

Introduction :

Découvert en 1839 par le français Antoine César Becquerel, le principe du panneau solaire photovoltaïque n'aura été exploité qu'un siècle plus tard. Ce phénomène consiste en une conversion de la lumière en énergie.

On distingue 2 types de panneaux solaires :

- les panneaux solaires thermiques qui captent la lumière pour produire de la chaleur
- les panneaux solaires photovoltaïques qui captent la lumière pour produire de l'électricité

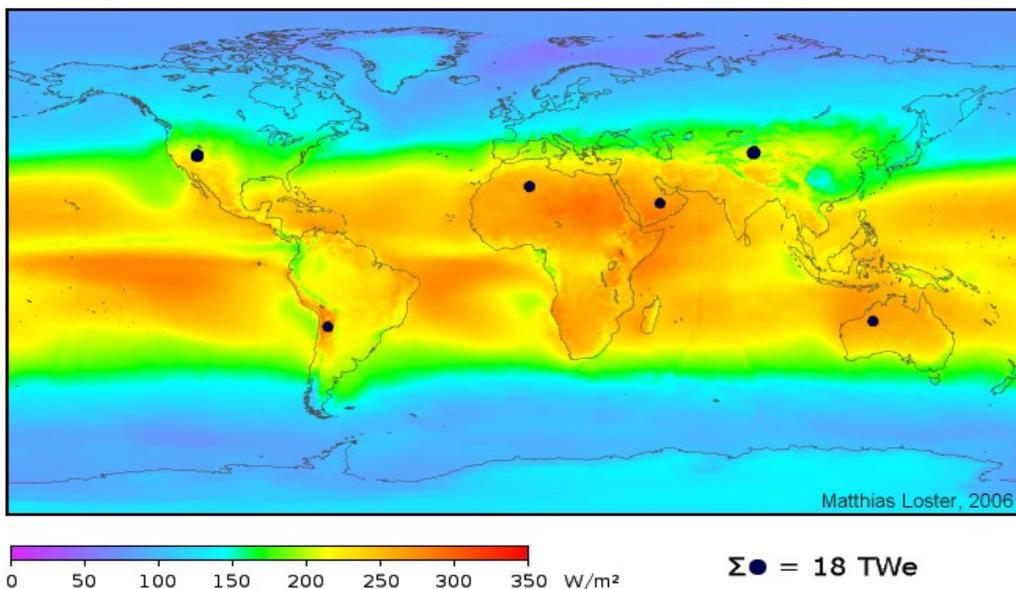
Nous ne parlerons ici que des panneaux (ou modules) solaires photovoltaïques.

Avec le développement des matériaux semi-conducteurs, Jan Czochralski permit une sérieuse avancée dans la construction des cellules photovoltaïques. De plus, l'avancée de la technologie solaire a engendré la construction du premier satellite fonctionnant grâce à cette énergie : le Vanguard.

Pour remplacer les énergies non renouvelables, l'énergie électrique fournie par les panneaux solaires est intéressante.

Cette énergie s'est déjà montrée comme une solution idéale pour les populations isolées qui leur a permis une certaine autonomie énergétique.

Utiliser l'énergie envoyée par le soleil :



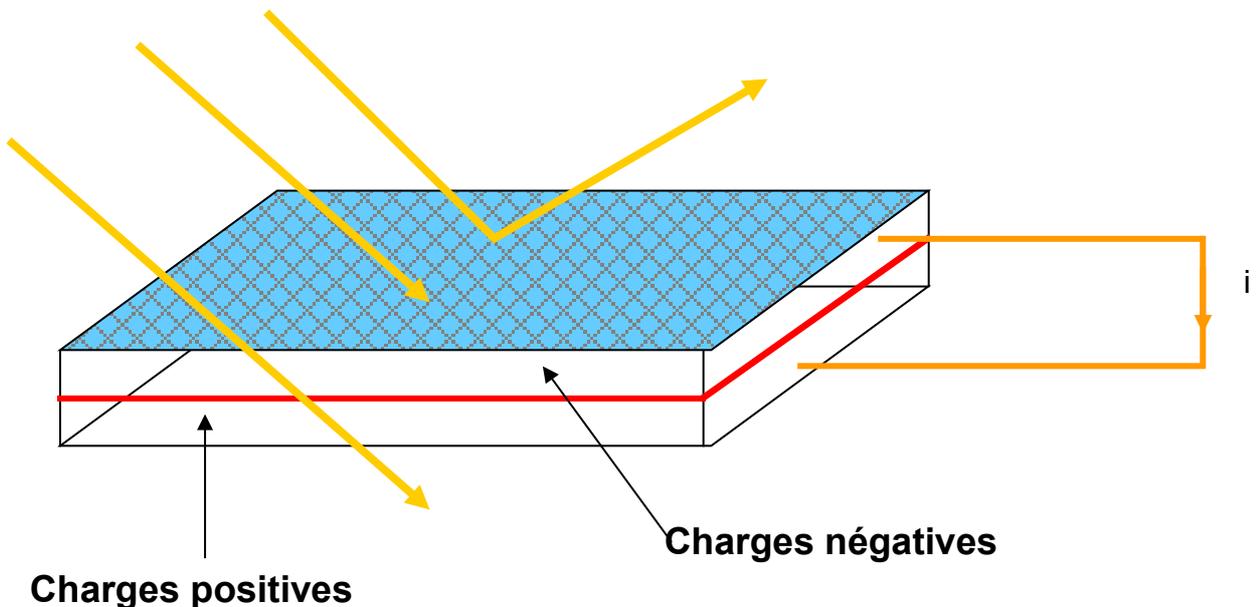
Le soleil envoie un rayonnement électromagnétique sur la Terre. Il est composé d'infrarouges (46%), de la lumière visible (48%) et des ultra violets (6%).

L'ensoleillement est mesuré en kWh/m². L'ensoleillement total de la Terre est de $1,6 \cdot 10^{18}$ kWh ce qui correspond à 15 000 fois la consommation mondiale d'énergie.

La France a un ensoleillement moyen de 1 kWh/m².

Principe de fonctionnement du panneau solaire :

Les panneaux solaires convertissent l'énergie lumineuse en énergie électrique. Les panneaux solaires sont composés de cellules photovoltaïques. Ces cellules sont constituées de matériaux semi-conducteurs qui peuvent libérer leurs électrons sous l'action d'une énergie, ici l'énergie lumineuse (Les photons). La libération des électrons des matériaux constituant les cellules sous l'action des photons permet ainsi la production d'un courant électrique



Quels sont les différents types de cellules photovoltaïques ?

Il existe trois types de cellules photovoltaïques :

Les cellules mono cristallines : elles sont constituées d'un cristal à deux couches, le plus souvent du silicium. Elles ont un rendement entre 16 et 18 % mais elles sont chères à fabriquer.



Les cellules poly cristallines : elles sont constituées de plusieurs cristaux (silicium fondu), ce qui diminue leur prix de fabrication. Cependant leur rendement n'est que de 14 à 16 %.



Les cellules amorphes : elles ont un rendement très faible (5 à 8%) mais leur prix est plus bas et leur durée de vie inférieure.



Production d'énergie d'un panneau solaire :

Les panneaux photovoltaïques fournissent une puissance électrique exprimée en watt qui est le produit de la tension et du courant.

Ce courant et cette tension dépendent évidemment de la puissance des rayons solaires venant frapper les cellules de silicium. Comme les panneaux n'ont pas la même dimension et le même rendement, il a été convenu de mesurer d'une façon normative leur puissance. Il s'agit d'exposer les panneaux à une irradiation de $1000\text{W}/\text{m}^2$, à une pression atmosphérique de 1,5 AM et à une température de 25° . Cette mesure théorique est rarement atteinte en condition réelle. On parle alors de Watt-crête (W_c).

La fabrication des panneaux solaires est-elle propre ?

La production de cellules photovoltaïques demande beaucoup d'énergie et n'est donc pas totalement propre. Il faut environ de 2,5 à 4 ans pour qu'un panneau photovoltaïque produise l'énergie qui a été nécessaire à sa fabrication.

Les systèmes de stockage de l'énergie

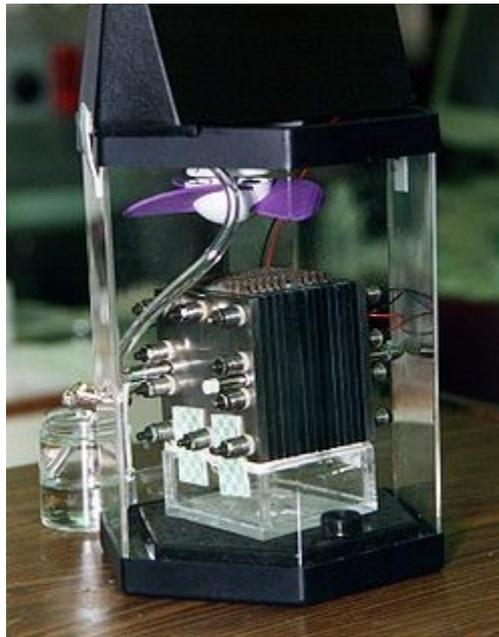
L'électricité se stocke très mal. Il existe deux principaux moyens de stocker l'électricité produite par un panneau solaire : Les piles à combustible et les batteries au plomb.

La pile à combustible : Les piles à combustible coûtent très cher à cause du platine qu'elles contiennent.

La production d'hydrogène est assurée par électrolyse avec l'électricité obtenue avec le panneau solaire.

Cependant il y a beaucoup de pertes d'énergie durant cette réaction.

En tenant compte de l'énergie nécessaire à leur fabrication, de leur fonctionnement et de leur durée de vie, le rendement des piles à combustibles n'est que de 30 %. Ce procédé commence à être développé industriellement. C'est l'avenir du photovoltaïque, car il permet (surtout sous nos latitudes), de stocker le surplus d'énergie produit en été sous forme d'hydrogène pour le restituer en hiver (ce qui n'est pas possible avec des batteries qui fonctionnent sur un cycle de charge / décharge de 24 heures).



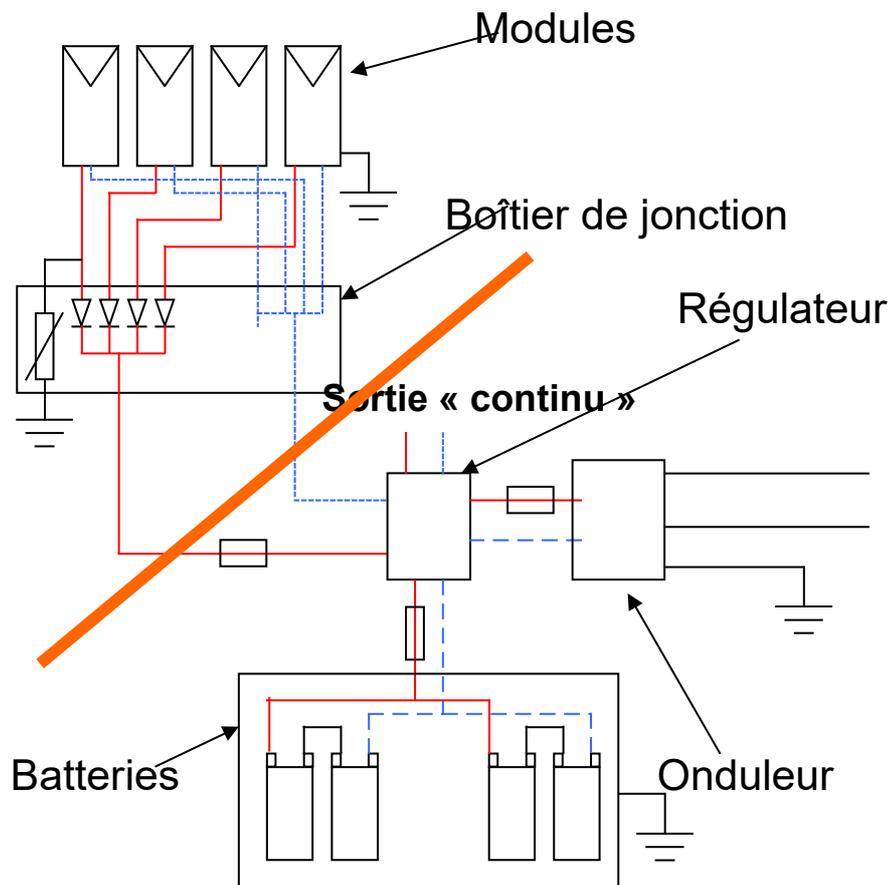
La batterie au plomb : La batterie au plomb est capable de stocker l'électricité puis de la redistribuer. Elle est constituée d'accumulateurs de 2V montés en série. Pendant la charge et la décharge, la constitution chimique des électrodes varie. Pendant la décharge il y a production de sulfate de plomb et libération d'électrons. Pendant la charge il se passe la réaction inverse. La batterie a un rôle de « réservoir » d'électrons, cependant, ce réservoir a une taille limitée, ce qui entraîne un cycle de 24 heures. Le rendement d'une batterie au plomb, qui a une durée de vie de 5 à 10 ans, est de 70 %.



Les batteries, couplées à des panneaux solaires servant à les recharger, sont utilisées dans les installations autonomes. L'entretien important et leur faible durée de vie en font une solution onéreuse et ne sont utilisées qu'en dernier recours sur des sites isolés où l'alimentation par le réseau n'est pas possible.

Boosté par le développement des voitures électriques, de nombreux fabricants mettent sur le marché des modèles de batteries pour les habitations à coupler avec du photovoltaïque. C'est pour nous une erreur stratégique (sous nos latitudes), car la batterie ne peut en aucun cas stocker l'énergie excédentaire de l'été, pour la restituer en hiver.

Principe d'un site isolé :



Quelle solution envisager ?

On vient de voir que le gros problème est le stockage. Il suffirait donc de trouver un moyen de s'en passer pour pouvoir faire une installation rentable (en attendant le développement des piles à combustible).

La solution est le raccordement au réseau. Un onduleur transforme le courant continu des panneaux photovoltaïques en courant alternatif identique à celui du réseau.

Le gros avantage est que l'électricité produite est consommée sur place évitant les pertes dans les lignes de transport. En effet, comme l'électricité emprunte toujours le chemin le plus court, c'est l'utilisateur le plus proche qui bénéficie de l'électricité produite (Vous et vos voisins).

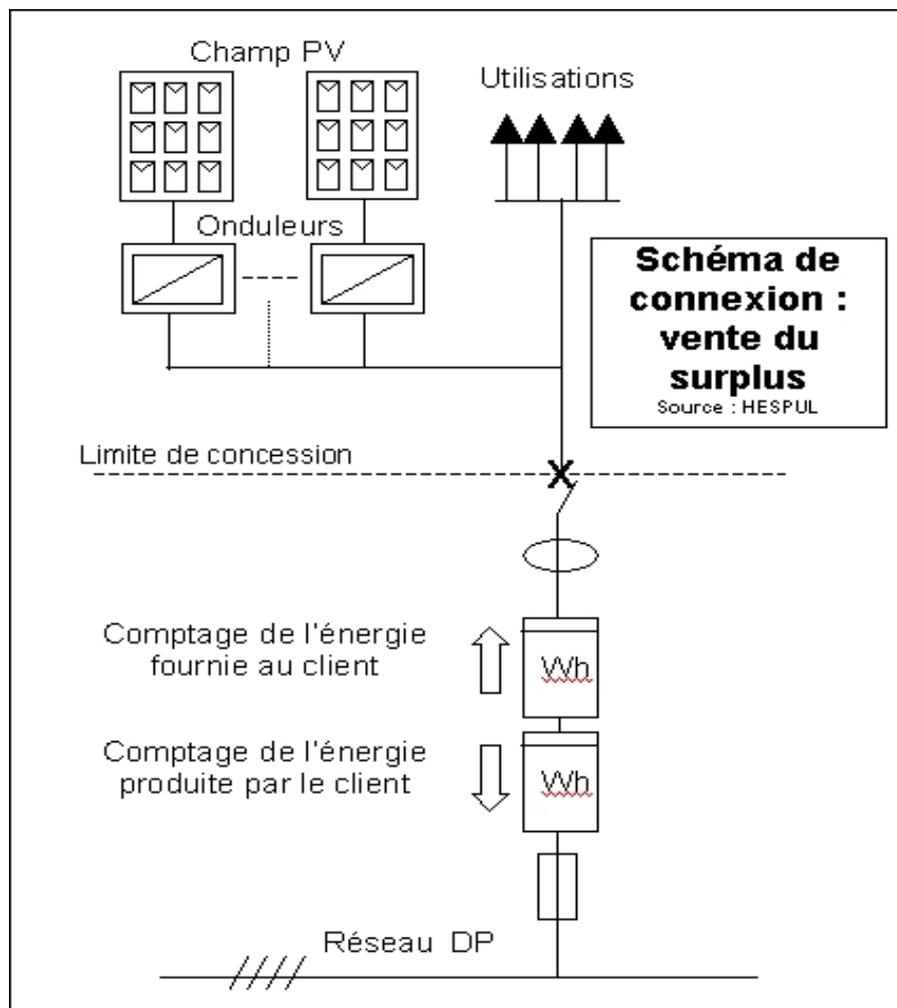
Les installations raccordées au réseau :

Depuis 1992 sont mis en place des programmes dans le but d'élargir le domaine du photovoltaïque au grand public. Le programme le plus connu est Phebus et il est soutenu par l'association Hespul. Ce programme a entraîné l'installation de 200 centrales photovoltaïques raccordées au réseau en France.

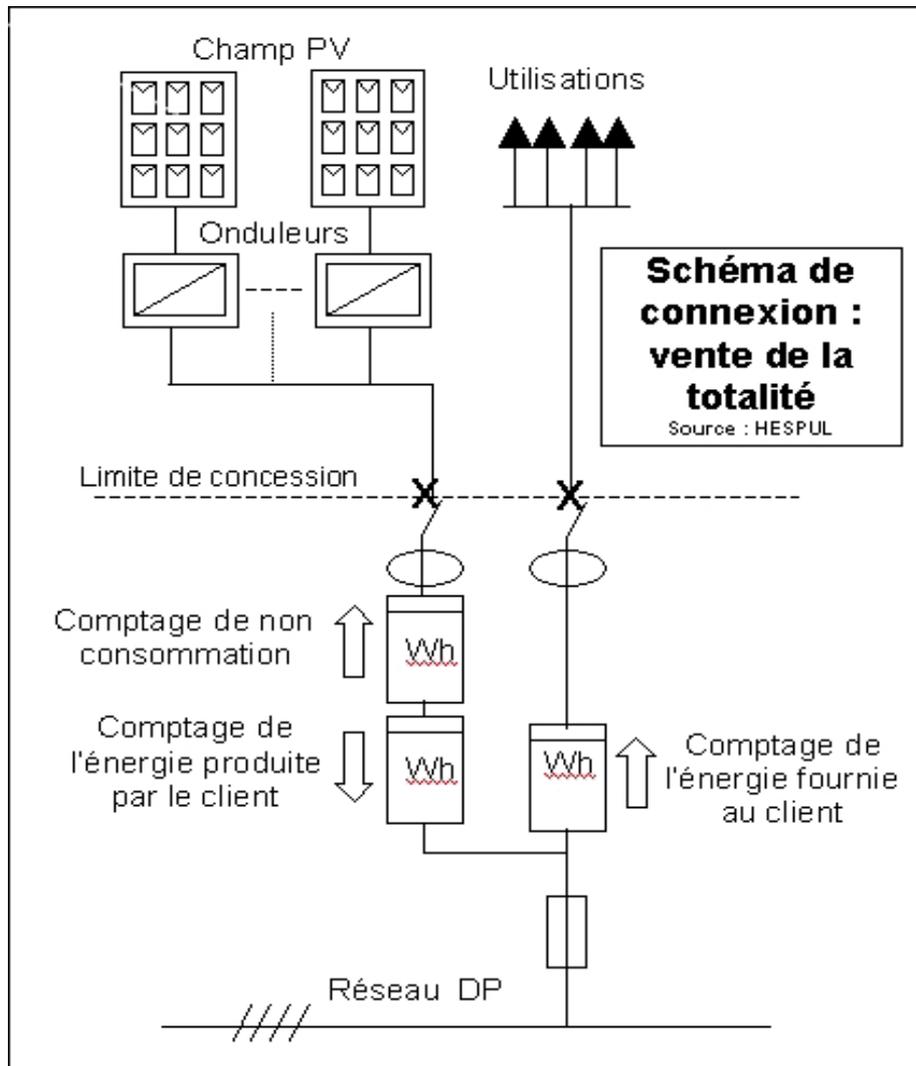
En juillet 2006, l'état a mis en place un tarif réglementé de rachat de l'électricité produite rendant particulièrement rentable l'installation de systèmes photovoltaïques. Il est cependant à regretter que ce tarif favorise les installations intégrées à la toiture. En effet, le coût de ces systèmes est plus important et est tributaire de l'orientation de la toiture pour les habitations existantes. De plus, la ventilation est moins importante, donc le refroidissement en été, est plus faible. Ce qui est d'autant plus gênant car la production d'énergie diminue avec l'élévation de la température. Cette aberration cessera seulement le 30 septembre 2018.

Trois possibilités pour être raccordé au réseau :

La vente du surplus : Il s'agit de vendre l'électricité qui n'est pas consommé par l'habitation. Le coût de raccordement au réseau est inférieur (mais pose d'un compteur Linky). Cette option est intéressante surtout depuis le nouvel arrêté tarifaire du 9 mai 2017 (à condition que le surplus ne soit pas trop important, car le tarif d'achat est à 10cts/KWh, et n'est pas soumis à indexation pendant les 20 ans du contrat.



La vente de la totalité : Il s'agit de vendre la totalité de l'électricité produite par l'installation photovoltaïque. Il faut alors une ligne électrique spécifique allant de l'onduleur au compteur de production.



L' Auto-consommation :

Il s'agit de consommer directement l'électricité produite sur place. Il n'y a pas de contrat de raccordement, donc pas d'achat du surplus d'électricité que vous allez forcément produire, si vous dépassez 3 panneaux pour un consommateur d'électricité moyen. N'ayant pas de tarif d'achat imposé, vous n'avez pas aussi de contrainte d'intégration en toiture. Les panneaux peu nombreux, sont installés en surimposition, au sol ou sur tracker. Ils ne font pas l'étanchéité de la toiture. Ils sont donc mieux refroidis. Le but est de compenser votre "bruit de fond", composé de tous vos appareils en fonctionnement permanent. Vous pouvez visualiser cette consommation, en appuyant 4 fois sur le premier bouton de votre compteur, elle apparaît en Ampères, puis avec le second bouton du compteur, en Wh et en VA. Un climatiseur ou un moteur de piscine qui consomment en été par grand soleil, sont en adéquation avec une augmentation de la production des panneaux en été. Dans ce cas, on peut mettre plus de trois panneaux. Chaque cas est particulier, et devrait bénéficier d'un an d'enregistrement des données de consommation, pour être estimé au mieux.

Système en surimposition



Tarif d'achat réglementé ?

En France, le producteur d'électricité photovoltaïque vend son électricité à un tarif fixé par arrêté dans le cadre de l'obligation d'achat. Le surcoût du tarif d'achat est financé par la **Contribution au Service Public de l'Electricité (CSPE)**. La CSPE est alimenté par chaque consommateur lors du paiement de ses factures d'électricité. EDF est donc remboursée par la CSPE lors du rachat de l'électricité aux producteurs photovoltaïques. Ce système est amené à disparaître depuis l'arrêté tarifaire du 9 mai 2017.

Les installations reliées au réseau sont-elles rentables ?

Du fait de leur technologie (pas de pièces en mouvement donc pas d'usure), les panneaux photovoltaïques peuvent fournir de l'énergie électrique pendant plus de trente ans. La partie la plus sensible de l'installation est l'onduleur, qui a une espérance de vie d'une quinzaine d'années. Son prix représente environ 10% du prix de l'installation et son remplacement s'autofinancera, car l'installation sera déjà amortie.

Le prix des modules photovoltaïques a fortement baissé depuis 2006, le tarif de l'électricité nucléaire n'ayant cessé d'augmenter, les installations pour les particuliers sont particulièrement rentables, pour arriver en 2014, à la parité réseau. Vous produisez de l'électricité à un tarif inférieur à celui de l'opérateur historique, qui est d'environ **0,156€/KWh**.

Du fait des incitations gouvernementales : TVA à 10% pour les installations inférieures à 3KWc, et tarif d'achat en intégré majoré, l'installation est amortie en une dizaine d'année.

L'orientation par rapport au sud, l'inclinaison des modules et leur implantation géographique, influencent la rentabilité d'une installation photovoltaïque. Prenons par exemple une installation de 3KWc dans le Tarn et Garonne où les toitures ont une inclinaison en général de 20° et qui est orientée plein Sud. La production annuelle sera d'environ 3700 KWh. Pour la même installation (même inclinaison et même puissance) mais orientée plein Ouest, la production annuelle sera de 3200 KWh, soit une différence de 14% en moins.

Prenons toujours notre installation de 3KWc dans le Tarn et Garonne, elle produira pendant au moins trente ans, un total de 3700KWh x 30ans = 111000KWh sur trente ans.

Prenons le coût d'un système de cette puissance, acheté chez Eh'lectrique à 8000€ TTC, ajoutons le coût de l'onduleur, qu'il faudra changer pendant la période de trente ans, estimé à 1300€ TTC, nous obtenons un système pouvant produire sur 30 ans 111000KWh pour un coût de 10300€ soit : $9300€ / 111000KWh = 0,084€/KWh$. Vous venez de fixer le tarif de l'électricité que vous auto-produisez, car vous n'êtes plus consommateur, mais producteur. Quelques soient les hausses à venir, vous êtes sûr de bénéficier de 111000KWh au prix constant sur 30 ans, de 8,4cts/KWh. Hélas, vous ne pouvez pas consommer tous les KWh que vous produisez, car votre production est en déphasage par rapport à votre consommation. Vous produisez sous la forme d'une courbe qui démarre avec le lever du soleil, culmine à midi, pour s'arrêter au coucher du soleil. Par contre, votre consommation est aléatoire durant toute la journée et même longtemps après le coucher du soleil. De plus, votre production photovoltaïque est plus importante en été qu'en hiver, et c'est l'inverse pour votre consommation (sauf si climatisation et piscine).

Le nouvel arrêté tarifaire du 9 mai 2017 favorise l'autoconsommation, en fait, à partir du 30 septembre 2018, date à laquelle il n'y aura plus de prime à l'intégration. A partir de cette date, vous pourrez positionner vos panneaux en surimposition sur votre toiture (sans toucher à l'étanchéité existante), au sol, en façade (brise soleil) ou sur un tracker solaire (appareil qui oriente les panneaux face au soleil tout au long de la journée et permet un gain de 40% par rapport à un système fixe).



Ce nouvel arrêté amorce un tournant dans le type de systèmes photovoltaïques installés en France pour les particuliers.

Conclusions :

L'autoconsommation est aujourd'hui le meilleur choix pour un système photovoltaïque. Il faut surtout que le système photovoltaïque installé, soit en adéquation avec votre profil de consommation.

ATTENTION, le risque est de mettre plus de panneaux qu'il ne vous en faut (attention aux vendeurs peu scrupuleux qui ont sévit lors des débuts du photovoltaïque en France). Si votre production est supérieure à votre consommation, vous injectez du courant sur le réseau, sans contre partie financière, au détriment de votre retour sur investissement (vous en faites cadeau à EDF). Il y a heureusement des moyens de remédier à ce problème, si vous en êtes victimes (changement de vos habitudes de consommation, mise en place d'appareils de gestion de l'énergie produite/consommée). Si le besoin en photovoltaïque a été sous estimé, il est toujours possible d'augmenter sa puissance.

N'hésitez donc pas à nous faire part de votre projet, étant des passionnés de cette problématique, nous nous efforcerons de répondre au mieux à vos questions.