battery disposal. In the United States, part of the price of a NiCd battery is a fee for its proper disposal at the end of its service lifetime. In the European Union, the Restriction of Hazardous Substances Directive (RoHS) bans the use of cadmium in electrical and electronic equipment products since July 2006. The sale of nickel-cadmium batteries has now been banned within the European Union except for medical use; alarm systems; emergency lighting and portable power tools. This last category is to be reviewed after 4 years.*

*Cadmium, being a heavy metal, can cause substantial pollution when landfilled or incinerated. Because of this, many countries now operate recycling programs to capture and reprocess old NiCd batteries.*

Mais apparemment le cadmium des panneaux solaires est bon pour tout le monde : comprenez qui pourra !

On est frappé par la malhonnêteté des argumentations : on fait grief au nucléaire de produire des déchets radioactifs, mais pour les autres filières les déchets ne sont même pas pris en compte.

Nous ne disons pas ici que le cadmium est dangereux pour la santé : nous n'avons jamais expertisé d'étude toxicologique et épidémiologique le concernant. Mais nous avons expertisé toutes sortes d'études épidémiologiques, et toutes étaient entièrement dépourvues de valeur (action sur la santé des rayonnements ionisants, des champs électromagnétiques, etc.). On nage ici dans l'irrationnel, mais cet irrationnel paraît très différent d'une filière à une autre.

## Annexe

### Divers dispositifs de soutien du photovoltaïque en Europe

Extrait du rapport de M. Serge POIGNANT (Député)

PAYS	TARIFS D'ACHAT	CREDIT OU REDUCTION D'IMPOT	RE-AIDES DIVERSES
ALLEMAGNE	De 35 à 46 centimes en 2008 en fonction de la puissance et de l'installation au sol ou sur toiture. Dégressivité forte, tarifs 2011 ramenés de 26 à 36 cent. Contrats de 20 ans	Régime de l'amortissement. Exemption de TVA pour les systèmes commercialisés	Aides ponctuelles versées par certains Länder. Prêts bonifiés et aménagés
BELGIQUE	Aucune obligation d'achat. L'énergie produite peut être consommée ou revendue contractuellement à un fournisseur d'électricité. Suivant les régions de la fédération, la surface couverte et la puissance installée, un certificat vert est octroyé pour 10 à 20 ans et pour une valeur variant de 15 à 65 centimes d'euros par kWh.	Réduction de 40% du coût d'équipement à concurrence de 3440 € par résidence pour les particuliers. Déduction de 13,5% de l'IS pour les entreprises	Subvention d'équipement de 30% à 50% du total pour les particuliers et les entreprises dans les limites variant suivant les régions (taille de la société, puissance installée, crédits consommés, etc...
BULGARIE	40 centimes d'euros le kWh en dessous de 5 kWc et 37 centimes au-dessus de cette limite jusqu'à 10MWc installés		Subvention jusqu'à 20% par l'agence bulgare en charge des énergies renouvelables
REPUBLIQUE TCHEQUE	Entre 48 et 51 centimes d'euros le kWh. Contrats de 20 ans	Le revenu retiré de la vente est exonéré d'impôts	Fonds européens de cohésion et de développement régional
ESPAGNE	De 32 à 34 centimes le kWh. Système dégressif et quotas de production de 500MW	Réduction fiscale établie sur trois ans en sifflet, de 2008 à 2010 sur les bénéfices de la filière	
GRECE	Tarif continental : 40 à 45 centimes le kWh en fonction de la puissance installée. Prime de 5 centimes dans les régions insulaires. Contrats de 10 ans renouvelables une fois. Passage à un régime à l'allemande envisagé	Réduction de 20% du coût d'installation plafonné à 700€	Prêts bonifiés. Subvention d'équipement de 20% à 40% suivant la région
ITALIE	De 36 à 40 centimes le kWh en fonction de la puissance installée. Prime de 4 centimes si le système est intégré postérieurement au bâti. Prime de 8 centimes si le système est intégré au bâti dès l'origine. Bonus de 5% dans des cas spécifiques. Contrats de 20 ans. Dégressivité de 2% par an	TVA à taux réduit	
PORTUGAL	65 centimes de kWh dans la limite de 3kWc. Contrats de 5 ans, prorogables moyennant une baisse du tarif d'achat	TVA à taux réduit	
ROUMANIE	Pas d'obligation d'achat. Certificats verts de 38€/MWh. Evolution législative attendue		Fonds européens
ROYAUME UNI	Pas d'obligation d'achat. Certificats verts de	TVA à taux réduit	2500£ au maximum pour les particuliers. 1.000.000£ au

PAYS	TARIFS D'ACHAT	CREDIT OU DUCTION D'IMPOT	RE- AIDES DIVERSES
	50€/MWh		maximum pour l'équipement des bâtiments publics
SUISSE	De 30 à 55 centimes le kWh suivant la puissance installée. Ces chiffres incluent des <b>primes d'installation</b> en toiture une <b>surprime</b> à l'intégration au bâti. Contrats de 25 ans. Dégressivité à compter de 2010 pour les parcs solaires.		

## Documents consultés

Communication à l'Académie des technologies : Les perspectives de l'énergie solaire en France ; Commission « Energie et changement climatique » ; Groupe de travail « Energie solaire », Juillet 2008.

[http://www.academie-technologies.fr/fileadmin/templates/PDF/-publication/Energie\\_SolaireDEF.pdf](http://www.academie-technologies.fr/fileadmin/templates/PDF/-publication/Energie_SolaireDEF.pdf)

Wikipédia : Energie Solaire.

[http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89nergie\\_solaire](http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89nergie_solaire)

Energie Solaire (Ecotopie)

<http://www.inti.be/ecotopie/sol.html>

Premier Rapport PricewaterhouseCoopers : L'Etat de la Filière Photovoltaïque en France Mars 2009

[http://www.pwc.fr/etat\\_de\\_la\\_filiere\\_photovoltaique\\_en\\_france.html](http://www.pwc.fr/etat_de_la_filiere_photovoltaique_en_france.html)

Rapport d'information sur l'énergie photovoltaïque, présenté devant l'Assemblée Nationale par M. Serge Poignant, député, juillet 2009.

<http://www.assemblee-nationale.fr/13/pdf/rap-info/i1846.pdf>

L'inadéquation du mode de subvention du photovoltaïque à sa maturité technologique, par Dominique Finon, CIRED (Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement), décembre 2008.

[http://www.centre-cired.fr/IMG/pdf/WP\\_Finon\\_Photovoltaic\\_tarif\\_CIRED\\_LARSEN.pdf](http://www.centre-cired.fr/IMG/pdf/WP_Finon_Photovoltaic_tarif_CIRED_LARSEN.pdf)

Cadmium : le métal qui fait mal, Doctissimo.

[http://www.doctissimo.fr/html/nutrition/mag\\_2000/mag0811/nu\\_2155\\_cadmium.htm](http://www.doctissimo.fr/html/nutrition/mag_2000/mag0811/nu_2155_cadmium.htm)

Cadmium, propriétés chimiques, effets sur la santé et l'environnement

<http://www.lennotech.fr/data-perio/cd.htm>

Indium, propriétés chimiques, effets sur la santé et l'environnement

<http://www.lennotech.fr/francais/data-perio/in.htm>

Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Sénat. Rapport d'information n° 261 (2000-2001) de M. Gérard MIQUEL et plusieurs de ses collègues, fait au nom de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scient. tech., déposé le 5 avril 2001.

<http://www.senat.fr/rap/l00-261/l00-261.html>

Cadmium use in photovoltaics : the perceived risk and the scientific evidence. National Renewable Energy Laboratory, Fthenakis, V.; Zweibel, K. (2003). "CdTe PV: Real and Perceived EHS Risks." Prepared for the NCPV and Solar Program Review Meeting 2003.

[http://www.nrel.gov/pv/cdte/pdfs/real\\_perceived\\_risks.pdf](http://www.nrel.gov/pv/cdte/pdfs/real_perceived_risks.pdf)

Recyclage photovoltaïque, 01/01/2008, Environnement Magazine, n°1664, Stratégies, p. 28.

**Santé : l'arséniure de gallium classé cancérigène. Développement durable Magazine.**

<http://www.ddmagazine.com/20080905654/Actus/Sante-larseniure-de-gallium-classe-cancerigene.html>

Le marché du solaire photovoltaïque en France et dans le monde. Ademe & Vous, Stratégies et Etudes, N° 3 - 12 juin 2007.

<http://www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=6B643232C196744AF9F9604D6CDBF9301187766101582.pdf>

ÉTAT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES EN EUROPE, 8e bilan EurObserv'ER, 2008. pp. 1 – 149.

[http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/stat\\_baro/barobilan/barobilan8.pdf](http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/stat_baro/barobilan/barobilan8.pdf)

Bilan énergétique d'un panneau solaire ? Magazine Environnement, sept 2007.

<http://www.paperblog.fr/187369/bilan-energetique-d-un-panneau-solaire/>

Bilan Clipsol, Societe.com

Bilan Ecco Innov, Societe.com

Bilan SolaireDirect, Societe.com

Conseil régional : 35 millions d'euros pour soutenir la filière photovoltaïque. Lyon Entreprises, septembre 2009.

<http://www.lyon-entreprises.com/News/Info-6016/Conseil-regional-35-millions-d-euros-pour-soutenir-la-filiere-photovoltaique.html>

Dispositifs de soutien au photovoltaïque en Europe, extrait du rapport Poignant.

Ecco Innov', l'entreprise

<http://www.eco-innov.com/fr/entreprise>

Energie solaire : première crise à l'horizon ? Actualité Solaire, 24 septembre 2008, Bati-depot.

<http://www.bati-depot.fr/actualite/energie-solaire-premiere-crise-a-l-horizon-1460.html>

ENERPLAN publie son bilan 2007 de l'énergie solaire en France ; La situation des énergies renouvelables en France. Electricite-verte.com.

[http://www.electricite-verte.com/base-de-connaissances/energie-et-developpement-durable\\_fiche\\_la-situation-des-energies-renouvelables-en-france\\_enerplan-publie-son-bilan-2007-de-l-energie-solaire-en-france.html](http://www.electricite-verte.com/base-de-connaissances/energie-et-developpement-durable_fiche_la-situation-des-energies-renouvelables-en-france_enerplan-publie-son-bilan-2007-de-l-energie-solaire-en-france.html)

EVOLUTION DES PRIX DU PHOTOVOLTAÏQUE. ECO-ENERGIE

<http://www.eco-energie.ch/content/view/123/26/>

Bonnes et mauvaises nouvelles (formalités d'installation). Energies Libres, 2007.

<http://www.energies-libres.com/post/2007/10/21/Bonnes-et-mauvaises-nouvelles>



A NEW CONCEPT FOR COMBISYSTEMS CHARACTERISATION: THE FSC METHOD, by Thomas Letz, Chris Bales, Bengt Perers.

[http://www.ines-solaire.com/Documents%20pdf/FSC\\_method\\_for\\_Solar\\_Energy.pdf](http://www.ines-solaire.com/Documents%20pdf/FSC_method_for_Solar_Energy.pdf)

Giordano Industries

<http://www.giordano.fr/www/FR/frame.php?page=enterprise>

Institut National de l'énergie solaire

[www.ines-solaire.com/](http://www.ines-solaire.com/)

La Fondation du Solaire : Investissez durablement dans le solaire

<http://www.cip-llc.eu/campaign6523/>

Industrie photovoltaïque: les entreprises européennes, parfois en difficultés, doivent raisonner systèmes, Par Raymond Bonnaterre, 10 Juin 2009

<http://www.leblogenergie.com/2009/06/industrie-photovolta%C3%AFque-les-entreprises-europ%C3%A9ennes-en-retard-doivent-raisonner-syst%C3%A8mes.html>

L'énergie solaire photovoltaïque les filières, les marchés, les perspectives.

[http://www.maison-video.com/energies-renouvelables-428-\\_fr.html](http://www.maison-video.com/energies-renouvelables-428-_fr.html)

Quelles surfaces mobiliser pour recourir massivement à l'énergie solaire ? Jacques Manicore, 2000.

<http://www.manicore.com/documentation/solaire.html>

Plan Soleil, ADEME

<http://www.ademe.fr/plansoleil/>

Le solaire entrevoit la sortie de crise, par Franck Stassi, problematiques.fr, 5 novembre 2009

<http://www.problematiques.fr/1835-le-solaire-entrevoit-la-sortie-de-crise>

Réseau de Transport d'Electricité, bilan annuel 2008.

[http://www.rte-france.com/htm/fr/mediatheque/ra\\_2008.jsp](http://www.rte-france.com/htm/fr/mediatheque/ra_2008.jsp)

Réseau de Transport d'Electricité, Statistiques 2008.

[http://www.rte-france.com/htm/fr/mediatheque/vie\\_publi\\_annu\\_stats\\_2008.jsp](http://www.rte-france.com/htm/fr/mediatheque/vie_publi_annu_stats_2008.jsp)

Panneaux solaires photovoltaïques : quelles formalités ? Solaire ComprendreChoisir.com

[http://solaire.comprendrechoisir.com/comprendre/solaire\\_photovoltaique\\_formalites](http://solaire.comprendrechoisir.com/comprendre/solaire_photovoltaique_formalites)

Photovoltaïque info, le tarif d'achat, janvier 2010

<http://www.photovoltaique.info/Le-tarif-d-achat.html>

L'Usine Nouvelle : les tarifs du photovoltaïque officialisés. Janvier 2010.

<http://www.usinenouvelle.com/article/les-tarifs-du-photovoltaique-2010-2012-officialises.N117210>