

Les Centrales solaires thermiques, une solution pour l'avenir ?

Due à la raréfaction des combustibles fossiles et aux enjeux environnementaux, le solaire thermique refait surface après quelques temps dans l'ombre. Cette technologie est souvent mise en avant comme une solution viable susceptible de pouvoir concurrencer les énergies fossiles dans la production électrique de masse, et ainsi de venir compléter la filière des énergies renouvelables alternatives. Quelles sont les caractéristiques de cette technologie en termes de production, de coût et d'impact environnemental ? Le solaire thermique est-il réellement en mesure de concurrencer les autres technologies de production de masse ?

Le solaire thermique : un principe oublié et simple

Bien moins connu du grand public, le principe de fonctionnement des centrales solaires thermiques (ou centrales solaires à concentration) date des années 80 et repose sur un procédé très simple : des réflecteurs redirigent et concentrent de larges quantités de rayonnement solaire vers un capteur afin de chauffer un fluide calorifuge sous-jacent et ainsi produire de la chaleur. Cette chaleur sera ensuite transformée en énergie mécanique puis électrique à l'aide d'une turbine thermique en suivant un procédé parfaitement identique au mode de fonctionnement des centrales thermiques classique. De nos jours, trois types de technologies sont principalement utilisées :

- les centrales à miroirs paraboliques qui s'orientent de manière à concentrer les rayons lumineux en un point où se trouve le fluide calorifuge

- les centrales à tours, où des miroirs plans orientables concentrent le rayonnement lumineux sur un récepteur placé au sommet d'une tour.

- Les centrales à miroirs cylindro-paraboliques, qui concentrent les rayons vers un tube contenant le fluide calorifuge le long de l'axe de révolution du miroir.

Vers les années 80, le solaire thermique a été mis de côté pour des raisons de coûts mais il revient maintenant sur le devant de la scène à cause de la volatilité des prix des combustibles fossiles et de l'émergence des politiques environnementales. S'il existe un regain d'intérêt vis-à-vis de cette solution, les performances techniques, économiques et environnementales des centrales solaires thermodynamiques peuvent-elles réellement concurrencer les autres technologies ?

Le solaire thermique aujourd'hui : ses avantages et ses limites

En termes de puissance installée, les capacités des centrales solaires sont comparables aux centrales à énergie fossile. Par exemple, le projet Andasol en Espagne rassemble trois tranches de 50MW. Mais le solaire thermique ne s'en contente pas, de nombreux nouveaux projets notamment aux États-Unis et en Espagne prévoient dans les prochaines années des centrales allant jusqu'à 500MW, soit le tiers d'un EPR !

L'impact environnemental du solaire thermique est bien entendu très faible. Son empreinte carbone est inférieure à toutes les autres solutions, hors nucléaire. Ainsi, le projet Solar Energy Generating Systems en Californie permet d'économiser 3800 tonnes de CO₂ par an¹, comparé à une

¹ <http://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/energie-solaire-exploitation>, 10/04/14

centrale à charbon de même capacité. En outre, pour être rentable, l'installation des centrales est réalisée dans des zones arides ou désertiques ce qui constitue une valorisation de ces espaces pour la plupart inutilisés. Néanmoins de telles implantations peuvent nécessiter un apport en eau non négligeable, près de 3000 L d'eau/MWh (contre les 2000 L/MWh des centrales à charbon)², bien que, grâce aux nouvelles découvertes technologiques, on peut économiser une grande partie de l'eau utilisée en privilégiant un cycle thermodynamique fermé, comme c'est le cas pour le projet Ivanpah (ouverture en février 2014), situé en Californie, où les seules pertes en eau sont au niveau du refroidissement.

Cependant, le solaire thermique est confronté à des inconvénients pénalisants. En premier lieu, comme toute installation solaire, photovoltaïque ou thermique, les centrales souffrent de l'intermittence : elles ne fonctionnent à plein régime que quelques heures dans la journée. Dans le cas du thermique, les industriels ont trouvé la parade : stocker une partie de la chaleur à l'aide de sels liquides pour ensuite alimenter les turbines la nuit tombée. Avec des capacités de stockage de 7 à 15h, les centrales à concentration sont ainsi capables de délivrer de l'énergie de nuit comme de jour. Néanmoins, cette solution ne résout pas le problème des saisons. Le rayonnement solaire reçu est minimal en hivers alors que la consommation électrique (en France) y est maximale. Les avancées technologiques ne permettent pas encore de compenser ces disparités saisonnières. L'électricité et la chaleur ne se stockent pas facilement sur des périodes aussi longues.

Le coût moyen de production pour ce type de centrales sera encore assez élevé en 2020. Toutefois, les avancées techniques et technologiques ainsi que les économies d'échelle devraient à terme porter ce coût à 50€/MWh³ dans les zones désertiques et ainsi rejoindre les prix des centrales à combustibles fossiles. La conjoncture actuelle (augmentation du prix des combustibles fossiles et taxation sur les gaz à effet de serre) devrait permettre au solaire thermique d'être plus compétitif au cours des prochaines années. Cependant, si un coût s'approchant les 50€/MWh dans les zones désertiques est économiquement viable cela n'est malheureusement pas le cas dans les zones moins ensoleillées. Le seuil de rentabilité des centrales solaires thermiques s'élève à plus de 2 200 kWh/m²/an (rayonnement reçu du soleil)⁴. En France métropolitaine, par exemple, l'ensoleillement maximal est de 1 790 kWh/m²/an (Corse)⁵, et le coût de production s'élève donc à plus de 300€/MWh⁶ actuellement. On est bien loin des 34€/MWh⁷ d'une centrale nucléaire de 2^{ème} génération ! L'attractivité du solaire thermique dans les zones d'ensoleillement modéré dépendra donc en majeure partie de la hauteur des aides publiques. Néanmoins cette technologie est viable dans les zones d'ensoleillement supérieur à 2 200 kWh/m²/an, ce qui offre de nombreux candidats : Nord de l'Afrique, Nord-ouest Américain, Amérique du Sud, Grèce, Espagne, Chypre etc...

Les défis du solaire thermique

Si les caractéristiques des centrales à concentration en termes de capacité, d'impact environnemental et de disponibilité sont comparables voire meilleures que d'autres technologies, elles ont encore des progrès à faire en terme de coûts pour venir concurrencer les centrales à

^{2 3 4} <http://energie.sia-partners.com/>, 10/04/14

^{5 6 7} <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/>, 10/04/14

combustibles fossiles. S'imposer de manière durable sur le marché passera forcément par la résolution d'un certain nombre de défis technologiques et économiques.

Le potentiel de développement des centrales solaires thermiques dépendra de leur capacité à répondre à une demande d'électricité en dehors des périodes d'ensoleillement. Ce qui peut être accompli par des processus d'hybridation avec d'autres sources d'énergie (en utilisant du gaz naturel lorsque l'éclairement est insuffisant, par exemple) ou alors, idéalement, grâce à des procédés de stockage thermique longue durée. Par ailleurs, le transport de l'électricité sur de longues distances reste défi majeur. Enfin, il est à noter que les processus de refroidissement et de condensation sont très consommateurs en eau. Cette problématique est d'autant plus critique que les centrales sont déployées dans les zones arides ou semi-arides. À ce jour, seule la technique de refroidissement à sec (*Dry Cooling*) permet de réduire considérablement les besoins en eau. En contrepartie, le refroidissement à sec induit une baisse de 7% de la production d'électricité et une augmentation de 10% de son coût⁸.

Un fort potentiel et des opportunités industrielles à saisir

Le scénario prévisionnel de l'AIE table sur un fort développement de la technologie. À l'horizon 2020, la capacité installée dépasserait les 100 GW⁹. À horizon 2030, les réseaux longue distance seraient déployés et l'électricité thermo-solaire deviendrait compétitive avec l'électricité fossile. À cette date, la capacité prévisionnelle totale installée est estimée par l'AIE à plus de 300 GW. Les centrales solaires thermiques semblent donc avoir un avenir radieux.

^{8 9} <http://energie.sia-partners.com/>,10/04/14