

CHIFFRES CLÉS

Puissance installée

1,01 MW
(uniquement sur des sites pilotes)

La Programmation pluriannuelle de l'énergie ne contient aucun objectif pour la filière solaire thermodynamique



Projet Alba Nova 1, situé en Corse, au cœur du domaine de Pinia sur la commune de Ghisonaccia.

Solar Euromed

La France a de fortes ambitions quant au rôle qu'elle entend avoir dans le secteur du solaire thermodynamique. Toutefois, la filière nationale manque encore de démonstrateurs industriels pour étoffer son offre, notamment à l'international, où résident les enjeux énergétiques et industriels de cette filière.

117

FILIÈRE SOLAIRE THERMODYNAMIQUE

Observ'ER

Le Baromètre 2015
des énergies renouvelables
électriques en France

UNE TECHNOLOGIE AUX MULTIPLES APPLICATIONS

Le solaire thermodynamique est une valorisation du rayonnement solaire direct. Souvent comparé au photovoltaïque, le solaire thermodynamique est plus polyvalent dans ses usages. La technologie concentre le rayonnement solaire pour chauffer un fluide à haute température (entre 200 et 500 °C) et produire de l'énergie valorisée sous forme d'électricité, de froid, de chaleur industrielle ou dans des applications plus spécifiques comme le dessalage d'eau de mer.

Le solaire thermodynamique a l'avantage de produire de l'électricité en continu grâce aux systèmes de stockage thermique auxquels il peut être associé. Cela permet de couvrir des pics de consommation situés après le coucher du soleil. Grâce à cette possibilité de production en continu, le solaire thermodynamique se distingue des énergies renouvelables intermittentes et doit être vu comme leur complément plutôt que leur concurrent. L'autre avantage du solaire thermodynamique est l'hybridation, c'est-à-dire l'association d'une centrale solaire à une autre source de chaleur issue d'énergie fossile ou de la biomasse, garantissant ainsi une production continue. Cela permet des systèmes de cogénération (production simultanée d'électricité et de chaleur) qui peuvent améliorer la rentabilité des projets. L'hybridation offre ainsi une capacité ferme, prédictible, et non relative, reposant sur le taux et la qualité de l'ensoleillement.

Sur le plan des technologies, les centrales solaires thermodynamiques recouvrent une grande variété de systèmes disponibles, que ce soit au niveau de la concentration du rayonnement, du choix du fluide

caloporteur ou du mode de stockage (*voir graphique n° 1*).

BRÈVE HISTOIRE DU CSP EN FRANCE

Au début des années 1980, la France avait fait un coup d'éclat avec l'inauguration de la centrale à tour de Thémis à Targassonne. Cette réalisation était une référence internationale dans le domaine du solaire thermodynamique et elle venait récompenser les travaux menés depuis une quinzaine d'années sur le four solaire d'Odeillo. Cependant, ces premières expériences n'ont pas débouché sur une phase industrielle et le site a été reconverti dans la recherche en astrophysique¹. La filière française du CSP est alors restée figée pendant une vingtaine d'années et ce n'est qu'au milieu des années 2000 qu'un renouveau s'est amorcé grâce à la croissance du marché mondial, portée par les États-Unis et l'Espagne.

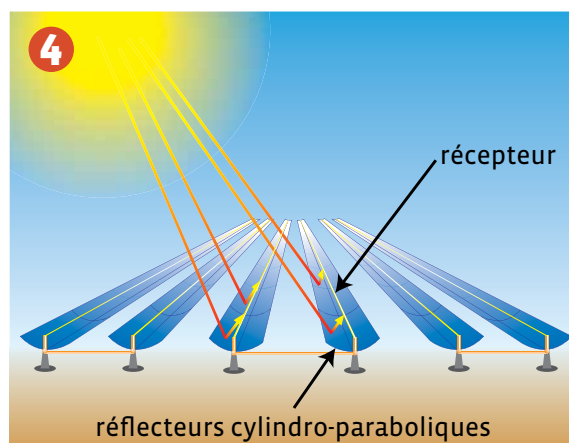
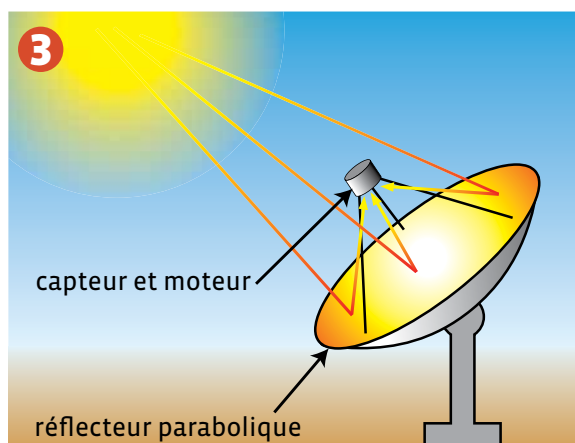
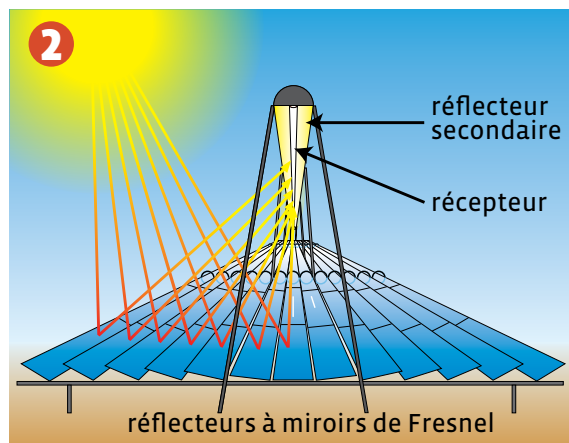
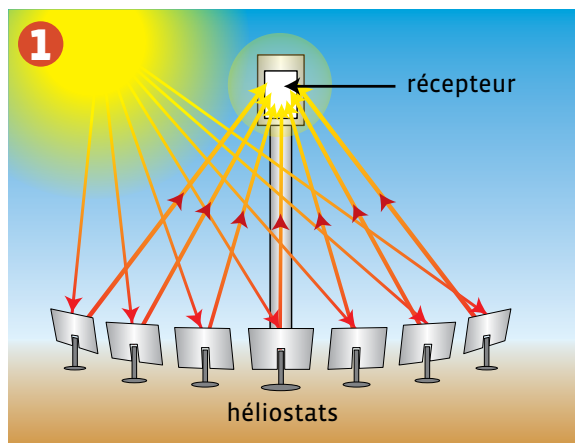
Le développement du marché mondial du solaire thermique à concentration a relancé en France une réflexion qui a débouché sur l'établissement par l'Ademe en 2012 d'une feuille de route pour la filière. Parmi les objectifs définis figurait la réalisation de démonstrateurs pour les différentes technologies sur lesquelles les industriels français se sont positionnés. Dans la foulée, un appel à manifestations d'intérêt a été organisé en 2011 pour déboucher en avril 2012 sur le choix de trois projets² (*voir tableau n° 1*) censés poser les bases d'un savoir-faire national.

1. Le site est redevenu une plateforme de recherche sur l'énergie solaire en 2004.
2. Stars, un quatrième projet mené par Areva, avait été retenu mais il a été abandonné après le retrait de l'industriel du domaine du solaire thermodynamique.

Graph. n° 1

Les quatre technologies principales de production d'électricité d'origine solaire par voie thermodynamique

Source : Observ'ER 2015



- 1 Les héliostats et centrales à tour** : des centaines, voire des milliers de miroirs (héliostats) équipés d'un système de suivi du soleil (2 axes de rotation) concentrent les rayons du soleil sur un récepteur central placé au sommet d'une tour.
- 2 Les collecteurs à réflecteurs linéaires de Fresnel** sont composés d'une succession de miroirs plans qui suivent la courbe du soleil (1 axe de rotation) et redirigent les rayons sur un tube absorbeur (récepteur). L'utilisation de réflecteurs non incurvés permet d'abaisser considérablement le coût, comparativement aux collecteurs cylindro-paraboliques, malgré un rendement inférieur.
- 3 Les disques paraboliques**, en forme d'assiette, suivent la course du soleil (2 axes de rotation) et concentrent les rayonnements vers un récepteur situé au point focal de la parabole. Au point focal se trouve une enceinte à l'intérieur de laquelle un gaz entraîne un moteur Stirling. Peu d'industriels dans le monde portent cette technologie.
- 4 Les réflecteurs cylindro-paraboliques**, miroirs en forme d'auge, concentrent les rayons du soleil vers un tube (récepteur) placé sur la ligne focale.

Tabl. n° 1

Projets retenus dans le cadre des appels à manifestations d'intérêt

Source : Ademe

Projet	Industriel	Technologie	Objectifs	Fonds alloués par l'Ademe
eCARE	Cnim	Fresnel	Démonstrateur préindustriel de centrale solaire pour la production d'électricité, accompagné d'une méthode de prédiction de la ressource solaire.	4,4 M€ (montant total projet : 10,1 M€)
LFR 500 pour Linear Fresnel Reflector à plus de 500 °C	Solar Euromed	Fresnel	Développer une technologie solaire thermodynamique à une température de plus de 500 °C reposant sur la technologie innovante d'un tube absorbeur résistant aux hautes températures sans maintien sous vide.	2,9 M€ (montant total projet : 5,9 M€)
Microsol	Schneider Electric	Fresnel	Proposer des produits et solutions adaptés à des milieux ruraux dans des pays au fort taux d'ensoleillement. Énergie fiable, abordable et propre.	5,1 M€ (montant total projet : 10,9 M€)

Ces projets sont toujours en cours de développement.

2012 a également vu le lancement d'un appel d'offres d'électricité solaire (essentiellement tourné vers le photovoltaïque) comportant un volet solaire thermodynamique. Deux dossiers ont été retenus : le projet corse d'Alba Nova 1, porté par Solar Euromed pour 12 MW, et celui de la centrale solaire de Llo pour 9 MW porté par le groupe Constructions industrielles de la Méditerranée (Cnim) en Languedoc-Roussillon. Les professionnels du secteur s'attendaient à ce que cette opération soit reconduite et demandaient une tranche dédiée de 100 MW. Pourtant, l'appel d'offres de 2014 dédié aux installations solaires de grande puissance (>250 kW) n'a pas inclus de volet solaire thermodynamique. La position des pouvoirs publics est désormais d'attendre la concrétisation des projets en cours avant de lancer d'éventuels nouveaux appels d'offres sur le secteur.

À L'ÉCHELLE MONDIALE, LE CSP A UN FORT POTENTIEL

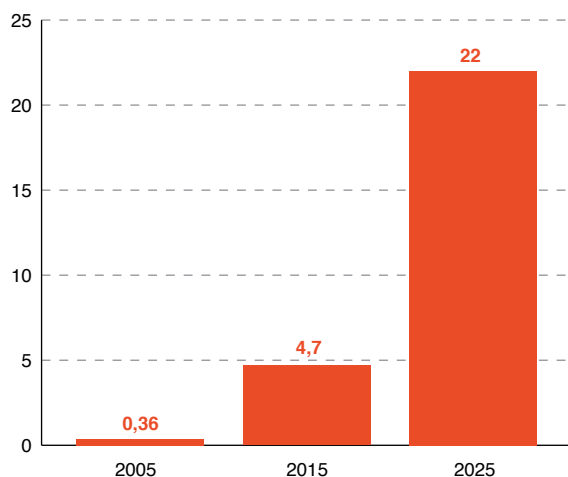
Au niveau mondial, le CSP a un important potentiel de développement. La filière a déjà fait un bond entre 2005 et 2015 en passant de 355 MW installés à 4,7 GW, tirée par l'Espagne (2,3 GW) et les États-Unis (1,7 GW). Par ailleurs CSP Today, un cabinet d'études anglais spécialiste du CSP, prévoit un marché à 22 GW en 2025.

Pour un horizon plus lointain, l'Agence internationale de l'énergie (AIE) prévoit une contribution du solaire thermodynamique à hauteur de 11 % de la production électrique mondiale en 2050. Cette prévision, qui date de septembre 2014, est restée inchangée par rapport à l'objectif de la feuille de route 2010. Avec plus de 1 000 GW de capacité installée dans ce scénario, les centrales associées ou non à des systèmes de stockage de l'énergie

Graph. n° 2

Évolution des capacités CSP (GW)

Source : CSP Today



pourraient assurer une production annuelle de 4 770 TWh, soit l'équivalent de la consommation des États-Unis. Concernant la France, l'Ademe a également introduit la filière dans ses travaux. Dans son scénario "un mix électrique 100 % renouvelable en 2050" publié à l'automne 2015, les projections des puissances solaires thermodynamiques sont de 430 MW en 2050.

Les marchés émergents dans ce secteur sont l'Afrique du Sud, le Moyen-Orient, le Maghreb, l'Inde, la Chine et le Chili, tirés par le potentiel de toutes les technologies solaires. Par exemple, l'Arabie saoudite souhaite déployer 25 GW d'électricité solaire entre 2015 et 2032. Dans le sultanat d'Oman, la société Petroleum Development Oman projette de développer une centrale thermodynamique de plus de 1 GW. Cette centrale produira de la vapeur destinée à l'extraction de pétrole et remplacera l'utilisation de gaz naturel. Ce projet représente un investissement de 542 millions d'euros et le début de la production est attendu

pour 2017. La Namibie a émis son premier appel à projets en novembre 2015 pour la construction de sa première centrale solaire thermodynamique d'une puissance entre 50 et 200 MW. Le Maroc est également un pays en vue dans le monde du solaire thermodynamique. Selon CSP Today, le pays pourrait installer près de 2 GW d'ici 2025, voire 4,5 GW dans un scénario de développement optimiste. Pour rappel, en 2013 le pays a alloué 3 projets CSP pour un total de 510 MW à Acwa Power (Arabie saoudite), dans le cadre du plan solaire Noor divisé en Noor I (160 MW), Noor II (200 MW) et Noor III (150 MW).

LA FRANCE TOUJOURS À LA RECHERCHE D'UNE VITRINE POUR L'EXPORT

Face à cette évolution, la France a l'intention de devenir un acteur industriel tourné vers l'international. Dans une étude de 2013, le cabinet Ernst & Young a simulé les retombées économiques potentielles pour la filière française si celle-ci participait à 10 % de la croissance du marché. L'activité économique générée serait supérieure à 1 milliard d'euros sur la période 2013-2020 et permettrait la création de 20 000 emplois équivalents temps plein. En générant de l'activité économique, la filière entraînerait également des retombées fiscales qui sont évaluées à 63 centimes par euro investi par les différents acteurs (développeurs, industriels, institutions financières privées et publiques...). Pour faire valoir son savoir-faire, la stratégie française est de développer quelques projets sur son territoire afin de construire une "vitrine" pour ses entreprises et développer l'export. L'appel d'offres CRE 1 dans lequel les projets Llo et Alba Nova ont été retenus entre dans cette stratégie. Pour l'instant, ces chantiers associés aux projets de l'AMI de

Le géant européen du solaire thermodynamique en procédure de faillite

Début décembre 2015, Abengoa, premier groupe énergie renouvelable espagnol et acteur incontournable du solaire thermodynamique, a entamé des discussions avec ses créanciers en vue d'une procédure de pré-dépôt de bilan. En recherche de financements depuis plusieurs mois, l'entreprise avait cru trouver dans l'équipementier automobile espagnol Gestamp le partenaire idéal. Mais l'annonce du retrait de celui-ci laisse désormais à Abengoa seulement quatre mois pour refinancer une dette brute de 8,9 milliards d'euros. Si le groupe venait à échouer, il s'agirait de la plus grosse faillite de l'histoire économique espagnole. Le sujet est politique car le groupe emploie 24 000 personnes dans le monde.

Afin de dégager rapidement des liquidités, Abengoa s'est résolu à vendre différents actifs, notamment des sites solaires thermodynamiques en Afrique du Sud, au Chili, à Abu Dhabi et en Algérie.

Principal développeur mondial de centrales solaires thermodynamiques, Abengoa dispose actuellement d'une puissance commerciale en fonctionnement de 1 603 MW avec des unités situées en Espagne, aux États-Unis (Solana, Mojave), en Algérie (Hassi R'Mel) et aux Émirats arabes unis.

l'Ademe représentent le principal horizon de développement de la filière. En effet, il n'y a eu aucun objectif de puissance retenu pour la filière dans le projet de texte de Programmation pluriannuelle énergétique en novembre 2015, au contraire de la précédente programmation qui visait 540 MW à fin 2020. Lorsque les projets issus de CRE 1 seront terminés, la filière espère un nouvel appel d'offres sur un projet ambitieux. Ainsi à moyen terme, une centrale entre 30 et 50 MW serait un bon produit d'appel à présenter aux investisseurs internationaux.

Côté industriel, le Groupe Cnim, qui avait participé à la création du projet Thémis en 1982, a créé en 2015 une filiale baptisée Suncnim, dédiée au projet de Llo. La BPI a pris une part minoritaire de Suncnim, représentant 25 millions d'euros sur 55 millions d'euros de fonds propres. Grâce à ce coup de pouce, la construction de la centrale de Llo devrait

commencer en 2016 pour une mise en service en 2018. Le projet de Llo sera un démonstrateur pour Suncnim qui vise l'international, et lui permettra d'assurer la commercialisation de sa technologie solaire à concentration. Ses pays prioritaires sont le Maroc, l'Afrique du Sud, l'Arabie saoudite, l'Inde, la Chine et les États-Unis. La direction de Suncnim pense pouvoir à terme créer 500 emplois directs en France sur un horizon de 5 ans.

Enfin, pendant l'été 2015, l'agence marocaine de l'énergie solaire, Masen, a annoncé un partenariat avec Alcen, un conglomérat industriel français qui travaille aussi bien dans la défense et l'aéronautique que dans le médical et l'énergie. Les accords visent le CSP et les miroirs de Fresnel, grâce à l'entrée de Masen au capital d'Alsolen, filiale d'Alcen. C'est un engagement de

30 millions d'euros pour 50 % du capital. Alsolen développera des projets vitrines au Maroc pour présenter ses technologies innovantes. Masen a également signé un partenariat avec le CEA et espère la création d'un laboratoire commun au Maroc afin de "développer des prototypes de systèmes et de sous-systèmes de centrales solaires ainsi que des applications solaires".

Le bilan du côté des grands groupes est plus mitigé. Ainsi, Areva s'est retiré du marché du CSP suite à ses mauvais résultats financiers globaux. Par ailleurs, l'attribution du projet Noor III à Acwa Power s'est faite au détriment d'Engie et d'un partenariat EDF/Alstom qui s'était engagés sur le sujet.

D'autres poids lourds s'en sortent mieux. Ainsi, Alstom a fondé le développement de sa filière solaire thermodynamique sur le sol américain, en partenariat avec l'entreprise étatsunienne BrightSource Energy. L'expérience d'Alstom en matière de solutions intégrées pour centrales électriques et d'équipements majeurs pour la production d'électricité s'associe aussi à la technologie de tours solaires de BrightSource. Les deux entreprises ont ainsi obtenu un contrat en Israël pour construire une centrale thermodynamique d'une puissance de 121 MW, soit la demande électrique de 120 000 foyers.

français ont une carte à jouer car il y a peu de sociétés au plan mondial capables de répondre aux appels d'offres internationaux. De plus, la France possède des compétences et des entreprises sur l'ensemble de la chaîne de valeur : fabricants de turbines, d'alternateurs, de miroirs, de trackers, de structures métalliques, de récepteurs mais aussi des groupes d'ingénierie, électriciens, chaudronniers, chaudiéristes, fabricants de pompes ou de moteurs...

La France détient une large gamme d'organismes et d'outils qui peuvent être sollicités dans le cadre de la recherche de marchés à l'étranger. La BPI s'est ainsi engagée auprès de la filière thermodynamique, sous la forme de prêts ou de prise de participation. Pour rappel, l'objectif de la BPI est de porter les fleurons de l'industrie française sur les marchés les plus prometteurs. Par ailleurs, la France commence à structurer son réseau d'export pour les filières solaires en mobilisant le ministère des Affaires étrangères, l'Agence française de développement et ses réseaux diplomatiques. La filière cherche notamment à profiter de ce mouvement pour faire émerger un fonds de garantie. Celui-ci viendrait couvrir le risque d'instabilité politique de certains pays et par là même rassurer les banques privées encore peu présentes sur le secteur. ●

123

En 2010, l'énergéticien Total s'était associé à Abengoa Solar et Masdar pour la conception et la construction d'une centrale solaire à concentration de 100 MW aux Émirats arabes unis. La centrale inaugurée en 2013 est actuellement en exploitation.

L'ACCOMPAGNEMENT INSTITUTIONNEL DE LA FILIÈRE

Malgré la concurrence que peuvent opposer les entreprises étrangères, les acteurs

Observ'ER

Le Baromètre 2015
des énergies renouvelables
électriques en France

Quelques sites pour aller plus loin :

- ✓ Les pages dédiées à la filière sur le site de l'Ademe : www.ademe.fr
- ✓ www.estelasolar.org
- ✓ www.promes.cnrs.fr
- ✓ www.foursolaire-fontromeu.fr
- ✓ Les pages dédiées à la filière sur le site du Syndicat des énergies renouvelables : www.enr.fr



3 QUESTIONS

de l'Observatoire
des énergies renouvelables



à **Roger Pujol**,
président
de Suncnim

1 Le solaire thermodynamique est la seule filière renouvelable absente des objectifs de la PPE, est-ce un handicap ?

Le solaire thermodynamique n'est pas destiné à être massivement implanté en France du fait de sa latitude et de son ensoleillement. On peut donc comprendre son exclusion de la PPE même si les engagements anciens portaient sur 540 MW. Cet objectif a probablement été fixé alors que les objectifs de l'énergie photovoltaïque étaient de 5 400 MW et que 10 % avaient été réservés au CSP. Cela dit, il ne correspondait pas au besoin français, ni à la stratégie mise en place de « vitrine de savoir-faire » pour favoriser l'export. L'absence du solaire thermodynamique de la PPE n'est donc pas une marque de désintérêt. Après l'appel d'offres CRE 1, la filière attend néanmoins d'autres appels d'offres pour construire des démonstrateurs d'une taille qui soit représentative des possibilités de la filière.

2 Quels sont les principaux obstacles au développement de la filière française ?

Le manque d'une vitrine significative est sans nul doute le principal handicap de l'industrie française en comparaison des références existantes en Espagne et aux États-Unis. Elles ont permis à ces pays de développer les entreprises leaders de ce marché. Un client à l'export attend des références, et pour l'instant l'industrie française a du mal à passer le "round one" des appels d'offres internationaux. C'est pourquoi Suncnim accorde une importance primordiale à la réalisation de la centrale eLlo dont le financement est bouclé, les contrats signés et dont la construction doit démarrer début 2016. Cette centrale nous ouvrira certains marchés. Cependant, pour véritablement peser à l'international, nous devrions pouvoir présenter aux clients à l'export des démonstrateurs de 30 à 50 MW. C'est pourquoi la filière espère un appel d'offres d'environ 100 MW.

3 Comment se structure le marché international du CSP ?

Globalement, le marché se porte assez bien. En général, les pays se sont lancés avec des objectifs raisonnés de capacité installée et ils font évoluer ces objectifs petit à petit. Seul le Maroc s'était lancé rapidement avec des objectifs ambitieux dans la filière. Il n'y a que l'Espagne qui se soit grandement rétractée sur la filière, en mettant en difficulté ses entreprises.

Le solaire thermodynamique est une technologie qui, au contraire du photovoltaïque, est destinée uniquement aux pays disposant d'un très fort ensoleillement direct. Ces pays présentent souvent un défi

SOLAIRE THERMODYNAMIQUE



cit énergétique et des difficultés de réseau de transport rendant l'intégration d'énergie fatale plus difficile. Le solaire thermodynamique, bénéficiant de la relative simplicité et maturité des solutions de stockage thermique, est donc en concurrence avec une offre « photovoltaïque + stockage », ce qui le rend compétitif. ●

125

Observ'ER

Le Baromètre 2015
des énergies renouvelables
électriques en France

Retour
au sommaire