

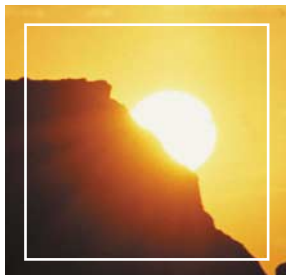
Comment peut-on produire
son électricité avec le soleil ?

Perseus

Guide des installations
photovoltaïques raccordées
au réseau électrique
destiné aux usagers

Edition 2004





Comment peut-on produire
son électricité avec le soleil ?

Perseus

Guide des installations
photovoltaïques raccordées
au réseau électrique
destiné aux usagers

Ce guide a été réalisé par :

Christine Joder, Marc Delorme, Reinhard Six, Rhônalpénergie-Environnement
Melodie de l'Epine, Marc Jedliczka, HESPUL
Marcello Antinucci, Marina Coloni, Ecuba S.r.l.
Giovanni Fini, Comune di Bologna

Avec le soutien de la Commission européenne (Direction Générale de l'Energie
et des Transports), de la Région Rhône-Alpes et de l'ADEME.

Nous remercions tous ceux qui nous ont apporté leurs critiques et remarques
sur les premières versions de ce guide afin d'améliorer sa pertinence.

*Toute reproduction du contenu doit être portée à la connaissance
de la Commission Européenne et de Rhônalpénergie-Environnement.*

Ni la Commission Européenne, ni aucune personne agissant en son nom ne peut :

- a) offrir la moindre garantie ou représentation, expresse ou implicite, concernant les informations contenues dans ce guide ;**
- b) ni être tenue pour responsable de l'utilisation ou d'éventuels dommages résultant de l'utilisation de ces informations.**

*L'opinion exprimée dans cette publication ne reflète pas forcément
celle de la Commission Européenne.*

Conception graphique : Netandwork, Reggio Emilia

Imprimé par : Imprimerie **Agb**

S o m m a i r e

1. LES PRINCIPES DE BASE	6
1.1. Qu'est-ce qu'une " énergie renouvelable " ?	6
1.2. Quelles sont les énergies renouvelables aujourd'hui disponibles ?	6
1.3. Le photovoltaïque, qu'est-ce que c'est et comment ça marche ?	7
1.4. Est-ce un moyen vraiment écologique de production d'électricité ?	8
1.5. Quels sont les avantages spécifiques du photovoltaïque ?	8
1.6. A quoi peut servir le photovoltaïque ?	9
1.7. Quel est l'avenir du photovoltaïque ?	9
2. LE TOIT SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE EN 9 QUESTIONS	10
2.1. Qu'est-ce qu'un "toit solaire photovoltaïque" ?	10
2.2. Comment cela marche-t-il ?	10
2.3. A quoi sert un toit solaire ?	11
2.4. Où peut-il être installé ?	11
2.5. Quelle quantité d'électricité produit-il ?	12
2.6. Quelle est sa durée de vie ?	13
2.7. Qui peut installer un toit solaire ?	14
2.8. Combien un toit solaire coûte-t-il ?	14
2.9. Comment s'effectue le contrôle du fonctionnement ?	15
3. LES ETAPES POUR REUSSIR SON PROJET DE "TOIT SOLAIRE"	16
3.1. Analyser ses besoins en électricité	16
3.2. Concevoir son installation	17
3.3. Evaluer le potentiel de son " toit solaire "	20
3.4. Associer les éléments	21
3.5. Choisir le matériel	22
3.6. Localiser les éléments	24
4. ASPECTS NON-TECHNIQUES	24
4.1. Aspects financiers	25
4.2. Démarches administratives	26
4.3. Les contrats avec les compagnies d'électricité	27
4.4. Relations avec les fournisseurs et les installateurs	30
5. TEMOIGNAGES ET EXEMPLES D'INSTALLATIONS	32
5.1. Toit solaire pour un immeuble collectif situé en centre ville de Grenoble	32
5.2. Une installation photovoltaïque en Vendée	32
5.3. Approche économique d'une installation	33
6. CHECK-LIST POUR LA MISE EN ŒUVRE D'UNE INSTALLATION PHOTOVOLTAÏQUE	35
7. CONCLUSION	38
8. LISTE D'ADRESSES UTILES	39
9. ANNEXES	43
9.1. Exemples de calcul du potentiel photovoltaïque	43
9.2. Démarche d'estimation des économies d'électricité, de la production annuelle du champ de panneaux, évaluation financière	44

Introduction

Essayons d'imaginer le futur monde basé sur le "développement durable" : plus de déchets, plus d'usines polluantes, plus d'émissions dangereuses et la plupart des matériaux 100% recyclables. Qu'en sera-t-il de l'énergie?

Certains rêvent à un avenir dans lequel une forme nouvelle d'énergie fournirait l'énorme quantité de courant électrique nécessaire à une population de 10 milliards d'êtres humains, sans qu'aucun changement du modèle actuel de production, de transport et de distribution de l'électricité ne soit nécessaire.

Il y a peu de chance qu'il en soit ainsi. Bien au contraire, le nouveau modèle sera probablement basé sur une décentralisation poussée du système électrique, où la production et la consommation seront à proximité l'une de l'autre.

Plusieurs arguments plaident en faveur de cette hypothèse : la réduction des pertes en ligne, la limitation des lignes à très haute tension, inesthétiques et à la pollution électrique mal maîtrisée, la libéralisation du marché de l'électricité qui offrira de nouvelles possibilités de vente et d'achat libres d'électricité, comme c'est déjà le cas pour la plupart des autres biens.

Dans un tel scénario, il est fort probable que la production d'électricité photovoltaïque par petites unités dispersées et raccordées au réseau de distribution aura un rôle important à jouer. En effet, la meilleure façon de produire sur site les modestes quantités d'électricité nécessaires au consommateur est de convertir l'énergie solaire en électricité grâce à de simples capteurs fixés sur son toit, son mur ou sa façade. L'installation étant reliée au réseau, celui-ci absorbe le surplus d'énergie fournie, ou apporte le complément. Il est possible aussi d'augmenter sa production, en raccordant de nouveaux panneaux.

Il est difficile de dire combien de temps

il faudra pour atteindre un niveau de prix où le kWh photovoltaïque sera compétitif avec le kWh conventionnel, issu de combustibles fossiles (pétrole, gaz ou charbon) ou fissiles (nucléaire). Il est évident que ce choix n'est aujourd'hui économiquement viable qu'avec un soutien de fonds publics significatif, et c'est ce qui se passe dans la plupart des pays européens. Mais ce concept est tellement séduisant que de plus en plus de personnes sont intéressées et souhaitent participer à la démonstration qu'il est possible de produire soi-même son électricité.

Cette brochure est destinée aux personnes convaincues et prêtes à relever le défi du futur en installant des modules photovoltaïques sur leur maison ou sur l'immeuble où ils exercent leurs activités. Nous espérons que leur curiosité sera satisfaite et que nous les aiderons à réaliser leur rêve.

Le candidat à un "toit solaire" que vous êtes se pose sans doute un certain nombre de questions, et ce petit guide se propose d'y répondre de manière à la fois simple, précise et pratique.

Une première série de questions concerne les principes de base du toit solaire, suivie de précisions à connaître pour concevoir un projet dans de bonnes conditions.

Une troisième partie se propose de vous accompagner pas à pas dans l'élaboration de votre projet en essayant de vous aider à éviter les écueils principaux.

Les éléments non-techniques (juridiques, financiers, contractuels,...), ceux qui sont spécifiques à votre pays et sont le plus susceptibles d'évoluer rapidement, seront abordés dans une quatrième partie.

Après des témoignages et exemples concrets, une récapitulation sous forme de « check-list » vous permettra de bien vérifier que vous n'avez oublié aucune étape dans votre démarche.

1. LES PRINCIPES DE BASE

Perseus 1.1. Qu'est-ce qu'une " énergie renouvelable " ?

Les sources d'énergie conventionnelles telles que le nucléaire ou les combustibles fossiles (charbon, pétrole et gaz) sont issues de stocks limités de matières extraites du sous-sol de la terre. Chacune d'elles provoque des dégâts à long terme plus ou moins importants sur l'environnement : pollution atmosphérique, changement climatique, contamination radioactive....

A l'opposé, les sources d'énergie renouvelables ont recours à des flux naturels qui traversent de façon plus ou moins permanente la Biosphère. Comme elles n'utilisent qu'une infime partie de ces flux, elles sont inoffensives pour l'environnement naturel aussi bien localement que globalement, et elles le seront éternellement.

Perseus 1.2. Quelles sont les énergies renouvelables aujourd'hui disponibles ?

Toutes les énergies renouvelables sont issues directement ou indirectement du soleil¹:

Son rayonnement direct peut être utilisé de deux manières :

- sa **chaleur** peut être concentrée pour chauffer de l'eau sanitaire, des immeubles, des séchoirs, ou bien un liquide en circulation afin de produire de l'électricité par l'intermédiaire d'un alternateur ou d'une dynamo. C'est le solaire *thermique*.
- sa **lumière** peut être transformée directement en courant électrique grâce à l'*effet photovoltaïque* (cf. § 1.3).

Le rayonnement solaire est également l'origine de phénomènes naturels qui offrent

autant de manières de capter une partie de cette *énergie solaire indirecte* : le vent (*énergie éolienne*), le cycle de l'eau (*énergie hydraulique*), la croissance des végétaux par la photosynthèse (*énergie de la biomasse*, notamment bois et bio-gaz), auxquelles on peut ajouter l'énergie de la mer (courants marins, houle et marée) qui est issue des forces internes du système solaire.

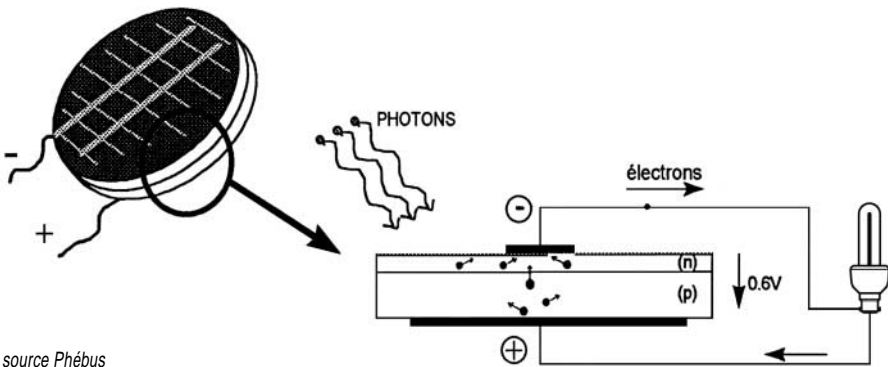
¹ La géothermie (l'"énergie de la terre"), qui consiste à extraire la chaleur du sous-sol n'est pas à proprement parler une énergie renouvelable, bien qu'elle y soit souvent assimilée.

1.3. Le photovoltaïque, qu'est-ce que c'est et comment ça marche ?

L' "effet photovoltaïque" est un phénomène physique propre à certains matériaux appelés "semi-conducteurs", (le plus connu est le silicium utilisé pour les composants électroniques). Lorsque les "grains de lumière" (les photons) heurtent une surface mince de ces matériaux, ils transfèrent leur énergie aux électrons

de la matière. Ceux-ci se mettent alors en mouvement dans une direction particulière, créant ainsi un courant électrique qui est recueilli par des fils métalliques très fins. Ce courant peut être ajouté à celui provenant d'autres dispositifs semblables de façon à atteindre la puissance désirée pour un usage donné.

Principe d'une cellule photovoltaïque :



source Phébus

Très fragile à l'état brut, le matériau photovoltaïque doit être protégé des intempéries par un verre transparent et solide. Il peut être disposé soit en cellules minces et plates découpées dans un lingot de silicium obtenu par fusion et moulage, puis connectées les unes aux autres en série, soit en une mince couche uniforme obtenue par projection de matériau réduit en fine poudre sur le verre. Les capteurs les plus courants sont des panneaux rectangulaires de quelques millimètres

d'épaisseur, d'une surface comprise entre 0.5 et 3 m² et pesant quelques kilogrammes. Leurs performances sont variables selon la composition du matériau photovoltaïque et la technologie utilisée. Arrivent aujourd'hui sur le marché des produits plus élaborés tels que des tuiles, des ardoises ou des éléments de façade qui rendent beaucoup plus facile l'intégration du photovoltaïque dans la couverture extérieure des bâtiments.

1.4. Est-ce un moyen vraiment écologique de production d'électricité ?

Le photovoltaïque, comme tout produit industriel, a un impact sur l'environnement, aussi minime soit-il. La majeure partie de cet impact est due à la consommation d'énergie et à l'utilisation de produits chimiques toxiques durant la phase de fabrication des panneaux. En fonctionnement en revanche, le photovoltaïque n'a strictement aucun impact sur l'environnement. Une fois démontés en fin de vie, les matériaux de base (cadre d'aluminium, verre, silicium, supports et composants électroniques) peuvent tous être réutilisés ou recyclés sans inconvénient.

Une cellule solaire rembourse l'énergie nécessaire à sa fabrication en 3 à 5 ans, y compris les cadres, supports et câbles nécessaires à son utilisation, et les usines de fabrication des composants photovoltaïques se sont généralement engagées à récupérer et recycler tous leurs effluents sous contrôle sévère (normes ISO 14 000). On peut donc affirmer que le photovoltaïque est 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".

1.5. Quels sont les avantages spécifiques du photovoltaïque ?

Par rapport aux autres sources renouvelables, le photovoltaïque offre des avantages particuliers :

- il est exploitable pratiquement partout, la lumière du soleil étant disponible dans le monde entier
- l'équipement de production peut presque toujours être installé à proximité du lieu de consommation, évitant ainsi les pertes en ligne²
- il est totalement modulable et la taille des

installations peut être facilement ajustée selon les besoins ou les moyens

- aucun mouvement, pas de pollution directe ou indirecte (effluents atmosphériques ou liquides, produits de nettoyage, risque d'accident physique,...) aucun déchet, aucune perturbation pour l'environnement de proximité
- la maintenance et les réparations sont réduites à presque rien pour la partie photovoltaïque et

à peu de chose pour l'électronique associée³.

En conséquence, le photovoltaïque est particulièrement bien adapté à l'intégration dans la plupart des bâtiments quel que soit leur usage (habitations, bureaux, entreprises,

centres commerciaux...).

² ces pertes peuvent atteindre jusqu'à 15 % sur les grands réseaux électriques lorsque des centaines de kilomètres séparent les lieux de production et de consommation

³ avec une exception notable pour les sites hors réseau dont les batteries doivent être remplacées tous les 8 à 10 ans

Perséus 1.6. **A quoi peut servir le photovoltaïque?**

D'abord utilisé pour fournir de l'électricité aux satellites, dans la mesure où son coût élevé devenait relatif dans un secteur particulièrement onéreux, il a connu depuis de nombreuses applications : petits objets usuels (montres, calculatrices),

professionnelles (balises, relais, horodateurs,...), applications domestiques en sites isolés (habitat, refuges de montagne, pompage de l'eau et dispensaires dans les pays en voie de développement,...), et sites raccordés au réseau.

Perséus 1.7. **Quel est l'avenir du photovoltaïque ?**

Source d'électricité 100% propre et fiable pour des usages très variés, il figurera à l'avenir parmi les principales sources mondiales. Son handicap majeur reste un coût encore élevé comparé aux sources conventionnelles et aux filières renouvelables plus mûres. Ce coût diminue de 10% par an, et pour accélérer cette baisse, les autorités nationales et internationales doivent engager une politique de soutien à long terme de la filière photovoltaïque. C'est précisément l'objectif

des programmes lancés depuis quelques années dans plusieurs pays industrialisés.

Autre défi : l'intégration du photovoltaïque dans des matériaux de construction habituels tels que tuiles, éléments de façade, pare-soleil, protections sonores, ... mais aussi son intégration en tant que sujet d'étude dans l'enseignement de base de toutes les professions concernées : concepteurs, architectes, ingénieurs, techniciens, électriciens, couvreurs, façadiers...

2. LE TOIT SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE EN 9 QUESTIONS

Perseus 2.1. Qu'est-ce qu'un " toit solaire photovoltaïque " ?

Un " toit solaire photovoltaïque raccordé au réseau " (que nous appellerons " toit solaire ") est un générateur photovoltaïque installé chez l'utilisateur, et qui est raccordé au réseau de distribution de la compagnie électrique par l'intermédiaire de l'installation électrique intérieure.

Il est composé d'un ou plusieurs *champs de panneaux* produisant du courant continu.

Ce courant est ensuite transformé par un ou plusieurs *onduleurs* en courant alternatif compatible avec les exigences de qualité, de fiabilité et de sécurité du réseau.

Perseus 2.2. Comment cela marche-t-il ?

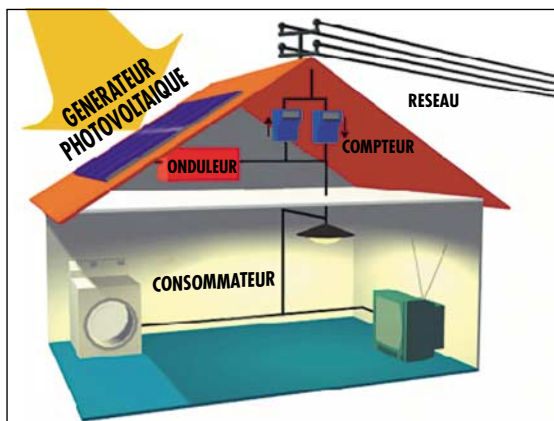
Le courant produit peut être soit :

- consommé directement par le foyer : seul le *surplus* est vendu en cas d'excédent et le courant nécessaire lorsque la consommation dépasse la production (nuit, ciel couvert, brouillard) est fourni par le réseau ;
- injecté directement dans le réseau : la *totalité* du

courant produit est vendu et la totalité du courant consommé est fournie par le réseau.

Compte tenu des lois de la physique, l'électricité sera dans tous les cas utilisée au plus près de son lieu de production.

Toit solaire raccordé au réseau :



Pour soutenir le développement de la filière, le tarif d'achat du kWh produit par une installation photovoltaïque est supérieur au prix pratiqué par les compagnies électriques pour la vente d'électricité à leurs clients. Il est donc nécessaire de compter séparément les kWh injectés et ceux

prélevés sur le réseau, ce qui oblige à installer deux compteurs unidirectionnels (électroniques). En cas d'arrêt de la distribution d'électricité venant du réseau (panne, travaux de la compagnie d'électricité), l'onduleur ne débite aucun courant sur le circuit intérieur ni sur le réseau.

Perseus 2.3. **A quoi sert un toit solaire ?**

A couvrir tout ou partie de la consommation électrique du bâtiment sur lequel il est installé. En pratique, la production solaire réduira les dépenses d'électricité et remplacera une partie de l'énergie "sale" (issue de combustibles fossiles ou nucléaires) par une énergie propre et respectueuse de l'environnement, améliorant ainsi, même modestement, la qualité écologique

du courant au niveau du consommateur, mais aussi au niveau de la compagnie d'électricité. Un toit solaire peut aussi apporter une aide précieuse pour améliorer la qualité du courant fourni par la compagnie locale dans les zones reculées où la grande longueur des câbles électriques occasionne fréquemment des baisses de tension ou des coupures.

Perseus 2.4. **Où peut-il être installé ?**

Sur le toit ou la façade de n'importe quel bâtiment raccordé au réseau et disposant d'une surface

suffisante (avec un minimum raisonnable de 10 m²), orientée le plus possible vers le Sud

(au moins entre Sud-Est et Sud-Ouest), et si possible sans obstacle masquant la course du soleil en toute saison. Différentes solutions techniques et architecturales peuvent être envisagées (cf §3.2).

Le statut légal et financier du toit solaire est très différent d'un pays à l'autre, et même d'une région

ou d'une municipalité à l'autre dans un même pays. Dans la plupart des cas, son utilisation fait l'objet d'un contrat entre le producteur (le propriétaire) et le gestionnaire du réseau auquel il est raccordé (la compagnie électrique) dans la mesure où des normes de qualité, de sécurité et de fiabilité doivent être respectées pour un fonctionnement sans risque.

Persens 2.5. **Quelle quantité d'électricité produit-il ?**

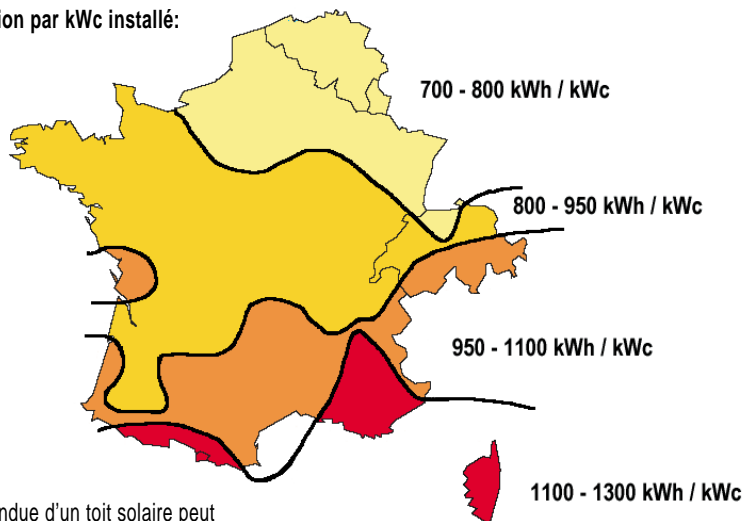
La production annuelle d'électricité d'un toit solaire peut être calculée avec une marge d'erreur inférieure à 10 %. Elle dépend :

- de l'ensoleillement annuel du site, qui peut être évalué assez précisément pour presque tous les sites en Europe et même dans le monde entier
- d'un facteur de correction calculé à partir de l'écart d'orientation par rapport au Sud, de l'inclinaison des panneaux par rapport à l'horizontale et le cas échéant, des ombrages relevés sur le site

- des performances techniques des modules photovoltaïques et de l'onduleur (rendement et disponibilité).

La puissance-crête d'un toit solaire, donnée en Wc ou kWc, mesure la puissance théorique maximale que ce toit peut produire dans des conditions standards d'ensoleillement. La carte ci-dessous donne la production électrique moyenne attendue dans les conditions optimales d'installation pour un toit solaire d'une puissance de 1 kWc (10 m²) avec les modules polycristallins courants.

Carte de production par kWc installé:



La production attendue d'un toit solaire peut être rapportée à la consommation du lieu (mesurée ou prévue) et s'exprimer en pourcentage des besoins. Par exemple, 10 m² en France peuvent produire de 30 à 50 % de la consommation spécifique (hors chauffage électrique) d'une famille.

d'après Météonorm

Perseus 2.6. **Quelle est sa durée de vie ?**

Les panneaux : les fabricants de panneaux cristallins, actuellement les plus répandus, garantissent une perte de rendement inférieure à 5 ou 10 % pour une durée de 25 à 30 ans. Le rendement des panneaux au silicium amorphe, moins performants mais aussi moins chers, ne tient pas aussi longtemps. Dans un futur proche, les filières "couches minces" rassembleront les avantages de ces deux technologies : le bas prix

du silicium amorphe, l'efficacité et la fiabilité des produits cristallins.

Les onduleurs : la nouvelle génération de ces appareils de haute technologie est très fiable. D'après les fabricants, ils doivent tenir 10 ans en moyenne avant la première panne. Le prix de l'onduleur représente en principe 10 à 20% de l'investissement global; son coût de

remplacement en cas de panne après la période de garantie peut donc être pris en compte dans le calcul du retour sur investissement.

Un toit solaire étant modulaire, il doit en principe être facile d'en remplacer une partie en cas de défaillance, à condition que cela ait été prévu lors de la conception du projet et que les fabricants

proposent des produits de dimensions et de caractéristiques identiques...

De même, un toit solaire peut être agrandi et complété par un autre toit solaire à tout moment, éventuellement avec des équipements de modèles différents. La compatibilité des onduleurs aux normes sévères du réseau garantit aussi la compatibilité des onduleurs entre eux.

Perseus 2.7. **Qui peut installer un toit solaire ?**

Une amélioration constante et une standardisation facilitent l'installation, mais si cette dernière n'est pas réalisée selon les règles de l'art, les puissances et les tensions du courant peuvent s'avérer dangereuses, notamment pendant les travaux, et des pertes de rendement importantes ou des dégâts aux appareils peuvent être constatés ultérieurement. De ce fait, il est impératif que la vérification des travaux et la mise en service soient effectuées par une personne qualifiée et autorisée, sans quoi la responsabilité du propriétaire pourrait être engagée en cas

d'accident, et il n'aurait pas de recours en cas de détérioration des équipements.

Les autres travaux tels que la pose des supports, le raccordement au réseau domestique, le câblage, sont réalisés par un professionnel (électricien, couvreur, façadier,...) en suivant les prescriptions habituelles du secteur du bâtiment. Dans le cas d'un équipement de petite taille sur un logement privé, l'installation peut être réalisée par l'utilisateur lui-même, s'il est sûr de satisfaire aux normes de sécurité, et s'il ne craint pas de diminuer les coûts en se passant de la garantie sur les travaux réalisés.

Perseus 2.8. **Combien un toit solaire coûte-t-il ?**

Le coût du matériel (panneaux et onduleur) a diminué de 5 à 10 % par an pendant une dizaine d'années.

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 2004, le coût minimum pour un système complet d'1 kWc (10 m²) se situe aux environs de 8 100 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.

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...) Jusqu'à une taille de 5 kWc, les toits solaires pour des maisons individuelles peuvent bénéficier d'une aide de l'ADEME de 4,6 € par Wc, ou de 6,1 € par Wc s'il s'agit d'une sécurisation d'abonné en bout de ligne (subvention non cumulable avec les aides de l'Europe). Pour toute précision sur les critères d'attribution ou l'assiette subventionnable, adressez-vous à un Espace Info Energie, ou à votre

Délégation Régionale ADEME (p.39). A cette aide s'ajoutent les éventuelles subventions des Régions et autres collectivités territoriales : par exemple la Région Rhône-Alpes attribue aux maîtres d'ouvrages une aide de 30% du coût de l'installation pour les deux premiers kWc. Le total des aides publiques est cependant plafonné à 80% du montant des travaux.

De plus, un crédit d'impôt égal à 15% du coût du matériel est accordé pour l'acquisition du matériel photovoltaïque.

Ces dispositifs de soutien pouvant varier dans le temps, et étant soumis à certaines conditions, le futur propriétaire doit s'informer sur leur validité auprès des associations ou des professionnels du photovoltaïque (p.40).

Enfin, pour inciter à la production d'électricité de source renouvelable, le distributeur d'électricité est tenu d'acheter toute l'électricité produite à plus de 14 c€/ kWh (plus de 29 c€ en Corse, dans les DOM et à St Pierre et Miquelon), pour une installation ne dépassant pas les 5 kWc pour un logement individuel. Côté consommation, toute l'électricité consommée (venant du toit solaire ou du réseau) sera facturée au prix "ordinaire", de l'ordre de 7,8 c€ hors taxes par kWh.

2.9. Comment s'effectue le contrôle du fonctionnement ?

Il peut être réalisé par deux méthodes principales : le suivi manuel sur site et le suivi automatique à distance, chacun ayant ses avantages et ses inconvénients.

Le premier se fait avec une vérification "à l'oreille" (petit bourdonnement) ou "à l'œil" (petite lumière de couleur ou petit écran de contrôle en face avant). Un compteur en sortie d'onduleur peut

être aussi très utile, mais implique un léger surcoût en cas de vente du *surplus* de production (cf §4.3.1.). Dans ce cas le contrôle s'effectue aussi en analysant la facture d'électricité, une forte augmentation constituant une alarme sérieuse.

Le suivi automatique à distance affranchit de cette contrainte, mais exige des coûts supérieurs d'investissement et de fonctionnement (équipement de transmission des données, contrat de longue durée).

3. LES ETAPES POUR REUSSIR SON PROJET DE “ TOIT SOLAIRE ”

Pour obtenir la meilleure satisfaction d'un toit solaire, il ne faut pas le considérer comme un simple équipement posé n'importe où, mais comme la pièce maîtresse d'une approche globale visant à diminuer la pression sur l'environnement de la consommation – et donc de la production – d'électricité, devant

aussi être harmonieusement intégrée dans un contexte social, financier et culturel.

La démarche pas à pas décrite ci-dessous a pour vocation d'aider le futur propriétaire à atteindre ces objectifs.

Perseus 3.1. Analyser ses besoins en électricité

L'électricité est considérée comme la forme la plus noble de l'énergie, à la fois parce qu'on peut l'utiliser de multiples manières et qu'elle est la plus difficile et la plus chère à produire (économiquement et énergétiquement). Elle se transporte très rapidement (300 000 km par seconde) mais on ne sait que très mal la stocker⁴.

C'est pourquoi elle doit être réservée aux applications pour lesquelles il n'y a pas d'autre solution comme l'éclairage, les appareils électroniques ou les moteurs (les usages

spécifiques). En revanche, pour le chauffage de l'eau, de l'espace ou de la nourriture, il est recommandé d'utiliser une énergie plus “ brute ” (chaque transformation de l'énergie entraîne des pertes). Plus généralement, les économies d'électricité doivent toujours venir en premier, et ceci est encore plus vrai lorsque l'on projette l'installation d'un toit photovoltaïque dont les coûts sont élevés.

Une fois les usages non-rationnels de l'électricité exclus - ou au moins réduits – il sera temps

d'évaluer les besoins incompressibles. Ceci peut être fait de manière rigoureuse par un inventaire détaillé du nombre d'appareils de chaque sorte, leur puissance nominale et leur durée moyenne d'utilisation. Mais un moyen beaucoup plus simple – bien que moins précis – est d'analyser sa facture d'électricité, et de comparer la consommation annuelle cumulée (en kWh) avec la consommation moyenne d'électricité spécifique du pays (pour la France, 2 500 à 3 000 kWh par an et par foyer).

Dans tous les ménages existe un potentiel d'économie d'électricité. Pour le mobiliser et réduire les dépenses, l'attention doit être portée aux sources de gaspillage les plus fréquentes :

- Les appareils ménagers de mauvais rendement (par exemple les réfrigérateurs qui fonctionnent en

permanence et produisent de plus en plus de givre : à remplacer de toute urgence par un nouvel appareil de classe A+, A ou B) .

- Les ampoules à incandescence, ou pire, les lampes halogènes : la majeure partie de leur consommation sert à chauffer la pièce. Elles doivent être remplacées par des lampes basse consommation type fluo-compactes, en priorité celles qui sont allumées souvent et longtemps.
- La veille de nombreux appareils (téléviseurs, magnétoscopes, ordinateurs...) : on peut facilement les équiper d'une rallonge avec un interrupteur intégré, de préférence lumineux.

⁴ les batteries, seule technologie aujourd'hui disponible, ont une très mauvaise efficacité et peuvent provoquer des dommages graves à l'environnement et à la santé à cause des métaux lourds employés (plomb, cadmium,...).

Pensez 3.2. Concevoir son installation

Un toit solaire a généralement une taille comprise entre 10 et 30 m² – une surface non négligeable : il faut donc tout d'abord choisir l'emplacement exact du champ de panneaux.

L'idéal est une orientation plein Sud avec une inclinaison par rapport à l'horizontale comprise entre 15 et 45 ° en Europe du Sud et entre 25 et 60 ° en Europe du Nord. Dans le cas d'un bâtiment neuf, ces prescriptions doivent être intégrées

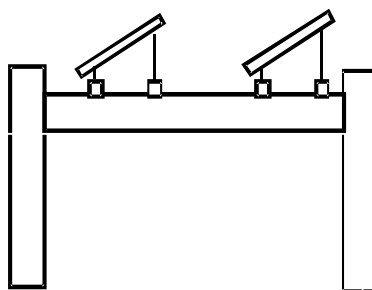
dès la phase de conception, mais il faut s'attendre à ce qu'elles interfèrent avec d'autres paramètres plus ou moins contraignants comme l'orientation du bâtiment, l'inclinaison du toit, les masques inévitables, le risque de vandalisme, la réglementation esthétique, l'accessibilité physique... de telle sorte que le choix final ne sera probablement pas autre chose qu'un compromis.

Cinq solutions techniques principales peuvent être envisagées :

1. La pose en toiture-terrasse :

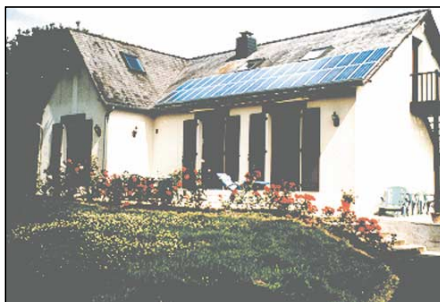


source Hespul

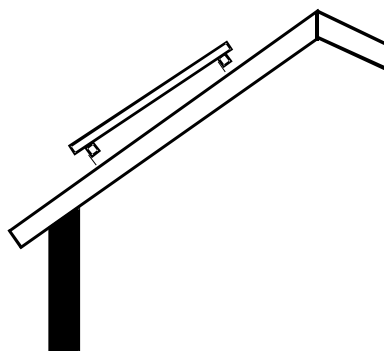


Problèmes à résoudre :	Solution :
préserver l'étanchéité (pas de percement) tout en assurant un bon ancrage; poids (plots, ballast,...)	fixation sur les parties verticales
veiller à ce que les rangées de panneaux ne se fassent pas d'ombre les unes aux autres	écarter suffisamment les rangées

2. La pose par-dessus la couverture classique :



source Hespul

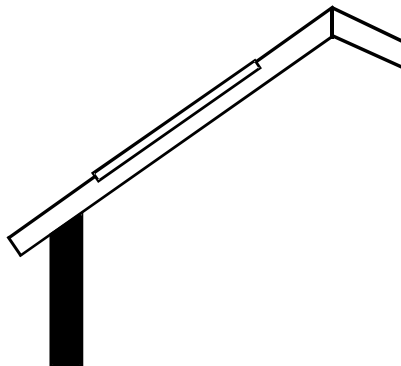


Problèmes à résoudre :	Solution :
assurer une fixation suffisante sans toucher à la couverture	pattes inox au gabarit se glissant sous les tuiles pour venir se fixer sur les chevrons
assurer une circulation d'air suffisante en face arrière des panneaux	écarter les panneaux de la couverture d'au moins 5 ou 10 cm

3. La pose en couverture intégrée :



source Hespul

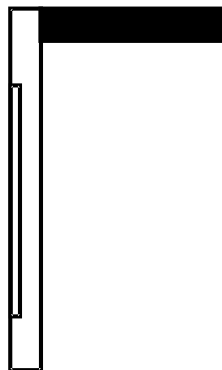


Problèmes à résoudre :	Solution :
Etanchéité des jonctions entre panneaux et de la reprise entre panneaux et couverture (zinguerie)	faire appel à un professionnel ; utiliser des produits spéciaux (tuiles ou ardoises solaires, capteurs intégrés, mais attention aux surcoûts...)

4. La pose en façade intégrée : perte de rendement de plus de 30% par rapport à l'inclinaison idéale



source Entreprise Quénea, architectes Grignou Lapous



5. La pose sur structure indépendante : à réserver aux cas où il n'y a pas d'autres solutions (esthétique, vandalisme, risque de choc,...)

Des structures annexes comme les pergolas, les parkings et garages, la couverture des patios ou les dépendances peuvent aussi recevoir un champ de modules.

Les masques

Pour obtenir une production maximale du toit solaire, il faut éviter tout ombrage des panneaux pendant la période d'ensoleillement à tout moment de la journée et aux différentes saisons.










Attention! Si un seul panneau dans une série est ombragé, même partiellement, c'est la production de la série tout entière qui est diminuée. Il faut donc apporter un soin particulier à cette question. Il est parfois impossible d'éviter totalement les


masques : montagnes, arbres, cheminée, poteau électrique... peuvent constituer autant d'obstacles qui vont provoquer des pertes plus ou moins importantes. On peut tailler un arbre, voire changer une cheminée de place, mais il est difficile de déplacer une montagne ! C'est pourquoi il peut être utile de mesurer ces pertes à l'aide d'un "relevé de masques". Une méthode simplifiée peut vous être envoyée par l'association Hespul (adresse en annexe).

Perseus 3.3. Evaluer le potentiel de son " toit solaire "

Une fois qu'un compromis raisonnable a pu être trouvé, la production attendue (en kWh par kWc par an) peut être estimée à partir de la production théorique donnée

pour une orientation idéale au § 2.5. Le facteur de correction à appliquer peut être déduit des différents angles par rapport à l'horizontale et par rapport au Sud comme ceci :

FACTEURS DE CORRECTION POUR UNE INCLINAISON ET UNE ORIENTATION DONNEES				
INCLINAISON \ ORIENTATION	 0°	 30°	 60°	 90°
	Est 	0,93	0,90	0,78
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 Hespul

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

A l'aide de ce facteur, il est possible de déduire la production moyenne à attendre d'un champ de panneaux d'une puissance donnée en

multipliant simplement le chiffre par la puissance nominale (des exemples de calcul du potentiel photovoltaïque sont donnés en annexe).

Perseus 3.4. Associer les éléments

Il existe trois manières de concevoir un toit solaire :

- un système centralisé, avec un seul onduleur dimensionné pour la puissance totale des panneaux
- un système "modulaire", avec plusieurs petits onduleurs, chacun relié à une série de panneaux
- un système avec "panneaux alternatifs", chaque panneau étant équipé d'un tout petit onduleur à la place du boîtier de connexion habituel

Chaque système a ses avantages et ses inconvénients et le choix peut se faire sur la base de critères techniques, financiers ou commerciaux. Le système "modulaire" semble le mieux adapté aux petites installations, car plus souple, plus performant, plus sûr et en principe moins coûteux,

mais l'évolution des technologies des onduleurs est si rapide que cela peut changer. En tout état de cause, le champ de panneaux et le ou les onduleurs doivent être correctement dimensionnés les uns par rapport aux autres afin d'optimiser techniquement et économiquement l'installation. La puissance-crête du champ de panneaux doit être comprise entre 1 et 1,4 fois (jusqu'à 1,6 pour les façades) la puissance nominale de l'onduleur. Par exemple, un onduleur de 1 kW correspond à un champ de 1,4 kWc, ou bien un champ de 1 kWc recevra un onduleur de 700 W.

La puissance-crête ne doit jamais (sauf cas très particulier) être inférieure à la puissance de l'onduleur (1 kW pour 1 kWc), faute de quoi l'onduleur serait sous-utilisé, ou le champ de panneaux surdimensionné, conduisant dans les deux cas à un mauvais équilibre économique.

3.5.1. Les panneaux photovoltaïques

Le meilleur compromis entre efficacité, fiabilité et prix doit être actuellement recherché du côté des modules " cristallins ". Mais d'autres filières, notamment les couches minces, sont aussi promises à un grand avenir (§2.6).

Outre la filière technologique, de nombreux paramètres peuvent influencer sur le choix de panneaux, qu'il soit effectué par l'utilisateur lui-même ou par un professionnel. Citons pour mémoire: poly ou mono cristallins (rendement et couleurs différents), opaques ou translucides, avec ou sans cadre aluminium, surface et puissance unitaire, tension, emplacement et taille des boîtiers de connexion, couleur,

couleurs différents), opaques ou translucides, avec ou sans cadre aluminium, surface et puissance unitaire, tension, emplacement et taille des boîtiers de connexion, couleur, aspect...

Des produits spéciaux comme des tuiles ou des ardoises solaires peuvent représenter une option intéressante dans la mesure où elles répondent à des contraintes particulières ou bien au souhait de l'utilisateur malgré un surcoût non négligeable, qui peut aller de 10% à 50% du prix d'une installation classique. Ce surcoût est dans certains cas diminué (toiture neuve par exemple), la surface à poser pour les matériaux classiques (tuiles, ardoises) étant diminuée d'autant.

3.5.2. Les éléments de connexion

Un champ de panneaux photovoltaïques doit résister aux intempéries durant au moins plusieurs décennies. Par conséquent, la qualité des jonctions électriques est une question très importante avec principalement deux paramètres à vérifier :

- les câbles électriques extérieurs (entre les panneaux et des panneaux vers l'onduleur) doivent être d'une qualité appropriée. Des câbles à double isolation et résistants aux UV sont fortement recommandés (norme U100 R2V ou H07 RNF).

plus grand soin afin d'assurer durablement une circulation correcte de l'électricité et une bonne étanchéité.

L'utilisation de panneaux pré-câblés et de rallonges spéciales équipées de connecteurs rapides étanches et détrompés est une bonne solution. Le surcoût éventuel est largement contre-balançé par une meilleure sécurité et un moindre coût de la pose. Les panneaux photovoltaïques produisent généralement un courant basse tension élevé,

de sorte que les pertes dans les câbles peuvent être importantes. Afin d'éviter des pertes trop importantes, il convient de faire attention aux points suivants :

- les sections de câbles doivent être correctement calculées pour que les pertes ne dépassent pas 2%
- une disposition des panneaux en série sera préférée à une disposition en parallèle, de façon

à augmenter la tension nominale du champ (en Volts). Cela permet de générer moins de pertes, mais attention : si un seul panneau est occulté, la puissance de toute la série diminue.

Il peut être utile de vérifier que le fournisseur ou l'installateur a pris garde à ces questions avant que le travail ne soit terminé.

3.5.3. L'onduleur

L'onduleur assume une fonction de liaison directe avec le réseau électrique et il est susceptible de causer de graves dommages : il doit donc répondre à des impératifs concernant la qualité du courant (tension, fréquence, phasage), la sécurité (risque de production sur le réseau lorsque ce dernier est coupé) et de fiabilité (les performances ne doivent pas diminuer dans le temps).

Il n'existe pas actuellement de norme européenne unifiée pour les onduleurs de connexion, même si la norme allemande DIN VDE 0126 d'octobre 1997 sert souvent de référence; il faut donc s'assurer auprès de son fournisseur de la compatibilité de l'onduleur. D'autres éléments, à vérifier sur la fiche technique des onduleurs, doivent permettre de s'assurer de la qualité de l'offre :

- rendement de l'onduleur supérieur à 90% pour une charge égale à 10% de sa charge nominal (par exemple, un onduleur de 1 000 Watts chargé à 10%,

c'est à dire lorsque les modules PV produisent 100 Watts, doit avoir un rendement au moins égal à 90%)

- rendement maximum de l'onduleur proche de 95% (les meilleures onduleurs du marché ont un rendement maximum égal à 96%)
- les paramètres internes doivent être réglables pour s'adapter au réseau électrique local (en général meilleur en zone urbaine et lorsque les câbles sont enterrés) et pouvoir être réajustés après quelques mois de fonctionnement.
- une protection contre les surtensions venant par le réseau (foudre) doit être prévue dans l'onduleur. Si ce n'est pas le cas, un électricien local pourra installer une protection externe, mais le fournisseur devra en tout cas donner une information claire à ce sujet, car il s'agit de loin de la principale cause de pannes.

3.6. Localiser les éléments

Cette localisation résultera la plupart du temps d'un compromis entre plusieurs contraintes parfois contradictoires. Quelques règles de base doivent cependant rester à l'esprit :

- en plus des contraintes techniques, le choix de l'emplacement du champ de capteurs doit prendre en compte les aspects visuels et esthétiques, tout en diminuant au maximum la distance panneaux-onduleur pour éviter des pertes en ligne trop importantes.
- Les onduleurs doivent être situés à un endroit aéré et accessible, et protégés de la pluie et des rayons directs du soleil.

- Bien qu'il soit sensé ne jamais fonctionner la nuit, un onduleur peut réveiller un dormeur lorsqu'il se met en route dans une environnement silencieux. Il vaut donc mieux éviter de l'installer dans une chambre à coucher.
- Où que l'onduleur soit situé, un dispositif spécifique de coupure côté réseau (fusible, interrupteur, coupe-circuit) doit être facilement accessible à l'extérieur de la maison de façon à être en mesure à tout moment de l'arrêter rapidement.

4. ASPECTS NON-TECHNIQUES

Un certain nombre de démarches sont à entreprendre avant de faire installer un "toit solaire".

Ces démarches concernent essentiellement :

- le financement de l'investissement : subventions, crédit d'impôt, emprunts...,
- l'urbanisme : permis de construire, déclaration de travaux,
- l'obtention du statut de producteur bénéficiant d'une obligation d'achat,
- les relations avec la compagnie d'électricité : contrat de raccordement au réseau et contrat d'achat de l'électricité

Ces démarches, décrites dans les paragraphes suivants, peuvent être longues et il y a donc tout intérêt à les faire dans le bon ordre en prévoyant des délais assez importants.

L'ensemble des documents types permettant d'effectuer les différentes démarches peuvent être téléchargés à l'adresse Internet suivante : <http://www.hespul.org> ou demandés au 04.37.47.80.90 (Hespul).

4.1. Aspects financiers

En matière de toits solaires, les questions financières ne se limitent pas au financement de l'investissement. En effet, l'échange de courant électrique entre le producteur et le réseau génère une forme de revenu qui peut permettre, au moins partiellement, de rembourser l'investissement. Mais cet échange peut aussi être assimilé à une transaction commerciale et pourrait donc théoriquement être soumis à une fiscalité commerciale.

Comme cela a été expliqué précédemment, un toit solaire a encore besoin de subventions ou d'autres formes d'aide pour être un investissement raisonnable. Pour la France, plusieurs mécanismes complémentaires contribuent à ce soutien :

- des subventions directes à l'investissement, comme celles de l'ADEME et de certaines collectivités, notamment les Conseils régionaux, et parfois, mais de plus en plus rarement, de l'Europe dans le cadre de programmes de démonstration ou de fonds structurels. Tout cumulé, ces subventions peuvent atteindre 60 à 70 % des coûts.
- Deux types d'avantages fiscaux sont accessibles aux particuliers sous certaines conditions :
 - le crédit d'impôt, qui est en fait un remboursement par l'État de 15% du coût hors TVA, et subventions déduites de l'installation, que vous payiez ou pas des impôts sur le revenu. La demande est à joindre

à la déclaration d'impôts sur le revenu de l'année de la facture. Sont éligibles les toits solaires posés sur des habitations principales uniquement.

- la TVA au taux réduit de 5,5 %, pour travaux de rénovation des habitations (principales, secondaires, locatifs...) réalisés par un professionnel

- Les toits solaires sont en principe éligibles aux formules d'emprunts destinés au logement, avec des taux particulièrement attractifs (prêts à taux zéro, épargne-logement). Adressez-vous à votre Caisse d'Allocations Familiales, à votre banque ou à une ADIL (association départemental d'information sur le logement).

- les entreprises peuvent bénéficier de l'amortissement accéléré, mais les incidences sur leur taxe professionnelle et leur fiscalité en général sont à étudier au cas par cas.
- Enfin, la vente de courant (cf ci-dessous) représente une source de financement qui permet de rembourser une partie de l'investissement

Tenant compte de tous ces éléments, le temps de retour moyen constaté actuellement dans un cas favorable se situe entre 8 et 15 ans pour un particulier, auquel il convient pour une entreprise d'ajouter des éléments difficilement chiffrables mais réels comme le gain d'image ou de notoriété.

4.2. Démarches administratives

4.2.1. Permis de construire / déclaration des travaux

Cas général : En principe, l'installation d'un toit solaire sur un bâtiment existant n'est pas soumis à permis de construire : une simple déclaration de travaux suffit, comme pour la pose d'un vasistas. Pour un bâtiment neuf, il est bien sûr préférable d'intégrer le toit solaire dans la demande de permis de construire. Dans tous les cas, il est prudent de vérifier préalablement auprès des autorités municipales qu'il n'y a pas de problème particulier, notamment en ce qui concerne la couleur ou l'aspect des toitures.

Sites protégés : dans le cas d'un site protégé (y compris si le projet se situe en limite extérieure de la zone protégée proprement dite), il y a lieu

de prendre toutes les précautions suffisamment à l'avance auprès des autorités compétentes (notamment les Bâtiments de France) et de rechercher une solution qui sera nécessairement adaptée sur-mesure.

Co-propriétés : la plus grande difficulté dans ce cas sera probablement de convaincre la majorité des co-propriétaires pour obtenir l'autorisation d'installer le toit solaire à l'endroit approprié. Il conviendra également d'être attentif à l'aspect juridique du dossier, en particulier l'utilisation de l'électricité produite, qui ne peut en principe être utilisée que par le propriétaire pour son propre usage.

4.2.2. Certificat ouvrant droit à l'obligation d'achat

Ce certificat est à demander auprès de la DRIRE (Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement) de votre Région. C'est lui

qui « donne l'ordre » à EDF ou à la Régie locale d'acheter votre courant photovoltaïque

4.2.3. Déclaration d'exploiter

Cette déclaration se fait auprès de la DIDEME (Direction de la Demande et des Démarches Energétiques), qui est la direction compétente du

ministère de l'Industrie. Cette déclaration permet à votre installation d'avoir une existence légale et vous confère personnellement la qualité de

« producteur ». La DIDEME demande des justificatifs à l'appui de cette demande, dont les éventuels accords de subventions, une copie de votre permis de construire ou déclaration de travaux, et une copie des fiches de renseignements ARD (voir ci-dessous). Les données économiques de votre

projet sont également à indiquer. Vous aurez l'honneur de voir vos noms et adresse, ainsi que la puissance de votre toit solaire publiés au Journal Officiel de la République Française et donc transmis à la postérité.

PERSEUS 4.3. Les contrats avec les compagnies d'électricité

Sur la plus grande partie du territoire français, la gestion du réseau de distribution de l'électricité est assurée par EDF. L'accès au réseau de distribution pour un producteur indépendant est alors géré par EDF-GDF Services – ARD Centre (à Tours, noté plus loin ARD - Accès au Réseau de Distribution). L'achat du courant produit est géré par EDF Branche Energie.

Il existe quelques cas (5% environ) où la gestion du réseau de distribution est assurée par des

« distributeurs non nationalisés », essentiellement des régies locales de distribution d'électricité.

Vous devrez signer deux contrats pour être en mesure de vendre votre électricité photovoltaïque à un tarif bonifié :

- un contrat de raccordement au réseau public de distribution de l'électricité,
- un contrat d'achat de l'électricité par « l'acheteur » (pour vous il s'agit en fait d'un **contrat de vente**).

4.3.1. Le contrat de raccordement au réseau public de distribution de l'électricité

Ce contrat est obligatoire pour avoir le droit d'injecter du courant sur le réseau électrique français, que ce courant soit vendu ou pas, et quelle que soit la source d'énergie utilisée.

Si votre distributeur d'électricité est EDF, votre interlocuteur pour le raccordement au réseau est le centre EDF-GDF Services - ARD Centre (à Tours). C'est à ce centre que vous devez adresser votre

demande de contrat de raccordement, les éléments administratifs et techniques nécessaires et vos questions éventuelles. C'est lui qui sert d'intermédiaire entre vous et votre centre local EDF-GDF Services, qui sera l'exécutant du contrat de raccordement, et c'est lui qui fournira à ce dernier les informations utiles à la réalisation de son travail.

La demande de contrat de raccordement se fait par l'envoi d'une *fiche de renseignements* ARD (Accès au Réseau de Distribution) qui donne au gestionnaire du réseau électrique les informations techniques relatives à l'équipement que vous allez brancher sur son réseau.

Avant de vous proposer un contrat de raccordement, ARD demande la copie du récépissé du permis de construire (PC) ou de la déclaration de travaux (DT), ainsi qu'une attestation de conformité de l'installation signée par votre installateur. Si vous avez réalisé l'installation vous-même, une simple déclaration sur l'honneur suffit.

Les travaux de raccordement seront assurés par le centre local EDF-GDF Services ou par la régie locale et le plus souvent sous-traités à une entreprise. La possibilité de faire réaliser ces travaux par une entreprise agréée de votre choix, par exemple l'installateur de votre toit solaire,

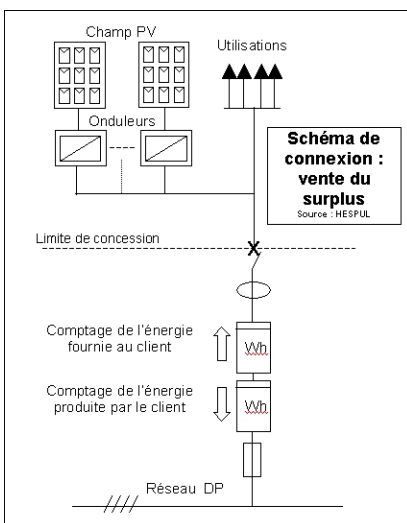
Vente du surplus

Vous choisissez d'auto-consommer le courant que vous produisez et d'injecter le surplus dans le réseau, lorsque votre production dépasse votre consommation. Dans ce cas, votre toit solaire sera raccordé sur l'installation électrique intérieure de votre habitation, le plus souvent au niveau du boîtier de fusibles. Le compteur de vente qui enregistre le courant injecté est installé sur la partie de ligne appartenant au réseau (EDF ou régie). Les frais de raccordement sont en général compris entre 100 € et 350 €, et les frais de location et entretien du compteur sont de l'ordre de 30 € par an.

pourrait être ouverte dans un proche avenir. Dans tous les cas, le matériel et la main d'œuvre sont aux frais du producteur (vous).

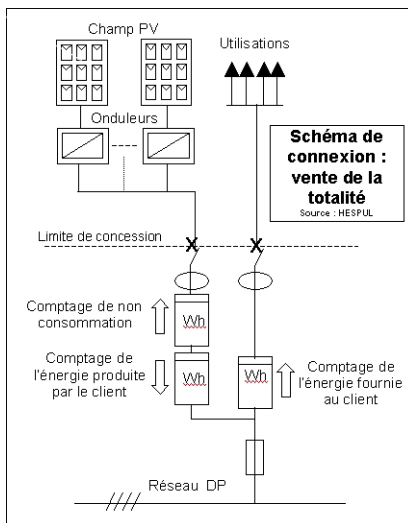
Vous devrez vous acquitter de *frais de location mensuels* du compteur de production et, éventuellement, du disjoncteur de production. Ces frais seront différents si vous choisissez de vendre le *surplus* de votre production ou la *totalité*. Là encore, la possibilité de fournir vous-même les organes de comptage (le compteur) ou de « découplage » (le disjoncteur), à condition qu'ils soient conformes aux normes et d'en assurer l'entretien et le cas échéant le remplacement, pourrait être ouverte prochainement.

C'est dans le cadre de ce contrat de raccordement que vous devrez choisir entre les deux options de vente des seuls surplus après auto-consommation ou de vente de la totalité de votre production (voir ci-dessous).



Vente de la totalité

Vous choisissez de vendre la totalité de votre production. Dans ce cas, un « point de livraison » est créé par le gestionnaire du réseau à côté de celui qui permet d'alimenter votre maison, comme si vous preniez un deuxième abonnement. Il comprendra un disjoncteur et deux compteurs, l'un pour compter la vente de votre courant photovoltaïque, l'autre pour compter l'électricité qui pourrait être soutirée pour votre consommation, et qui vous serait dans ce cas facturée au prix fort. A terme, un seul compteur pouvant compter dans les deux sens (bi-directionnel) devrait les remplacer. Les frais de raccordement sont sauf cas particulier dûment justifié, compris entre 400 € et 800 €, et les frais de location et entretien du ou des compteurs sont de l'ordre de 40 € par an.



4.3.2. Le contrat d'achat de l'électricité

En droit, vous avez la possibilité de vendre votre courant photovoltaïque à qui vous voulez, mais si vous voulez bénéficier des tarifs d'achat « avantageux », vous devez le vendre à EDF ou à votre région locale, qui sont de leur côté dans l'obligation de vous l'acheter au tarif légal (elles se font rembourser ensuite le surcoût).

Le tarif d'achat a été fixé à 0,1525 €/kWh en France métropolitaine (le double en Corse et DOM) dans

la limite de 5 kWc pour une habitation individuelle pour un contrat dont la demande a été faite avant le 31 décembre 2002. Pour les demandes postérieures, le tarif sera diminué de 5 % chaque année pour les nouveaux contrats. Ainsi pour une demande faite en 2004 le tarif d'achat en France métropolitaine est de l'ordre 0,143 €/kWh.

C'est la date de réception par le Centre EDF Branche Energie compétent (voir §8.6 EDF Branche

Energie) (ou par la régie) de la demande de contrat d'achat qui déterminera le tarif appliqué, même si les documents à fournir pour compléter le dossier sont transmis ultérieurement.

Le contrat est signé pour une durée de 20 ans et le tarif de chaque contrat sera réévalué chaque année pour tenir compte de l'inflation. L'énergie susceptible d'être achetée est plafonnée à l'équivalent de 1 200 heures de production à pleine puissance en métropole (1 500 heures dans les DOM et en Corse).

La demande de contrat d'achat se fait par l'envoi en courrier recommandé avec accusé de réception

d'une demande de contrat à votre EDF Branche Energie. Elle peut avoir lieu jusqu'à 12 mois AVANT la mise en service de votre installation et la signature du contrat d'achat. Au-delà de ce délai, elle devra être renouvelée et le tarif sera recalculé SAUF si le délai est entièrement imputable à EDF (ou la régie).

Vous devrez fournir une copie du récépissé du permis de construire, une copie du récépissé de la « déclaration d'exploiter une installation photovoltaïque » délivré par le Ministère de l'Industrie) et une copie du certificat ouvrant droit à l'obligation d'achat délivré par la DRIRE de votre Région (voir ci-dessus).

4.3.3. Le cas particulier des Régies de distribution d'électricité

Si vous faites partie des 5% de Français alimentés par un « distributeur non nationalisé » (en général une régie), toutes les démarches seront à faire auprès de lui.

La procédure pourra alors être sensiblement différente de celles décrites dans ce document. Contactez votre Régie pour vous assurer de la marche à suivre.

Perseus

4.4. Relations avec les fournisseurs et les installateurs

S'agissant d'un équipement relativement coûteux et encore peu répandu, donc mal connu notamment des professionnels du bâtiment, l'utilisateur final doit être attentif à un certain nombre de points

importants dans ses relations avec son fournisseur, que ce dernier soit simple revendeur de matériel, concepteur, installateur ou prestataire de service complet.

Il doit prendre le temps de bien analyser l'offre qui lui est faite, à la fois sur le plan technique et sur le plan commercial. La présente brochure, fruit d'une longue expérience, est sensée l'aider dans cette démarche, mais il ne doit pas hésiter à poser des questions à son interlocuteur ou à s'informer auprès d'autres sources (agences publiques, associations locales spécialisées...).

La responsabilité de l'installation, ainsi que l'étendue et la durée des garanties doivent être clairement établies au travers des documents contractuels (devis et factures, contrat de prestation,...). Ceci est d'autant plus important si le chantier fait intervenir plusieurs corps de métiers (maçon, couvreur, électricien,...) qui doivent travailler en tenant compte les uns des autres selon des prescriptions bien claires.

Bien entendu, des prestations complémentaires comme une garantie de résultat ou un contrat de maintenance sont en principe intéressantes, mais il convient de bien en comprendre le mécanisme et d'en connaître le surcoût éventuel avant de s'engager.

Sans remettre en cause la nécessaire confiance qu'il faut avoir envers les intervenants professionnels, le suivi du chantier est un moment important pour éviter tout problème ultérieur et tirer la satisfaction maximale de l'équipement photovoltaïque. Il convient notamment d'être très vigilant quant aux conditions de la mise en service de l'installation, qui, rappelons-le, doit impérativement être effectuée par un personnel qualifié et habilité.

5. TEMOIGNAGES ET EXEMPLES D'INSTALLATIONS

Perseus

5.1. Toit solaire pour un logement d'un immeuble collectif situé en centre ville de Grenoble.



source Hepsul

Vincent Fristot expose ses motivations, et la satisfaction qu'il tire de l'usage de son installation photovoltaïque :

“Par cette réalisation, j'ai souhaité faire la démonstration que le solaire ça marche, même dans le cas d'un logement en ville, et montrer que l'on peut produire l'équivalent de la totalité de la consommation d'électricité d'un logement de trois personnes, équipé pour un confort moderne. Ces objectifs étant atteints voire dépassés (+15% de production solaire comparée à la consommation électrique sur deux ans), il y a donc un réel plaisir à utiliser une énergie électrique propre, qui ne génère ni déchet nucléaire, ni pollution.

L'équilibre entre l'énergie produite par les modules photovoltaïques et l'énergie consommée par les équipements électriques du logement a été possible en optimisant les appareils, en les remplaçant par des modèles économes. Ainsi, plus de 40% de l'électricité consommée a été économisée en changeant les ampoules par des lampes fluo-compactes, en choisissant un réfrigérateur-congélateur de classe A et en supprimant les veilles inutiles de certains appareils électroniques.

Pour que l'investissement solaire soit plus incitatif, et pour déclencher l'installation en nombre de ces toits solaires, il est nécessaire d'obtenir un tarif de rachat suffisant pour l'électricité produite de façon durable et renouvelable.

Un site internet décrit les objectifs et le principe de ma réalisation, avec des photos, des exemples d'économies d'électricité que l'on peut faire chez soi, et les résultats annuels et mensuels pour la production énergétique de l'installation :

<http://www.multimania.com/toitsolaire>

Perseus

5.2 Une installation photovoltaïque en Vendée

Patrick et Brigitte Deville parlent de leur histoire photovoltaïque :

“17 mars 1998, 11 heures, ciel parfaitement bleu.

Le technicien de l'association Phébus termine les vérifications et "branche" la micro-centrale.

Quelques secondes plus tard, ayant terminé ces

tests avec succès, l'onduleur donne son autorisation, la centrale produit ses premiers Wh. (Elle fournira ce jour-là 3 kWh). Le compteur EDF, lui, pour la première fois "tourne" à l'envers. Depuis plusieurs années nous cherchions des solutions pour produire une partie de notre énergie, mais nous ne souhaitons pas avoir de stockage pour des problèmes de renouvellement et de pollution.

Août 97 : le programme Phébus 97 vient d'être lancé. Profitant de l'occasion, nous sollicitons une étude en vue d'une installation. La maison est orientée au sud-ouest, la pente du toit est d'environ 20 degrés. La pré-étude conclut à une perte de seulement 8% par rapport à une installation optimale. Nous passons commande fin septembre d'une "centrale" de 1 100 Wc (10m²).

Nous réceptionnons le matériel début janvier 98 et nous procédons à l'installation des panneaux sur le toit durant les vacances de février 98. Nous n'avons eu aucune difficulté, le matériel étant bien adapté et les explications satisfaisantes. Nous étions aidés, pour ce montage, par un ami lui-même propriétaire d'une micro centrale qui devait être branchée au réseau le même jour que la nôtre.

A l'époque, les seules aides financières sont venues de l'Europe via Phébus (environ 1 800 €) et d'une



source Hepsul

réduction d'impôts au titre d'équipement de production d'énergies renouvelables (1 200 €). Notre toit solaire nous est donc revenu à moins de 5 300 € tout compris. Depuis deux ans et demi, la centrale fonctionne sans aucun incident. Elle a produit à ce jour 2 600 kWh. De plus, notre consommation annuelle a fortement baissé depuis l'installation, passant de 2 000 kWh à 1 400, soit 30%. Nous évitons le gaspillage (aucun appareil en veille), achetons de l'électroménager économe en énergie, toutes les ampoules sont à basse consommation. Seul reproche : l'absence d'autonomie par rapport au réseau. Elle nous aurait été bien utile en décembre 99, lorsque le soleil est revenu après la tempête: cela nous aurait évité d'être privés d'électricité durant trois jours... Nous sommes toujours heureux de montrer à nos invités le bilan de notre installation, ainsi que notre compteur EDF lorsqu'il tourne à l'envers".

Persens 5.3. Approche économique d'une installation de 2kWc

Le coût d'un toit solaire varie suivant les cas (voir 2.8). Voici deux exemples d'installations, avec des coûts et des subventions différentes, mais tous les deux en vente de la *totalité* :

Cas n°1 :

Installation de 2 kWc sur une maison de plus de 2 ans (TVA à 5,5%)
Pose en "surimposition" sur toiture

(pas de reprise d'étanchéité)

Panneaux photovoltaïques classiques avec cadres
Supports "basiques" (cornière aluminium)

Cas n°2 :

Installation de 2 kWc sur une maison neuve en construction (TVA 19,6%)

Intégration en couverture étanche

Panneaux sans cadres intégrés dans profilés alu ou produits type "tuiles photovoltaïques" (surcoût estimé à 20 %)

Variantes :

"**favorable**" : maison située dans une région bien ensoleillée accordant une aide de 30% du montant TTC (exemple : Région Rhône-Alpes), raccordé en monophasé.

"**défavorable**" : pas de subvention régionale ni départementale, région moins ensoleillée, raccordé en triphasé. Le temps de retour est calculé selon une demande de contrat d'achat faite en 2003. Les chiffres avancés ont une valeur indicative.

Cas n°1

Coût total TTC	16 200 €	
Variante	Défavorable	Favorable
Coûts de raccordement TTC	800 €	400 €
Subvention ADEME	9 200 €	
Subvention Région	- €	4 980 €
Coût de l'installation	7 800 €	2 420 €*
Dont part du matériel (4/5 environ)	6 240 €	1 936 €
Crédit d'impôt : 15%	936 €	290 €
Reste à charge	6 864 €	2 129 €
Production annuelle	1 800 kWh	2 200 kWh
Frais annuels	48 €	40 €
Recettes annuelles	266 €	325 €
Gain annuel	218 €	285 €
Temps de retour brut	31 ans	7 ans

*Total des subventions plafonné à 80%

Cas n°2

Coût total TTC	20 200 €	
Variante	Défavorable	Favorable
Coûts de raccordement TTC	800 €	400 €
Subvention ADEME	9 200 €	
Subvention Région	- €	6 180 €
Coût de l'installation	11 800 €	5 220 €
Dont part du matériel (4/5 environ)	9 440 €	4 176 €
Crédit d'impôt : 15%	1 416 €	626 €
Reste à charge	10 384 €	4 593 €
Production annuelle	1 800 kWh	2 200 kWh
Frais annuels	48 €	40 €
Recettes annuelles	266 €	325 €
Gain annuel	218 €	285 €
Temps de retour brut	48 ans	16 ans

6. CHECK-LIST POUR LA MISE EN ŒUVRE D'UNE INSTALLATION PHOTOVOLTAÏQUE

Afin de vous accompagner dans votre projet d'installation photovoltaïque, nous vous proposons une check-list qui rappelle les points les plus importants dans la conception et la réalisation et qui vous aidera à prendre une décision.

(mettre une X dans la case lorsque vous avez vérifié le point concerné)

1. PHASE DE CONCEPTION D'UNE INSTALLATION PHOTOVOLTAÏQUE

Etape n° 1 : *évaluation des besoins en électricité (approche plus détaillée dans l'annexe)*

- Consommation selon facture de la compagnie d'électricité
- Estimation des économies d'électricité réalisables (§ 3.1)
- Besoins en électricité incompressibles

Etape n° 2 : *estimation de la production d'électricité photovoltaïque (pas obligatoire, peut être demandée à l'installateur)*

- Production attendue dans des conditions standards (c.f. § 2.5)
- Facteur de correction et masques (c.f. § 3.2, 3.3)
- Surface disponible pour champ de panneaux
- Production annuelle estimée
- Taux de couverture par rapport à la consommation d'électricité

Etape n° 3 : *recherche d'un ou plusieurs installateurs et demande de devis*

- Retenir la taille de l'installation (définie en kWc, selon la capacité d'investissement du futur propriétaire)
- Demander des devis détaillés en coûts mais aussi en production annuelle estimée
- Comparaison des devis et des références fournis par les installateurs
- Evaluation financière du projet (voir annexe)

Etape n°4 : *décision oui / non de réaliser l'installation*

- Décision suite à l'analyse financière
- Si décision positive : choix d'un installateur

2. PHASE DE REALISATION D'UNE INSTALLATION PHOTOVOLTAÏQUE

(points à vérifier lors de la préparation et la réalisation de l'installation)

1 : Les composants :

Panneaux :

- Agréments
- Durée et niveau de garantie du rendement
- Qualité des jonctions (pré-câblage?)

Connexions :

- Etanchéité
- Normes des câbles (surtout en extérieur)
- Dispositifs spéciaux

Onduleur :

- Conformité aux normes
- Rapport des puissances onduleur / panneaux :
 - Supérieur à 1 = trop grand
 - De 0,75 à 1,0 = correct
- Protection anti-foudre

2 : L'installation

Champ de capteur :

- Réglementation d'urbanisme :
 - déclaration de travaux,
 - Permis de construire
 - Réglementation particulière (site classé)
- Fixation suffisamment solide
- Etanchéité de la couverture

Onduleur

- Distance avec les panneaux :
 - moins de 20 m : pas de problème,
 - plus de 20 m : vérifier la section des câbles
- Accessibilité
- Dispositif de coupure
- Gêne potentielle (bruit)

- Autres : Chemins de câbles (traversée de murs ou de sols)

3. PHASE DES DEMARCHES ADMINISTRATIVES

1 : Demandes de subventions

pour faire la demande de subvention

Devis de l'installation photovoltaïque

Devis de raccordement au réseau

pour passer commande, accord écrit des financeurs

ADEME

et éventuellement

Conseil Régional

Programme Européen

2 : Contrat de raccordement au réseau de distribution

démarches contrat

Copie du récépissé du permis de construire (PC), si applicable,
sinon de la déclaration de travaux (DT)

Fiche de renseignement ARD (Accès au Réseau de Distribution)

Attestation de conformité de l'installation

Signature du contrat de raccordement au réseau de distribution

3 : Contrat d'achat de l'électricité

démarches contrat

Demande de contrat d'achat

Confirmation du tarif d'achat

Copie du récépissé du permis de construire,
si un permis de construire a été nécessaire

Copie du récépissé de la « déclaration d'exploiter une installation photovoltaïque »

Copie du certificat ouvrant droit à l'obligation d'achat

Signature du contrat d'achat

7. CONCLUSION

Avec ce guide, nous espérons avoir apporté suffisamment d'informations et d'arguments pour vous convaincre d'installer un toit solaire chez vous, sur votre maison individuelle, votre co-propriété ou votre entreprise.

Ce guide n'a probablement pas pu répondre à toutes vos questions, mais des personnes qualifiées sont à votre disposition dans différents organismes pour vous apporter informations et conseils complémentaires : une liste d'adresses utiles est fournie au chapitre suivant.

Au-delà des arguments rationnels, l'envie de devenir son propre producteur d'électricité est

une motivation forte. Avec votre toit solaire, vous pourrez subvenir à une partie de vos besoins en ayant recours au soleil, une source d'énergie abondante et renouvelable. Vous ferez ainsi partie intégrante de la communauté des citoyens qui utilisent les énergies renouvelables et participent ainsi concrètement à la protection de l'environnement et à l'avènement du développement durable.

Nous sommes convaincus que votre toit solaire vous apportera une immense satisfaction dans ce domaine, et nous vous le souhaitons sincèrement.

8. LISTE D'ADRESSES UTILES

Perseus

8.1. Réseau des Agences Régionales de l'Energie et de l'Environnement (RARE)

Les Agences Régionales de l'Energie et de l'Environnement animent et mettent en oeuvre les politiques régionales dans le domaine de la maîtrise de l'énergie, du développement des énergies renouvelables et de la protection de l'environnement.
www.rare.asso.fr

Agence de Développement Economique de la Corse (ADEC)

Immeuble Le Régent - 1 avenue Eugène Macchini - 20000 AJACCIO - Tél. : 04 95 50 91 00
www.corse-adec.org

Agence Méditerranéenne de l'Environnement (AME)

Le Millénaire II - 417 rue Samuel Morse - 34000 MONTPELLIER - Tél. : 04 67 22 90 62 - www.ame-lr.org

Agence Poitou-Charentes Energie Déchets Eau (A.P.C.E.D.E.)

6 rue de l'Ancienne Comédie - BP 452 - 86011 POITIERS Cedex - Tél. : 05 49 50 12 12 - www.apcede.com

Agence Régionale de l'Environnement de Haute-Normandie (AREHN)

Cloître des Pénitents - 8, allée Daniel Lavallée - 76000 ROUEN - Tél. : 02.35.15.78.00 - www.arehn.asso.fr

Agence Régionale de l'Environnement et des Nouvelles Energies (ARENE) Ile de France

94 bis avenue de Suffren - 75015 PARIS - Tél. : 01 53 85 61 75 - www.arenidf.com

Agence Régionale Pour l'Environnement (ARPE) Midi Pyrénées

14 rue de Tivoli - 31068 TOULOUSE Cedex - Tél.: 05 34 31 97 00 - www.arpe-mip.com

Agence Régionale pour l'Environnement Provence-Alpes-Côte d'Azur (ARPE PACA)

Parc de la Duranne - 240 avenue Léon Foucault BP 432000 - 13591 AIX-EN-PROVENCE Cedex 03 -
Tél. : 04 42 90 90 90 - www.arpe-paca.org

IDEA (Réseau d'Information sur le Développement Environnemental en Aquitaine)

37 rue du Général de Larminat - 33000 BORDEAUX - Tél. 05 57 57 06 30 - www.idea-reseau.org

RhôneAlpénergie-Environnement

10 rue des Archers - 69002 LYON - Tél. : 04 78 37 29 14 - www.raee.org

Perseus

8.2 ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie)

Pour contacter votre délégation régionale ADEME, consulter le site web www.ademe.fr, cliquer sur " l'ADEME en région", sélectionner votre région ou téléphoner au 02 41 20 41 20, et demander les coordonnées de votre délégation régionale.

8.3. Associations pour la promotion des énergies renouvelables

Espace Info Energie : Près de chez vous, des spécialistes vous donnent des conseils pratiques et gratuits sur la maîtrise de l'énergie et les énergies renouvelables

Pour connaître les coordonnées de votre Espace Info Energie appelez le n° Azur 0810 060 050 ou consulter le site web www.ademe.fr/particuliers/PIE/InfoEnergie.html.

CLER

Comité de Liaison des Energies Renouvelables

2 B, rue Jules Ferry - 93100 MONTREUIL - Tél : 01 55 86 80 00 - www.cler.org

HESPUL (Energie photovoltaïque raccordée au réseau et efficacité énergétique)

114, bd du 11 novembre 1918 - 69100 VILLEURBANNE - Tél : 04 37 47 80 90 - www.hespul.org

8.4. Associations professionnelles d'entreprises européennes installant des panneaux photovoltaïques et des éoliennes

TECHNOSOLAR

Secrétariat - S/c Jura Energie Solaire - 39800 COLONNE - Tél. : 03 84 37 57 00 - Fax : 03 84 37 59 73

TECHNOSOLAR

Présidence - S/c SOLARTE - RN 116 - Carrefour Sirach - 66500 RIA - Tél. : 04 68 05 27 26 - Fax : 04 68 05 29 24

8.5. Industriels et fournisseurs de matériel PV

Les listes qui suivent ne sont pas exhaustives; voir l'annuaire sur le site www.systemes-solaires.com

8.5.1. Matériel classique

AET FRANCE (SES Solar Energy System)

ZI Les Consacs - 83170 Brignolles - Tél : 04 98 05 13 13 - www.aetfrance.fr

APEX BP SOLAR

1 rue du grand chêne - ZAE des avants - 34270 St Mathieu de Trévières - Tél : 04 99 622 622
www.apex-bpsolar.com

BUDERUS

4 rue Wilhelm Schaeffler – BP 31 - 67501 Haguenau cedex - Tél : 03 88 90 57 00

CROSS TECHNOLOGIES

Route de Puyloubier – Quartier Pragues - 13530 Trets - Tél : 04 42 61 22 45

ESPACE SOLAIRE

Rue St Eloi - 71300 Montceau Les Mines - Tél : 03 85 67 50 50

NAPS FRANCE

65 av du Grand Morin - 77150 Lésigny - Tél : 01 60 02 33 75

PHOTOWATT International S.A.

33 rue Saint-Honoré, Z.I. Champfleuri - 38300 Bourgoin-Jallieu - Tél. : 04 74 93 80 20 - Courriel : marketing@photowatt.com

QUÉNÉA

10 place du Champ de Foire - 29270 Carhaix - Tél : 02 98 93 31 00 - www.tritecfrance.com

SOLARCOM LYON

8 chemin de Saint Gobain - 69190 Saint Fons - Tél : 04 72 89 11 61 - www.solarcomfrance.com

SUNWATT France

18 rue René Cassin -74240 Gaillard - Tél : 04 50 31 35 85 - sunwatt-energy.com

TOTAL ENERGIE

12/14 allée du Levant - 69890 La Tour de Salvagny - Tél : 04 78 48 88 50 - www.total-energie.fr

VISSMANN

Zone industrielle - B.P. 59 - 57380 Faulquemont - Tél: 03 87 29 17 00 - Courriel: info@viessmann.com
www.viessmann.fr

ZENIT Sarl

45 av. de l'amiral Courbet - 59130 Lambersart - Tél : 03 20 93 79 94 - www.zenit.fr

8.5.2. Matériel d'intégration

CLIPSOL (toutes toitures)

Les Combaruches - 73100 Aix les Bains - Tel : 04 79 34 35 36

IMERYS-TOITURE (tuiles en terre cuite)

BP 47 - 69650 Quincieux - Tél : 04 72 26 39 39

RHEINZINK PV SOLAIRE (toiture zinc)

La Plassotte - BP 5 - 42590 Neulise - Tél : 04 77 66 42 90

St GOBAIN VITRAGE (verrières)

« les miroirs » cedex 27 - 92096 Paris - Tél : 01 47 62 35 26

SCHÜCO (verrières)

4-6 route du chemin vert - BP3 - 78610 Le Perray-en-Yvelines - Tél : 01 34 84 22 00

SES SOCIETE D'ENERGIE SOLAIRE SA (ardoises solaires)

Route de Saint-Julien 129 - CH - 1228 Plan-Les-Ouates -Tél./Fax. : +41 (0) 22 884 14 84 /80

THYSSEN-SOLARTEC (toiture bac acier)

95 rue André Citroën - ZAC des Grandes Terres - 69740 Genas - Tél : 04 72 79 79 00

Courriel: solartec.lyon@wanadoo.fr

Perséus

8.6. EDF Branche Energie

EDF BRANCHE ENERGIE NORD EST

Administration des Obligations d'Achat - BP 647 - 57146 Woippy Cedex

EDF BRANCHE ENERGIE SUD EST

Administration des Obligations d'Achat - 9 rue des Cuirassiers, BP 3074 - 69399 Lyon Cedex 03

EDF BRANCHE ENERGIE SUD OUEST

Administration des Obligations d'Achat - Parc d'activités de la Mounède, 3 rue Claude-Marie Perraud
31100 Toulouse - (à partir de fin juin 2004)

EDF BRANCHE ENERGIE CENTRE OUEST

Administration des Obligations d'Achat - 8 rue de Boutteville - BP 437 - 37204 Tours Cedex 3

9. ANNEXES

PERSEUS

9.1. Exemples de calcul du potentiel photovoltaïque

Exemple 1 :

Une façade de 11 kWc orientée au Sud-Ouest située à Marseille. 120 m² de panneaux PV

La ville est située dans la zone rouge de la carte §2.5, la production moyenne annuelle sera donc de 1 200 kWh par kWc dans les conditions optimum.

Selon le tableau de la partie 3.3, le facteur de correction est estimé à 0,66; la façade produira donc annuellement $1\,200 \times 0,66 = 792$ kWh par kWc, soit au total $792 \times 11 = 8\,712$ kWh.

Si à l'inverse, le futur utilisateur a pour premier objectif de couvrir une certaine partie de sa consommation par la production photovoltaïque, la surface de panneaux nécessaire est très facile à calculer à partir de ces chiffres. Disons que la consommation annuelle (d'après les factures) s'élève à 3 500 kWh, et que l'utilisateur veut produire la moitié de sa consommation.

La puissance de panneaux nécessaire sera de :

- $3\,500 / 2 = 1\,750$ kWh à produire (moitié de la consommation)
- $1\,750 / 792$ (production pour 1 kWc) = 2,2.
- Il lui faudra donc 2,2 kWc (environ 22 m²).
- Avec 4,4 kWc (44 m²), il produirait l'équivalent de la totalité de sa consommation annuelle.

Exemple 2 :

un toit de 2,2 kWc à Paris, orienté plein sud, incliné à 30°.

Paris est située dans la zone jaune. Puisque l'orientation et l'inclinaison sont optimales, la production sera de $800 \times 2,2 = 1\,760$ kWh par an (arrondis à 2 100). Avec une inclinaison de 60°, le même champ de panneaux produirait $1\,760 \times 0,91 = 1\,600$ kWh par an.

CONCEPTION ENERGETIQUE

Etape n°1 : évaluation des besoins en électricité

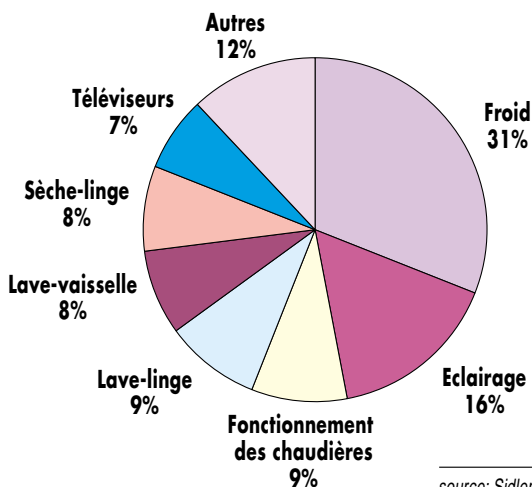
1. Consommation annuelle brute (en kWh) :

Somme des kWh facturés sur une année par la compagnie d'électricité(chiffres relevés sur les factures)

CA =

2. Comparaison avec la moyenne nationale :

Répartition des consommations d'électricité pour un ménage moyen :



source: Sidler - Union Européenne - ADEME

Consommation moyenne d'électricité pour un foyer en France : de 2 500 à 3 000 kWh par an.

Si votre consommation est supérieure à cette moyenne, examinez les possibilités d'économies suivantes :

Chauffage, eau chaude et cuisson : changement d'énergie (ne pas oublier d'étudier les solutions "énergie renouvelable" pour le chauffage et l'eau chaude : solaire ou bois). Envisagez le gaz pour la cuisson.

Froid : si votre réfrigérateur ou votre congélateur a plus de 5 ans, vous pouvez le remplacer par un modèle récent de "classe A+ ou A++".

Exemple d'économie réalisée :

Consommation	Classe C	Classe A	Classe A+	Classe A++
Réfrigérateur / Congélateur (110 litres / 20 litres)	245 kWh/an	150 kWh/an	115 kWh/an	90 kWh/an

Eclairage : équipez les points lumineux de lampes à basse consommation (efficacité énergétique 4 à 5 fois supérieure à celle d'une lampe à incandescence). Il est possible de passer d'une consommation moyenne de 460 kWh/an pour un appartement à 120 kWh/an en utilisant le plus possible des lampes fluocompactes.

Lave-linge et lave-vaisselle : remplacez les par des appareils performants, et alimentez les directement en eau chaude (Vérifiez préalablement qu'ils acceptent l'alimentation en eau chaude)

Hi-Fi, TV, ordinateur : supprimez la veille des appareils lorsqu'ils ne sont pas en fonctionnement.

Etape n°2 : Calcul de la production annuelle du toit solaire :

Production attendue pour 1 kWc dans des conditions standards (en kWh) (cf. § 2.5) :

P	<input type="text"/>
----------	----------------------

Inclinaison (°par rapport à l'horizontale) :

Orientation (° par rapport au Sud) :

Facteur de correction (cf. § 3.3) :

FC	<input type="text"/>
-----------	----------------------

Production spécifique attendue par kWc :

PS = P x FC =	<input type="text"/>
----------------------	----------------------

Surface disponible maximum (en m²) :

SD	<input type="text"/>
-----------	----------------------

Puissance maxi des panneaux (en kWc) :

PM = SD / 10 =	<input type="text"/>
-----------------------	----------------------

Production annuelle (en kWh) :

PA = PS x PM =	<input type="text"/>
-----------------------	----------------------

Ce chiffre donne la production moyenne de votre toit solaire, sans tenir compte des masques éventuels. Si des obstacles même éloignés risquent de faire de l'ombre sur les panneaux, il faut corriger cette valeur en la multipliant par un facteur de correction inférieur à 1. Pour une information plus précise, demander une estimation à un fournisseur de matériel ou à une association compétente (voir adresses chapitre 8).

EVALUATION FINANCIERE :

Coût total (TTC) (matériel, installation, raccordement)

CT

Subventions à l'investissement :

Europe

SE

Etat/ADEME

SA

Région

SR

Autres (Crédit d'impôt...)

AS

Total des subventions

TS = SE + SA + SR + AS =

Coût final :

CF = CT - TS =

Production annuelle en kWh :

PA

Prix de vente du kWh :

PV

Revenu brut annuel :

RB = PA x PV =

Intérêts d'emprunt annuels :

IE

Frais annuel :

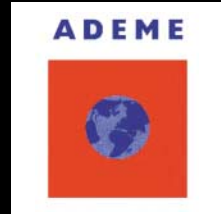
FA

Revenu net :

RN = RB - IE - FA =

Temps de retour brut :

TRB = CF / RN =



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie



Commission Européenne



RhônealPÉnergie-Environnement - 10, rue des Archers - 69002 Lyon
courriel : raee@raee.org - www.raee.org