

## Solaire photovoltaïque<sup>i</sup>

### i) Introduction

L'énergie solaire photovoltaïque est l'électricité produite par transformation d'une partie du rayonnement solaire avec une cellule photovoltaïque. Le terme photovoltaïque peut désigner soit le phénomène physique, l'effet photovoltaïque découvert par Alexandre Edmont Becquerel en 1839.

Selon les estimations l'énergie rayonnée par le soleil représenterait chaque année 40 000 fois les besoins énergétiques que l'humanité consomme sous forme d'énergies fossiles. Malgré cela, l'énergie solaire reste un domaine assez peu exploitée. Néanmoins la prise de conscience collective en fait une énergie douce d'avenir (même si elle est connue et utilisée depuis des millénaires). Aujourd'hui le solaire photovoltaïque est en plein développement, on obtient un cumul de 1791 MWc en 2005 pour l'Europe (contre 1147 MWc en 2004). Le leader européen est l'Allemagne avec 1537 MWc.

### ii) Description/caractéristique de la technologie

Le but des panneaux solaires est de convertir l'énergie lumineuse en énergie électrique. L'unité de base d'un panneau solaire photovoltaïque est la cellule photovoltaïque. Elle est composée de matériaux semi-conducteurs. Ceux-ci sont capable de transformer l'énergie fournit par le soleil en charge électrique donc en électricité car la lumière du soleil excite les électrons de ces matériaux.

Le silicium est le principal composant d'une cellule photovoltaïque. Le silicium a été choisi pour réaliser les cellules solaires photovoltaïques pour ses propriétés électroniques, caractérisées par la présence de quatre électrons sur sa couche périphérique (colonne IV du tableau de Mendeleïev). Dans le silicium solide, chaque atome est lié à quatre voisins, et tous les électrons de la couche périphérique participent aux liaisons.

Si un atome de silicium est remplacé par un atome de la colonne V (phosphore par exemple), un des électrons ne participe pas aux liaisons ; il peut donc se déplacer dans le réseau. Il y a conduction par un électron, et le semi-conducteur est dit dopé de type n. Si au contraire un atome de silicium est remplacé par un atome de la colonne III (bore par exemple), il manque un électron pour réaliser toutes les liaisons, et un électron peut venir combler ce manque. On dit alors qu'il y a conduction par un trou, et le semi-conducteur est dit dopé de type p. Les atomes tels que le bore ou le phosphore sont des dopants du silicium.

Lorsqu'un semi-conducteur de type n est mis en contact avec un semi-conducteur de type p, les électrons en excès dans le matériau n diffusent dans le matériau p. La zone initialement dopée n devient chargée positivement, et la zone initialement dopée p devient chargée négativement. Il se crée donc un champ électrique entre les zones n et p, qui tend à repousser les électrons dans la zone n et un équilibre s'établit. Une jonction a été créée, et en ajoutant des contacts métalliques sur les zones n et p, c'est une diode qui est obtenue.

Lorsque cette diode est éclairée, les photons sont absorbés par le matériau et chaque photon donne naissance à un électron et un trou (on parle de paire électron-trou). La jonction de la diode sépare les électrons et les trous, donnant naissance à une différence de potentiel entre les contacts n et p, et un courant circule si une résistance est placée entre les contacts de la diode.

Une cellule solaire produit typiquement une puissance de 1,3 W pour une surface de 100 cm<sup>2</sup>. Pour produire plus de puissance, des cellules solaires identiques sont assemblées pour former un module solaire (ou panneau photovoltaïque). La mise en série de plusieurs cellules solaires somme les tensions pour un même courant, tandis que la mise en parallèle fait la somme des courants en conservant la tension. La plupart des panneaux solaires photovoltaïques destinés à un usage général sont composés de 36 cellules en silicium mono ou poly cristallin connectées en série pour des applications en 12 V nominal.

En cas de stockage de l'électricité solaire produite par les panneaux photovoltaïques dans des batteries stationnaires, ce sont celles-ci qui vont fixer la tension de fonctionnement du système, selon leur état de charge, c'est à dire par exemple entre 10,8 V et 14 V pour une batterie de 12 V

nominal (tension différente de  $V_{pmax}$ ). Le courant solaire généré alors est donc forcément

différent d' $I_{pmax}$  et la puissance solaire extraite du panneau photovoltaïque n'est pas égale à la puissance maximale. Ceci reste toujours vrai, même si l'ensoleillement est de  $1000\text{W}/\text{m}^2$  et la température des cellules de  $25^\circ\text{C}$  (conditions STC). Cette propriété intrinsèque de l'association batteries-panneaux solaires photovoltaïques fait qu'on parle de modules 12 V.

### iii) Situation de la technologie dans le pays

Le potentiel solaire au Mali est très significatif avec une irradiation moyenne de  $6\text{ kWh}/\text{m}^2/\text{J}$  pour une durée d'ensoleillement quotidien de 7 à 10 heures. Le système solaire photovoltaïque est l'une des technologies les mieux éprouvées et les mieux intégrées et maîtrisées parmi les systèmes d'énergies renouvelables. Les réalisations en matière d'installations de systèmes solaires, tant du côté public que du côté privé, ont considérablement évolué dans un cadre de diffusion massive par l'approche de kits d'éclairage et audio visuel, de pompage, etc. Ainsi, à travers le pays, ce sont plus de 3000 équipements solaires photovoltaïques de plus de

750 KWh (kits d'éclairage, lampes portables, pompe, réfrigérateur) qui sont installés au niveau des infrastructures communautaires (les écoles, centres de santé, mairie et lieux de culte) notamment en milieu rural. Il faut rappeler que le pompage photovoltaïque a beaucoup évolué dans le cadre de l'hydraulique villageoise et urbaine grâce à divers projets et programmes dont Mali Aqua Viva, Programme Spécial Energie, DANIDA, Programme Régional Solaire. Aussi le Mali a été sélectionné en juillet 2010 avec cinq autres pays dans le monde comme pays pilotes pour le Programme de Valorisation à Grande Echelle des Energies Renouvelables (SREP) qui est financé par le Fonds d'Investissement Climat. L'objectif du SREP est de mettre à l'essai des stratégies à faible intensité de carbone dans le secteur énergétique afin de faire face aux changements climatiques. Ce programme permettra donc d'accroître la puissance totale installée car l'accent est mis sur l'utilisation des systèmes photovoltaïques.

### iv) Avantages socio économiques

Les impacts des EnR en général et des systèmes solaires photovoltaïques en particulier ont fait l'objet de quelques réflexions à travers des études dont : l'étude sur une diffusion massive des systèmes PV, l'étude sur les impacts des projets d'EnR du CNESOLER et celle relative aux

impacts du décret d'exonération. Il ressort que l'adoption des systèmes solaires photovoltaïques offre plusieurs avantages pour le pays et les populations. On peut citer :

La renaissance ou la redynamisation des activités culturelles autour de points lumineux publics dans les zones rurales,

l'éducation par la création de conditions adéquates à l'apprentissage des enfants dans les familles,

L'information par la présence de moyens de communication de connaissances techniques et d'appui à la production à moindre coût (films documentaires, émissions radio, etc.),

La santé par l'amélioration du service des centres de santé de base (conditions de travail, conditions séjour des patients, accroissement de la couverture vaccinale dans les périmètres de santé),

Dans les zones rurales les besoins énergétiques de l'éclairage sont assurés par du pétrole dans les lampes à pétrole et des piles dans les lampes torches. Ceux des équipements audio sont assurés à l'aide de piles. L'adoption des systèmes solaires dans ce contexte évitera l'achat de ces deux produits et entraînera des économies familiales. En effet selon une étude menée auprès des ménages ruraux, quatre (4) à six (6) litres de pétrole sont mensuellement consommés par les ménages utilisant les lampes pour leur éclairage; neuf (9) à dix huit (18) d'unités de piles sont nécessaires au fonctionnement des équipements [35]. Les dépenses mensuelles occasionnées par ses besoins s'échelonnent entre environ 2 000 et 3 000 FCFA pour le pétrole, 1 350 et 2 700 FCFA pour les piles. Finalement l'adoption des systèmes solaires photovoltaïques pourrait entraîner, pour le ménage, une économie mensuelle de 3 350 à 5 700 FCFA

La création de marchés potentiels, et les emplois induits, en fourniture, installation et maintenance des systèmes solaires PV est également un facteur économique non négligeable,

### v) Le potentiel de réduction des gaz à effet de serre

D'une manière générale, l'utilisation des énergies renouvelables a un impact positif sur l'environnement. Selon les données du European Photovoltaic Industry Association (EPIA, 2010)

pour la production de 1kWh, un système émettra environ 850 g de CO2 s'il fonctionne au combustible fossile (pétrole), 45 g s'il utilise la biomasse, **au maximum 37 g s'il est de type solaire PV**, et 11 g s'il est du type éolien. A ce bénéfice de réduction d'émission, il faut ajouter la réduction de production d'autres formes de pollution dues aux métaux et autres substances chimiques toxiques contenues dans les piles sèches et accumulateurs, sources de pollution du sol.

**vi) Coût de la technologie solaire**

Selon le rapport mondial sur les énergies renouvelables produit par le REN21, les coûts de production d'électricité à partir de système solaire photovoltaïque est comme suit :

<b>Panneaux photovoltaïques pour les ménages</b>	<b>Puissance entre 20-100 Wc</b>	<b>40-60 US cents/kWh</b>
<b>Panneaux photovoltaïques pour le réseau</b>	Puissance entre 200 kW et 100 MW	15-30 US cents/kWh

---

<sup>i</sup> **This fact sheet has been extracted from TNA Report – EVALUATION DES BESOINS EN TECHNOLOGIES ET PLANS D' ACTIONS TECHNOLOGIQUES POUR L'ATTENUATION DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES - MALI. You can access the complete report from the TNA project website <http://tech-action.org/>**