

ÉNERGIE SOLAIRE

1. GÉNÉRALITÉS

Le soleil est une gigantesque source d'énergie disponible en permanence : c'est un énorme « four » qui « brûle » de l'hydrogène depuis 4,6 milliards d'années. Quand les atomes d'hydrogène fusionnent, des atomes plus lourds se forment en libérant beaucoup d'énergie sous forme de rayonnement : c'est la fusion nucléaire. Le soleil est donc un immense réacteur nucléaire.

2. FILIÈRES D'EXPLOITATION DE L'ÉNERGIE SOLAIRE

Actuellement il existe 2 voies d'utilisation directe de l'énergie solaire :

- la transformation du rayonnement en chaleur
- la transformation du rayonnement en électricité

Ces transformations ont permis le développement de 3 filières d'exploitation :

- l'énergie solaire thermique : pour la chaleur
- l'électricité solaire thermodynamique : pour l'électricité
- l'électricité solaire photovoltaïque : pour l'électricité

2.1. ÉNERGIE SOLAIRE THERMIQUE

Dans cette filière il y a plusieurs applications : le chauffage de l'eau sanitaire, le chauffage des locaux, le chauffage des piscines.

L'objectif est ici de transformer en énergie calorifique les rayonnements photoniques solaires.

Pour cela on utilise des « capteurs thermiques » constitués de matériaux fortement absorbants. Ces capteurs absorbent les photons solaires et les transforment en chaleur qui est ensuite transportée vers un réservoir de stockage au moyen d'un liquide ou d'un gaz (appelé « caloporteur »).

De manière pratique le fonctionnement est le suivant : le rayonnement traverse une vitre qui laisse pénétrer la lumière et retient la chaleur (effet de serre) et est capté par une surface absorbante. La chaleur ainsi absorbée est ensuite récupérée grâce à un fluide caloporteur circulant sous la surface absorbante. La température du fluide peut alors atteindre 80°C, voire 100°C ; un matériau isolant thermiquement est placé à l'arrière de la surface absorbante pour limiter les pertes calorifiques. Le caloporteur transmet la chaleur à un ballon d'eau chaude ou à un hydro-accumulateur pour la production d'eau chaude sanitaire, ou à un plancher solaire pour le chauffage de la maison (le fluide caloporteur est alors injecté directement dans le plancher des bâtiments entre 25 et 30°C).

Les développements technologiques en cours semblent ouvrir une voie prometteuse en associant trois fonctions dans le même capteur (en toit face sud) : couverture, production thermique et production électrique.

Quelques valeurs : Une surface de capteur de 4 m² suffit pour satisfaire les besoins en eau chaude de 4 personnes et 10 m² permettent le chauffage d'une maison sous nos climats. Cependant les appareillages actuellement disponibles sur le marché restent encore onéreux. Il faut espérer que le développement de cette technique conduise rapidement à un retour sur investissement de 2 à 3 ans.

Avantages :

L'énergie solaire thermique est une énergie propre, abondante et gratuite.

Inconvénients :

C'est une énergie intermittente. On peut l'obtenir uniquement s'il y a du soleil et en journée. Elle est stockée dans un cumulus, mais l'appoint d'une autre forme d'énergie est nécessaire pour les périodes climatiques les plus défavorables.

2.2. ÉLECTRICITÉ SOLAIRE THERMODYNAMIQUE

L'énergie thermique du soleil permet aussi de produire de l'électricité par voie thermodynamique. Dans ce cas, la conversion de l'énergie solaire en électricité n'est pas directe mais passe par l'intermédiaire de centrales thermiques solaires de différents types.

Le principe de base utilisé, connu depuis l'antiquité, est l'obtention de température élevée par la concentration du rayonnement solaire en un seul foyer. Cela rend possible le réchauffement de fluides caloporteurs à des températures allant de 250 à 1 000°C ; ces fluides transportent la chaleur vers un réservoir d'eau, il y a alors production de vapeur d'eau qui entraînera un turboalternateur pour produire de l'électricité comme dans les centrales thermiques conventionnelles.

Des recherches intensives menées sur ce domaine dans les années 1975 à 1990 ont permis de vérifier la pertinence de ce concept pour 3 types de procédés : les centrales à capteurs cylindro-paraboliques, les paraboles autonomes, les centrales à tour.

A titre d'exemple citons :

- dans le cas des centrales à capteurs cylindro-paraboliques, le rayonnement solaire est concentré sur un axe où le fluide caloporteur est chauffé à plusieurs centaines de degrés. Ainsi, les 3 centrales réalisées par la société LUZ à Los Angeles totalisent une puissance électrique nominale de 350 MW¹ et fournissent au réseau qui alimente Los Angeles une électricité de pointe durant les après-midis d'été
- pour les centrales à tour, une multitude de miroirs orientables (héliostats) concentrent l'énergie solaire sur une chaudière unique contenant le fluide caloporteur et située sur une tour. Des prototypes d'une puissance de quelques kW à une dizaine de mégawatts (MW) ont été construits dans le monde
En particulier dans les Pyrénées, la centrale THEMIS a fonctionné au début des années 1980 en fournissant une puissance de 2 MW.

Des centrales industrielles ont été mises en service ces dernières années : en Espagne (Séville), a été installée une centrale solaire à tour PS10 (115 m de haut), d'une capacité de 11 MW. Elle produit plus de 23 GWh (gigawatts.heure) d'électricité par an et fournit de l'électricité à 5 500 foyers ; c'est la première d'une série dans la même région avec un objectif de puissance dépassant les 300 MW d'ici 2013.

Si l'on veut augmenter les rendements énergétiques, des voies sont ouvertes avec les composants des caloporteurs, l'optimisation des miroirs et du revêtement sélectif. On envisage ainsi un potentiel d'amélioration de 20 à 30%.

Le projet le plus ambitieux est celui d'une tour solaire dans le désert d'Australie de New South Wells : le soleil chauffe par effet de serre une plateforme de 7 km de diamètre au centre de laquelle s'élève une tour de 1 000 m de haut ; l'air chauffé monte ainsi dans la tour où il active 32 turbines pour produire de l'électricité.

On aurait ainsi une centrale pouvant produire 200 MW (soit de l'électricité pour 200 000 personnes) ; ce projet devrait aboutir en 2010. L'avantage de cette réalisation est son fonctionnement continu, car la nuit il utilise la chaleur restituée par le sol.

La filière parabolique, qui est un peu la filière de référence car elle met en œuvre la meilleure surface de réflexion possible : une parabole de révolution (tous les rayons solaires incidents convergent après réflexion en un seul point, le « foyer »), était restée jusqu'à aujourd'hui au stade d'expériences.

Le projet européen DESERTEC, lancé par des industriels Allemands le 13 Juillet 2009, va utiliser cette filière : des dizaines de centrales solaires tout autour du SAHARA enverront une partie de leur électricité vers l'Europe; la technologie sera classique : des séries de miroirs paraboliques capables de suivre la course du soleil concentrent la lumière vers une structure cylindrique chauffant un fluide jusqu'à 400° C.

La chaleur est alors transmise à un circuit d'eau transformé en vapeur et faisant tourner des turbines. L'électricité produite sera acheminée par des câbles enfouis dans le sol ou sous marin pour traverser la méditerranée.

Avantages :

Source d'énergie inépuisable et gratuite, pas d'émission polluante.

Inconvénients :

Nécessité de fort ensoleillement, surface de sol occupé importante.

En France par exemple l'ensoleillement direct n'est pas suffisant pour envisager la rentabilité de tels projets sur le territoire national.

¹ mégawatts électriques ; toutes les puissances indiquées sont « en crête », dans les conditions optimales d'ensoleillement ; ce qui importe, c'est l'énergie réellement générée (en MW.h, GW.h, ou TW.h). La consommation électrique de la France est d'environ 500 TWh (millions de MW.h)

La puissance de ces centrales peut atteindre plusieurs centaines de mégawatts, soit la taille d'une centrale thermique classique.

2.3. ÉLECTRICITÉ SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE

Dans ce paragraphe, on se bornera à des généralités sur l'électricité solaire photovoltaïque; ce sujet a fait l'objet d'une fiche plus complète et approfondie : [Fiche GASN N°28](#) (Cellules photovoltaïques).

Rappel du principe : les photons incidents pénètrent la cellule photovoltaïque et arrachent des électrons aux atomes du matériau semi-conducteur qui la compose. Ainsi libérés, les électrons sont orientés par un champ électrique interne et leur mouvement génère un courant électrique.

Cette technique permet de convertir l'énergie du soleil directement en électricité. Cette conversion, appelée effet photovoltaïque, a été découverte en 1839 par Antoine Becquerel.

L'effet photovoltaïque, utilisé dans les cellules solaires que l'on assemble en modules puis en panneaux solaires, permet de convertir directement l'énergie lumineuse du rayonnement solaire en électricité

Utilisation de l'électricité solaire photovoltaïque

L'électricité solaire photovoltaïque est utilisée de deux manières :

- pour une utilisation locale, ce qui convient bien aux sites isolés
- par injection dans le réseau électrique général

Avantages :

- pouvoir s'intégrer un peu partout pour fournir sur place de petites puissances (1 à 5 000 Wc)
- générateur simple et très fiable, durée de vie supérieure à 25 ans (pas de mécanisme)
- intégration facile sans gêne particulière
- potentiel illimité (5% de la surface des déserts suffirait pour alimenter la planète)
- en zone isolée, évite le raccordement au réseau électrique, qui peut être très coûteux et avoir un impact sur l'environnement (refuge de montagne, par exemple)

Inconvénients :

- le stockage, qui est le maillon faible vu le caractère non constant de l'ensoleillement
- le caractère aléatoire, diurne et saisonnier
- un rendement faible (10%) ; ce rendement dépend de la bonne orientation des capteurs
- une implantation surfacique importante (100 Wc/m²) ; (Wc : watt-crête, c'est-à-dire dans les conditions optimales d'ensoleillement). Dans la pratique, il faut un m² pour garder alimenter toute la journée une ampoule basse consommation

3. CONCLUSION

Le solaire thermique est aujourd'hui bien maîtrisé en termes technologiques et économiques.

Par contre, la conversion directe du rayonnement solaire en électricité – solaire photovoltaïque – qui constitue potentiellement une option riche de progrès, ne peut être intéressante que si elle est économiquement compétitive.

Des recherches importantes visent à mettre au point des technologies permettant d'améliorer la compétitivité des systèmes photovoltaïques.

Le soleil constitue une source d'énergie propre et inépuisable (la durée de vie du soleil est estimée à 5 milliards d'années) que l'on arrivera sans doute un jour à maîtriser, mais qui est aujourd'hui encore très coûteuse.

Bibliographie :

- CEA de la recherche à l'industrie
- Clefs CEA n°49/50/51
- Le photovoltaïque : les filières, les marchés, les perspectives - Patrick Jourde CEA/GENEC
- CEA jeunes : l'énergie (les docs des incollables)
- ADEME
 - 13^e journées internationales de thermiques d'ALBI (Ecole des Mines), août 2007 (*un nouveau concept de centrale solaire thermodynamique basé sur un récepteur à lit fluidisé*).
 - 12^{ème} rencontres scientifiques de la région Centre.
- Desertec.org