

# Le photovoltaïque

## Qu'est ce que le photovoltaïque ?

L'effet photovoltaïque a été découvert en 1839 par le physicien Becquerel. Il transforme le rayonnement lumineux en électricité. Le fonctionnement d'une cellule photovoltaïque repose sur deux fines couches de silicium (de 0,2 à 0,3 mm d'épaisseur) dont les propriétés électriques sont différentes : celle du haut est positive, celle du bas est négative. Un champ électrique se forme entre les deux couches, dans la zone de charge d'espace (ZCE). Quand la lumière traverse la cellule, les charges électriques situées dans cette zone se séparent et créent une tension continue. La cellule est caractérisée par une intensité et une tension. L'intensité dépend de la puissance du soleil et de la taille de la cellule. Plus le flux lumineux est intense, plus le courant est fort. Cette puissance est proportionnelle à la surface de la cellule : deux fois plus grande, elle produira deux fois plus d'énergie.

## Qu'est ce qu'un panneau solaire photovoltaïque ?

C'est un ensemble de cellules reliées entre elles en série et en parallèle dans un cadre rigide et mince d'une surface de l'ordre d'un m<sup>2</sup> et d'un poids d'une dizaine de kg. Les branchements électriques, les fixations et le cadre qui assure l'étanchéité sont inclus dans ce module. Il existe aussi des modules sous formes de membranes souples et de tuiles. La cellule peut être soit en silicium monocristalin, polycristalin ou amorphe, soit en couche mince de diséléniure de cuivre-indium (CSI). On retiendra que plus le silicium est pur, meilleur est le rendement. Mais le prix



est aussi proportionnel au rendement de la cellule. Plus elle produit, plus elle est chère... Le choix porte donc sur la surface des modules. Pour un rendement, d'1 kWc, on peut opter pour une surface en silicium monocristallin de 7 à 9 m<sup>2</sup>, de 11 à 13 m<sup>2</sup> en CIS ou de 16 à 20 m<sup>2</sup> en silicium amorphe. La puissance (ou la capacité de production) d'une installation photovoltaïque s'exprime en Watt-crête. Pour les panneaux les plus courants, 1 kiloWatt-crête correspond à une surface d'environ 10 m<sup>2</sup>, et produira de 1100 à 1300 kWh par an. Mais, en fonction de la technologie des cellules, elle peut varier de 7 à 20 m<sup>2</sup>.

## Quelle orientation ?

Sous nos latitudes, c'est au sud, avec une inclinaison de 30 à 45°. Néanmoins, les écarts de rendement avec une implantation différente ne sont pas aussi conséquents qu'il peut y paraître, car le rayonnement solaire se compose d'une partie directe et d'une partie diffuse. Cette lumière diffuse représente près de 50 % du rayonnement, pour laquelle l'orientation des modules n'a pas d'importance.

## Qu'est ce qu'un masque ?

Les cellules photovoltaïques sont reliées en série les unes aux autres pour augmenter la tension. Si l'une est ombragée, elle ne fonctionne pas, mais surtout le courant ne circule plus dans toutes les cellules qui lui sont reliées. Cela génère d'importantes pertes de rendement. Il faut donc planter les modules en évitant soigneusement les obstacles, végétation, cheminée, antenne, saillie de bâtiment, tige de paratonnerre ou ligne électrique, qui peuvent porter une ombre étroite, mais nette. Il faut aussi enlever les feuilles qui viendraient se coller à l'automne.

## Qu'est ce qu'un onduleur ?

Chez Solarmax, il pèse 13 kg pour 55 cm de long et 25 de largeur pour une puissance de 3 kW, avec une garantie de 5 ans, prolongeable jusqu'à 12 ans. Mais le fabricant suisse est cher (plus de 1500 €).



Techniquement, l'onduleur va convertir un courant continu de quelques dizaines d'ampères et de volts en un courant alternatif de 230 volts de tension et de 50 Hertz de fréquence. Pour cela, il va « hacher » le flux continu pour obtenir un courant sinusoïdal. Il pilote aussi l'arrivée du courant continu depuis les panneaux pour obtenir la valeur maximale de puissance (Pmax) optimisée en fonction de l'ensoleillement et de la température. Donc, il doit répondre à trois fonctions : piloter l'énergie arrivant du toit, la transformer en courant alternatif, et la fournir au réseau uniquement quand elle correspond aux normes imposées par EDF. Prix moyen : 1 000 €.

## Quelles démarches administratives ?

Une simple déclaration de travaux en Mairie suffit pour l'installation des modules photovoltaïques dans une construction existante. Ils sont mentionnés sur le permis de construire dans une maison neuve. Pour la connexion au réseau, les démarches sont longues et complexes. Il faut souvent attendre plusieurs mois entre l'installation des panneaux et la vente effective de l'électricité à EDF. Face à la complexité de ces démarches, de plus en plus d'installateurs se chargent d'effectuer cette étape, généralement incluse dans leur devis. Aucune contrainte légale n'incombe à EDF et aucune pénalité de retard ne peut être réclamée pour la mise en production tardive de l'installation photovoltaïque. Il convient donc de négocier impérativement avec son installateur des paiements différés jusqu'à la première recette électrique ou un financement approprié avec une banque. Dans tous les cas, le contrat de 20 ans ne débute qu'avec la mise en service effective de l'installation.

## Exemple chiffré

L'un des fondateurs de l'association « Groupement des Particuliers Producteurs d'Électricité Photovoltaïque » présente les chiffres de son installation. Un projet né en 2003 et qui ne sera concrétisé qu'en août 2007. La surface de capteurs est de 18 m<sup>2</sup>, composée de 14 modules d'une puissance crête de 167 Wc par m<sup>2</sup>, pour une puissance totale de 3010 Wc, en cellules amorphe et mono-cristallin.

### Coût initial (en 2007) :

Installation : 20 200 € TTC (matériel, pose et branchement)

Subventions ADEME, région : Aucune  
Crédit impôts : 6 500 € (j'ai acheté un chauffe-eau solaire qui a rogné mon crédit d'impôt initialement de 8 500 €).

Raccordement : 500 €

Coût investissement : 14 200 €

### Coût annuel :

Location compteur : 57 € (1 140 € sur 20 ans)

Frais annuels : 57 €, hors mensualité d'emprunt de 215 € par mois.

### Coût annexe :

Prêt sur 10 ans : 5 800 €

Changement de l'onduleur (au bout de 10 ans) : 1 500 Euros

Total coût annexe : 7 300 €

Coût total : 22 640 € sur 20 ans.

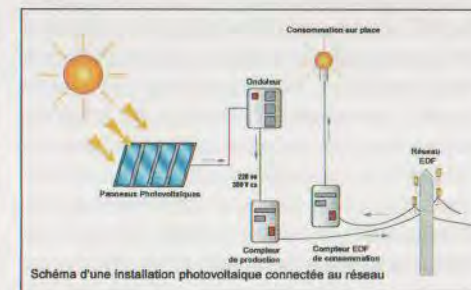
### Production estimative :

-3500 kWh, mais 3300 kWh/an sur 20 ans, dû à la baisse de productivité des panneaux photovoltaïques au fil des ans.

-1925 €, mais 1844 € de revenu sur 20 ans (0,55 €/kWh, prix de rachat en bâti intégré en 2007)

Total revenu : 1 844 € par an, soit 36 900 € sur 20 ans.

Gain : 14 260 € sur 20 ans, avec une avance de trésorerie d'environ 6 000 € (le crédit d'impôt arrive en septembre 2008 pour un achat en 2007).



### Assurance de l'installation ?

L'installation doit être intégrée dans le contrat d'assurance responsabilité civile (obligatoire) de la maison, car elle est connectée à un réseau public de distribution et peut créer un risque d'accident hors de la maison. Une protection tous risques (dommage aux biens) améliore la couverture et peut comprendre jusqu'à une assurance contre les pertes de rendement. Les modules doivent répondre à des normes précises de résistance à la tempête et à la grêle. Ils sont équipés d'une mise à la terre, en cas de foudre. Ce dernier risque apparaît seulement si les modules dépassent la hauteur du toit, sur les toitures terrasses par exemple. Quand ils sont installés dans la pente du toit, ils n'augmentent pas le risque.

### Garanties ?

L'installateur souscrit une garantie décennale qui s'applique sur l'installation (Vérifier son attestation). Si une fuite d'eau a lieu dans l'habitation du fait de la pose des panneaux solaires en intégration de toiture, cette garantie décennale s'appliquera. En revanche, si un problème survient au niveau des modules, la garantie est de 5 à 10 ans en fonction du fournisseur.

### Labels et conformité ?

Le label QualiPV (Photo-Voltaïque) est accordé aux installateurs ayant suivi une formation spécifique. Il y a deux labels bien distincts : QualiPV Elec et QualiPV Bat. Le premier garantit des compétences en électricité, le second dans l'intégration des panneaux sur le toit (charpente, étanchéité). Il n'est pas obligatoire, mais il est parfois demandé par les collectivités locales comme critère d'obtention de la subvention. La pose d'une installation photovoltaïque intégrée au bâti s'effectue entre quelques heures et une journée et demie. Des contrôles effectués en 2009 ont montré que près de la moitié des installations n'étaient pas conformes aux normes demandées. Mais ce chiffre est à relativiser, car il en va de défauts modestes comme une absence d'étiquette d'avertissement (53% des cas) à des risques d'électrocution et d'incendie.

### Coût d'achat ?

Pour comparer les prix d'une installation photovoltaïque il faut raisonner en puissance crête des panneaux et non en m<sup>2</sup> car, en fonction du type de silicium choisi, la surface peut varier pour une même puissance. La puissance crête est donnée par le constructeur. De manière générale, il faut compter environ 6,5 à 10 €/Wc TTC pour les systèmes d'une puissance de 3 kWc (pose comprise), en intégration toiture). Ces prix sont indicatifs et varient en fonction de la complexité de chaque site. Ajouter les travaux de raccordement au réseau de l'ordre de 1000 euros (de 400 à 1500 €). Ils sont composés de la pose des compteurs et disjoncteurs et du câblage. C'est obligatoirement ERDF qui est propriétaire des compteurs et qui réalise (ou fait réaliser) les travaux de pose. Il convient de consulter plusieurs installateurs car, lors d'un récent comparatif dans le Sud de la France, les devis de onze installateurs qui répondaient à un projet de 3 kWc sur le même toit s'échelonnaient de 19 300 à 28 700 € TTC (hors crédit d'impôt et aides).

### Coût d'entretien ?

Aucun pour les panneaux qu'il suffit de nettoyer pour enlever la poussière.

**Onduleur :** le remplacement de l'onduleur est à prévoir tous les 8 à 10 ans. Son coût de remplacement peut varier entre 0,6 €/Wc et 1 €/Wc par appareil remplacé.

**La TURP3 :** Il s'agit des charges d'accès au réseau, fixées par le gouvernement, qui seront facturées par le gestionnaire de réseau (ERDF). La TURP3 s'élève à 51,12 € HT tous les ans.

**Maintenance :** Un suivi électronique de la production en temps réel peut être visualisé à domicile par l'intermédiaire d'un système de monitoring qui intègre un ensemble d'éléments (sonde de température, sonde d'ensoleillement...) sur l'installation.

### Quel est le tarif de rachat de l'électricité photovoltaïque par EDF ?

En France métropolitaine, le tarif de base, non intégré au bâti, est de 0,32823 €/kWh. Le tarif, avec la prime d'intégration au bâti, passe à 0,60176 €/kWh. C'est le plus élevé au

monde. Mais ces tarifs commencent à baisser : 0,58 jusqu'au 1<sup>er</sup> janvier 2011, puis 0,42 jusqu'au 31.12.2012.

EDF propose deux types de contrats : le rachat en totalité de la production ou le rachat du seul surplus non consommé dans l'habitat. La première solution est à privilégier, car EDF achète au particulier un kW à 0,58 €, alors qu'il le lui vend entre 0,08 et 0,11 €, dans un contrat heures creuses/heures pleines. On a donc meilleur compte à vendre toute sa production et choisir des équipements pour limiter sa consommation électrique au quotidien.

Le contrat d'obligation d'achat est signé pour une durée de 20 ans. Le tarif est revalorisé chaque année en fonction de l'inflation, aussi bien pour les contrats en cours que pour les nouveaux contrats. Mais, l'énergie susceptible d'être achetée est plafonnée à l'équivalent de 1 500 heures de production à pleine puissance en métropole pour une installation de 3 kW de puissance maximale (1 800 heures dans les DOM et en Corse). Le producteur doit établir une facture mensuelle, semestrielle ou annuelle, avec ses relevés de production pour obtenir son paiement. Cette facture comporte des mentions techniques précises. Elle est automatiquement retournée si le formulaire fourni par EDF est incomplet.

### Des mesures financières incitatives ?

Elles sont de deux ordres, nationales indirectes et locales directes :

Au niveau national, les installations photovoltaïques raccordées au réseau d'une puissance inférieure ou égale à 3kWc peuvent bénéficier de la TVA à 5,5%, dès lors que ces installations remplissent tous les autres critères d'éligibilité. Le taux de TVA réduit s'applique exclusivement sur le matériel et l'installation. Et il ne concerne que les constructions de plus de deux ans.

Pour les crédits d'impôt et les aides locales, voir les pages « Aides » en fin de magazine.

### Fiscalité ?

Les revenus issus d'une installation photovoltaïque de puissance inférieure ou égale à

## Le GPPEP

*Le Groupement des Particuliers Producteurs d'Électricité Photovoltaïque est né en septembre 2009. En partenariat avec le forum photovoltaïque et la base de données des sites photovoltaïques, le GPPEP entend aider ses adhérents dans leurs choix d'installation grâce à des comparatifs de devis et des retours d'expériences de ses membres. Il souhaite aussi intervenir en médiation avec les professionnels et défendre les intérêts auprès des services de l'Etat ([www.gppep.org](http://www.gppep.org)).*

3 kWc, détenus par un particulier ne sont pas imposables au titre de l'impôt sur le revenu. Attention, la puissance de l'installation ne doit pas absolument dépasser les 3 kW. Si non, le produit de la vente d'électricité sera intégré en totalité dans les revenus imposables.

### Rentable ?

Oui ! Mais pas trop... Les bénéfices financiers du photovoltaïque sont très encadrés. La production achetée par EDF est limitée en volume et en puissance pour le tarif le plus avantageux d'intégration au bâti : 1500 heures kWc crête, pour une installation de 3 kW de puissance, à 0,60 €. Au-delà, le prix de rachat du kW tombe à 0,14 €. Selon les implantations, la situation géographique, l'ensoleillement et la qualité des appareils, les revenus se situeront dans une fourchette de 1 600 à 2 300 euros par an avec 3 kW de puissance, nets d'impôt.

Ces revenus sont garantis durant 20 ans et le prix d'achat du kW est indexé (Il a augmenté de 0,55 € à 0,60 € entre 2006 et 2009). Mais, ce n'est qu'en utilisant pleinement les crédits d'impôts, le taux de TVA réduit et les aides financières des collectivités que l'amortissement d'un tel équipement s'effectue dans des délais raisonnables de 7 à 10 ans (sans compter les intérêts des emprunts si l'équipement est financé avec l'aide d'une banque). Si le taux de rendement financier d'un système photovoltaïque n'est pas extraordinaire, il possède un atout indéniable : une garantie de recettes financières non imposables durant 20 ans. Rare !