

L'électricité photovoltaïque

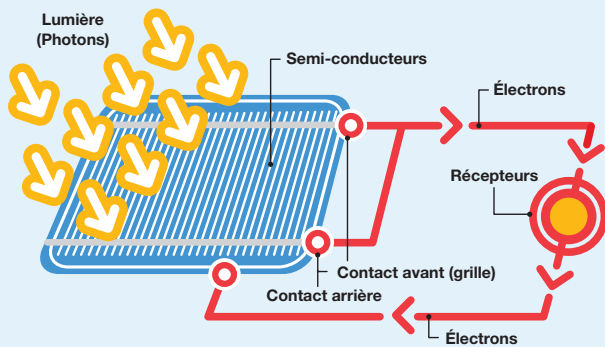
Principes et applications

Principes de fonctionnement

L'énergie solaire est l'une des ressources renouvelables les plus abondantes sur Terre. Le flux d'énergie solaire reçu annuellement sur la surface de la Terre représente environ 15 000 fois la consommation d'énergie mondiale.

Une partie de l'énergie peut être convertie directement en électricité par des capteurs : c'est l'énergie photovoltaïque.

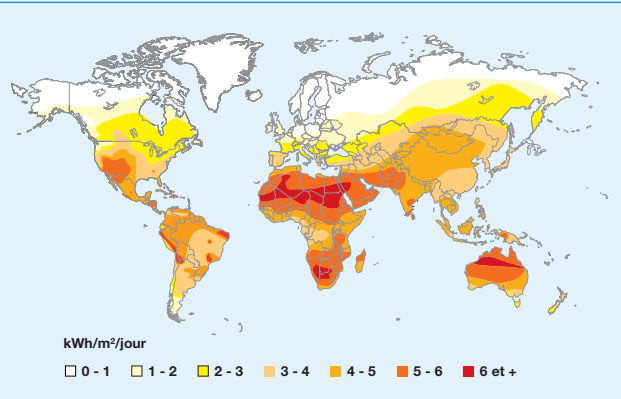
La transformation directe de l'énergie lumineuse en énergie électrique



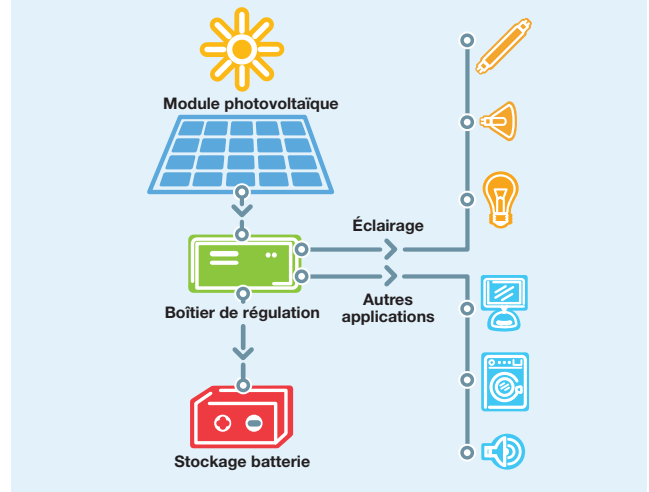
Le rendement d'une cellule photovoltaïque en silicium polycristallin est de l'ordre de 12 à 15 % en moyenne. Ainsi, 1 m² de capteurs photovoltaïques permet de fournir une puissance de 100 Watts et produit en moyenne de 80 à 150 kWh par an selon les régions du globe.

Très souvent cependant, les besoins en électricité ne correspondent pas aux heures d'ensoleillement ou nécessitent une intensité régulière (éclairage, alimentation de réfrigérateurs). On équipe alors les systèmes d'accumulateurs permettant de stocker l'électricité et de la restituer au moment adéquat.

Carte du monde de l'ensoleillement moyen annuel



Système solaire individuel utilisé pour l'électrification rurale dans les pays en développement



Les applications

Dans les pays développés, les panneaux solaires sont principalement utilisés pour les relais hertziens, les balises, les horodateurs, etc., ainsi que pour l'alimentation électrique des sites isolés et hors réseau (refuges de montagne par exemple). A noter que le marché européen d'équipements d'habitats privés est en forte croissance, notamment en Allemagne et en Espagne.

L'énergie solaire photovoltaïque trouve aussi un marché dans les pays en développement, soit par le biais de programmes subventionnés d'électrification rurale décentralisée et de pompage de l'eau, soit dans le domaine des relais télécoms, segment d'activité important ayant sa propre viabilité économique.



TOTAL

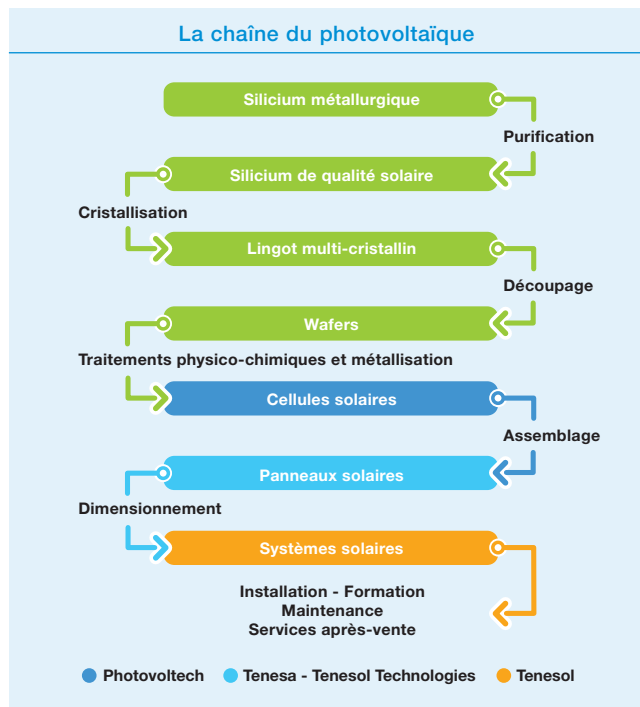
La problématique

La technologie actuelle

La technologie silicium consiste à fondre du silicium de qualité électronique (sans impuretés) pour le transformer en barres ou "lingots" d'une section de 100 à 400 cm² débités en plaques - ou *wafers* - de 200 à 300 microns d'épaisseur. La diffusion d'éléments dopants (bore, phosphore) modifie l'équilibre électronique de ces plaques, ce qui les transforme en cellules sensibles à la lumière. Un réseau de conducteurs est ensuite déposé sur leur surface pour collecter le courant. Les plaques sont enfin assemblées en mosaïque, connectées entre elles et protégées par des panneaux vitrés. Leur puissance peut atteindre 100 à 200 Watts.

La technologie silicium représente actuellement près de 90 % de la production mondiale de modules photovoltaïques. Un acteur majeur de cette production est la société belge Photovoltech, filiale de Total à 47,8 %.

Depuis son entrée en service en 2003, l'usine Photovoltech s'est affirmée comme un acteur performant de la production de cellules photovoltaïques, avec une capacité de production de 4 millions de cellules par an. Ces cellules sont à base de silicium polycristallin, matériau qui présente plusieurs avantages : peu de déchets de coupe, une fabrication nécessitant deux à trois fois moins d'énergie que les cellules à base de silicium monocristallin et un rendement de plus de deux fois supérieur à celui des cellules à base de silicium amorphe.



Le taux de conversion des cellules produites par Photovoltech, de l'ordre de 15 à 16 %, est parmi les plus élevés au monde pour des cellules à base de silicium polycristallin et dans ce type de technologies industrielles.

Préparer l'avenir

Réduire les coûts des panneaux photovoltaïques

Les panneaux actuels réclament environ 12 kilos de silicium par kW de puissance installée, pour un prix de gros avoisinant 3 500 €/kW, ce qui, pour l'heure, rend difficilement envisageable le développement de l'énergie photovoltaïque à grande échelle. Autre obstacle : les ressources disponibles en silicium.

Depuis une vingtaine d'années, des recherches sont donc menées pour pallier ces problèmes. Différentes solutions émergent, dont la technologie dite des "couches minces", qui consiste à déposer sur une plaque de verre des couches de quelques microns de silicium constituant le réseau de collecte et le couple semi-conducteur réactif à la lumière. Cette technologie permet de diviser par dix la quantité de silicium utilisé.

Des moyens importants dans le domaine de la R&D



Améliorer l'aspect

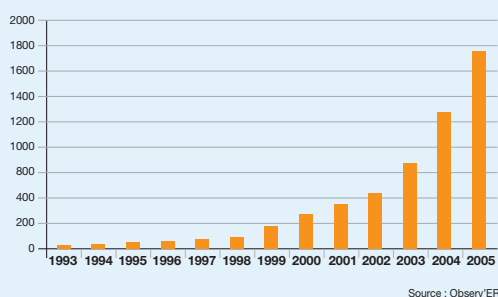
L'aspect des panneaux photovoltaïques constitue, à l'heure actuelle, un réel frein à leur développement. A travers ses filiales Photovoltech (Belgique) et Atotech (Allemagne), Total étudie la possibilité de fabriquer les panneaux plus esthétiques. Les panneaux issus de la technologie des cellules photovoltaïques hybrides apportent un premier élément de réponse : unis, avec des cellules plus grandes et des connexions électriques dissimulées au dos des plaques, ils se fondent plus harmonieusement que les mosaïques quadrillées aux toits et façades.

Les enjeux

Vers le décollage ?

Depuis ses débuts dans les années 70, l'industrie photovoltaïque a réduit ses coûts de 20 % environ pour chaque doublement de la production cumulée de panneaux. Jusqu'au démarrage des grands programmes connectés au réseau en 1997, les volumes installés ont progressé de 15 à 18 % par an et ont, depuis, dépassé 25 % par an. La réalisation des progrès technologiques identifiés et potentiels pourrait permettre de maintenir cette tendance. Dans ces conditions, un taux de croissance annuel de 20 à 30 % pourrait entraîner une réduction des coûts de 8 % par an en moyenne.

Production mondiale de cellules photovoltaïques (MW)



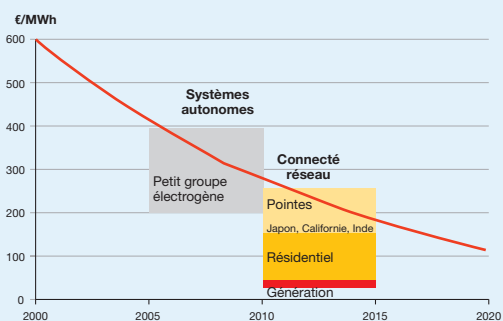
Les marchés futurs

L'Union européenne, qui a ratifié le Protocole de Kyoto en 2002, représente aujourd'hui un peu moins de 20 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre. Elle s'est engagée, à travers la directive *Emission Trading Scheme* du 13 octobre 2003, à une réduction de 8 % par rapport à 1990 sur la période 2008-2012. Par ailleurs, depuis 2000, l'Union européenne a défini l'objectif suivant : porter à 22 % en 2010 la part d'électricité produite à partir d'énergies renouvelables dans l'Europe des quinze (contre 14 % en 2000).

Enfin, en vertu de la directive européenne 2001/77/CE, les Etats membres ont adopté des objectifs nationaux concernant la part d'électricité issue d'énergies renouvelables.

Energie propre, qui ne génère aucun gaz à effet de serre, l'énergie solaire est une ressource abondante et inépuisable. Elle offre donc d'intéressantes perspectives de développement.

Compétitivité de l'électricité photovoltaïque par rapport au marché de l'électricité



Un toit photovoltaïque de 20 m² a une puissance nominale de 2,5 kW et produit 2 à 4 MWh/an, suivant l'ensoleillement. En Californie, la moitié de la consommation résidentielle, soit 36 TWh/an, pourrait être assurée, par 7 millions de toits photovoltaïques, représentant au total 18 GW installés.

Tenesol

Détenue à parité par Total et EDF (50/50) depuis mai 2005 et rebaptisée Tenesol à cette occasion, la société est l'un des acteurs majeurs du domaine de l'énergie solaire photovoltaïque. Tenesol a pour vocation la conception, l'installation et le suivi d'équipements photovoltaïques. La société conçoit des systèmes sur mesure, et, depuis 1999, fabrique ses propres panneaux solaires, ce qui renforce sa maîtrise technique et financière sur les projets réalisés.

Production de panneaux solaires

Tenesol a deux filiales de production, Tenesa et Tenesol Technologies. Implantée en Afrique du Sud, Tenesa a une capacité annuelle de production de panneaux photovoltaïques de 35 Mégawatts crête. Les panneaux photovoltaïques produits par Tenesa sont utilisés pour tous les types de systèmes réalisés par Tenesol. Tenesol Technologies est, quant à elle, installée en France. Cette usine de production de 15 Mégawatts crête a été mise en service, dans un site provisoire, au cours de l'année 2005. Les panneaux photovoltaïques fabriqués par Tenesol Technologies sont principalement destinés à l'habillage de toits en Europe. La production de la société devrait permettre d'équiper les toits de 2 500 foyers européens par an.

Réalisation de systèmes photovoltaïques

Présent sur quatre continents, Tenesol a réalisé plusieurs dizaines de milliers d'installations solaires. Leur fiabilité et leur longévité en font des systèmes rentables. A l'actif de Tenesol, il faut citer notamment l'électrification d'habitations et de systèmes de pompage de l'eau dans des sites ne pouvant être raccordés au réseau.

Les architectes Ferrier et Irissou ont réalisé le siège de Tenesol, récompensé au concours Observ'ER : "habitat solaire, habitat d'aujourd'hui".



L'engagement de Total

Une intégration croissante





À travers ses filiales Tenesol et Photovoltech, Total intervient sur une grande partie de la chaîne photovoltaïque, ce qui lui assure une bonne maîtrise des applications du solaire.

Total est effectivement présent depuis la fabrication de cellules jusqu'à la conception de systèmes et au montage financier d'opérations d'électrification rurale. Dans plusieurs pays industrialisés, le marché de l'énergie solaire photovoltaïque est en très forte croissance, grâce à des installations raccordées à un réseau public ou industriel et bénéficiant d'un prix incitatif de rachat de l'électricité. Total a la volonté de participer à l'expansion de l'industrie photovoltaïque, qui apporte une réduction certaine en termes d'émission de CO₂ comparativement aux moyens de production électrique utilisés actuellement.

Dans ses deux filiales, Total privilégie la filière au silicium cristallin qui a démontré sa fiabilité (les fabricants proposent des garanties commerciales sur une période de vingt-cinq ans). Dans cette filière, Total poursuit une politique de R&D visant à réduire les coûts de fabrication et à minimiser les besoins en silicium source.

Total s'est aussi beaucoup investi dans l'électrification de villages entiers, notamment en Afrique et entend continuer à se concentrer sur l'électrification des zones enclavées.

Les filiales de Total engagées dans l'énergie photovoltaïque

	Métier	Autres principaux partenaires
	Fabrication de panneaux, conception et vente de systèmes	EDF
	Fabrication de cellules	Electrabel, IMEC
	Société marocaine de services décentralisés	EDF, Tenesol
	Société sud-africaine de services décentralisés	EDF

L'électrification rurale décentralisée

1,5 milliard d'hommes n'ont pas accès à l'électricité. La majorité des populations à l'écart des réseaux électriques vit dans des zones rurales, où l'implantation de réseaux électriques classiques est difficile, pour des raisons d'accès ou de moyens. Les systèmes photovoltaïques constituent alors une option intéressante. Silencieux, fiables, rentables, ils permettent un accès à l'électricité avec un coût et des difficultés de mise en œuvre réduits. Ils offrent par ailleurs une puissance de 50 à 150 Watts crête, qui subvient aux besoins essentiels des communautés isolées : adduction et assainissement de l'eau, éclairage, conservation de vaccins, de denrées alimentaires, alimentation de téléviseurs, télécommunications. Total s'est engagé dans plusieurs programmes d'Électrification rurale décentralisée (ERD) dont les projets suivants constituent trois exemples.

Afrique du Sud

La SSD* Kwazulu Energy Services (KES), filiale d'EDF (65 %) et de Total (35 %), doit équiper 15 000 foyers dans le Kwazulu Natal d'ici à la fin 2006. Objectif : satisfaire les besoins domestiques et de maraîchage. L'Etat assure 80 % du financement de ce programme, KES 18 % et les clients 2 %. Environ 10 000 foyers étaient équipés à la fin 2005.

Maroc

La SSD Temasol, filiale de Tenesol (35,6 %), d'EDF (32,2 %) et de Total Maroc (32,2 %), a remporté plusieurs appels d'offres portant sur l'installation de systèmes solaires photovoltaïques qui permettent d'alimenter éclairage et équipements domestiques dans 58 000 foyers. Environ 20 000 foyers étaient équipés à la fin 2005.

Argentine

En 2004, Tenesol a installé 1 416 panneaux photovoltaïques dans 177 écoles de la province de Salta, en partenariat avec le ministère argentin de l'Énergie, la Banque mondiale, le Global Environmental Facility et la société locale de distribution d'électricité.



* SSD : société de services décentralisés