

TECHNOLOGIE UTILISEE OU GNERIQUE	GRANDES CENTRALES SOLAIRES PHOTOVOLTAIQUES
<b>Type d'usage</b>  Collectif          Individuel	<p>Les centrales de type usage collectif, sont des <b>centrales au sol</b>, dont l'objectif est la revente totale de la production d'électricité aux distributeurs d'électricité. Cette production est faite de façon centralisée à l'aide de systèmes PV dont l'emprise au sol est de l'ordre de 2 hectares par <b>mégawatt (MW)</b>. Cette solution se développe depuis des années mais avec des puissances modestes auparavant. Une des plus grandes centrales solaires photovoltaïques d'Europe est à Revigo en Italie avec 70 MW, et la plus grande au monde est en Allemagne avec 166 MW. En raison de leur forte puissance, elles sont souvent raccordées au réseau Haute tension.</p> <p>Les centrales de type usage individuel, s'apparentent à des <b>toitures industrielles ou logistiques</b> (de 5 000 m<sup>2</sup> à plusieurs centaines de milliers de m<sup>2</sup>) qui sont à la croisée du monde de l'énergie solaire photovoltaïque et du monde du BTP (Bâtiment et travaux publics). La production d'électricité est de cette façon décentralisée, et peut-être utilisée localement ou injectée dans le réseau et vendue aux distributeurs d'électricité (environ 1,5 <b>kilowatt (kW)</b> pour 10 m<sup>2</sup> de toiture).</p>

**Schéma de principe** (Source « Cartographie de la filière Solaire » réalisé pour le programme « Objectif Solaire » qui a été développé conjointement par le CRITT de Savoie, l'Agence Economique de Savoie et l'INES) : On distingue plusieurs types d'installations constituant les **grandes centrales solaires PV**, celles à châssis **fixes** ou celles **suiveuses de soleil** (montées sur **trackers**) qui sont **au sol**, ou bien **celles en toiture**. Toutes ces centrales solaires photovoltaïques « au fil du soleil » couplées au réseau sont toujours constituées des mêmes éléments :

- Les **modules photovoltaïques** : simples (**PV**) regroupés en strings ou à **concentration (CPV)**.
- Les **châssis** (centrales fixes) ou les **suiveurs** (centrales suiveuses de soleil) lorsque la centrale est au sol ou autre **système d'intégration** pour une centrale en toiture.
- Les **câbles et connecteurs**.
- Le ou les **convertisseurs DC-AC** (onduleurs) et les **organes de sécurité électrique** (fusibles, coupe-circuits, sectionneurs, ...).
- Les **systèmes de monitoring** pour la surveillance des performances de l'installation.

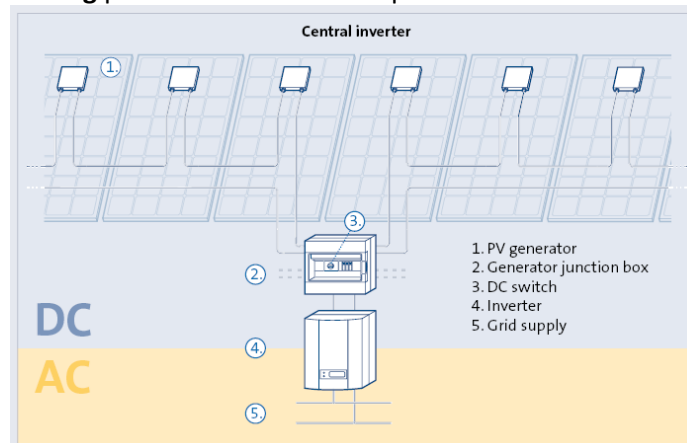


Figure 1. Schéma de principe de raccords de panneaux photovoltaïques avec un onduleur regroupant plusieurs strings (Source RENI – Renewables Insight is a brand by Solarpraxis AG and Sunbeam GmbH)

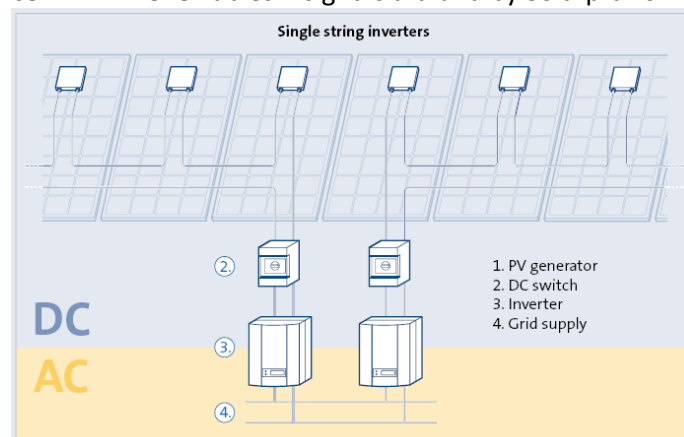


Figure 2. Schéma de principe de raccordements de panneaux photovoltaïques avec un onduleur par string (Source RENI – Renewables Insight is a brand by Solarpraxis AG and Sunbeam GmbH)

**Schémas applicatifs** : Photos 1 et 2. Le plus important complexe photovoltaïque du monde en fonctionnement, situé dans le sud Brandebourg, en Allemagne (Source photos Enerzine.com)



La centrale Senftenberg II/III (148 MW) a été construite en trois mois sur les 200 hectares de l'ancien site minier de Meuro. La centrale complète comporte 330 000 modules photovoltaïques cristallins sur des supports fixes. Cette centrale a une puissance crête de 166 MW.

Photo 3. Centrale solaire CPV installée en Afrique du Sud (Source SOITEC)



Cette centrale solaire de 500 kWc a été installée dans une région du globe avec un fort taux d'ensoleillement direct (DNI). En effet, le CPV nécessite un DNI supérieur à 1800 kWh/m<sup>2</sup>/an typiquement, dont ne bénéficient pas toutes les régions du globe : cf. Figure 3 ci-après.

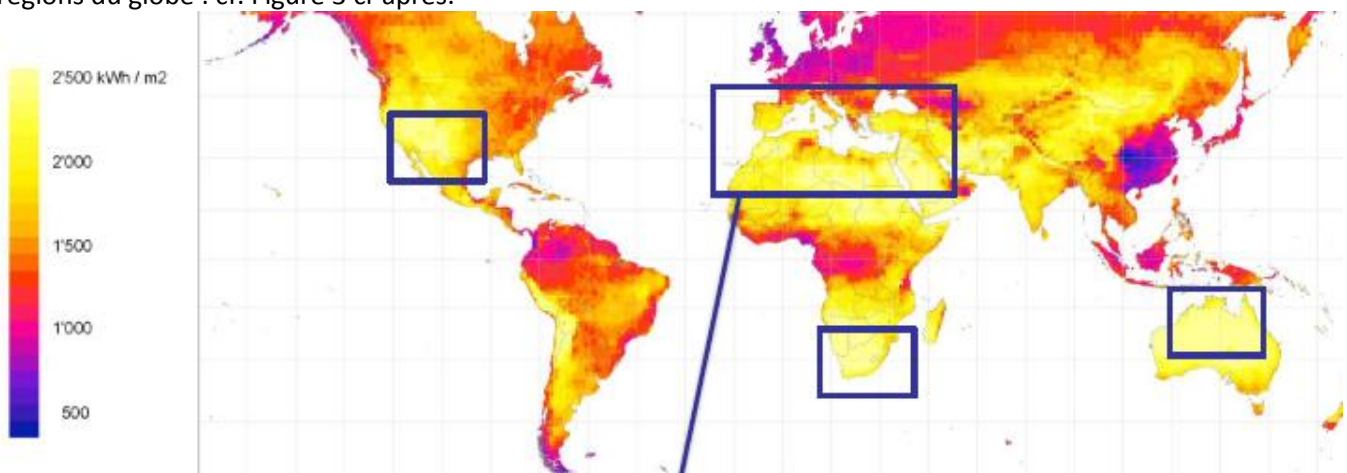


Figure 3. Carte des zones à fort taux de DNI (>1800kWh/m<sup>2</sup>/an) (Source « Cartographie de la filière Solaire » réalisé

pour le programme « Objectif Solaire » qui a été développé conjointement par le CRITT de Savoie, l'Agence Economique de Savoie et l'INES)

Photo 4. Centrale solaire photovoltaïque du marché international Saint-Charles de Perpignan (Source ADEME)



**Description synthétique** (Source Wikipédia):

**L'effet photovoltaïque** consiste en la **transformation directe de l'énergie solaire en électricité**. C'est un phénomène physique propre à certains matériaux appelés **semi-conducteurs** qui, exposés à la lumière, produisent de l'électricité. Le matériau le plus communément utilisé dans les cellules photovoltaïques est le **silicium** (84 % du marché actuel). Une filière à base de **couches minces** s'est développée au côté de celle à base de Si cristalline à partir des années 1980.

Une **centrale solaire photovoltaïque** est un ensemble destiné à la production d'électricité. Elle est constituée de modules solaires photovoltaïques reliés entre eux (série et parallèle) et utilise des onduleurs pour être raccordée au réseau. Les centrales solaires sont de plus en plus puissantes (jusqu'à 166 MWc en 2011).

À l'opposé, les systèmes solaires photovoltaïques autonomes sont destinés à l'alimentation en électricité de bâtiments ou d'installations isolées, ils ont des puissances généralement inférieures à 100 kWc.

**Schéma d'intégration** (Source « Cartographie de la filière Solaire » réalisé pour le programme « Objectif Solaire » qui a été développé conjointement par le CRITT de Savoie, l'Agence Economique de Savoie et l'INES) :

Le **système photovoltaïque** comporte, d'une part, un ou plusieurs **champs de modules photovoltaïques** (assemblage constituant une intégration mécanique et une interconnexion électrique de modules sur un support) et, d'autre part, plusieurs composants que les spécialistes regroupent sous le terme BOS pour **Balance of System** : les organes de coupure, les appareils de contrôle et surveillance, les compteurs, les convertisseurs, les systèmes de stockage de l'énergie, la connectique, etc....

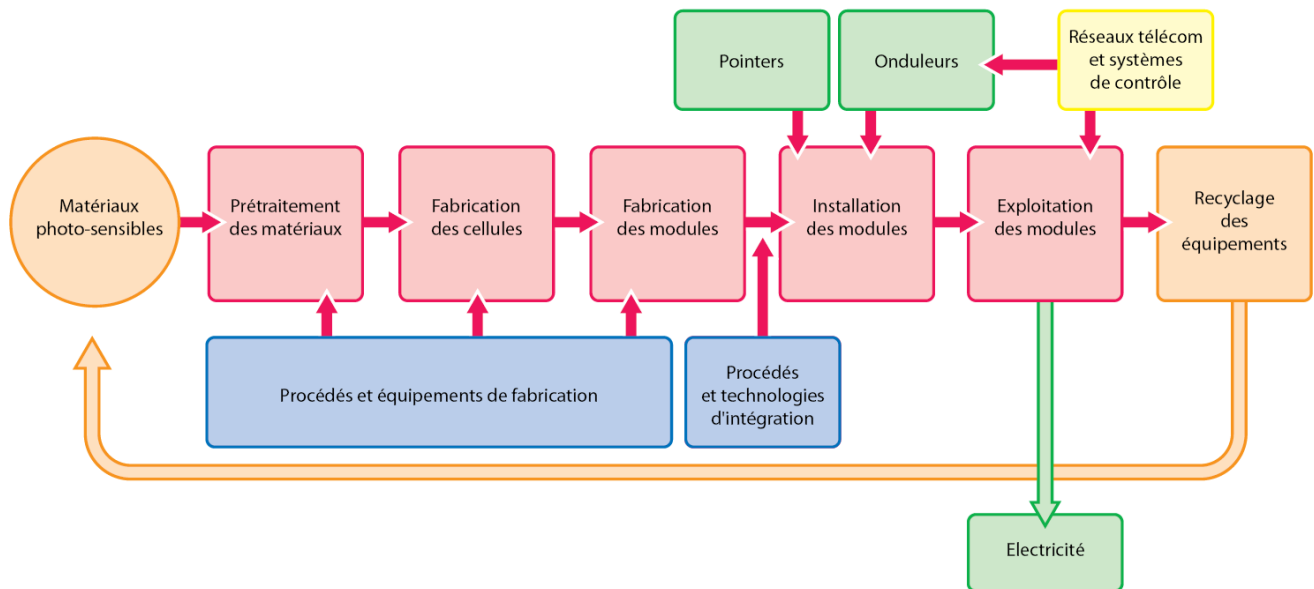


Figure 4. Décomposition des principaux composants de la filière photovoltaïque (Source ADEME – Feuille de route sur l'électricité photovoltaïque)

#### Liste des EQs utilisant cette technologie :

##### Pour l'Europe :

Fribourg, Vauban

##### Pour la France :

Grenoble, De Bonne

#### Opérateurs (nom et nature)

Conception

Réalisation

Exploitation

A remplir par le groupe qui focalise sur le jeu des acteurs

#### Variantes des solutions retenues dans les EQs :

##### Pour l'Europe :

Fribourg, Vauban : Environ 50 logements produisent plus d'énergie qu'ils n'en ont besoin. La totalité des toits sont couverts en cellules photovoltaïques produisant plus d'énergie électrique que les habitants n'en consomment. L'excédent est injecté dans le réseau public. Dans la tranche la plus récente de construction du quartier Vauban, les toitures des petits immeubles accueillent 2500 m<sup>2</sup> de panneaux PV, parfaitement intégrés dans l'architecture des bâtiments. Toutes ces installations sont raccordées au réseau de distribution électrique qui, dans le cadre du programme national « 100 000 toits solaires », rend contractuel le rachat du kWh excédentaire à environ 0,57 €. Toutes ces installations sont propriété de groupes de résidents.

##### Pour la France :

Grenoble, De Bonne : La centrale photovoltaïque installée sur l'immeuble tertiaire Bonne Energie® de la ZAC De Bonne a pour objectif de produire plus d'énergie que la consommation totale de l'immeuble. Toute l'énergie de la centrale de 48 kWc est revendue à l'opérateur de distribution d'électricité de la ville de Grenoble. Une centrale photovoltaïque d'une surface de 1000 m<sup>2</sup> placée sur le toit du centre commercial permet de produire 100 MWh/an destinés en priorité à l'éclairage de jour, à la ventilation et à la sécurisation des espaces publics.

#### Domaines pertinents

Toute installation PV nécessite un **dimensionnement** d'autant plus **précis** que l'investissement initial est important. Ce dimensionnement concerne d'une part **l'installation PV** elle-même (types de modules, d'onduleurs, de câblage, ombrages proches et lointains, orientation/inclinaison...) et d'autre part les **données météorologiques** (gisement solaire, climat, etc...). Ce sont ces dernières informations qui représentent la **source d'incertitude** la plus importante, compte tenu du **manque de données locales très précises sur le long terme** et compte tenu de la **variabilité du climat d'une année sur l'autre**. La plupart des **logiciels de simulation** proposent **désormais plusieurs bases de données météo** pour permettre des **études de variabilité et borner les incertitudes sur le productible estimé**.

Voir également la partie « Limites d'utilisation ».

<b>Limites d'utilisation</b>	<p>Les <b>régions du globe</b> avec un <b>taux moyen d'ensoleillement direct</b>, se prêtent mieux à la mise en place de <b>centrales photovoltaïques à « un soleil »</b>, sans concentration. Alors que les <b>régions avec un fort taux d'ensoleillement direct</b>, sont plus adaptées aux <b>centrales à concentration jusqu'à « mille soleils »</b>.</p> <p>D'autre part les <b>régions comportant un nombre important d'anciens sites miniers ou terres arides</b> et de <b>réseaux électriques existants</b>, sont le <b>lieu idéal</b> pour héberger des systèmes photovoltaïques de grande taille.</p> <p>Dans tous les cas, les <b>modules CPV</b> doivent être <b>montés sur trackers</b> afin de suivre la course du soleil et capter le flux direct. <b>Cette technologie ne fonctionne que dans les régions peu ou pas nuageuses.</b></p> <p>Pour les <b>centrales PV intégrées à des toitures industrielles ou logistiques</b>, comme pour toutes les centrales PV, le productible doit être estimé finement et rentre dans une <b>opération urbanistique et de bâtiment avec toutes les contraintes liées.</b></p>
<b>Contribution à la mutualisation des besoins</b>	<p>La contribution à la mutualisation des besoins est liée à la stratégie globale nationale et internationale.</p> <p>Ainsi une démarche globale doit permettre, en particulier en France, de proposer d'autres modes d'utilisation du photovoltaïque que la revente à EDF : autoconsommation, centrales hybrides avec stockage (smart plant), voire mini-réseaux quasi-autonomes localement.</p>
<b>Stockage d'énergie</b>	<p>Voir la partie « Contribution à la mutualisation des besoins ».</p>
<b>Coût d'investissement (€/kW)</b>	<p>Les grandes centrales solaires au sol nécessitent des investissements importants compte tenu des puissances mises en jeu (plusieurs MWc à plusieurs dizaines de MWc) et du coût de revient de telles installations (3€/Wc typiquement pour du PV fixe de technologie classique, 3,5 à 4€/Wc pour du CPV ou du PV sur trackers).</p> <p>L'investissement représente donc plusieurs millions d'euros au moins.</p> <p>A compter du 1er juillet 2012, le tarif d'achat au-delà de 100 kW ou d'absence d'intégration (simplifiée ou complète) n'est plus que de 10,51 c€/kWh. Par contre, il y a des appels d'offre à prix ouverts avec des allocations de puissance par catégorie pour les grandes centrales.</p> <p>Voir également la partie « Détails qualitatifs ».</p>
<b>Charges de fonctionnement (€/kWh)</b>	<p>Suivant RENI (Renewables Insight is a brand by Solarpraxis AG and Sunbeam GmbH), en plus des coûts de la technologie elle-même, le <b>coût d'opération de maintenance est un autre facteur important à considérer.</b></p> <p>Ces coûts ne figurent pas dans la construction de l'installation, mais peuvent s'additionner et devenir considérables sur la durée d'utilisation d'une centrale solaire. Pour <b>chaque kilowattheure d'énergie solaire produite, entre un et cinq centimes d'euros (voir dix dans des cas particuliers) sont à prévoir</b> pour la maintenance liée à l'<b>exploitation</b> d'une centrale <b>sur 20 à 25 ans</b>. On doit cette grande variation à la vaste gamme de coûts potentiels : par exemple, ceux-ci peuvent inclure une <b>usure</b> causée par des conditions météo extrêmes ou par du vandalisme potentiel. La dépense couvre également le <b>contrôle de la sécurité</b> de la centrale et la <b>protection contre le vol</b>.</p> <p>Dans le cas de systèmes de <b>mini-réseau</b>, les coûts d'entretien et de renouvellement des <b>batteries</b> peuvent <b>surenchéris</b> énormément le coût de la maintenance.</p> <p>Actuellement, les investisseurs peuvent s'attendre à payer entre 10 000 et 14 000 euros pour les opérations de maintenance en plus des coûts du système technique.</p>



Photo 5. Des inspections sont réalisées à partir d'hélicoptères ou de drones (Source RENI – Renewables Insight is a brand by Solarpraxis AG and Sunbeam GmbH)

<p><b>Niveau de maturité</b></p>	<p>En termes de R&amp;D système, l'activité est orientée vers l'<b>augmentation des performances, de la fiabilité et de la durée de vie, l'intégration de nouvelles fonctions</b> mais aussi des activités moins technologiques comme l'<b>étude de l'usage des sols</b>.</p> <p>La <b>réduction des coûts</b> est un <b>enjeu traité en filigrane au niveau système</b>. Cette réduction des coûts est d'abord obtenue par l'<b>effet d'échelle</b>. Les acteurs principaux de ce domaine sont en fait les <b>industriels</b>.</p> <p>Les laboratoires des centres de R&amp;D sont quant à eux davantage spécialisés chacun dans un domaine technologique spécifique (modules surtout, onduleurs, câbles...) et donc moins dans l'aspect système.</p>
<p><b>Détails qualitatifs</b></p>	<p>La capacité cumulée de 8 MWc permet d'alimenter en énergie propre jusqu'à 3 200 foyers sur des territoires comme la Martinique et la Guadeloupe.</p> <p>La plus grande centrale solaire au monde est installée près de Senftenberg en Allemagne et dispose de 166 MWc de puissance. Ce parc devrait produire suffisamment d'énergie verte pour répondre aux besoins énergétiques de près de 50 000 foyers. Sa mise en fonctionnement a été faite fin septembre 2011, et a nécessité un budget de près de 150 millions d'euros (pour 148 MWc installés).</p>