

# En Espagne, les énergies renouvelables ont-elles toujours le vent (et le soleil) en poupe ?

Fortement dépendante en énergie et mauvaise élève de Kyoto, l'Espagne s'est engagée dans le développement des énergies renouvelables, en particulier éolienne et solaire. Du point de vue de l'industrie et de l'innovation, ce pays a des atouts en la matière, et compte à long terme en faire un élément de compétitivité à l'échelle internationale.

par **Thomas VIAL\*** et **Guy MOLÉNAT\*\***

**L'**Espagne vit une apparente contradiction : c'est l'un des pays européens qui s'éloigne le plus des objectifs fixés par le protocole de Kyoto et c'est, en même temps, un pays souvent cité en exemple, y compris par le Président Barack Obama (1), pour son succès dans le développement accéléré des énergies renouvelables.

## BILAN ÉNERGÉTIQUE : LA PART CROISSANTE DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

Fortement dépendante en énergie (en 2008, près de 80 % de ses approvisionnements énergétiques provenaient de l'étranger contre 50 % de moyenne pour l'UE) et mauvaise élève par rapport aux objectifs de Kyoto (+42 % d'émissions de gaz à effet de serre en 2008 par rapport au niveau constaté en 1990, l'année de référence, soit une progression bien supérieure aux 15 % maximum accordés sur la moyenne de la période 2008-2012), l'Espagne a fait le choix de promouvoir les

énergies renouvelables : en premier lieu, l'énergie éolienne, puis l'énergie solaire. Selon le bilan 2008 présenté en avril dernier par *El Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía* (IDAE, l'équivalent de l'Ademe en France), les énergies renouvelables (ENR) ont représenté, en 2008, 7,6 % de l'énergie primaire, soit 0,6 point de plus qu'en 2007. Pour ce qui est de la production d'électricité, la part nette des énergies renouvelables a atteint 20,5 %, dont 12 % pour l'éolien, le solaire étant encore marginal (respectivement 0,2 % et 0,003 % en 2007, pour le solaire photovoltaïque et le solaire thermoélectrique), malgré un taux de croissance à trois chiffres (+ 400 % en 2008). S'agissant de l'élec-

\* Attaché commercial, Chef de pôle, Mission économique – Ubifrance (5), Ambassade de France en Espagne, [thomas.vial@ubifrance.fr](mailto:thomas.vial@ubifrance.fr)

\*\* Attaché scientifique, Service pour la Science et la Technologie, Ambassade de France en Espagne, [service.scientifique@sst-bcn.com](mailto:service.scientifique@sst-bcn.com)

(1) Les Etats-Unis et l'Espagne ont annoncé la création d'un groupe de travail permanent, instance de représentation des deux gouvernements, dans l'optique d'échanges d'informations en matière d'énergies renouvelables et d'efficacité énergétique.

tricité sous *régimen especial* (2), 81 % de celle-ci était, en 2008, d'origine éolienne, la mini-hydraulique fournissant, quant à elle, 11,8 %, la biomasse et le solaire représentant respectivement 6 % et 1,3 %.

En termes de puissance installée, l'éolien représentait 16 549 MW (42 % du total des énergies renouvelables, +13 % par rapport à 2007), soit 14 % de la puissance mondiale (l'Espagne occupant le deuxième rang européen). Le solaire photovoltaïque atteignait, quant à lui, 2 973 MW, soit quatre fois plus qu'en 2007, le solaire thermoélectrique offrant, pour sa part, un très modeste 61 MW, soit tout de même 50 MW de plus que l'année précédente (premier rang européen). En ce qui concerne le solaire thermique, près de 1,6 million de mètres carrés de collecteurs avaient été installés fin 2008 (voir le tableau 1).

Pour respecter les objectifs en matière d'énergie primaire fixés à l'horizon 2020 à l'échelle européenne, les ENR devraient représenter (selon les premières évaluations du ministère espagnol de l'Industrie, du Tourisme et du Commerce) 40 % de la production électrique, 6 % des utilisations thermiques et 10 % des ressources énergétiques liées au transport (biocarburants).

## POUVOIRS PUBLICS : UN RÔLE MOTEUR

Depuis 1997, les autorités espagnoles ont dessiné à travers différents plans, les contours d'une politique très dynamique de développement des ENR. Un Plan de développement des énergies renouvelables (PER) sur la période 1999-2010, élaboré par l'IDAE, a fixé des objectifs ambitieux en s'appuyant sur des mécanismes de promotion des ENR, essentiellement financiers : subvention à la production et primes à la vente lorsque les producteurs optent pour le marché libéralisé et vendent leur électricité à la bourse espagnole de l'électricité, OMEL. En parallèle, le Gouvernement espagnol a entrepris, depuis 2005, une politique de promotion de l'efficacité énergétique. M. Miguel Sébastian, ministre de l'Industrie, du Tourisme et du Commerce, a récemment souligné que les efforts réalisés depuis quatre ans en matière d'économies d'énergie portent leurs fruits :

Nucléaire	17,7
Gaz naturel	31,7
Pétrole	6,4
Charbon	24,1
ENR (***)	20,1
(***) Ce pourcentage des ENR se décline de la manière suivante : hydraulique (9,7), éolien (8,8), biomasse et résidus (1,4) et solaire photovoltaïque (0,2).	

Tableau 1 : Utilisation (en %) des différentes énergies dans la production d'électricité en 2007 (source : ministère espagnol de l'Industrie, du Tourisme et du Commerce).

sur cette période, l'augmentation de la consommation d'énergie finale a été moins importante que la croissance du PIB espagnol. En 2008, l'intensité énergétique primaire a été de 175,8 tep pour chaque million d'euros de PIB produit, ce qui représente une diminution de 4,6 % par rapport à 2007. Depuis 2005, année où la tendance s'est inversée, la réduction accumulée est de l'ordre de 11,9 %. Pour Madrid, il s'agit d'un signe clair d'amélioration de la compétitivité du système de production énergétique espagnol.

D'aucuns estiment que ce succès est avant tout dû aux aides financières constantes, fortement inspirées du modèle allemand, apportées au secteur éolien, qui absorbe à lui seul 90 % des primes. De façon générale, le financement des énergies nouvelles ne fait pas l'unanimité : outre le fait qu'il a donné lieu à une spéculation (les banques proposant à leurs clients de nouveaux produits financiers intégrant des investissements en parcs solaires ou éoliens), la plupart des énergéticiens considèrent, par exemple, qu'ils paient deux fois ces énergies : une première fois, sous la forme des aides octroyées et, une deuxième fois, par la nécessité de développer un système de production reposant sur l'utilisation du gaz naturel (dont le prix est relativement volatile) pour compenser les inévitables creux de production des énergies renouvelables. Le gestionnaire de réseau de transport électrique, *Red Electrica de España*, a des difficultés à gérer ces instabilités, mais les progrès réalisés dans la maîtrise des réseaux électriques devraient constituer, à terme, un point fort du savoir-faire espagnol.

Si aujourd'hui l'ensemble des opérateurs s'accorde à considérer que le bouquet énergétique espagnol est relativement bien équilibré, certains d'entre eux estiment cependant que l'abandon progressif du nucléaire et la montée en puissance de l'éolien devraient compliquer la stabilité de la production en énergie électrique d'ici 2012-2014, et davantage encore, à plus long terme (2030). Dans ce contexte, le renforcement de l'interconnexion électrique franco-espagnole, par la construction à venir d'une ligne transpyrénéenne THT, devrait remédier pour partie à ces risques d'instabilité, en permettant à l'Espagne d'accéder à davantage d'électricité française (dans la limite, bien sûr, de la disponibilité de cette dernière).

Cette fragilité dans la sécurité des approvisionnements, liée aux effets d'insularité qui affectent le système électrique ibérique, a conduit les autorités espagnoles à développer une politique de capacité de production autonome. Ces efforts ont permis à l'Espagne d'afficher, en 2008, un bilan globalement exportateur d'électricité (avec un solde de 11 200 GWh) et d'aider ponctuellement le système français à faire face à ses besoins dans des moments critiques, comme la can-

(2) Le régime spécial, dérogatoire du régime ordinaire (production des centrales « classiques » : grand hydraulique, nucléaire, thermique), s'applique aux producteurs d'énergies renouvelables ou de cogénération. Ils reçoivent des primes à la vente, qu'ils peuvent percevoir du *pool* (OMEL, bourse espagnole d'électricité, équivalent de Powernext mais à caractère obligatoire) ou directement des « commercialiseurs ».

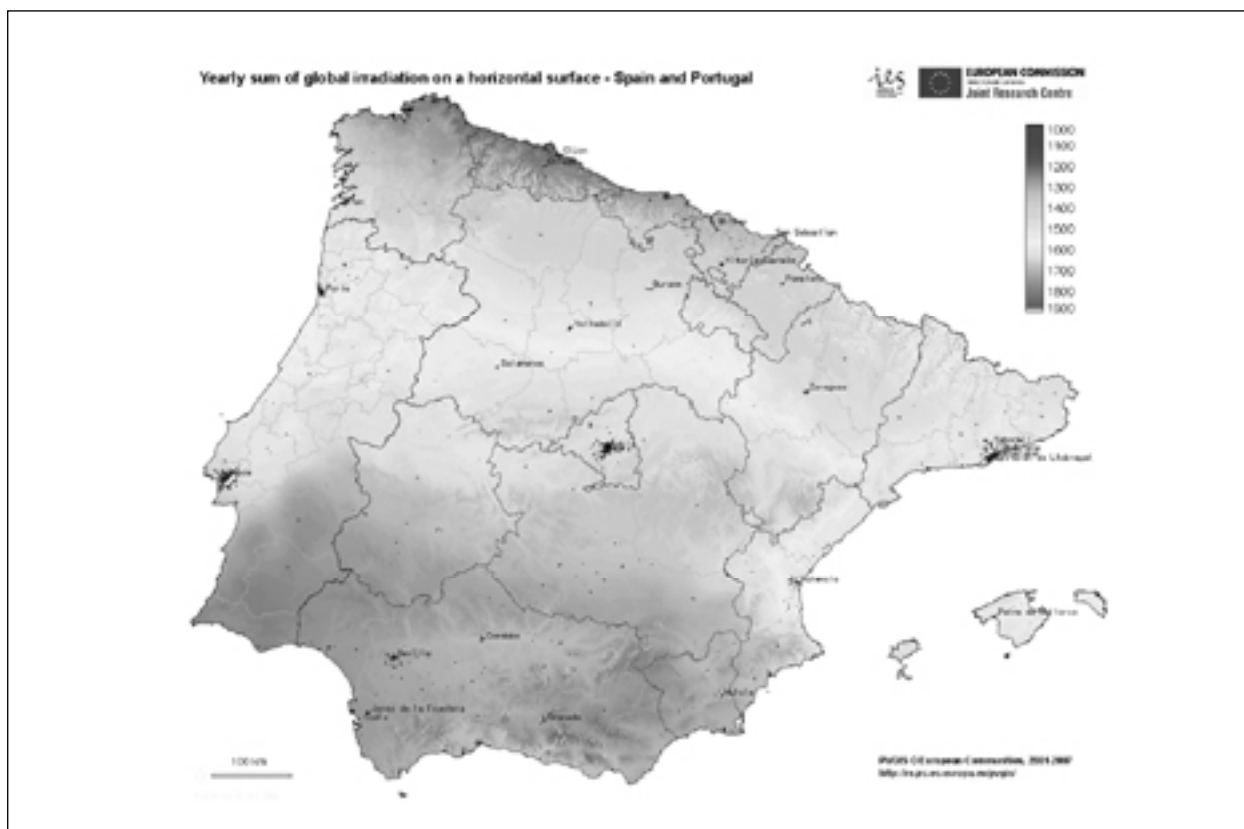


Figure 1 : Carte de l'ensoleillement annuel de la péninsule ibérique : radiation en kWh/m<sup>2</sup> (d'un minimum de 1 000 à un maximum 1 900 kWh/m<sup>2</sup>) ; PVGIS © European Communities, 2001-2007 (4).

cule de 2006 ou la tempête de 2008. L'Espagne et la France ont dans ce domaine des intérêts communs, qui justifient qu'elles abordent ensemble, au niveau européen, la problématique de la sécurité de leur approvisionnement énergétique.

#### UN SECTEUR INDUSTRIEL DE PREMIER PLAN

Lors de l'inauguration du salon *Wind Power* de Chicago (en mai 2008), le ministre espagnol de l'Industrie a souligné le rôle essentiel des énergies renouvelables dans l'économie espagnole, à l'origine, selon ses propos, de plus de 175 000 emplois nouveaux, avec des entreprises espagnoles fabriquant de l'électricité d'origine éolienne, solaire ou biomasse dans plus de soixante-dix pays, pour une puissance installée de 8 500 MW.

Le secteur éolien représente (d'après l'IDAE) 37 730 emplois dans 700 entreprises présentes dans 25 pays, 174 millions d'euros investis en R&D, le tout pour une contribution de 2 milliards d'euros au PIB du pays (3). Quant au solaire, tant photovoltaïque (l'Espagne assure 7 % de la production mondiale de générateurs) que thermoélectrique (avec ses multinationales leaders mondiales : Abengoa, Gamesa, Iberdrola Renovables, Acciona Energía...) et thermique, il représente, lui aussi, avec un chiffre d'affaires de 260 millions d'euros et plus de 10 000 emplois directs et indirects, les pré-

misses d'une filière industrielle en pointe à l'échelle internationale.

#### L'ÉNERGIE SOLAIRE : UN SECTEUR TRÈS DYNAMIQUE, MAIS D'UNE RENTABILITÉ INDUSTRIELLE ENCORE FAIBLE

L'ensoleillement du pays, spécialement dans ses régions méridionales, comme l'Estrémadure ou l'Andalousie (voir la figure 1), est un atout évident, que l'Espagne partage avec l'ensemble des pays du pourtour méditerranéen.

De par son dynamisme, le secteur du thermo-solaire devrait prendre le relais du succès du photovoltaïque

Des seize centrales thermo-solaires déjà opérationnelles ou en construction, huit se trouvent en Andalousie, sept en Estrémadure et une en Castille-la-Manche. La tour solaire thermique PS 10 (11 MW), la première

(3) L'ensemble des entreprises espagnoles placées sur ces créneaux peuvent être recherchées par mots-clés sur le site de l'IDAE (<http://www.idae.es/>).

(4) Šúri M., Huld T.A., Dunlop E.D., Ossenbrink H.A., 2007. *Solar Energy*, 81, 1295-1305, <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

d'Europe, a été construite en 2007 par Abengoa dans la région de Séville ; une deuxième, la PS 20, est en cours de construction à proximité de la première. Près de Grenade, Andasol 1, la première centrale thermique espagnole à collecteurs cylindro-paraboliques, a été connectée au réseau en décembre dernier (voir la figure 2). Andasol 1, d'un coût d'environ 260 millions d'euros, réalisée par l'entreprise espagnole Cobra et par la compagnie allemande Solar Millennium, s'étend sur une surface de 51 hectares. Compte tenu des 3 644 heures de fonctionnement à plein régime espérées, la puissance de la centrale (50 MW) devrait permettre de générer 182 GWh d'énergie électrique par an.

PS 10, Andasol 1 et les quatorze autres centrales qui les rejoindront dans les mois à venir, devraient permettre d'atteindre une capacité installée globale de 800 MW, dépassant les 500 MW programmés par le PER 2005-2010. Selon M. Carlos Muñoz, président de la section solaire thermoélectrique de la *Asociación de Productores de Energías Renovables*, les demandes d'autorisation, en cours, des différents projets ne représenteraient pas moins de... 14 GW ! Il est clair qu'il y a un véritable effet d'aubaine : en ces temps de crise, où le secteur de l'immobilier (moteur de l'économie espagnole, avec le tourisme) s'est effondré, miser sur la prime gouverne-

mentale de 27 centimes le kWh est alléchant, pour des investisseurs disposant de capacités financières. Les 14 GW ne verront sans doute pas le jour, mais ce chiffre témoigne de l'engouement actuel pour les ENR – le risque spéculatif n'étant cependant pas à écarter. M. Carlos Muñoz table plutôt sur 9,5 GW installés à l'horizon 2020.

En ce qui concerne la R&D, l'Espagne est en pointe, grâce notamment à la *Plataforma Solar de Almería* (PSA) du CIEMAT (*Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas*), présentée comme le plus grand centre de recherches européen en la matière (120 personnes, pour un budget hors salaires de 10 millions d'euros). Cette plateforme fait partie de SolLab, le laboratoire européen associé d'énergie solaire, auquel participe le laboratoire PROMES-CNRS d'Odeillo, près de Font-Romeu (Pyrénées-Orientales). A son programme de recherches figurent notamment les axes d'innovation fixés par le PER 2005-2010, à savoir :

- le développement de nouveaux collecteurs cylindro-paraboliques ;
- la génération de vapeur directement dans les tubes d'absorption du rayonnement solaire ;
- le développement des concentrateurs paraboliques.



Figure 2 : Centrale Andasol 1, ©Solar Millennium AG.



Le secteur photovoltaïque : après l'euphorie, le dégrisement

Des 693 MW installés fin 2007, on est passé fin 2008 à 2 973 MW (soit 2 280 MW de plus), selon la *Comisión Nacional de Energía* (CNE – l'autorité de régulation du marché de l'énergie, l'équivalent espagnol de la CRE, en France), alors que le Gouvernement espagnol avait planifié une augmentation de... 371 MW ! Avec de tels chiffres, il ne fait pas de doute, pour l'*Asociación de la Industria Fotovoltaica* (ASIF), que l'Espagne occupe désormais la première place mondiale en termes de puissance installée, devant l'Allemagne (qui n'a installé, en 2008, « que » 1 350 MW). A l'origine d'un tel emballement, les subventions très attractives du Gouvernement, *via*, en particulier, le rachat systématique de l'électricité produite : les 46 730 installations comptabilisées par la CNE en fin d'année dernière ont reçu 791 millions d'euros de primes.

Devant un tel effet d'aubaine, le Gouvernement a donc substitué au décret élaboré en 2007 un nouveau texte, paru en 2008, qui réduit sensiblement les montants de primes alloués (réduction de 42 euros par MW à 32 euros, pour les installations au sol, et fixation à 34 euros pour les installations sur toit) et il a décidé de fixer (au grand dam du secteur) un maximum de 500 MW à installer au titre de l'année 2009. Le coup de frein escompté par Madrid a bien eu lieu : entre octobre et décembre 2008, seulement 8 MW ont été installés, selon la CNE. Ce tournant des politiques publiques a « déprimé » cette industrie, même si de nombreux acteurs reconnaissent qu'il était grand temps de « mettre de l'ordre » dans ce secteur.

Il n'en reste pas moins que de grandes installations ont vu le jour, qui peuvent servir de modèles. La station solaire SPEX (inaugurée en octobre 2008), d'une capacité de 30 MW, est la plus grande station photovoltaïque du monde à être dotée d'un dispositif de suivi de la trajectoire solaire. Cette station de 195 hectares, située en Estrémadure, représente un investissement de près de 250 millions d'euros. Selon les estimations, cette station produira 63 GWh par an. 2008 a également vu la mise en place de la plus grande installation photovoltaïque sur toit : à Figueruelas, près de Saragosse, le toit de l'usine General Motors est désormais surmonté de 85 000 modules solaires, pour une surface totale de 183 000 m<sup>2</sup>. Ce projet, développé par Veolia Environnement, Clairvoyant Energy et le gouvernement de la Communauté autonome d'Aragon, a nécessité 50 millions d'euros d'investissement.

Au point de vue de la R&D, trois axes de développement sont proposés dans le PER 2005-2010 :

- assurer l'approvisionnement en silicium et développer le savoir-faire en matière de fabrication des cellules ;
- développer des systèmes à concentration (lentilles de Fresnel, notamment) ;
- étudier l'intégration du photovoltaïque au bâti.

Parmi les projets qui y contribuent, évoquons *Consolider HOPE* (*Hybrid Optoelectronic and Photovoltaic devices*

*for renewable Energy*). Celui-ci regroupe douze universités et centres de recherche autour de thèmes, tels que les diodes organiques luminescentes ou les cellules de Grätzel, et il est doté d'un financement de quatre millions d'euros sur la période 2007-2012, de la part du *Ministerio de Ciencia y Innovación* (MICINN). Par ailleurs, un accord, signé le 3 décembre 2008, entre le CDTI, le *Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial* (dont l'équivalent en France est Oséo) et son homologue japonais (le NEDO), qui vise à développer des projets de R&D, notamment dans le domaine du solaire (photovoltaïque et thermique), va contribuer, lui aussi, à ces efforts d'innovation.

## L'ÉOLIEN : UNE ÉNERGIE DE PLUS EN PLUS RENTABLE

Information encore trop méconnue : l'Espagne se présente comme le premier investisseur étranger dans l'éolien aux Etats-Unis et le troisième producteur au monde d'énergie éolienne (derrière l'Allemagne et les Etats-Unis).

Judi 5 mars 2009, 11h09 : un nouveau pic record de puissance électrique instantanée d'origine éolienne a été atteint, avec 11 203 MW. A cet instant précis, l'éolien représenta 29,5 % de l'électricité produite en Espagne. Au-delà de l'anecdote, l'éolien est bel et bien le principal atout compétitif dont dispose l'Espagne pour projeter son industrie des énergies renouvelables à l'international.

S'agissant de la R&D, les efforts réalisés sont importants ; ils sont supportés à la fois par le secteur privé et par le secteur public. Ainsi, en septembre 2008, le Roi et la Reine d'Espagne ont inauguré à Sangüesa (en Navarre) le LEA, *Laboratorio de Ensayo de Aerogeneradores* (Laboratoire d'Essais d'Aérogénérateurs) du *Centro Nacional de Energías Renovables* (le CENER : Centre National des Energies Renouvelables). Le LEA correspond à un investissement de 50 millions d'euros du Gouvernement central espagnol, du gouvernement de Navarre, du CIEMAT et du CENER, pour un parc de 30 000 m<sup>2</sup> et 60 chercheurs. Un des atouts de ce laboratoire, par rapport à ses concurrents étrangers, est la possibilité de réaliser des essais sur des éoliennes d'une puissance pouvant atteindre les 5 MW.

Ce laboratoire travaille notamment sur les axes d'innovation définis par le PER 2005-2010, à savoir :

- les systèmes avancés de contrôle de la qualité de l'énergie introduite dans le réseau ;
- le développement d'aérogénérateurs de haute puissance ;
- l'adaptation d'aérogénérateurs de haute puissance à des implantations *off-shore* ;
- l'implantation de parcs éoliens marins de démonstration.

Sur ces deux derniers points, précisément, beaucoup d'espoirs sont placés dans l'éolien en eaux profondes.



Figure 3 : Eolienne horizontale installée sur le toit d'Indesmedia EOL. ©Indesmedia EOL.

Les énormes efforts en R&D nécessaires en la matière sont aussi soutenus par le projet Eolia (2007-2011), porté par l'entreprise *Acciona Energia* et auquel participent 50 autres entreprises. Ce projet est d'un montant de 33,7 millions d'euros, apportés, à parts égales, par les entreprises et le CDTI. Il existe plus de 30 projets de parcs éoliens marins au large des côtes de Galice, de Catalogne et d'Andalousie, pour une puissance totale de 2,8 GW. Quatre entreprises espagnoles sont à l'origine de ces projets : *Acciona Energia*, *Capital Energy*, *Iberdrola* et *Enarfin*. *L'Estudio Estratégico Ambiental*, une étude environnementale préalable, qui constituait une première condition indispensable, vient de paraître. Cette étude définit les lieux possibles d'implantation : les projets vont donc pouvoir démarrer.

Pour en revenir à l'éolien terrestre, mentionnons l'aérogénérateur ECO-100, développé par l'entreprise espagnole *Ecotecnia* (devenue filiale d'*Alstom*), installée au sud de Tarragone depuis l'été dernier. Dessinée à Barcelone, cette éolienne d'une hauteur de 145 m atteint une puissance de 3 MW. Seul un prototype, en phase d'essai à Barrax (Castille-la-Manche) pour un futur fonctionnement en mer, la surpasse, avec ses 3,6 MW de puissance. L'Espagne est en passe d'égaliser la technologie danoise (le Danemark étant le premier

constructeur d'éoliennes au monde), avec la construction à Saragosse (en 2009), par la société *Gamesa*, d'une éolienne nommée G10, haute de 120 m et d'une puissance de 4,5 MW.

D'autres projets à plus petite échelle ont vu le jour récemment, comme, par exemple, celui d'une éolienne horizontale (voir la figure 3), spécialement intéressante en milieu urbain, développée par l'entreprise *Indesmedia EOL* (Santander, Cantabrie).

L'Espagne prévoit d'atteindre en 2020 une puissance éolienne de 25,52 GW, soit environ 10 % de la puissance éolienne européenne totale. Y arrivera-t-elle ? En tous les cas, comme le montrent les réalisations et les projets qui viennent d'être brièvement évoqués, elle s'en donne les moyens.

Ces succès en matière d'énergies solaire et éolienne ont montré la capacité de l'industrie espagnole à développer, sous l'impulsion de l'Etat et en une décennie seulement, des filières en passe de devenir compétitives à l'échelle internationale, au moment où le changement climatique devrait avoir des répercussions sur les modèles de production et ouvrir de nouveaux marchés. Dans cette perspective, de grands projets (comme le Plan Solaire Méditerranéen ou les initiatives publiques européennes à venir, prises dans la cadre du paquet « Energie Climat ») devraient aiguïser les appétits des acteurs espagnols, qui seront sans doute bientôt à la recherche de partenaires européens afin d'en relever le défi. Il est certain, en tous les cas, qu'avec l'éolien, mais aussi avec le solaire, l'Espagne a des atouts pour consolider un bouquet énergétique performant et d'avenir, tout en renforçant son secteur industriel *ad hoc*, particulièrement innovant.

(5) Ubifrance est l'Agence française pour le développement international des entreprises. Cet organisme a pour rôle de les accompagner dans leur démarche à l'export. Dans ce cadre, Ubifrance propose aux entreprises françaises de profiter du Volontariat international, qui permet d'envoyer de jeunes collaborateurs à l'étranger. Pour davantage d'informations : [www.ubifrance.fr](http://www.ubifrance.fr)