

Mémo installation solaire photovoltaïque Industrie, Artisanat...

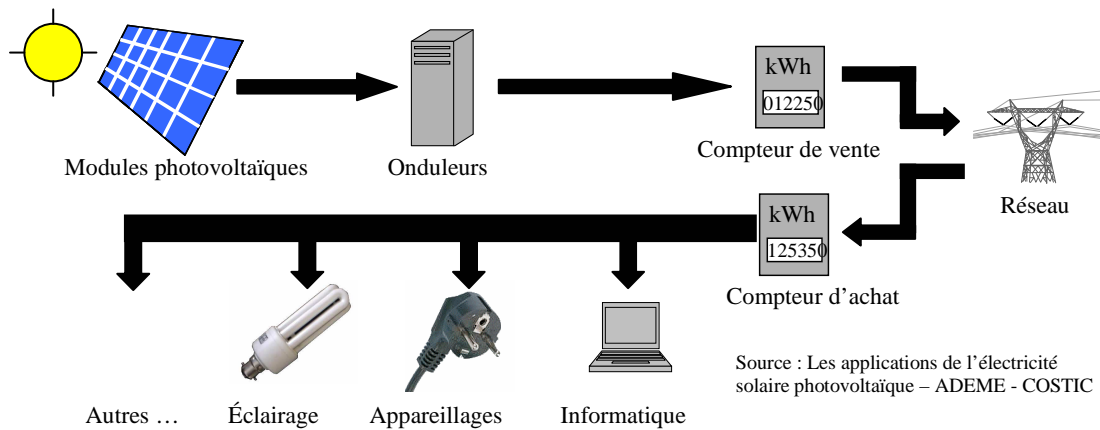


Schéma de principe d'une installation photovoltaïque raccordée au réseau avec vente de la totalité de la production

1) Au préalable et avant d'envisager une installation photovoltaïque, il serait recommandé :

- d'avoir une **vision globale de la consommation énergétique des bâtiments toutes énergies et tous usages confondus** (chauffage, process industriel, éclairage, moteurs électriques ...) ;
 - d'évaluer les solutions de **maîtrise de la demande d'électricité** pour améliorer la consommation électrique sur les différents postes (la ventilation, les moteurs électriques, l'éclairage, les pompes, la bureautique, ...) ;
 - d'évaluer de la **pertinence d'une installation d'un générateur photovoltaïque raccordé au réseau**.
- « **L'énergie la moins chère et la moins polluante est celle qui n'est pas consommée** ».

2) Quelques définitions sur le photovoltaïque

L'effet photovoltaïque : c'est la propriété qu'ont certains matériaux appelés **semi-conducteurs** de générer de l'électricité quand ils reçoivent la lumière du soleil. L'énergie des **photons lumineux** est convertie en **courant continu**. Ce principe a été découvert par **Edmond BECQUEREL** en 1839.

Le Watt-crête (Wc) : le **watt-crête** est la puissance d'un module (d'une cellule) photovoltaïque correspondant à la puissance de 1 W délivré sous des conditions optimales. Ces conditions optimales sont :

- plein Sud et inclinaison d'environ 30° par rapport à l'horizontale ;
- éclairement de 1 000 W / m² ;
- température de cellule de 25°C ;
- un nombre d'air masse de 1,5 correspondant à la répartition spectrale de cet éclairement.

3) Les démarches administratives :

Vous souhaitez réaliser une installation photovoltaïque et devenir **producteur d'électricité**. De **nombreuses démarches administratives** seront à réaliser pour vous raccorder au réseau et ainsi pouvoir injecter l'électricité produite pour la vendre à EDF (cf. plaquette « Comment concevoir et raccorder mon installation photovoltaïque en Bourgogne ! »).

Avant toute installation :

- pour un bâtiment existant, il faut effectuer une **déclaration de travaux pour la pose de panneaux solaires photovoltaïques** auprès des services municipaux (article L 422-2 du code de l'urbanisme) ;
- pour tous projets nécessitant un permis de construire (bâtiment neuf, ...), **la demande de permis de construire doit inclure les panneaux solaires photovoltaïques** (article L 421-1 du code de l'urbanisme). Si la demande initiale de permis de construire n'incluait la pose des panneaux solaires, il faudra déposer une demande de permis modificatif.

Dans le cas où le bâtiment est situé dans le périmètre des 500 m d'un site classé, monument historique ou secteur sauvegardé, il faut contacter le **Service Départemental de l'Architecture et du Patrimoine**. Le choix d'une couleur, d'une technologie de cellules ou d'un type de matériel (cf. paragraphe 4.1) peut avoir une incidence sur la décision que pourra émettre l'**Architecte des Bâtiments de France** (ABF). Il faut contacter le plus en amont possible l'ABF pour trouver la solution d'intégration architecturale pouvant le mieux convenir. Une fois la déclaration de travaux ou le permis déposé, l'ABF va émettre soit un avis simple (favorable ou défavorable) soit un avis conforme (favorable ou défavorable). Dans le cas d'un avis simple, le maire peut suivre ou non l'ABF. Dans le cas d'un avis conforme, le maire est tenu de suivre l'avis de l'ABF.

4) Les aspects techniques :

4.1) Les technologies de cellules photovoltaïques

- le **silicium monocristallin** : de **couleur bleu nuit voire noire**, cette technologie permet une **bonne perception visuelle** de part une **couleur très uniforme et aucun reflet**. Le rendement de conversion est d'environ **14-15%**. La puissance installée en monocristallin par m² est un peu plus importante qu'avec le polycristallin. Puissance installée / m² : 110 à 150 Wc.

- le silicium polycristallin : de **couleur bleue foncée**, les cellules présentent un **aspect visuel de cristaux non uniforme avec des reflets plus ou moins uniforme**. Le rendement de conversion est d'environ **12-13%**. Cellules les plus répandues sur le marché, elles sont un peu moins chères que les cellules monocristallines. Puissance installée / m² : 110 à 150 Wc.

- l'amorphe : de **couleur violette sombre (voire bleue nuit ou noire)**, cette technologie offre un **excellent rendu visuel**. Le rendement de conversion est d'environ **6%** en début de vie pour diminuer et se stabiliser dans le temps. Les cellules étant flexibles, cette technologie peut être mise en œuvre facilement dans les éléments de construction du bâtiment (profilé métallique, membrane d'étanchéité,...). Cette technologie est à privilégier pour de grande surface du fait de la faible puissance installée par m² qui est de l'ordre de 65 à 80 Wc.

4.2) Module et champ photovoltaïque, garanties des modules : un **module photovoltaïque** est constitué par un assemblage série/parallèle de cellules. C'est un générateur de courant continu délivrant une tension de 12 ou 24 Volts. La puissance d'un module est comprise entre **10 et 300 Wc**. Les modules sont ensuite assemblés en série/parallèle pour constituer un **champ photovoltaïque**. La puissance du champ correspond au nombre de modules fois la puissance unitaire d'un module et est exprimé en **Wc** ou **kWc**. Les fabricants garantissent leurs produits de **2 à 5 ans** ainsi que le rendement du module à savoir **90% de rendement garanti à 10 ans et 80% de rendement garanti à 20 ans voire 25 ans** selon les fabricants.

4.3) Caractéristique d'un module : la puissance d'un module varie en fonction de l'**éclairage du soleil**, de la **température de cellule** (plus la cellule sera froide, meilleur sera le rendement). Attention aux phénomènes d'ombres, de masques proches ou lointains (arbre, bâtiment, ...) car la puissance peut diminuer fortement pour une faible surface d'ombre.

4.4) L'onduleur ou plutôt le convertisseur : cet appareil transforme le **courant continu** (DC) produit par les modules en **courant alternatif** (AC) selon les caractéristiques requises par le réseau.

Le dimensionnement de l'onduleur doit être réalisé en adéquation avec la puissance du champ photovoltaïque et doit être compris entre 0,7 et 1 fois la puissance du champ photovoltaïque. L'onduleur travaille en recherche du point de puissance maximal pour toujours rechercher le point de fonctionnement maximal (cela va dépendre du couple orientation/inclinaison, de l'éclairage, des éventuelles ombres, ...).

Le rendement de l'onduleur est de 97 à 99% et le rendement de conversion DC/AC est de 92 à 96%.

La garantie produit d'un onduleur est de 5 ans mais il est possible de trouver des garanties de 10 ans voire de 20 ans.

L'onduleur doit être installé dans un local ventilé (le rendement diminuera en fonction de la chaleur), **facile d'accès pour la maintenance** et **proche du champ photovoltaïque** pour limiter les pertes en ligne. En fonction du bâtiment, il faudra privilégier soit des **onduleurs intérieurs** soit des **onduleurs extérieurs**. Les onduleurs peuvent être soit monophasés pour un raccordement en monophasé ou en triphasé soit triphasés pour un raccordement en triphasé.

En sortie de l'onduleur, la puissance est exprimée en Volt-Ampère ou VA (ou kVA), il s'agit de la **puissance d'injection**.

4.5) Le découplage réseau : l'onduleur est muni de cette fonction de **découplage réseau** (pas d'injection d'électricité sur le réseau si le réseau est hors tension). Il faut privilégier les onduleurs possédant la norme allemande **DIN VDE 0126 ou DIN VDE 0126 1.1**. Pour une puissance d'injection > à 10 kVA, le découplage réseau devra être externe à l'onduleur.

4.6) Le suivi des performances : un suivi des performances du générateur est à préconiser par l'intermédiaire d'un **enregistreur et transmetteur de données** relié ou non à une connexion Internet pour faire du suivi à distance, permettre l'affichage sur un site Internet ou sur un panneau de communication. Ces appareils peuvent envoyer courriels ou SMS pour avertir des données de production journalière voire de pannes sur le générateur.

4.7) L'affichage : il peut se faire par l'intermédiaire d'un **panneau de communication** permettant de renseigner sur la **puissance d'injection, la productible totale voire journalière injecté sur le réseau et l'évitement d'émission de CO₂**. Il est à installer dans certains cas en fonction du bâtiment, de la volonté du maître d'ouvrage de communiquer sur son activité de production d'électricité.

4.8) Le câblage : celui-ci intervient entre les modules et l'onduleur (entrée) et entre l'onduleur (sortie) et le réseau. Il fait veiller à limiter les pertes en ligne en adaptant la section de câble à utiliser.

5) La faisabilité technique :

5.1) Orientation et inclinaison : il faut vérifier l'orientation et l'inclinaison de la toiture de votre (ou vos) bâtiment(s) sachant que l'orientation optimale est **plein Sud** et **l'inclinaison optimale est de 30° par rapport à l'horizontale**. En fonction des **produits photovoltaïques**, les fabricants préconisent une **pente minimale** afin d'éviter la stagnation d'eau, renseignez-vous auprès des fabricants des produits (exemple : 3° de pente minimale pour de la membrane d'étanchéité photovoltaïque, 4° de pente minimale pour du bac acier). Attention de ne pas confondre une pente en degré et une pente en pourcentage (une pente de 7% est équivalente à une pente de 4°). **Attention aux masques proches et lointains (arbres, bâtiment...)**.

5.2) Structure du bâtiment : il faut vérifier que **la structure du bâtiment est bien dimensionnée pour accueillir une installation photovoltaïque** soit en vous rapprochant du constructeur du bâtiment ou d'un bureau d'études structure. En fonction du type de produits photovoltaïques, le poids peut varier de 5 kg / m² pour de la membrane étanche photovoltaïque à 15/20 kg / m² pour du profilé métallique. Il faut prendre en compte éventuellement les phénomènes de condensation ou d'autres phénomènes en fonction des spécificités du bâtiment et trouver une solution technique pour traiter ces phénomènes.

5.4) Pertes de performances : une perte de performance maximale de **20 % pour une installation en toiture** et de **50 % pour une installation en verticale en façade par rapport à la solution optimale** (plein Sud et inclinaison de 30°) sera tolérée pour l'éligibilité des dossiers à une prime à l'investissement dans le cadre du Programme Energie Climat Bourgogne.

En première approche, le tableau ci-dessous permet de connaître la perte de performance en fonction de l'orientation et

l'inclinaison de son bâtiment. Ce tableau est issu du guide PERSEUS datant d'octobre 2007 d'après une source HESPUL.
NB : Ces chiffres n'incluent pas les éventuels masques qui pourraient réduire la production annuelle.

Facteurs de corrections pour une inclinaison et orientation données				
	0° / horizontale	30° / horizontale	60° / horizontale	90° / horizontale
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

5.5) Raccordement au réseau : en fonction de la puissance du générateur, le raccordement se fera soit **en basse tension jusqu'à 250 kVA soit en haute tension à partir de 250 kVA** et en fonction de la proximité de telle ou telle de ligne électrique. Il faut néanmoins s'assurer que la ligne électrique puisse accepter la centrale photovoltaïque sans créer de renforcement de réseau sur une ligne en contrainte. Une étude peut être demandée à ERDF pour vérifier la faisabilité du raccordement. Celui-ci s'effectue en monophasé jusqu'à 18 kVA de puissance d'injection et en triphasé à partir de 18 kVA. Attention : pour un bâtiment situé en bout de réseau électrique, le coût de raccordement peut être élevé du fait de travaux de création d'un nouveau poste de transformation, renforcement du réseau voire création de nouveau réseau ...

6) Le tarif d'achat de l'électricité photovoltaïque :

Il a été fixé par publication d'un arrêté publié au journal officiel en date du 26/07/2006 (NOR : INDI0607867A) à :

- **30 c€ / kWh hors TVA en tarif de base**;

- **55 c€ / kWh hors TVA quand les équipements sont intégrés au bâti** (assurent une fonction technique ou une fonction architecturale essentielle à l'acte de construction). Le guide du 17 avril 2007 définit les critères d'éligibilité des équipements de production d'électricité photovoltaïque pour le bénéfice de la prime d'intégration au bâti et est consultable sur le lien suivant : <http://www.industrie.gouv.fr/energie/electric/pdf/guide-integration.pdf>

Ce tarif est révisé chaque année. Pour une demande en 2008, il est fixé à : **31,193 c€ / kWh** (base) et **57,187 c€ / kWh** (intégré).

7) L'analyse économique :

7.1) L'investissement :

- L'investissement : consultez plusieurs entreprises pour comparer les solutions techniques et économiques ;
- Coût de raccordement : celui-ci diffère en fonction de la puissance d'injection du générateur envisagée et du type de ligne (basse tension ou haute tension) sur laquelle le raccordement sera réalisé. Les travaux sont à la charge du maître d'ouvrage ;
- Aides à l'investissement : il faut déposer un dossier de demande de subvention et attendre l'accusé de réception de dossier complet avant de procéder à la réalisation des travaux en vérifiant que le dossier puisse être éligible (critère de performance).

7.2) Le chiffre d'affaires :

- Vente de l'électricité : l'intégration ou non au bâti a une très forte incidence sur la rentabilité du système de même que l'orientation et l'inclinaison. En fonction de la puissance d'injection, la facturation sera soit **annuelle entre 0 et 10 kVA**, soit **semestrielle entre 10 et 250 kVA** soit **mensuelle pour une puissance supérieure à 250 kVA**. Les producteurs ayant un compte TVA facturent en TTC par l'ajout d'une TVA de 19,6% pour la reverser ensuite.

7.3) Les charges annuelles :

- Remboursement d'emprunt : **emprunt long terme et emprunt court terme pour l'avance de TVA et de subvention**. Un différé de remboursement sur l'emprunt long terme peut être pris en le calant le remboursement sur la facturation ;
- TURP (Tarif d'Utilisation du Réseau Public de distribution d'électricité) : le **TURP** est facturé au producteur par ERDF chaque année en novembre. Le TURP est différent selon le type de ligne et la puissance d'injection :

Pour un raccordement en haute tension, il pourra y avoir une composante annuelle des injections (dépend de l'énergie active injectée au point de livraison). Cette dernière est de 0 € / MWh produit pour un raccordement en basse tension.

Ligne	Basse tension			Haute tension
	P < 18 kVA	De 18 à 36 kVA	P > 36 kVA	Quelque soit la puissance
Puissance d'injection				
Composante annuelle de gestion	30 € HT		300 € HT	622 € HT
Redevance de location et d'entretien	8,88 € HT	12,72 € HT	147 € HT	311,64 € HT
Redevance de contrôle	0,72 € HT		10,8 € HT	17,04 € HT
Redevance de relève	5,88 € HT			117 € HT
Redevance de profilage				1,2 € HT
Total	46,68 € HT	59,52 € HT	576 € HT	1.068,88 € HT

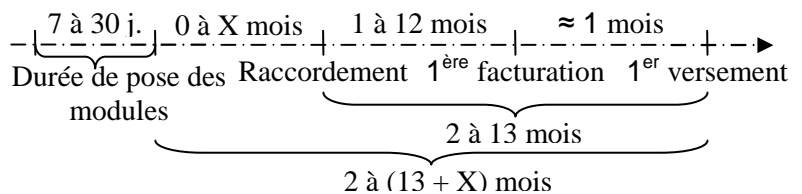
- Assurance : l'activité de production d'électricité photovoltaïque raccordée au réseau doit être couverte obligatoirement par une assurance responsabilité civile mentionnant l'activité de production d'électricité photovoltaïque raccordée au réseau. Vous pouvez également prendre une assurance dommages aux biens (matériel) ... ;

- Entretien maintenance et provision pour le remplacement des onduleurs : environ **1% du montant de l'investissement HT**. Dans les premières années de production, vous pouvez éventuellement placer le montant de la provision. Cette provision viendra également diminuer votre bilan comptable. Attention également à la durée de garantie sur les onduleurs, il ne faut pas prendre une durée trop importante pour pouvoir provisionner ;

- Amortissement dégressif ou amortissement exceptionnel : vous avez la possibilité d'amortir le matériel acheté de manière **exceptionnelle c'est-à-dire sur 12 mois** ou **dégressive**. La réalisation du prévisionnel d'exploitation avec un comptable permettra de déterminer la durée d'amortissement dégressif ;
- Fiscalité, cotisations sociales, taxe professionnelle et taxe sur le foncier bâti : le revenu de la vente d'électricité est imposable, il s'agit d'un **Bénéfice Industriel et Commercial (BIC)**. Pour plus de renseignement sur les dispositions fiscales, renseignez-vous auprès de votre comptable ou votre centre des impôts ;
- Autres frais : location, frais annuels de comptabilité ...

Un **bilan prévisionnel d'exploitation sur 20 ans** doit être réalisé avec l'aide de votre **comptable** en tenant compte de la perte de rendement annuel, de l'indexation du tarif d'achat (environ 1%/an) et des diverses charges annuelles. Il faut toujours se placer dans une situation défavorable pour juger de la rentabilité. Il faut prévoir également du **besoin en fonds de roulement** pour faire face au première échéance de remboursement entre la pose des modules et le versement de la première facture. Le remboursement des emprunts peut être calé en fonction des périodes de versement des factures, à négocier avec votre banque. Attention de ne pas mettre votre entreprise en difficulté financière.

Les délais à prendre en compte depuis le début de la pose des modules :



8) Le cadre juridique :

En fonction de la structure voulant faire l'investissement et du propriétaire du bâtiment, il faudra réaliser un contrat de location entre les 2 structures et de prendre toutes les garanties, précautions et assurance(s) couvrant divers risques (fuite, bris de matériel, ...). Il faut bien déterminer également la forme juridique la plus avantageuse pour réaliser l'investissement.

9) Méthodologie pour un projet en entreprise :

1^{ère} étape : rencontrer le (ou la) chargé(e) de mission environnement de la Chambre de Commerce et d'Industrie ou de la Chambre des Métiers et de l'Artisanat de votre département avec éventuellement l'ADEME et/ou le Conseil régional de Bourgogne sur le site de votre entreprise pour juger de l'opportunité d'un tel projet (toit envisagé, pente orientation,...) ;

2^{ème} étape : consulter des bureaux d'études spécialisés dans le photovoltaïque selon le **cahier des charges** type transmis par l'ADEME et/ou le Conseil régional de Bourgogne pour réaliser une **étude d'aide à la décision (étude de faisabilité technico-économique)**. Le bureau d'études doit être indépendant de fournisseur d'énergie et de matériel. Cette étude peut être financée dans le cadre du **Programme Energie Climat Bourgogne** à hauteur de **70% du montant HT** de l'étude ;

3^{ème} étape : choisir le bureau d'études qui va réaliser l'étude de faisabilité technico-économique ;

4^{ème} étape : déposer la demande de subvention soit sur www.e-bourgogne.fr en lien avec votre chargé(e) de mission environnement de votre Chambre de Commerce et d'Industrie ou Chambre des Métiers et de l'Artisanat ou en version papier ;

5^{ème} étape : attendre l'**accusé de réception** avant de commander l'étude au bureau d'études ;

6^{ème} étape : le bureau d'études effectue la mission pour juger de l'opportunité technique et économique de la mise en œuvre d'un générateur photovoltaïque ;

7^{ème} étape : remise de l'étude lors de la réunion de restitution qui est à prévoir systématiquement. La partie économique pourra être complétée avec l'aide de votre comptable ce qui vous permettra de mieux juger la rentabilité économique ;

8^{ème} étape : prendre la décision d'investir ou de s'arrêter à ce stade ;

9^{ème} étape : lancement de la consultation des entreprises pouvant réaliser la mise en œuvre du générateur ;

10^{ème} étape : travaux de réalisation du générateur photovoltaïque ;

11^{ème} étape : raccordement du générateur photovoltaïque au réseau. Votre entreprise est **productrice d'électricité**.

10) Les avantages d'une installation photovoltaïque :

Impacts environnementaux : une production d'un **mégawattheure ou MWh** permet de substituer **0,086 TEP** d'énergie et d'éviter l'émission de **120 kg de CO₂**. Il n'y a pas de pièce en mouvement, ni de bruit et pas de production de polluant.

Production d'électricité décentralisée : le principe est de produire l'électricité au plus près des points de consommation.

Temps de retour énergétique : pour produire 1 kWc de cellules photovoltaïques, il faut environ 3 000 kWh d'énergie. Dans les conditions optimales, 1 kWc produit 1 000 kWh / an. Donc, le temps de retour énergétique est de 3 à 5 ans (y compris supports, cadres et câbles) sans prendre en compte le transport en fonction des performances énergétiques du générateur.

11) Sites Internet utiles :

www.ademe.fr, www.cr-bourgogne.fr, www.qualipv.org
www.hespul.org/-Publications-photovoltaïques-.html
www.edf.fr, www.erdfdistribution.fr, www.enr.fr

<http://www.francetech.gouv.fr/energie/electric/pdf/radiative06-condgales-partic.pdf> (contrat d'achat)

<http://www.industrie.gouv.fr/energie/electric/pdf/guide-integration.pdf> (critères d'intégration au bâti)

Pour plus d'information, contactez le (ou la) chargé(e) Environnement de votre CCI ou CMA