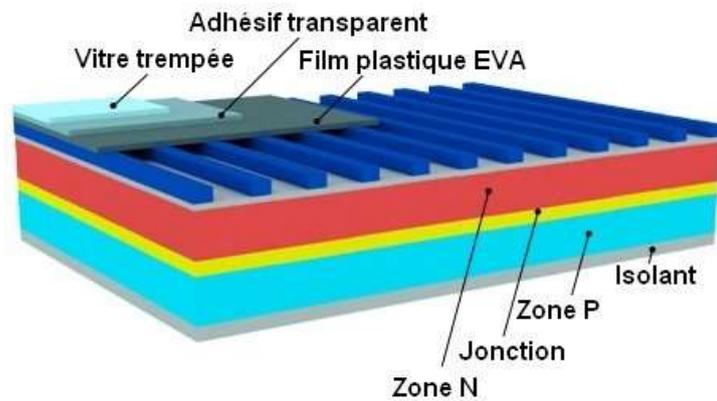


Chapitre 2

1

Irradiation solaire



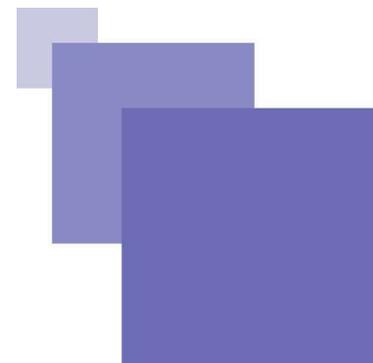
KARAMOSTEFA-KHELIL CHÉRIFA
UNIVERSITÉ DE KHEMIS MELIANA

Légende



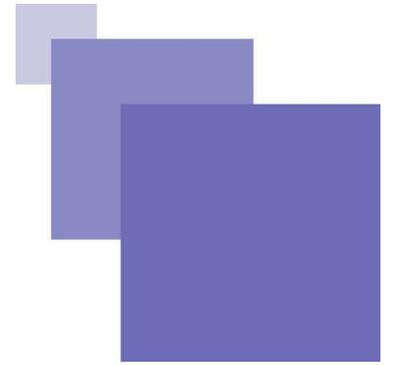
Référence générale

Table des matières



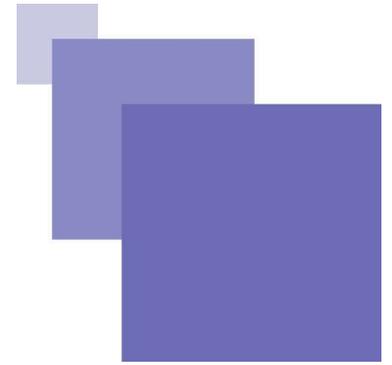
Objectifs	7
Introduction	9
I - Généralités sur le système photovoltaïque	11
A. Historique du photovoltaïque.....	11
B. Différents types photovoltaïques.....	12
1. <i>Systèmes photovoltaïque autonomes</i>	12
2. <i>Système photovoltaïque connecté au réseau</i>	13
3. <i>Système photovoltaïque hybride</i>	14
C. La conversion de la lumière en électricité.....	15
D. Technologies des cellules solaires.....	16
1. <i>Les cellules mono-cristallines</i> :.....	16
2. <i>Les cellules poly-cristallines</i>	16
3. <i>Les cellules amorphes (cellules de calculatrices par exemple)</i>	17
4. <i>Les cellules nanocristallines</i>	17
II - Principe de fonctionnement d'une cellule solaire photovoltaïque	19
III - Avantages et inconvénients de l'énergie photovoltaïque	21
A. Avantages.....	21
B. Inconvénients.....	21

Objectifs



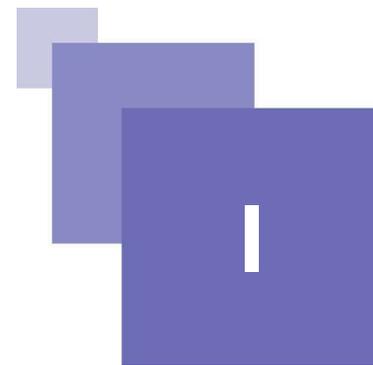
L'objectif de ce chapitre est d'avoir une idée sur l'histoire du photovoltaïque, connaître les différents types de photovoltaïques, maîtriser le phénomène de la conversion de la lumière en électricité, avoir une idée sur les différents types avec leurs différentes technologies des cellules photovoltaïques.

Introduction



L'augmentation du coût des énergies classiques d'une part, et la limitation de leurs ressources d'autre part, font que l'énergie photovoltaïque devient de plus en plus une solution parmi les options énergétiques prometteuses avec des avantages comme l'abondance, l'absence de toute pollution et la disponibilité en plus ou moins grandes quantités en tout point du globe terrestre. Actuellement, on assiste à un regain d'intérêt pour les installations utilisant l'énergie solaire, surtout pour les applications sur des sites isolés.

Généralités sur le système photovoltaïque



A. Historique du photovoltaïque

Découvert en 1839 par Antoine Becquerel, l'effet photovoltaïque permet la transformation de l'énergie lumineuse en électricité. Ce principe repose sur la technologie des semi-conducteurs. Il consiste à utiliser les photons pour libérer les électrons et créer une différence de potentiel entre les bornes de la cellule qui génère un courant électrique continu. L'hélio électricité est apparue en 1930 avec les cellules à oxyde cuivreux puis au sélénium. Mais ce n'est qu'en 1954, avec la réalisation des premières cellules photovoltaïques au silicium dans les laboratoires de la compagnie Bell Téléphone, que l'on entrevoit la possibilité de fournir de l'énergie. Très rapidement utilisées pour l'alimentation des véhicules spatiaux vers les années 60 avec l'équipement de satellites spatiaux. Puis à partir de 1970, les premières utilisations terrestres ont concerné l'électrification des sites isolés. Au cours des années 80, la technologie photovoltaïque terrestre a progressé régulièrement par la mise en place de plusieurs centrales de quelques mégawatts, et est même devenue familière des consommateurs à travers de nombreux produits de faible puissance y faisant appel : montres, calculatrices, balises radio et météorologiques, pompes et réfrigérateurs solaires. Le progrès des techniques de production de cellules photovoltaïques ainsi que l'augmentation des volumes de production ont entraîné, à partir des années 1990, une baisse des prix. La production de modules se fait en Chine (près de 60 % de la production

totale), au Japon, aux EU, en Allemagne et en Europe, avec en particulier des grandes compagnies comme Yingli Green Energy, First Solar et Suntech Power. La production mondiale de modules photovoltaïques est passée de 5 MWc en 1982 à plus de 18GWc en 2013. Concernant l'Algérie, le groupe algérien Condor Electronics, s'est lancé en juillet 2013 dans la production des panneaux photovoltaïques dont la puissance varie entre 70 W et 285 W et à des prix compétitifs.

Dans le cadre de la concrétisation du programme national algérien des énergies renouvelables, un projet de 400 MW en photovoltaïque a été lancé, faisant partie du programme complémentaire de production de l'électricité, prévu pour l'été 2014. Ce projet consiste en la réalisation de 23 centrales solaires photovoltaïques, dans la région des hauts plateaux et dans la région du sud ouest; ainsi que dans la région du grand sud. Dans la dizaine d'années qui viendront, il est prévu la réalisation d'un parc d'énergies renouvelables de 5539 MW. L'objectif à 2030 est de 12 000 MW en énergies renouvelable pour la consommation interne d'électricité. La puissance

photovoltaïque installée cumulée dans le monde a atteint 138,9 GW à la fin 2013.

B. Différents types photovoltaïques

Les systèmes photovoltaïques peuvent être classés en trois genres de systèmes qui sont les systèmes autonomes, les systèmes hybrides et les systèmes connectés à un réseau.

1. Systèmes photovoltaïque autonomes

Les systèmes photovoltaïques autonomes dépendent uniquement de l'énergie solaire pour répondre à la demande d'électricité. Deux types de système se distinguent selon l'utilisation ou non d'un système de stockage d'énergie :

- Systèmes autonomes utilisant un système de stockage d'énergie, qui emmagasine l'énergie produite par les modules au cours de la journée, pour l'utilisation nocturne ou durant les périodes où le rayonnement solaire est insuffisant. Exemple, éclairage des habitations et éclairage public.
- Système autonome sans système de stockage d'énergie. Exemple le pompage de l'eau où le stockage de l'eau est préconisé à cause de son coût très bas.

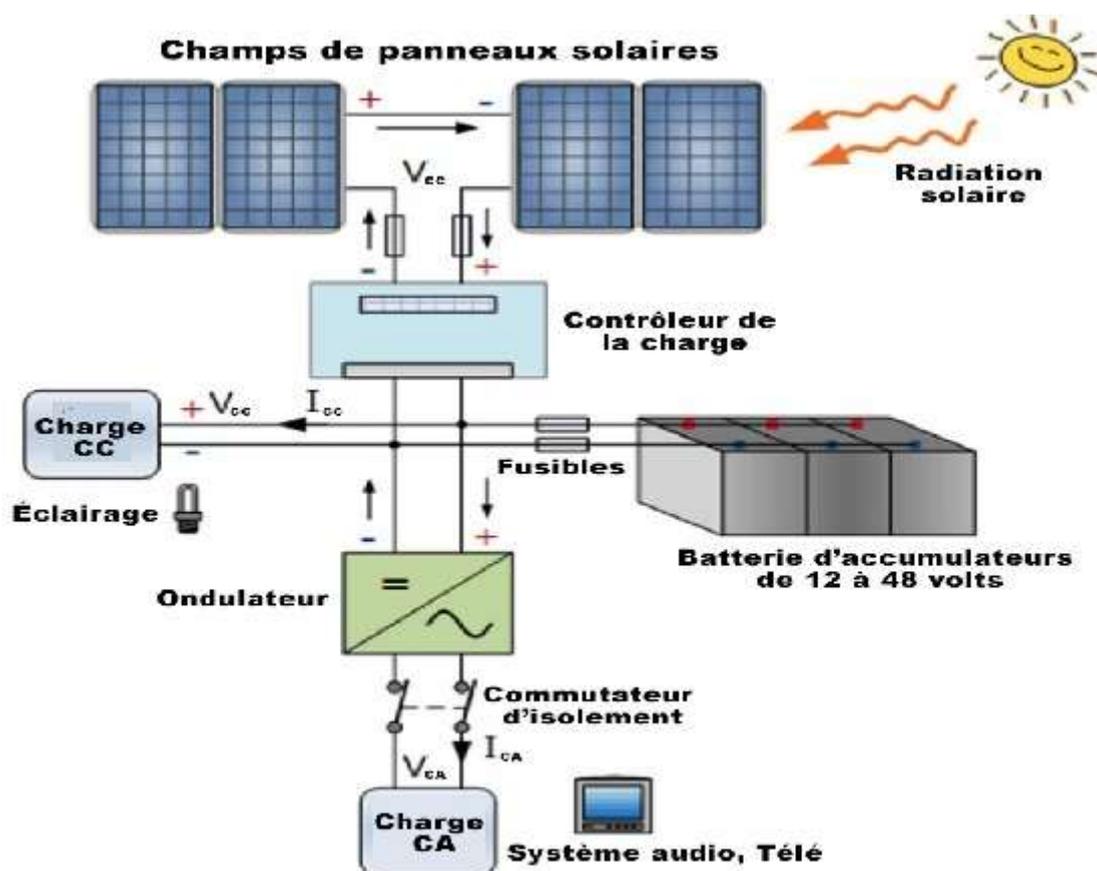


Figure 2.1- système photovoltaïque autonome

2. Système photovoltaïque connecté au réseau

Un système connecté à un réseau produit sa propre électricité et transfère son excédent d'énergie directement vers le réseau, auprès duquel il s'approvisionne au besoin. Ce double transfert entre le système et le réseau élimine la nécessité d'utiliser et d'entretenir des accumulateurs de batteries.

Les systèmes photovoltaïques connectés au réseau électrique peuvent être classés selon leur puissance en deux catégories :

- Des systèmes de petite puissance comportant un boîtier installé à l'endos ou à côté de chaque module. Ce boîtier renferme un petit convertisseur synchrone connecté au réseau électrique
- Des systèmes de grande puissance qui comportent un onduleur de grande puissance relié à un générateur photovoltaïque.

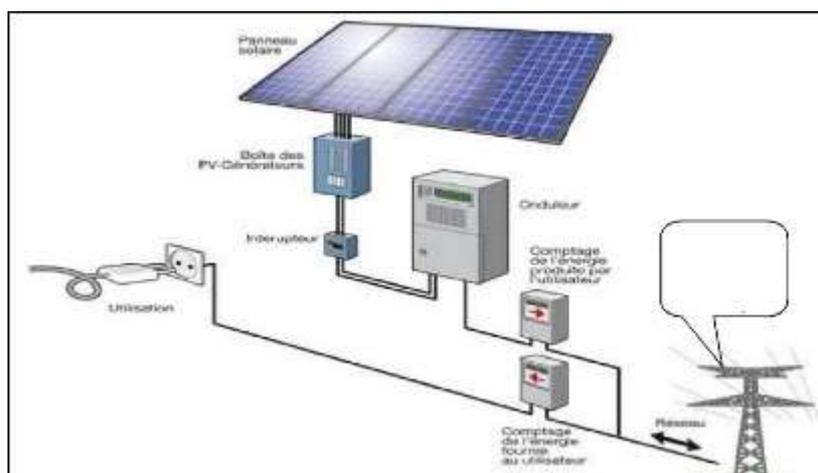


Figure 2.1- système photovoltaïque connecté au réseau

3. Système photovoltaïque hybride

Les systèmes hybrides se caractérisent par l'utilisation de deux sources d'énergie ou plus.

Le générateur photovoltaïque est combiné à une éolienne ou à un groupe électrogène, ou aux deux à la fois. Un tel système s'avère un bon choix pour les applications qui nécessitent une alimentation continue d'une puissance assez élevée.

Également, les systèmes hybrides sont une solution pour réduire les coûts dans la partie du générateur photovoltaïque et/ou accumulateurs de stockage dans le cas d'un site très bien éventé.

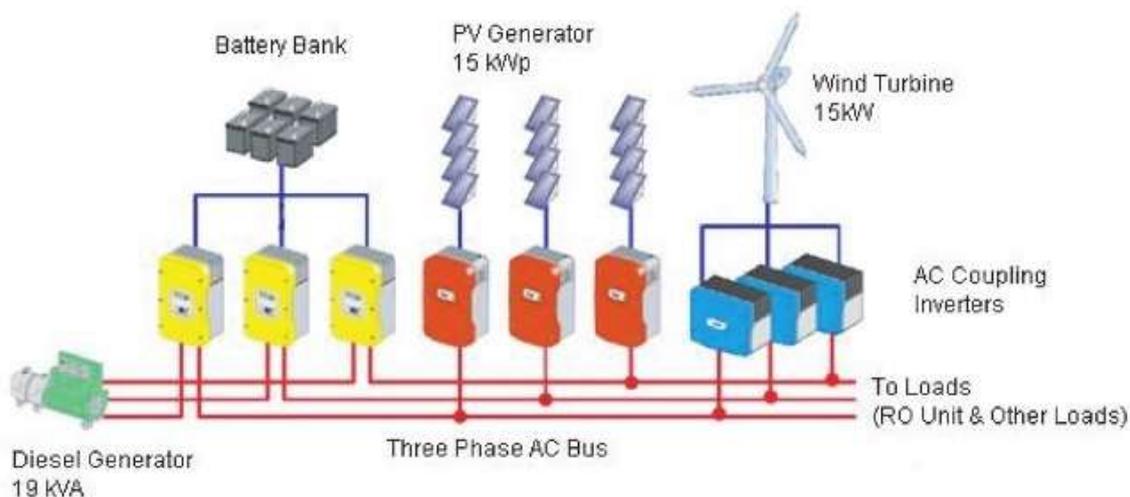


Figure 2.3- système photovoltaïque hybride

C. La conversion de la lumière en électricité

- Le mot « **Photovoltaïque** » est la combinaison de deux mots: « **photo** », mot d'origine grecque qui signifie lumière ; et « **voltaïque** », qui vient de « **volt** » et représente l'unité utilisée pour mesurer le potentiel électrique.
- Les systèmes photovoltaïques utilisent des cellules pour convertir la radiation solaire en électricité. Une cellule photovoltaïque est constituée d'une ou deux couches de matériau semi-conducteur. Quand la lumière atteint la cellule, cela crée un champ électrique à travers les couches, créant ainsi un flux électrique. Plus la lumière est intense, plus le flux électrique est important.
- Le matériau semi-conducteur le plus communément utilisé dans les cellules photovoltaïques est le silicium, un élément présent en grande quantité dans le sable. En tant que matière première, sa disponibilité est sans limite ; le silicium est le second matériau le plus abondant sur Terre.
- Pour fonctionner, un système photovoltaïque n'a donc pas besoin d'une lumière du soleil éclatante. Il génère aussi de l'électricité par temps nuageux.



figure 2.4- procédé de fabrication de la cellule photovoltaïque

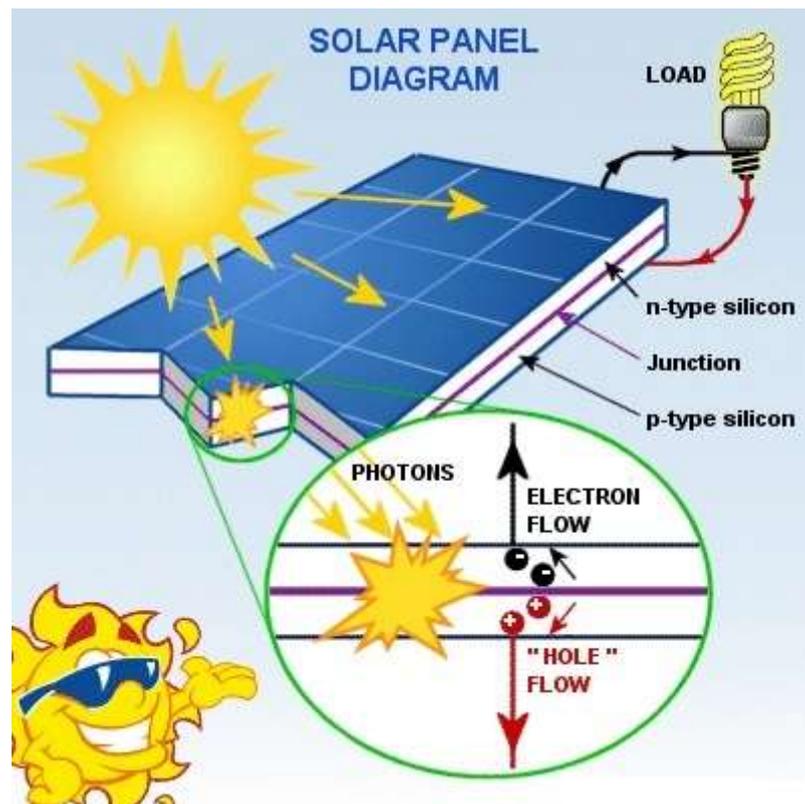


Figure 2.5- conversion de la lumière en électricité

D. Technologies des cellules solaires

Le Silicium est l'un des matériaux le plus courant sur terre, c'est le sable, mais un

haut degré de pureté est requis pour en faire une cellule photovoltaïque et le procédé est coûteux. Selon les technologies employées, on retrouve le Silicium monocristallin , le Silicium Polycristallin , le silicium amorphe . D'autres matériaux tels que l'Arséniure de Galium et le Tellure de Cadmium.

1. Les cellules mono-cristallines :

- La première génération de photopiles ;
- Un taux de rendement excellent (12-16%) (23% en Laboratoire
- Une méthode de fabrication laborieuse et difficile, donc très chère ;
- Il faut une grande quantité d'énergie pour obtenir du cristal pur. ;

2. Les cellules poly-cristallines

- Coût de production moins élevé ;
- Procédé nécessitant moins d'énergie ;
- Rendement 11-13% (18% en Labo) ;

3. Les cellules amorphes (cellules de calculatrices par exemple)

- Coût de production bien plus bas ;
- Rendement plus bas : 8-10% (13% en labo) ;
- Durée de vie plus faible ;

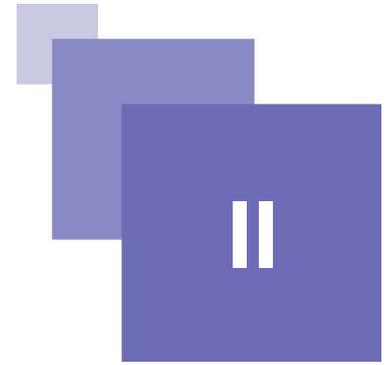
C'est le silicium amorphe que l'on trouve le plus souvent dans les produits de consommation comme les calculatrices, les montres etc.... Toutefois, ils réagissent mieux à des températures élevées ou à une lumière diffuse.

De plus, les cellules mono et poly-cristallines sont les types de cellules les plus répandues sur le marché du photovoltaïque (environ 60% de la production).

4. Les cellules nanocristallines

- Une des dernières générations de photopiles ;
- Fonctionnent selon un principe qui différencie les fonctions d'absorption de la lumière et de séparation des charges électriques ;
- Rendement global de 10,4 %, confirmé par des mesures au laboratoire
- Procédé et coût de production encore plus bas.

Principe de fonctionnement d'une cellule solaire photovoltaïque



Un panneau solaire fonctionne par l'effet photovoltaïque c'est-à-dire par la création d'une force électromotrice liée à l'absorption d'énergie lumineuse dans un solide. C'est le seul moyen connu actuellement pour convertir directement la lumière en électricité.

La cellule photovoltaïque constitue l'élément de base des panneaux solaires photovoltaïques.

Il s'agit d'un dispositif semi-conducteur à base de silicium délivrant une tension de l'ordre de 0,5 à 0,6 V.



Figure 2.6- cellule solaire

La cellule photovoltaïque est fabriquée à partir de deux couches de silicium (matériau semiconducteur):

- une couche dopée avec du bore qui possède moins d'électrons que le silicium, cette zone est donc dopée positivement (zone P),
- une couche dopée avec du phosphore qui possède plus d'électrons que le silicium, cette zone est donc dopée négativement (zone N).

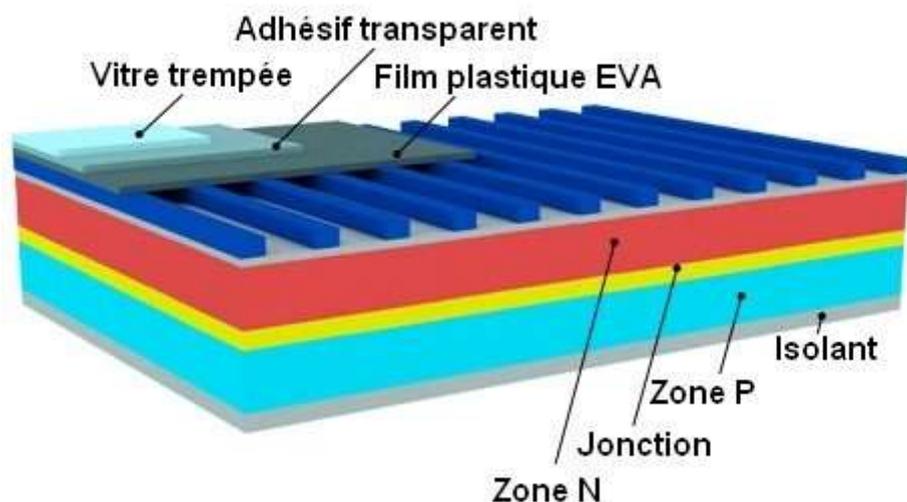


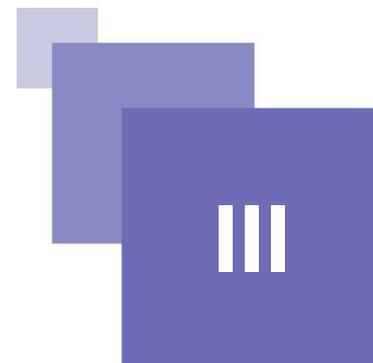
Figure 2.7- effet photovoltaïque

Lorsqu'un photon de la lumière arrive, son énergie crée une rupture entre un atome de silicium et un électron, modifiant les charges électriques. Les atomes, chargés positivement, vont alors dans la zone P et les électrons, chargés négativement, dans la zone N. Une différence de potentiel électrique, c'est-à-dire une tension électrique, est ainsi créée. C'est ce qu'on appelle l'**effet photovoltaïque**.

A la surface, le contact électrique (électrode négative) est établi par la grille afin de permettre à la lumière du soleil de passer à travers les contacts et de pénétrer dans le silicium.

Les cellules solaires sont recouvertes d'une couche antireflet qui protège la cellule et réduit les pertes par réflexion. C'est une couche qui donne aux cellules solaires leur aspect bleu foncé.

Avantages et inconvénients de l'énergie photovoltaïque



Les avantages et les inconvénients de l'énergie photovoltaïque les plus importants sont :

A. Avantages

- Énergie indépendante, le combustible (le rayonnement solaire) est renouvelable et gratuit.
- L'énergie photovoltaïque est une énergie propre et non-polluante qui ne dégage pas de gaz à effet de serre et ne génère pas de déchets.
- Génère l'énergie requise.
- Réduit la vulnérabilité aux pannes d'électricité.
- L'extension des systèmes est facile, la taille d'une installation peut aussi être augmentée par la suite pour suivre les besoins de la charge.
- La revente du surplus de production permet d'amortir les investissements voir de générer des revenus.
- Entretien minimal.
- Aucun bruit.

B. Inconvénients

- La fabrication des panneaux photovoltaïques relèvent de la haute technologie demandant énormément de recherche et développement et donc des investissements coûteux.
- Les rendements des panneaux photovoltaïques sont encore faibles.
- Nécessite un système d'appoint (batteries) pour les installations domestiques.
- Le coût d'investissement sur une installation photovoltaïque est cher.