

Guide de l'utilisateur de Toit Solaire Photovoltaïque

Programme européen PV-SALSA

Contrat NNE5 / 1999 / 744



Version française – Décembre 2002

HESPUL

114 bd du 11 novembre 1918
F-69100 Villeurbanne

Tel : +33 (0) 4 37 47 80 90

Fax : +33 (0) 4 37 47 80 99

E-mail : info@hespul.org

Site web : www.hespul.org

Code APE : 913^E

n° SIRET : 402-178-701-00015



Sommaire

<i>Sommaire</i>	2
<i>Introduction</i>	3
1. Pourquoi choisir l'énergie photovoltaïque ?	4
1.1 Quels sont les avantages de l'énergie photovoltaïque par rapport à d'autres énergies renouvelables ?	4
1.2. L'énergie photovoltaïque est-elle réellement propre ?	5
2. Description d'un système photovoltaïque raccordé au réseau	6
2.1 Comment cela fonctionne-t-il ?	6
2.1.1 Schéma de fonctionnement	6
2.1.2 Les capteurs	7
2.1.3 L'onduleur	8
2.1.4 Les autres composants	8
2.2 Sécurité et entretien	8
2.2.1 Sécurité	8
2.2.2 Fiabilité et entretien :	9
2.3 L'intégration architecturale	9
2.3.1 Pose de type « surimposée »	10
2.3.2 Pose de type « intégrée »	10
2.3.3 Intégration façade	11
2.3.4 Toiture terrasse	11
2.4 Résultats attendus	12
2.5 Comment choisir la puissance de votre centrale ?	13
3. Comment augmenter vos économies ?	14
3.1 Choisissez bien vos appareils électriques	14
3.2 Prenez de bonnes habitudes	14
3.3 Appliquez quelques principes simples à la conception de votre maison	15
3.4 Suivi du fonctionnement	15
4. Une centrale photovoltaïque raccordée au réseau, est-elle rentable ?	16
4.1 Cadre légal	16
4.2 Coût de l'installation	16
4.3 « Temps de retour »	17
<i>Conclusion</i>	18

Introduction

L'utilisation des sources d'énergie conventionnelles (charbon, pétrole, gaz naturel ou uranium) est l'un des fondements principaux de nos sociétés industrielles. Cependant nous sommes confrontés avec elles à deux problèmes insurmontables :

1. Elles produisent divers types de pollutions, aussi bien à l'échelle locale que planétaire : si nous n'y prenons garde, la pollution atmosphérique, le changement climatique ou les déchets nucléaires peuvent remettre en cause les conditions mêmes de la vie sur Terre;
2. Elles sont issues de stocks limités de matières qui doivent être extraites du sous-sol de la terre et vont inexorablement s'épuiser d'ici quelques décennies (un siècle pour le charbon). Elles ne peuvent donc pas garantir la sécurité d'approvisionnement énergétique à long terme.

A l'opposé, les sources d'énergie renouvelables (solaire, géothermique, biomasse, éolienne...) ont recours à des flux naturels qui traversent de façon plus ou moins permanente la biosphère qui abrite tous les êtres vivants de la planète Terre.

Comme elles n'utilisent qu'une infime partie de ces flux, les énergies renouvelables sont considérées comme inoffensives pour l'environnement naturel aussi bien localement que globalement et elles le seront éternellement.

Toutefois, l'énergie la moins chère, la moins polluante et la plus inépuisable sera toujours celle qui n'est pas consommée : les économies d'énergie et les sources renouvelables doivent être considérées comme le côté pile et le côté face d'une seule et même pièce, que l'on peut appeler "efficacité énergétique". Les conseils pratiques que vous trouverez ci-dessous vous aideront à avoir en main les deux côtés de la pièce en même temps.

La période actuelle est très favorable au développement des énergies renouvelables : même si le contexte en France évolue lentement, les exigences de réduction des émissions de gaz à effet de serre fixées au sommet de Kyoto font que de toute manière nous n'avons plus le choix. Les quantités de CO₂ émises dans l'atmosphère en 2010 ne devront pas dépasser celles de 1990, or elles sont déjà aujourd'hui supérieures de 8% à cet objectif !

1. Pourquoi choisir l'énergie photovoltaïque ?

1.1 Quels sont les avantages de l'énergie photovoltaïque par rapport à d'autres énergies renouvelables ?

La particularité de l'énergie photovoltaïque raccordée au réseau par rapport aux autres énergies renouvelables, réside dans le fait que :

- Dans la plupart des cas, la centrale photovoltaïque peut être installée à proximité du lieu de consommation, évitant ainsi les pertes en ligne qui peuvent atteindre 15 % sur les grands réseaux électriques lorsque des centaines de kilomètres séparent les lieux de production et de consommation. Cette énergie répond bien au concept de la décentralisation : pourquoi faire venir d'ailleurs, ce que l'on peut produire sur son toit ?



Ville nouvelle d'Amersfoort (Hollande).
Source : HESPUL

- La lumière du soleil (et non sa chaleur) étant disponible partout, l'énergie photovoltaïque est exploitable aussi bien en montagne dans un village isolé que dans le centre d'une grande ville et aussi bien dans le Sud de la France que dans le Nord (regardez quel engouement le photovoltaïque suscite chez nos voisins Allemands !).
- Une centrale photovoltaïque raccordée au réseau fonctionne «au fil du jour» de manière totalement

transparente pour l'utilisateur et sans intervention de sa part. Son fonctionnement est particulièrement optimisé.

- L'énergie photovoltaïque est totalement modulable et peut donc répondre à un large éventail de besoins. La taille des installations peut aussi être augmentée par la suite afin de suivre l'évolution des besoins ou des moyens financiers.
- Les systèmes photovoltaïques sont extrêmement fiables : aucune pièce mécanique n'est en mouvement et les matériaux employés (verre, aluminium) résistent aux pires conditions climatiques (notamment à la grêle). La durée de vie d'un capteur photovoltaïque est ainsi de plusieurs dizaines d'années.
- L'installation d'une centrale photovoltaïque est relativement simple et peut être assurée par des non-spécialistes moyennant quelques conseils de base.
- Les systèmes photovoltaïques raccordés au réseau fonctionnant sans batterie, la maintenance se résume à la vérification du bon état de propreté des modules photovoltaïques.
- Les systèmes photovoltaïques véhiculent une image high-tech justifiée et symbolisent à la fois préoccupations environnementales et modernisme. Pour une entreprise, ils peuvent être facilement justifiés dans une action de



Bâtiment YKK (Japon).
Source : ATLANTIS AG

communication comme étant un vecteur d'image important.

Par conséquent, l'énergie photovoltaïque raccordée au réseau est particulièrement bien adaptée à l'intégration dans la plupart des bâtiments quel que soit leur type (habitations, bureaux, entreprises, centres commerciaux,...). Elle est par ailleurs particulièrement souple d'emploi.

1.2. L'énergie photovoltaïque est-elle réellement propre ?

Les capteurs photovoltaïques, comme tout produit industriel, ont en effet un impact sur l'environnement, aussi minime soit-il. Il est essentiellement dû à la phase de fabrication qui nécessite une consommation d'énergie et l'utilisation de produits chimiques toxiques, employés d'ordinaire dans l'industrie électronique (bains d'acide chlorhydrique, de soude, etc...).

Le temps de retour énergétique est cependant largement favorable : on considère qu'un capteur photovoltaïque avec cadre, suivant la technologie employée, met entre 1,5 et 3 ans pour produire l'énergie qui a été nécessaire à sa fabrication, ce qui est négligeable par rapport à sa durée de vie. Certains fabricants industriels se sont même équipés de centrales photovoltaïques : ils produisent des capteurs solaires à partir d'énergie solaire !

En ce qui concerne les autres impacts environnementaux, la plupart des usines de fabrication de composants photovoltaïques sont certifiées ISO-14000, et sont donc sensées récupérer et recycler tous leurs effluents sous contrôle sévère.

En fonctionnement, le photovoltaïque n'a en revanche strictement aucun impact sur l'environnement.

En fin de vie, les matériaux de base (cadre d'aluminium, verre, silicium, supports et composants électroniques) peuvent tous être réutilisés ou recyclés de différentes manières sans inconvénient.

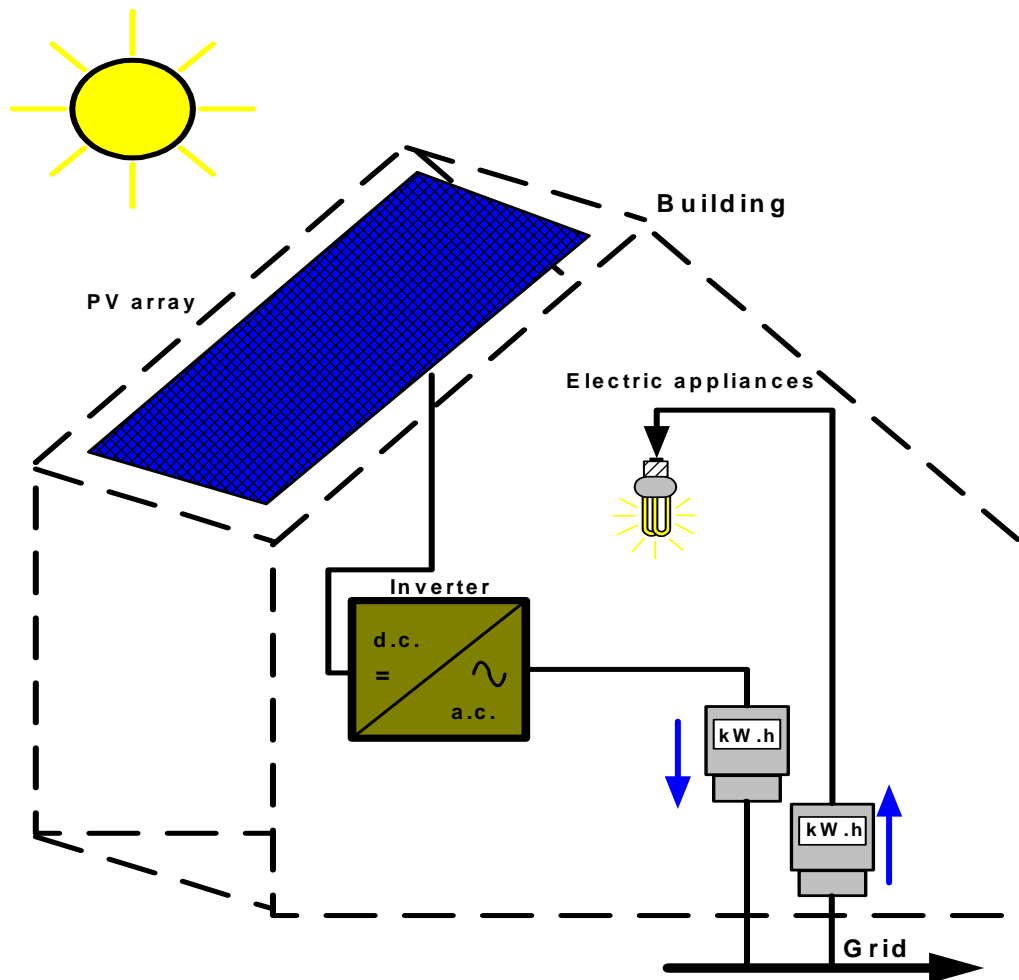
Note : *le silicium est un composant naturel et sans danger. C'est la forme ultra pure de la silice, composant principal du sable, un peu ce que le carbone est au charbon. On peut donc affirmer que le photovoltaïque est indéniablement l'un des moyens de production d'électricité les plus écologiques, même en tenant compte de son cycle de vie complet, du «berceau à la tombe ».*

2. Description d'un système photovoltaïque raccordé au réseau

2.1 Comment cela fonctionne-t-il ?

Une centrale photovoltaïque est constituée d'un ensemble de capteurs ou panneaux photovoltaïques et d'un ou plusieurs onduleurs.

2.1.1 Schéma de fonctionnement



Suivant la réglementation nationale et les exigences de la compagnie électrique, le courant solaire peut être injecté :

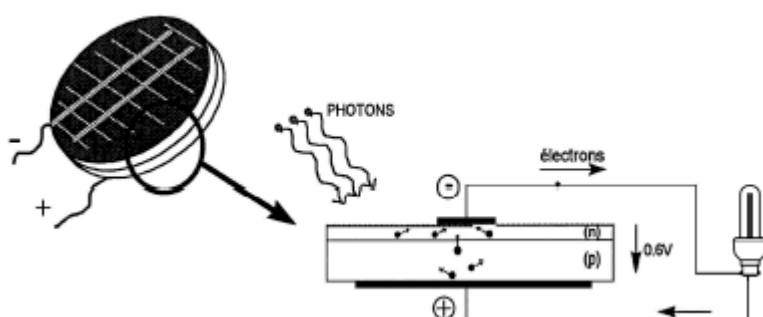
- directement dans le réseau de distribution pour être vendu à un tarif fixe, indépendamment de l'achat habituel de courant pour les besoins du bâtiment
- dans le réseau intérieur du bâtiment pour alimenter les appareils en fonctionnement, seuls les excédents étant envoyés sur le réseau. On parle alors d'auto-consommation.

Dans les deux cas, lorsque les besoins sont supérieurs à la production (nuages, nuit,...), le réseau fournit le courant nécessaire comme d'habitude. Toutes ces opérations sont complètement transparentes pour l'utilisateur.

2.1.2 Les capteurs

Les capteurs photovoltaïques sont constitués d'un ensemble de cellules photovoltaïques qui génèrent un courant continu lorsqu'elles sont exposées à la lumière. C'est «l'effet photovoltaïque» découvert par le physicien français Edmond Becquerel en 1839 : ce phénomène physique est caractéristique de certains matériaux appelés «semi-conducteurs », dont le plus connu est le silicium également utilisé pour les composants électroniques. Lorsque les «grains de lumière», appelés photons, heurtent une mince surface de ces matériaux, ils transfèrent leur énergie aux électrons de la matière ; ceux-ci se mettent immédiatement en mouvement dans une direction particulière, créant ainsi un courant électrique sans aucun mouvement apparent. Ce courant continu est recueilli au niveau des cellules photovoltaïques par des fils métalliques très fins et peut être ajouté au courant venant d'autres cellules et par extension d'autres panneaux photovoltaïques.

Principe d'une cellule photovoltaïque :

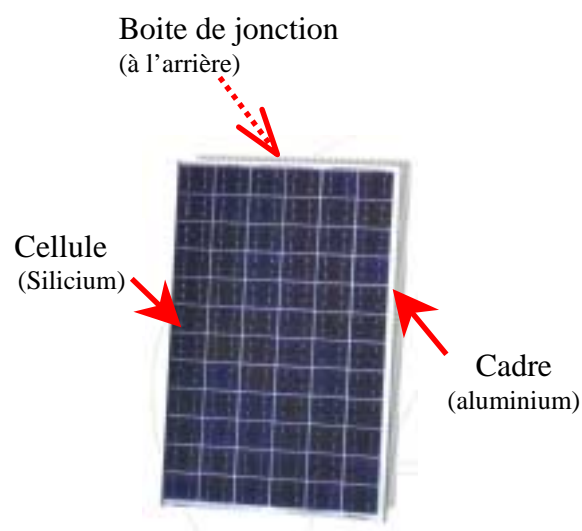


Ce courant peut alors être utilisé pour toutes sortes d'applications, y compris la recharge d'une batterie. Pour la connexion au réseau, le courant continu doit être transformé en courant alternatif normalisé (230-240 Volts - 50 Hertz) par un appareil électronique spécial, l'«onduleur» (cf. détails plus loin).

Les capteurs les plus utilisés actuellement sont des panneaux rectangulaires de quelques centimètres d'épaisseur, pesant quelques kilos et d'une surface comprise entre 0.5 et 3 m² ; leurs performances sont variables selon la composition du semi-conducteur et la technologie utilisée (rendement de 8 à 14%).

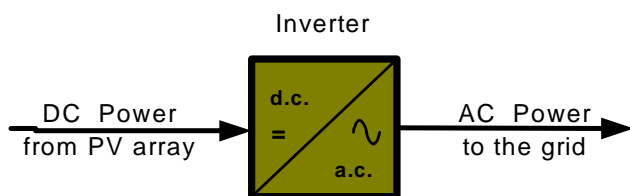
Pour obtenir la production annuelle maximale en Europe, les panneaux doivent être orientés plein Sud avec un angle par rapport à l'horizontale compris entre 25° (en Espagne) et 35° (aux Pays-Bas). Malgré les pertes engendrées, une variation jusqu'à 45° par rapport au Sud et une inclinaison entre 20 et 45° sont acceptables dans la plupart des pays européens.

Grâce au retour d'expérience, il est possible, en connaissant la localisation précise, la puissance-crête, l'orientation et l'inclinaison d'une installation donnée, de calculer la production électrique annuelle moyenne avec une faible marge d'erreur.



2.1.3 L'onduleur

Il a pour rôle de convertir le courant continu des panneaux photovoltaïques en courant alternatif identique à celui d'EDF. C'est un appareil électronique de haute technologie conçu pour répondre à toutes les exigences du réseau, comme la qualité, la sécurité et la fiabilité, et pour permettre un contrôle parfait du fonctionnement.



Il se présente sous la forme d'un boîtier métallique de petite dimension, muni d'un radiateur et doit être placé sur un support vertical (mur par exemple). Il n'émet aucun parasite électromagnétique et ne génère quasiment aucun bruit.

Afin de limiter les pertes, il doit être placé le plus près possible des panneaux photovoltaïques.

L'onduleur s'arrête automatiquement de fonctionner lorsque le réseau est mis hors tension. Une sécurité est en effet prévue afin de supprimer les risques d'électrocution lorsque des techniciens font une opération de maintenance sur le réseau.

Selon la conception technique, un ou plusieurs onduleurs peuvent équiper un seul système photovoltaïque, même de petite taille.



Onduleur Sunny Boy. Source : SMA

Remarque importante : les onduleurs ont besoin, pour leur fonctionnement interne, qu'une tension de référence soit présente sur le réseau. Les centrales photovoltaïques raccordées au réseau ne peuvent donc pas être considérées comme des alimentations de secours qui seraient utilisées lorsque le réseau tombe en panne (tempête de décembre 1999 par exemple). De telles centrales, avec batteries, sont conçues de manière différente et font appel à d'autres technologies (on parle de centrales photovoltaïques de type sites isolés).

2.1.4 Les autres composants

Une structure porteuse est généralement nécessaire pour fixer le champ de panneaux sur le bâtiment. Diverses solutions sont possibles : aluminium, acier, plastique ou même bois.

Des câbles électriques spécialement conçus pour l'extérieur sont en général utilisés pour connecter les panneaux à l'onduleur, mais la connexion entre l'onduleur et le réseau peut être réalisée à l'aide de câble ordinaire, avec des fusibles et des coupe-circuits correctement calibrés.

Parfois, surtout pour les grandes installations, une boîte de jonction peut être utilisée. Enfin, un compteur supplémentaire peut être installé à la sortie de l'onduleur.

2.2 Sécurité et entretien

2.2.1 Sécurité

S'il a été installé dans les règles de l'art, un système photovoltaïque connecté au réseau est un appareil pratiquement sans aucun risque. Quelques principes de base doivent toutefois être respectés :

- Les panneaux photovoltaïques produisent du courant dès qu'ils reçoivent de la lumière, mais le système ne peut pas fonctionner s'il n'est pas correctement connecté au réseau
- Les panneaux produisent du courant continu, mais le réseau est alimenté en courant alternatif, ce qui signifie que les deux circuits doivent être physiquement bien séparés à l'intérieur de la maison.
- Même à la tension usuelle de fonctionnement d'un système photovoltaïque domestique (100 volts ou plus), le courant continu peut être dangereux pour une personne non-qualifiée qui voudrait intervenir sur ce circuit.

2.2.2 Fiabilité et entretien :

Le rendement des panneaux est généralement garanti pour être supérieur à 80 % de la valeur initiale au bout de 25 ans ou plus. La garantie pour les autres composants est en général d'au moins un an, mais des dispositions spécifiques peuvent être proposées par les revendeurs ou les installateurs. Les travaux d'installation sont couverts par l'assurance de l'installateur conformément aux règles du secteur du bâtiment (garantie décennale).

Du moment que l'installation a été réalisée, contrôlée et mise en service conformément aux règles de l'art, la maintenance quotidienne se résume à presque rien.

Afin de produire le maximum d'énergie, les panneaux doivent être nettoyés de temps en temps de la poussière ou des déjections d'oiseaux. Ceci doit être vérifié régulièrement, surtout en cas d'intégration en façade. Si la pluie ne suffit pas à faire le travail, un nettoyage manuel de temps en temps peut s'avérer nécessaire.

Un contrôle visuel périodique, surtout après une tempête, suffira pour détecter tout problème sur les parties extérieures (bris, arrachage, ...).

En fonctionnement, un onduleur émet toujours un petit bruit de fond, et un signal lumineux (LED) ou un petit écran fournit en général les informations de base, de sorte qu'il est facile de contrôler qu'il fonctionne bien.

Toutefois, il est préférable de placer l'onduleur aussi près que possible des panneaux, si bien qu'il peut être difficilement accessible (par ex. dans le cas de combles inhabitables). Dans ce cas, on peut placer un compteur sur la ligne allant vers le réseau dans un lieu passager, de façon à permettre un contrôle rapide. Un contrôle automatique par ordinateur sur site ou par télé-suivi via une ligne téléphonique est bien sûr une très bonne, mais aussi une très onéreuse solution, qui se justifie surtout pour les plus grandes installations.

Une inspection complète peut être utile après quelques années de fonctionnement.

Tous ces points doivent être prévus dans le contrat de maintenance, qui doit avoir un coût compatible avec le bilan économique global de votre toit solaire, y compris la valorisation de votre production solaire (tarifs d'achat).

2.3 L'intégration architecturale

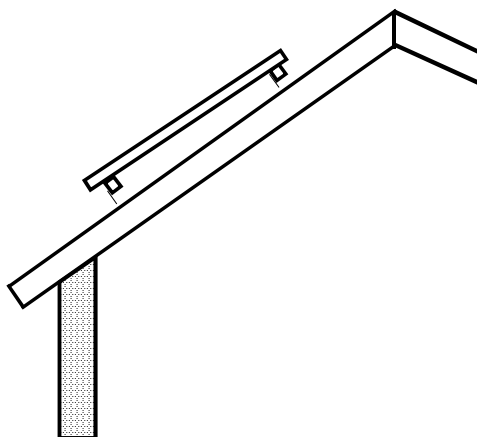
Différentes solutions conviennent pour l'intégration du champ de panneaux, suivant la configuration du bâtiment (place disponible au Sud, type de couverture, bâtiment neuf ou ancien, etc.)

Comme les panneaux solaires sont sensés faire partie du bâtiment pour des dizaines d'années, il convient de soigner particulièrement l'esthétique de l'intégration.

2.3.1 Pose de type « surimposée »



Toit HESPUL 97-036. Source : Hespul

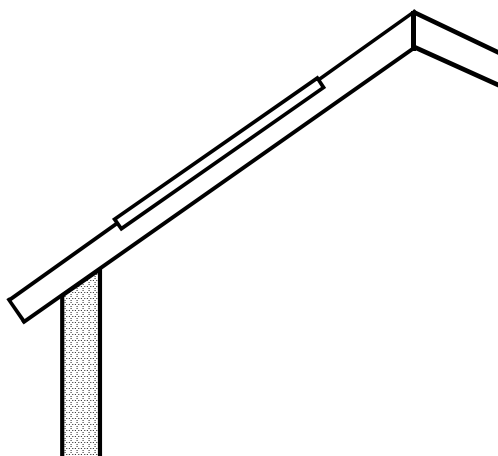


Ce mode de pose est le plus courant et le plus simple : les capteurs sont placés par-dessus la couverture existante. Un espace entre la toiture et les capteurs est prévu afin de permettre une ventilation naturelle. Ce genre de pose peut être assuré par le particulier lui-même, moyennant quelques conseils que HESPUL saura apporter.

2.3.2 Pose de type « intégrée »



Toit STARLET 2002-01, M. Martinière.
Source : Hespul



Plutôt adaptée aux bâtiments neufs et à la rénovation lourde, c'est la méthode idéale, combinant la performance technique et l'aspect esthétique.



Toit HESPUL 97-900 SCI ODAL.
Source : Hespul

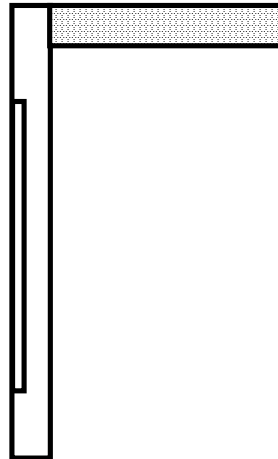
Pour ce mode de pose, on voit aujourd'hui arriver sur le marché des produits plus élaborés tels que des tuiles ou des ardoises rendant beaucoup plus facile l'intégration dans la couverture des bâtiments.

Les coûts au Wc sont généralement plus élevés d'environ 25 % et les rendements sont légèrement moins bons car la ventilation des capteurs est difficile. Mais l'intégration est parfaite et semble être une bonne solution pour l'avenir.

2.3.3 Intégration façade



Banque de Bavière (Allemagne).
Source : Saint Gobain



La plus spectaculaire sur le plan esthétique, mais avec plus de 30 % de perte de production et bien souvent un coût plus élevé dû aux contraintes techniques.



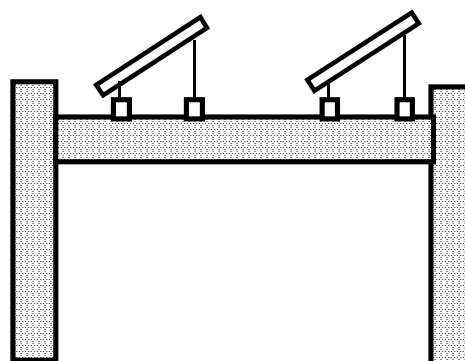
Magasin KAISER (Allemagne).
Source : ADO.

... lorsque les capteurs sont placés sur la façade en

2.3.4 Toiture terrasse



Bâtiment EPFL. Source : DEMOSITE



Bien que peu élégante, cette méthode est pourtant très utile pour les nombreux bâtiments existants avec des toits plats. Un lest en gravier ou en béton est préférable au percement de la toiture afin de préserver l'étanchéité.

Dans ce cas, les panneaux sont placés sur des supports leur conférant une orientation et une inclinaison optimale.

2.4 Résultats attendus

La production brute d'un toit solaire dépend de plusieurs facteurs :

- la situation géographique (latitude, longitude et altitude)
- l'orientation (Sud) et l'inclinaison (angle/horizontale)
- les masques éventuels (ombres portées, mousses)
- les conditions climatiques (nuages, neige)
- les performances réelles des panneaux et des onduleurs.

Une unité spécifique – le “watt-crête” (Wc) - donne pour un panneau ou pour un champ entier la puissance maximale dans des conditions normalisées d'intensité lumineuse et de température ambiante. Par exemple, la puissance-crête du silicium “cristallin”, est d'environ 100 à 110 watts-crête par m².



Dans des conditions locales optimales*, la production annuelle moyenne pour 1 kilowatt-crête (environ 10 m²) sera d'environ 800 kWh en Europe du Nord (Allemagne, Pays-Bas), 1 000 kWh en France et en Autriche, et 1 300 kWh en Espagne et en Italie.

**plein Sud, 30° par rapport à l'horizontale en Europe, sans masques*

Compte tenu des besoins moyens en électricité (hors chauffage), une puissance de 1,5 à 3,5 kWc (15 à 35 m²) est suffisante pour fournir la totalité de la consommation électrique pour une “famille moyenne européenne” de 4 personnes.

Quel que soit le type de relation avec le réseau conformément aux règles nationales et locales, le résultat le plus visible d'un toit solaire est toujours une réduction significative de la facture électrique, ce qui peut être considéré comme un “revenu annuel net”. En divisant le prix réel du système photovoltaïque (après soustraction des subventions et des autres systèmes d'aide comme les crédits d'impôt) par ce “revenu annuel net”, on peut calculer le “temps de retour économique” du système, qui est le nombre d'années nécessaires au remboursement de l'investissement.

FACTEURS DE CORRECTION POUR UNE INCLINAISON ET UNE ORIENTATION DONNES					
INCLINAISON \ ORIENTATION		0°	30°	60°	90°
Est		0,93	0,90	0,78	0,55
Sud-Est		0,93	0,96	0,88	0,66
Sud		0,93	1,00	0,91	0,68
Sud-Ouest		0,93	0,96	0,88	0,66
Ouest		0,93	0,90	0,78	0,55

: position à éviter si elle n'est pas imposée par une intégration architecturale

source Phébus

NB : ces chiffres n'incluent pas les possibles masques qui pourraient réduire la production annuelle.

Avec un peu de chance (de bons tarifs et une région ensoleillée), 10 ans suffiront, mais 20 ou 30 ans peuvent s'avérer nécessaires dans des régions moins privilégiées. De telles durées sont dans tous les cas cohérentes avec la durée de vie prévue du système photovoltaïque.

2.5 Comment choisir la puissance de votre centrale ?

Votre choix devra dépendre essentiellement de la surface disponible sur votre toit ou votre terrasse pour les panneaux, de la production photovoltaïque envisagée mais surtout du budget que vous souhaitez y consacrer.

L'objectif n'est pas de couvrir forcément l'ensemble de vos besoins énergétiques puisque le réseau sera toujours là pour vous apporter le complément nécessaire. On cherchera cependant dans la majorité des cas à couvrir au moins 40 % des besoins en électricité de manière à ce que le projet soit démonstratif.

L'unité photovoltaïque de base mise en œuvre par HESPUL a généralement une puissance de 1,1 kWc. Elle correspond à l'association optimale de 10 panneaux de 110 Wc et d'un onduleur de 850 W..

Mais plusieurs systèmes identiques de 1,1 kWc peuvent être associés en parallèle afin de constituer des centrales de 2,2 ou 3,3 kWc.

Les coûts matériels, les surfaces nécessaires ainsi que les quantités d'énergie produites seront ainsi multipliées d'autant. Les frais de pose ne sont en revanche pas directement proportionnels.

Actuellement, la taille la plus courante des centrales photovoltaïques installées par Hespul est de 2,2 kWc.

3. Comment augmenter vos économies ?

Des économies d'énergie complémentaires sont un excellent moyen de diminuer le temps de retour en augmentant "l'effet photovoltaïque" sur la facture électrique. Ceci peut être réalisé en choisissant des appareils adaptés, en changeant ses habitudes de consommation et, le cas échéant, en concevant correctement le bâtiment.

3.1 Choisissez bien vos appareils électriques

Une étiquette européenne normalisée, qui devrait devenir prochainement obligatoire pour tous les types d'appareils, est souvent apposée sur les appareils domestiques, avec une classification de "A" (le moins gourmand) à "G" (le plus gourmand). Lorsque vous achetez un nouvel appareil électrique, vous le préférerez toujours de "classe A", à la rigueur de "classe B". Voilà le premier moyen qui vous permettra à coup sûr de faire des économies supplémentaires.

- Pour la production de froid, vous préférerez un réfrigérateur et un congélateur séparés : à volume équivalent, la consommation sera toujours plus faible.
- Pour le lave-linge et le lave-vaisselle, n'oubliez pas que la consommation électrique est souvent liée aux besoins en eau, ce qui signifie que les économies réalisées peuvent être doublées si vous en tenez compte.
- Un sèche-linge électrique ne peut se justifier que si vous avez un véritable problème de place disponible : il consomme deux fois plus d'électricité que le lave-linge !
- Éliminez toute lampe halogène, et remplacez progressivement vos ampoules à incandescence par des ampoules fluo-compactes à basse consommation. Elles consomment 5 fois moins de courant et durent 5 fois plus longtemps (méfiez-vous des lampes à bas prix fabriquées en Asie ou en Chine, elles sont souvent de mauvaise qualité).
- Le circulateur du chauffage central doit être asservi au fonctionnement effectif du brûleur ou de la chaudière : en cas de doute, interrogez votre installateur lors de sa prochaine visite de maintenance.
- Enfin, vous devriez éviter tout fonctionnement en mode « veille » de vos appareils électriques : un téléviseur fonctionnant 3 heures par jour chaque jour de l'année consomme plus de courant en veille qu'en fonctionnement ! Une simple rallonge munie d'un interrupteur manuel à voyant lumineux sera remboursée en quelques semaines et vous fera faire des économies pendant des années.

3.2 Prenez de bonnes habitudes

- Ne branchez vos appareils que lorsque vous en avez réellement besoin, en particulier le téléviseur et l'audiovisuel.
- N'oubliez pas d'éteindre les lumières en sortant de la pièce, sauf si vous utilisez des ampoules fluo-compactes et que vous êtes sûrs de revenir rapidement.
- Ne mettez votre lave-vaisselle en route que lorsqu'il est plein, et à une température aussi basse que possible.
- Si possible, branchez le lave-linge sur le circuit d'eau chaude domestique, sauf si la chaleur est électrique. Ne le faites fonctionner que plein, utilisez systématiquement le programme "éco" qui est généralement proposé et choisissez le séchage naturel.
- Une température de +5°C est suffisante pour que votre réfrigérateur remplisse sa fonction : réglez-le à ce niveau. Si possible, installez-le dans une pièce fraîche ou

bien prenez soin de ne pas trop chauffer la pièce où il se trouve. Laissez refroidir les aliments chauffés avant de les mettre au réfrigérateur ou au congélateur. Ne laissez pas la porte ouverte plus longtemps que nécessaire, et remettez immédiatement les récipients et les bouteilles à l'intérieur lorsque vous prélevez seulement une partie de leur contenu. Dégivrez votre frigo et nettoyez sa grille arrière une fois par an.

- N'utilisez le four à micro-ondes que pour des cas particuliers, jamais pour décongeler ni pour cuisiner des aliments contenant beaucoup d'eau.

3.3 Appliquez quelques principes simples à la conception de votre maison

Si vous concevez vous-même votre future habitation, pensez à :

- installer un interrupteur général d'éclairage dans chaque pièce
- installer une alimentation double eau froide - eau chaude à proximité du lave-vaisselle
- réserver un espace suffisant dans la cuisine pour un réfrigérateur sur-isolé, qui est en général légèrement plus large qu'un réfrigérateur ordinaire
- éviter de placer côte à côte des appareils qui chauffent et qui refroidissent (par ex. cuisinière et réfrigérateur)
- prévoir un espace extérieur pour le séchage naturel du linge.

Ces quelques exemples d'opérations simples sont immédiatement rentables, leur temps de retour se situant entre quelques semaines et quelques mois.

Mais sont surtout d'emblée exclues, toutes applications de chauffage électrique, car le rendement global (de la matière première à l'énergie produite) est désastreux : il peut descendre jusqu'à 25% si l'on compte toutes les pertes (de production, de transformation et de transport) alors qu'il est de 90% pour un moyen de chauffage performant ! D'autres alternatives faisant appel aux techniques du solaire thermique existent et peuvent être envisagées. Renseignez-vous !

Dans tous les cas, il est important de résoudre en priorité son problème éventuel de chauffage avant d'envisager d'installer une centrale photovoltaïque raccordée au réseau.

L'usage de l'électricité doit donc être réservé aux applications nobles de celle-ci : éclairage, informatique, télévision, hi-fi, froid, moteurs électriques, etc...

3.4 Suivi du fonctionnement

Le suivi quotidien des performances de votre toit solaire deviendra vite un réflexe en jetant un simple coup d'œil à l'écran de l'onduleur ou aux compteurs de production, de vente et de consommation, dont les index doivent être cohérents avec le temps qu'il fait. La performance réelle sera évaluée en comparant chaque facture d'électricité avec la facture précédente correspondant à la même période de l'année : si un écart important est observé sans qu'il y ait d'explication évidente (comme l'achat d'un nouvel appareil électrique), il conviendra de contrôler le système photovoltaïque.

4. Une centrale photovoltaïque raccordée au réseau, est-elle rentable ?

4.1 Cadre légal

Depuis peu, différents textes encadrent la production d'électricité photovoltaïque :

- La loi 2000-108 du 10 février 2000 relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité oblige à acheter l'électricité produite par les producteurs non-nationalisés à partir d'énergies renouvelables dans la limite d'une puissance de 36 kVA.
- L'arrêté du 13 mars 2002 « fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant l'énergie radiative du soleil » règle les conditions tarifaires de la vente de l'électricité photovoltaïque à EDF. Le tarif d'achat est fixé à 15,25 c€/kWh en France métropolitaine (le double en Corse et DOM) dans la limite de 5 kWc pour les particuliers pour un contrat dont la demande a été faite avant le 31 décembre 2002. Le contrat est signé pour une durée de 20 ans, et le montant suivra l'inflation. Pour les demandes postérieures au 1^{er} janvier 2003, le tarif de départ sera diminué de 5 % chaque année.

Compte-tenu du tarif d'achat applicable, le producteur a intérêt de vendre l'intégralité de la production.

Pour établir le contrat d'achat de l'électricité photovoltaïque avec EDF (ou autre régie), les pièces administratives suivantes sont nécessaires :

- Demande de contrat d'achat auprès du centre EDF-GDF Services - ARD Centre ou de la régie de distribution (à envoyer par recommandé avec accusé de réception),
- Copie du récépissé du permis de construire, si applicable ou copie du récépissé de la déclaration de travaux,
- Copie du certificat ouvrant droit à l'obligation d'achat, obtenu auprès de la DRIRE,
- Fiche de renseignement ARD (Accès au Réseau de Distribution),
- Attestation de conformité de l'installation, fournie par l'installateur,
- Copie du récépissé de la « déclaration d'exploiter une installation photovoltaïque », obtenu auprès de la DIDEME.

4.2 Coût de l'installation

Le coût du matériel (panneaux et onduleur) a diminué de 5 à 10 % par an depuis une dizaine d'années et cette performance devrait être renouvelée sur la prochaine décennie.

Le coût des travaux peut varier, suivant la situation locale : bâtiment neuf ou existant, pose en surimposition ou en intégration, réglementation spécifique pour les permis de construire, normes de raccordement au réseau, distances panneaux-onduleurs et onduleurs-tableau, participation du propriétaire aux travaux...

Début 2000, le coût minimum pour un système complet d'1 kWc (10 m²) se situe aux environs de 7 500 euros, y compris le travail de pose et la TVA. La grande majorité de ce coût vient de l'investissement en matériel, et à l'intérieur de ce dernier, les panneaux représentent de loin la plus grande partie (70 à 80%).

Les coûts de maintenance sont en principe très peu élevés, mais il est nécessaire d'avoir une information claire à ce sujet de la part du fournisseur dans le cas d'un projet individuel ou du prestataire de service (le réseau, la municipalité, une association locale...) dans le cas d'un programme collectif.

4.3 « Temps de retour »

Le temps de retour est déterminé par le montant d'aide obtenue auprès des différents niveaux d'autorités publiques (Commission Européenne, administrations nationales, régionales ou locales) ou d'autres partenaires (compagnies électriques, banques, fondations privées, bourses solaires...). Ces aides peuvent être apportées de façons très variées : subventions directes qui peuvent atteindre 80 % de l'investissement dans certains cas, prêts à taux réduit, exonérations fiscales ou crédits d'impôt, tarifs d'achat favorables... Les dispositifs de soutien pouvant évoluer dans le temps, le futur propriétaire doit s'informer sur les aides disponibles dans sa région.

Le calcul est simple :

Temps de retour en année = coût final de la centrale photovoltaïque subventions déduites / (nombre de kWh produits en un an x tarif d'achat du kWh par l'EDF).

Cependant, d'autres paramètres que le coût doivent être pris en compte :

- D'une part, le fait de produire soit même son électricité sans déchet peut justifier à lui seul la démarche au nom des générations futures.
- D'autre part, comme développé plus haut, l'installation d'une centrale photovoltaïque conduit à prendre conscience de sa consommation et induit naturellement à réduire celle-ci. Les économies ainsi faites doivent donc être prises en compte dans le calcul de rentabilité.
- Compte tenu des tarifs d'achat pratiqués chez nos voisins Européens, on peut espérer qu'ils seront réévalués en France dans un futur proche. Même s'il n'y a pas de différence du point de vue purement énergétique il paraît évident qu'il faut raisonner de manière globale et attribuer au niveau de l'achat par les compagnies d'électricité, une valeur plus grande à un kWh vert qu'à un kWh polluant.
- Enfin, le coût d'une centrale photovoltaïque dépend essentiellement du volume du marché. Une étude, réalisée à la demande de Greenpeace par KPMG1, montre qu'en multipliant par 4 la capacité de production mondiale, les prix des capteurs seront divisés par 4 et l'énergie photovoltaïque serait alors compétitive avec les sources d'énergie traditionnelle.

Le fait d'encourager ce mode de production d'énergie dans les pays riches induira donc une baisse des prix qui sera profitable aux pays en voie de développement, là où souvent aucune alternative à l'énergie photovoltaïque n'est possible.

Favoriser le développement de la filière photovoltaïque, c'est donc aussi aider les pays du Sud à se développer.

Conclusion

En investissant dans un système photovoltaïque, vous décidez de participer directement au développement d'une filière de haute technologie particulièrement écologique.

Vous ferez partie de la "communauté photovoltaïque", dans laquelle les utilisateurs finaux ne sont pas seulement des consommateurs ou des clients, mais aussi des acteurs essentiels de la diversification énergétique sans lesquels rien ne serait possible.

Le succès du programme SALSA, et plus largement des efforts des organismes publics et privés en faveur de la promotion du photovoltaïque et des autres sources d'énergie renouvelables se mesurera avant tout par la satisfaction que vous en retirerez personnellement

Nous espérons que cette brochure vous aidera dans cette direction en vous permettant de comprendre ce que vous pouvez en retirer et ce que vous pouvez apporter à notre objectif commun de développement durable.