

Mais où sont les entreprises françaises de fabrication d'équipements pour la production d'électricité solaire ?

La caractéristique des deux secteurs (éolien et solaire) de production d'électricité concernés par le Plan Solaire Méditerranéen est d'avoir donné naissance à des industries extrêmement dynamiques, qui ont bénéficié jusqu'à la fin de l'année 2008 d'une très forte croissance, tirée notamment, par les obligations d'achat d'électricité imposées par voies législative et réglementaire dans plusieurs pays occidentaux et au Japon, ainsi que par des tarifs favorables prenant en compte le coût de leur production.

Ainsi, de nombreuses entreprises se sont développées – y compris en Chine avec un accent mis essentiellement sur l'exportation. Ces entreprises jouent à présent un rôle mondial.

par **Claude TRINK***

LE SECTEUR DES ÉQUIPEMENTS POUR LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ SOLAIRE ET ÉOLIENNE A DONNÉ NAISSANCE À DE GRANDES ENTREPRISES... À L'ÉTRANGER

Sur le plan mondial, les capacités de production d'électricité d'origine éolienne et solaire connaissent une croissance spectaculaire

La puissance mondiale installée des centrales éoliennes a atteint 121 GW en 2008, contre 17 GW en 2000, ce qui représente une croissance de 27 % par an en moyenne, qui devrait se poursuivre sur le même rythme et atteindre 332 GW en 2013 (1). Les capacités les plus

* Ingénieur général des Mines, membre du Conseil général de l'Industrie, de l'Énergie et des Technologies.

(1) Source : Rapport 2008 du *Global Wind Energy Council*.

importantes se trouvent aux États-Unis (25 GW), en Allemagne (24 GW) et en Espagne (17 GW), la France se situant loin derrière (3,4 GW, avec un objectif de 20 GW à l'horizon 2020).

La capacité installée de production d'électricité d'origine photovoltaïque est nettement moins élevée (15 GW), mais elle connaît elle aussi une croissance très forte (+37 %/an depuis 2000), suscitée notamment par les tarifs d'achat très avantageux offerts aux exploitants en Allemagne et en Espagne (2), qui accueillent sur leur sol pratiquement la moitié des centrales photovoltaïques (avec des puissances totales respectives de 5,3 et 2,2 GW). Là encore, la France est en retrait, avec une capacité de production de 87 MW en 2008, qu'elle souhaite augmenter très fortement, comme l'indique le scénario central du Grenelle de l'Environnement (qui fixe l'objectif de 5,4 GW à l'horizon 2020).

Enfin, la production d'électricité provenant de centrales solaires thermiques reste, à ce jour, limitée à cinq sites, aux États-Unis et en Espagne, d'une puissance installée ne dépassant pas les 500 MW. Toutefois, des projets de centrales représentant ensemble une puissance de plus de 8 GW en sont à des stades divers d'avancement dans le monde, là encore, essentiellement dans les deux pays précités. La France, pour sa part, a un seul projet de centrale solaire à concentration (CSP), dans le cadre de la réactivation du site de THEMIS (dans les Pyrénées-Orientales) (le projet SOLENHA, dans les Hautes-Alpes n'ayant pas abouti).

L'accroissement de la demande d'électricité solaire a suscité l'apparition d'une industrie de biens d'équipement ad hoc, dynamique et spécialisée, dans un très petit nombre de pays

Dans le secteur du photovoltaïque, les principaux sites de production d'équipements se situent en Chine (29 % des parts de marché), au Japon (24 %) et en Allemagne (22 %). Si le premier pays cité destine la quasi-totalité de sa production à l'exportation et si les usines japonaises de composants appartiennent à de grands groupes diversifiés, un petit nombre d'entreprises spécialisées ont connu un développement spectaculaire au cours des dix dernières années : Suntech Power Corp (en Chine), Q-Cells et Solar World (en Allemagne), enfin, First Solar et Sunpower (aux États-Unis).

Les principaux fabricants de centrales CSP sont allemands (Solar Millenium), espagnols (Abengoa Solar et ACS Cobra) et américains (Solar Reserve, filiale de United Technologies). Les sociétés israéliennes Brightsource et Solel construisent des centrales en s'appuyant sur l'expérience acquise sur les centrales LUZ (de 350 MW, installées en Californie dès les années 80, et toujours en fonctionnement) (3).

Ces industries sont génératrices de volumes d'exportations et de créations d'emplois stables importants, comme le montre le cas de l'Allemagne, où le secteur éolien et solaire génère un chiffre d'affaires de plus de 16 Mds€ (dont 11 Mds€ à l'exportation) et emploie plus de 130 000 personnes (sous-traitance à l'étranger incluse). À titre de comparaison, moins de 10 000 personnes travaillent en France dans ce secteur et la balance commerciale des composants de centrales solaires est largement déficitaire (270 M€ d'exportations, contre 740 M€ d'importations).

Au niveau mondial, l'équilibre entre l'offre et la demande reste toutefois précaire : ainsi, pour le photovoltaïque, l'accroissement de la demande en silicium émanant tant du secteur de l'électronique que des constructeurs de cellules photovoltaïques a généré un triplement des prix de ce semi-conducteur entre 2005 et 2008, qui s'est répercuté sur le prix des produits finis. Mais l'augmentation des capacités de production de ce matériau clé pour la fabrication de la plupart des cellules, ainsi que le développement rapide de cellules solaires à couches minces sans silicium, ont eu récemment l'effet inverse, le prix des modules solaires sortis d'usine ayant chuté de 24 % au premier trimestre 2009, par rapport à la moyenne de 2008.

EN FRANCE, EN DÉPIT D'UN IMPORTANT EFFORT DE RECHERCHE, L'ACTIVITÉ INDUSTRIELLE RESTE LIMITÉE – ELLE SE CONCENTRE SUR DES MARCHÉS DE NICHE

La France entretient un effort important de recherche en technologies solaires, notamment photovoltaïques

Le programme « Solar Nano Crystal » est l'action majeure la plus coordonnée à être menée à la fois par des industriels et des organismes de recherche pour faire progresser la filière photovoltaïque française, son budget total est de 129 M€ et il bénéficie de 46,5 M€ d'aides publiques auxquelles s'ajoutent des aides complémentaires apportées par certaines collectivités locales.

Le périmètre de ce programme concerne toutes les étapes de la filière, depuis le silicium « charge » (la fabrication du silicium photovoltaïque utilisé dans un module représente 28 % de son coût), le moulage de lingots (14

(2) L'Espagne a d'ailleurs été amenée à modifier dans un sens plus restrictif ses tarifs d'achat, à compter de septembre 2008.

(3) Une situation comparable se retrouve dans la production d'équipements pour l'électricité éolienne : les deux premiers constructeurs sont les entreprises danoise Vestas (23 % de parts de marché) et espagnole Gamesa (15 %) ; l'industrie allemande est également très présente (26 %) à travers Enercon, Siemens, RePower et Nordex. La sous-traitance chinoise, pour les composants, réalisée pour partie par des filiales des groupes précédents, est aujourd'hui majoritaire.

%), la découpe du lingot en tranches minces, les « wafers » (10 %), la fabrication de cellules (18 %) et enfin l'assemblage en modules (30 %). Il associe des industriels (notamment Photowatt et EDF Énergies Nouvelles) et des organismes de recherche (CEA et CNRS).

Par ailleurs, l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) finance depuis 2005 un projet de recherche thématique sur le solaire photovoltaïque, en s'appuyant sur le Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA).

Le CEA, lui-même, s'est fortement impliqué, à travers son laboratoire d'innovations pour les techniques d'énergies nouvelles et les nanomatériaux (LITEN), dans la constitution (à Chambéry) de l'Institut national de l'énergie solaire (INES), qui regroupe aujourd'hui 145 chercheurs (et en comptera 250, à terme), essentiellement tournés vers le photovoltaïque, et d'une plateforme, à Cadarache, dédiée aux technologies des centrales solaires à concentration (CSP), en collaboration avec le laboratoire PROMES du CNRS et plusieurs industriels (dont GDF-Suez et SAED).

Enfin, quatre pôles de compétitivité (4) interviennent dans le domaine de l'électricité solaire ; ils soutiennent non seulement de grands projets (programme « Solar Nano Crystal », centrale THEMIS), mais aussi un grand nombre d'opérations de petite taille. Ces pôles commencent à développer une coopération internationale, notamment avec les pays du Sud de la Méditerranée.

Les opérateurs industriels fabriquant des équipements de centrales solaires sont encore très peu nombreux en France

La plupart des entreprises françaises des secteurs concernés interviennent essentiellement dans le montage de projets et leur installation, les entreprises de fabrication étant pour la plupart des *start up* encore dans une phase de mise au point des produits :

- le seul producteur français de cellules photovoltaïques, **Photowatt** (CA : 135 M€, avec 600 emplois), implanté à Bourgoin-Jallieu (dans le département de l'Isère), a une capacité de production limitée, de 60 MW/an. Il a participé à la création d'une joint-venture, PV Alliance, entre Photowatt, EDF Énergies Nouvelles et CEA Innovation pour permettre une extension de ses capacités ;
- **Tenesol**, filiale à 75 % d'EDF (CA : 193 M€), est un fabricant de panneaux photovoltaïques qui est implanté autant en Afrique du Sud qu'en France ; il a fourni la centrale de la Roseaie, à la Réunion (la plus impor-

tante actuellement en service en France, avec une capacité de 15 MW) et l'ONE marocain vient de lui passer commande d'une centrale « clé en main » ;

- quelques petites sociétés se spécialisent dans le développement de technologies nouvelles. Parmi celles-ci, nous citerons, par exemple :
 - **Emix**, créé en 2002 à La Souterraine (dans la Creuse), qui a développé une technologie de tirage continu de silicium à partir d'un creuset froid électromagnétique (ce procédé permet d'élaborer en continu des lingots de silicium poly-cristallin) ;
 - **Solarforce**, implanté à Bourgoin-Jallieu par l'ancien dirigeant de Photowatt, développe un procédé innovant de fabrication de couches minces de silicium sur ruban de carbone ;
 - **Apollon Solar**, créé en 2001 à Lyon, développe un nouveau procédé d'encapsulation de cellules photovoltaïques permettant de réduire de moitié le coût de fabrication des modules ;
 - **Exosun**, fondé en 2007 et implanté sur le Technopôle Bordeaux Montesquieu, produit des supports articulés destinés à suivre la course du soleil (technologie Exotrack), et donc à améliorer les rendements de 20 à 40 % ;
 - enfin, mentionnons le projet **Silpro** d'implantation d'une usine de production de silicium à Château-Arnoux-Saint-Auban (dans les Alpes de Haute-Provence), qui n'a pas abouti.

La faiblesse des relais industriels en matière d'équipements pour les énergies renouvelables a conduit les pouvoirs publics à faire le choix de privilégier des marchés spécifiques comme celui de l'intégration du solaire au bâti, qui bénéficie de tarifs d'achat très privilégiés (5). Malgré les efforts de certains industriels français dans ce domaine (Saint-Gobain ou Imerys) et le lancement d'un programme de recherche spécifique par l'ANR, cette orientation bénéficie aujourd'hui plus à des fabricants étrangers qu'à des fabricants français, et elle conduit parfois à une certaine dérive se traduisant par une floraison d'équipements de toitures de hangars agricoles, pour lesquels les exigences d'étanchéité sont nettement plus faibles que dans l'habitat, mais qui n'en bénéficient pas moins du tarif le plus avantageux, celui qui est octroyé aux équipements intégrés au bâti.

Ce tarif d'encouragement de l'intégration au bâti ne s'est jusqu'à présent pas traduit par la mise au point de produits qui soient innovants et véritablement intégrés dans l'habitat ; par contre, les sociétés allemandes Schüco Solar (profilés pour fenêtres et vérandas) ou Schott (vitrierie) ont, quant à elles, créé des filiales spécialisées dans le solaire, qui proposent des générateurs photovoltaïques intégrés dans les allèges des façades ou les fenêtres, dont l'électricité qu'ils produisent sert à la climatisation, à l'occultation des ouvertures ou à la fourniture d'électricité au réseau. Notons que ces sociétés ont déjà des clientèles établies et qu'elles partent du marché pour imaginer de nouveaux produits, dont elles définissent les pilotes de fabrication, ce après quoi elles externalisent leurs approvisionnements (ainsi, seulement 8 % des pro-

(4) Tennerdis (Rhône-Alpes), Cap Énergies (PACA), Derbi (Languedoc-Roussillon), S2E2 (Centre).

(5) En 2009, 60,2 c€/kWh pour l'intégration au bâti contre 32,8 c€/kWh pour les installations au sol.

duits solaires vendus par Schüco Solar sont fabriqués en interne). Autre exemple : la société américaine Unisolar a mis au point des revêtements photovoltaïques de toits d'entrepôts se présentant sous la forme de feuilles déroulables de silicium amorphe, assurant à la fois l'étanchéisation de la toiture et la production d'électricité solaire sur des surfaces importantes : ce procédé a été mis en œuvre par Dalkia sur les toitures de l'usine General Motors de Saragosse, en Espagne.

Les grands groupes français sont tous présents dans les secteurs de l'électricité éolienne et solaire, mais essentiellement à travers des capacités de production d'électricité et d'équipements à l'étranger

Si, en France, la filière industrielle de production d'équipements et de composants destinés à la fourniture d'électricité provenant de sources d'énergie renouvelables est peu développée, en revanche, plusieurs entreprises disposent d'un réel savoir-faire en tant que monteurs de projets, constructeurs, exploitants ou producteurs.

En outre, les grands groupes français EDF, GDF-Suez, Total, Areva, Alstom, Veolia, Schneider Electric et Saint-Gobain sont, tous, présents dans les secteurs de l'électricité éolienne et solaire.

Leur action dans ce domaine présente des caractéristiques communes :

- ils privilégient le montage de projets et le rôle d'intégrateurs ;
- ils procèdent surtout par acquisitions de sociétés ou de portefeuilles de centrales ;
- ils entrent précautionneusement dans le domaine de la fabrication industrielle d'équipements, surtout à travers la prise de participations ou le développement d'entreprises à l'étranger (notamment aux États-Unis, en Allemagne, en Belgique et en Espagne) ;
- plusieurs de ces groupes ont des projets qui concernent le PSM.

Ainsi, **EDF Energies Nouvelles** (CA : 1 007 M€ en 2008 ; 560,5 M€ en 2007) est présent essentiellement dans l'éolien, principalement à l'étranger. Sur 1 564 MW de capacité nette – correspondant au taux de détention par EDF EN de parts des projets de production d'électricité en 2008, 13 MW seulement correspondent au solaire, contre 1 388 MW pour l'éolien (dont 224 MW en France). Son objectif, pour 2012, est de disposer de 4 000 MW de capacité nette, dont 500 MW dans le solaire. Parmi les pays du PSM, la Turquie est privilégiée : EDF EN a pris une participation de 50 % dans un partenaire turc, qui a déjà un portefeuille de projets en fonctionnement.

EDF EN a une politique contractuelle d'approvisionnement avec un nombre limité de fournisseurs : c'est ainsi qu'il est le premier client du producteur américain de couches minces à base de tellure de cadmium, First Solar.

GDF SUEZ possède seulement deux centrales (l'une, de 7 MW, au Portugal et l'autre, de 1 MW, en Espagne) et il développe l'association d'électricité photovoltaïque à l'utilisation de vapeur produite par ailleurs pour améliorer les performances de ses centrales.

En Belgique, il détient 47,8 % de **Photovoltech**, qui produit des cellules photovoltaïques à partir d'une technologie de silicium cristallin permettant d'atteindre un rendement industriel, performant, de 15,5 %, les autres actionnaires de Photovoltech étant TOTAL (47,8 %) et l'IMEC (4,4 %).

L'IMEC (Institut Interuniversitaire de microélectronique) est un centre de recherches indépendant, créé en 1983 à Leuven (Belgique), spécialisé en nanoélectronique et nanotechnologies et qui abrite aujourd'hui 1 750 employés (dont 500 chercheurs, résidents et invités). Le CA de l'IMEC a été de 244 M€ en 2007. L'IMEC prend des participations en capital dans les entreprises nées des projets qu'il héberge.

Photovoltech, fondé en 2001, est basé à Tienen (Belgique) et a démarré sa production en 2003. Sa croissance a été rapide : son CA a atteint 100 M€ en 2007, pour une production correspondant à 50 MW. En 2007, une extension de sa fabrication a permis de porter sa capacité à 80 MW, et une nouvelle expansion, avec l'installation de deux lignes supplémentaires (45 M€ d'investissement), doit la porter à 140 MW à la fin 2010. Des études pour la construction d'une nouvelle usine sur le site ont été lancées en août 2008 : celle-ci devrait atteindre une capacité de 260 MW en 2012-2013, portant à 400 MW la capacité de l'ensemble de Photovoltech.

TOTAL a créé, en juillet 2008, une division « Electricité et Energies nouvelles », avec la volonté de jouer un rôle dans le nucléaire et le solaire (en même temps, il renonçait à intervenir dans l'éolien). TOTAL intervient dans le secteur de l'électricité solaire sous de nombreux aspects, et dans différents pays :

- fabrication de cellules photovoltaïques en Belgique (Photovoltech) ;
- production de panneaux solaires et d'onduleurs ; commercialisation, installation et exploitation de systèmes photovoltaïques pour les collectivités et les particuliers (en France et en Afrique du Sud), à travers sa participation de 50 % dans Tenesol ;
- installations d'équipements solaires de petite taille dans les unités du groupe (à Lacq, à La Mède et en Avignon) ;
- projet de construction d'une centrale solaire à concentration à partir de miroirs paraboliques (à Abu Dhabi, en réponse à un appel d'offre) ;
- projet de construction d'une usine de plaquettes de silicium (à Saint-Avold, dans le département de la Moselle) ;
- recherche sur les couches minces (CIGS en Suisse et silicium amorphe en France) ;
- recherche sur les polymères organiques (aux États-Unis).

SAINT-GOBAIN est impliqué à différents stades dans l'élaboration de panneaux photovoltaïques :

- en amont : les matériaux de performance, les creusets, les abrasifs ;
- pour les cellules traditionnelles : les plaques de verre, notamment le verre imprimé Albarino, très utilisé pour éviter le phénomène de réflexion (il est produit par la Covilis – Companhia do Vidro de Lisboa –, dans la banlieue de Lisbonne).

Une nouvelle usine de couches minces photovoltaïques, en Allemagne

Il s'agit de verre recouvert d'une couche mince comprenant un dépôt de cuivre, d'indium et de sélénium, qui constitue la couche « CIS ».

En novembre 2008, une usine a été inaugurée à cet effet à Torgau, près de Leipzig (Land de Saxe, Allemagne), dans le cadre d'une *joint-venture* AVANCIS détenue à parité avec Shell, qui avait acheté les brevets à Siemens. Saint-Gobain a récemment racheté les parts de Shell et est désormais seul maître à bord. L'industrialisation de la fabrication a nécessité beaucoup d'efforts ; l'enjeu est de réduire le temps de fabrication de chaque panneau. Il s'agit en effet d'abaisser les coûts par comparaison aux panneaux avec silicium : leur taux de transformation de la lumière captée en électricité (taux de conversion) est en effet moindre (11 %, contre 15 % pour le silicium cristallin). Ce panneau a en revanche des avantages de durabilité et d'esthétique.

Une nouvelle usine de miroirs paraboliques, au Portugal

Chez Covilis (Portugal), Saint-Gobain a mis en service en juillet 2009 la plus grande usine de miroirs paraboliques de grandes dimensions au monde (investissement : 20 M€), ces panneaux étant destinés en particulier à fournir le Sud de l'Europe, les Etats-Unis, le Moyen-Orient et l'Australie, et notamment un projet espagnol de centrale CSP d'une puissance de 250 MW.

Des projets d'investissement dans l'aval de la filière

Saint-Gobain souhaite s'investir dans l'aval et pouvoir proposer, via ses réseaux de ventes, des systèmes complets de solutions photovoltaïques pour les bâtiments résidentiels, tertiaires, industriels et agricoles. Une nouvelle entité a été créée à cet effet : Saint-Gobain Solar. En outre, Saint-Gobain regarde de près la fourniture de verres photovoltaïques pour les façades (marché de l'intégration au bâti). Remarquons que ces produits nécessitent d'être produits sur mesure et que Saint-Gobain a revendu en 2007 à Schüco l'usine Prosol qui fabriquait de tels produits.

IMERYS a développé une tuile photovoltaïque, le seul produit élaboré en France pour être intégré au bâti. IMERYS Terre Cuite, Division du groupe IMERYS et leader en France des tuiles et briques en terre cuite, a mis au point une tuile photovoltaïque, un élément de toiture pouvant se substituer aux tuiles traditionnelles. Le défi est de remplir deux conditions, qui ne se posent pas dans les cas classiques (où les panneaux sont posés au-dessus d'un toit existant) :

- l'étanchéité, même dans les cas de faible pente : cette tuile photovoltaïque est composée d'un laminé photovoltaïque fixé sur un châssis à la fois robuste et anticorrosion, qui assure l'étanchéité de l'ensemble (sans complément de zinguerie) ;
- la ventilation : les différents châssis de tuiles photovoltaïques sont conçus de telle façon qu'une lame d'air circule en permanence, sous chacune des cellules prises individuellement, assurant une ventilation optimale de chaque laminé, ce qui évite la surchauffe et optimise, par conséquent, le rendement.

IMERYS Terre Cuite et EDF Energies Nouvelles Réparties se sont associés pour créer une filiale commune dans le domaine du photovoltaïque intégré, afin d'assurer la commercialisation de leurs produits, sous la forme de systèmes photovoltaïques complets, tant vers les entreprises de couverture ou les installateurs solaires, que vers les particuliers, les entreprises ou les collectivités.

SCHNEIDER ELECTRIC développe la composante électrique des équipements ENR (de manière générale). Le groupe SCHNEIDER ELECTRIC développe la partie électrique et électronique des énergies électriques renouvelables (ENR) ; il se focalise sur la partie aval de la chaîne de valeur, entre les panneaux photovoltaïques et l'utilisateur (distribution électrique, *monitoring* de l'activité des cellules...). Il assure à la fois la réalisation des produits et de solutions, ainsi que les services associés.

Le marché de SCHNEIDER ELECTRIC se situe essentiellement en Europe, aux Etats-Unis et en Asie. Les équipements utilisés pour les ENR ne sont pas forcément en eux-mêmes innovants, mais les ENR leur ouvrent des applications et des marchés nouveaux.

SCHNEIDER ELECTRIC a l'habitude de travailler avec des installateurs ou des partenaires locaux. L'entreprise est souvent associée avec des entreprises allemandes, qui interviennent sur la partie « Production de l'électricité et installation des panneaux ». Sur la partie électrique, toutes les entreprises ne sont pas agréées pour connecter les centrales au réseau (à la différence de SCHNEIDER ELECTRIC) et les réglementations en vigueur dans les différents pays créent des barrières d'accès à cette branche.

La partie *monitoring* est importante pour assurer la qualité de la fourniture d'électricité dans la durée. Cet aspect est trop souvent négligé, et cela nuit à l'efficacité de l'ensemble des dispositifs et donc à leur rentabilité effective à moyen et long terme.

SCHNEIDER ELECTRIC a également un savoir-faire important en matière d'équilibre des réseaux, un aspect important eu égard au caractère aléatoire de la production solaire d'électricité.

En juillet 2008, SCHNEIDER ELECTRIC a fait l'acquisition de la société canadienne **Xantrex**. Xantrex est un acteur du marché des onduleurs qui sont utilisés dans les installations solaires et éoliennes. Il est le spécialiste de l'onduleur, point d'entrée des installations solaires et éoliennes permettant de transformer en cou-

rant alternatif (le seul à être admis par les réseaux publics) le courant continu produit par les générateurs «verts» (les panneaux photovoltaïques ou les turbines éoliennes).

Créée en 1983, Xantrex, sise à Vancouver (Canada), a des usines aux Etats-Unis, en Espagne, en Allemagne et une *joint-venture* à Shanghai (Chine), et emploie 300 personnes.

VEOLIA ENVIRONNEMENT se positionne dans le rôle d'exploitant de centrales. VEOLIA ENVIRONNEMENT et sa filiale DALKIA (66 % VEOLIA ENVIRONNEMENT ; 34 % EDF) visent à jouer le rôle d'opérateurs (se distinguant de celui de développeur-monteur de projet ou encore de celui de constructeur ou d'investisseur).

Activités actuelles

VEOLIA investit dans l'acquisition, le développement, le financement et la construction de parcs éoliens en Europe et aux Etats-Unis, pour son compte et pour compte de tiers, à travers la société EOLFI.

La société EOLFI structure des fonds d'investissement purement dédiés à la production d'électricité «verte». Elle a ainsi amené des investisseurs privés et institutionnels à participer à la constitution de portefeuilles de parcs.

VEOLIA a créé une société dédiée VEETRA pour le *trading* de crédits carbone (plus de 20 MT de quotas et de crédits CER (*Certified Emission Reduction*) échangés avec une dizaine de partenaires).

Projets

VEOLIA a proposé des projets dans plusieurs pays du Moyen-Orient et d'Afrique du Nord (dont la Syrie, la Jordanie, l'Egypte...). Le groupe a répondu à des appels d'offres en liaison avec SolarReserve (filiale d'United Technology), qui a développé des centrales à concentration à sel fondu. Ces produits ont été développés grâce à son savoir-faire dans la conquête spatiale (maîtrise de la technologie de stockage de l'énergie grâce aux sels fondus, mais aussi des systèmes de *tracking* orientant les héliostats en permanence vers le soleil).

VEOLIA a répondu à l'appel d'offres de l'ONE (la compagnie électrique marocaine) pour une centrale à Ouarzazate. VEOLIA a été qualifié. Mais le Maroc a *short-listé* 20 entreprises, ce qui rend ce marché peu intéressant.

En Algérie, une étude menée avec SolarReserve a conduit à un projet qui pourrait coupler des technologies permettant, grâce à une centrale moyenne (de 10 MW de puissance) de dessaler l'eau saumâtre d'un oued situé à proximité. Ce projet permettrait également de créer un campus afin de former des techniciens sur place.

Mais le grand projet de l'Algérie consiste à implanter dans ce pays la première centrale à concentration solaire. D'une capacité de 300 MW, elle utilisera 17 500 héliostats, répartis sur 650 ha. Avec une intensité solaire de 2 600 kWh/m²/an dans la région retenue, cela représente 613 GWh/an et 200 000 tonnes de

CO₂ évitées. Pour cela, il faudra construire sur place 1 million de m² de miroirs et une tour de 165 m de hauteur. L'investissement est de l'ordre de 450 M€.

Notons que, dans le domaine de l'éolien, les groupes ALSTOM et AREVA sont l'un et l'autre constructeurs d'éoliennes : ALSTOM, à travers l'acquisition du constructeur espagnol ECOTECNIA, qui emploie 765 personnes dans ses cinq usines, en Espagne, et AREVA, à travers sa filiale MULTIBRID spécialisée dans les éoliennes *off-shore* comportant des turbines de 5 MW (AREVA a échoué dans sa tentative de prendre le contrôle d'une société allemande beaucoup plus grande, REPOWER).

Par ailleurs, AREVA a annoncé, en octobre 2009, son intention d'entrer dans le domaine des centrales solaires à concentration, notamment à travers une acquisition (6).

En France, les références de réalisations restent limitées, alors qu'elles constitueront un préalable nécessaire à toute implication importante dans les projets du PSM. Outre l'opération THEMIS (évoquée plus haut, pour le solaire à concentration), citons, en matière de photovoltaïque :

- les centrales d'EDF Énergies Nouvelles de Narbonne (7 MW, inaugurée en décembre 2008), de la Roseraie (15 MW, en construction) et de Gabardan (Landes) (84 MW, en projet) (7) ;
- les fermes solaires construites par Solaire Durance et la Caisse des Dépôts dans le Sud-Est (notamment dans le Var et dans les Alpes de Haute-Provence), d'une puissance totale de 32 MW.

L'appel d'offres lancé récemment par le MEEDDM pour la construction de 300 MW de nouvelles capacités d'électricité solaire dans les régions françaises d'ici à 2012 devrait également donner la possibilité à ces groupes français de démontrer leur savoir-faire. Toutefois, en ce qui concerne le territoire métropolitain, l'appel d'offres est limité au photovoltaïque, les centrales solaires à concentration en sont donc exclues.

Cinq recommandations pour un développement de l'emploi et de l'industrie en France

Les objectifs en matière de production d'électricité renouvelable affichés dans le cadre du Grenelle de l'Environnement sont ambitieux. Compte tenu du coût important des technologies concernées, l'atteinte de ces objectifs suppose l'utilisation de toute une gamme d'incitations à l'investissement (subventions, crédit d'impôt, prêts bonifiés, TVA réduite) et à la production (tarifs de rachat de l'électricité produite) d'ores et déjà utilisés dans nombre de pays.

Toutefois, la situation française se caractérise :

(6) La première cible, la société israélienne a finalement été rachetée par SIEMENS.

(7) A titre de comparaison, la plus grande centrale photovoltaïque en activité est celle d'Almareleja, dans la région de l'Alentejo, au Portugal (qui développe une puissance de 46 MW).

- par l'existence de tarifs de rachat fixés sur de très longues périodes (20 ans pour le solaire, 15 ans pour l'éolien) et non assortis d'une dégressivité, pour les nouveaux contrats conclus d'une année sur l'autre, contrairement, par exemple, au cas allemand. Ne sont ainsi que très imparfaitement pris en compte les gains de productivité découlant de la croissance de la taille des installations ou des avancées technologiques ;

- par un encouragement indirect à l'importation d'équipements (sans favoriser le développement d'une fabrication locale) et à la consolidation de la technologie (dominante) du silicium cristallin (sans encourager le recours à des technologies moins chères de fabrication des cellules, qui représentent 60 % du coût total de l'équipement, où à la recherche d'une réduction des coûts dans la partie hors module, qui représentent 40 % du coût total des installations).

La politique de soutien au développement de capacités de production en France doit donc être renforcée en tenant compte de sa situation actuelle parmi les pays du second peloton.

Les mesures recommandées passent par :

- l'attention portée aux actions en cours pour le développement de capacités de production dans la filière du silicium cristallin, qui, avec 90 % du marché en 2007, constitue encore la technologie dominante ;
- la mise en cohérence entre le soutien aux programmes de recherche et le soutien des relais industriel ;
- l'encouragement à l'implantation en France d'activités dans les technologies de rupture : couches minces, centrales à concentration basse température, éoliennes en mer.

Elles nécessitent un soutien fort aux efforts de recherche et à la mise en place d'unités pilotes. Le finance-

ment correspondant pourrait être recherché à travers des économies réalisées grâce à un ajustement de la définition de l'intégration au bâti, qui devrait être limité au bâti habité, auquel serait réservé le tarif le plus élevé de rachat de l'électricité.

Mes recommandations concernent cinq domaines. Il convient de :

- consolider la position de Photowatt ;
- favoriser l'émergence d'une authentique filière industrielle photovoltaïque en France, en appuyant le projet (de Total / GDF-Suez) de production de plaquettes de silicium en Lorraine et en incitant EDF Énergies Nouvelles à développer une base de production de cellules à couches minces dans notre pays ;
- veiller à la réalisation d'unités technologiques pilotes pour des technologies de rupture, notamment les projets de Solsia (couches minces en silicium amorphe), Nexcis (programme CISEL de dépôt à pression atmosphérique) ou SAED (centrales CSP à basse température) ;
- veiller à la prise de relais, par les industriels, des projets labellisés par les pôles de compétitivité, en se préoccupant d'une véritable exploitation en aval des projets soutenus : il s'agit de favoriser l'émergence et le développement d'entreprises de taille moyenne, notamment grâce aux réseaux de *business angels* ou de fonds de capital-risque proches de ces pôles ;
- encourager l'installation, en France, de filiales de sociétés étrangères de production d'équipements dans les technologies non encore développées dans notre pays (couches minces, polymères organiques), comme l'a fait, par exemple, l'Allemagne, dans sa *Solar Valley*, dans l'Est de ce pays.