

L'éolien

Rapide historique

L'énergie du vent est utilisée depuis des siècles pour moulin des céréales ou pomper de l'eau. Son utilisation a d'ailleurs marqué de nombreux paysages ruraux en Europe.

La première éolienne de production d'électricité (12 kW, courant continu) a été mise en service en 1888 aux États-Unis. Elle comportait 144 pales et un rotor de 17 m de diamètre. La première turbine à courant alternatif date des années 30.

Jusqu'au milieu du ^{xx}e siècle, l'éolien est utilisé essentiellement en sites isolés. C'est dans les années 70 qu'il connaît un nouvel essor.

A la fin du ^{xx}e siècle, le développement très rapide d'éoliennes de plus en plus puissantes et performantes est essentiellement le fait des industries européennes (Danemark puis Allemagne, Espagne...). La capacité installée mondiale passe de 4 800 MW en 1995 à 74 000 en 2006 avec des taux de croissance annuelle oscillant entre 30 et 45 %.

État de l'Art

L'évolution de la technologie éolienne a été essentiellement marquée par un accroissement de la taille unitaire des machines qui est passée d'une moyenne de 20 kW en 1985 à 500 kW en 1995 et autour de 1,5 MW aujourd'hui. Les plus grosses machines, développées pour l'off-shore, atteignent 5 MW.

Il existe bien entendu toujours un marché du petit éolien pour des sites isolés, des installations individuelles ou des petits réseaux, mais il est marginal.

Par ailleurs, alors que dans les années 80, seules les pales et systèmes de contrôle étaient spécifiques à la filière, l'industrie éolienne a maintenant développé une large gamme de composants dédiés uniquement à ses machines.

La technologie dominante est celle des éoliennes bipales ou tri pales à axe horizontal. Des marchés de niche existent pour les éoliennes carénées ou « urbaines », mais ils sont eux aussi encore marginaux.

Le « rendement » s'est lui aussi amélioré ; il est passé d'environ 400 kWh/m² de surface balayée dans les années 80 à 900 en 2000.

Les éoliennes produisent 2 000 à 3 500 heures par an pour les meilleurs sites, notamment off-shore, en fonction du régime des vents. Si la production est relativement prévisible, son caractère intermittent nécessite une gestion adaptée. L'expérience accumulée dans les régions fortement équipées permet toutefois de considérer qu'en dessous d'un taux de pénétration de 20 % sur un réseau, aucune mesure d'adaptation n'est nécessaire.

Coûts⁽²¹⁾

Investissement : le coût d'investissement de l'éolien est en moyenne de 1 000 €/kW aujourd'hui soit 10 fois moins qu'il y a 30 ans. Pour l'éolien terrestre (environ 900 €/MW), la machine représente près des trois-quarts des investissements, le reste est imputable au génie civil et aux raccordements électriques. L'éolien off-shore nécessite des investissements plus lourds (1 200 à 1 500 €/MW) dont près de 20 % pour les seules fondations.

Coût de production : Il est compris dans une fourchette de 4 à 8 ct€/kWh. Il est bien entendu extrêmement sensible au régime des vents : quand la vitesse du vent est multipliée par 2, la production l'est par 8. L'accessibilité pour les opérations de maintenance est aussi un facteur important qui joue notamment pour les fermes off-shore.

Une baisse des coûts de près de 35 % a été observée dans la décennie 90, essentiellement par effet de série, augmentation de la taille unitaire et du rendement.

L'éolien en bref

Machines de quelques centaines de watts à 5 MW.

Productible

1 kW installé produit de 2 000 à 3 500 kWh/an selon les conditions de vent du site.

Durée de vie : 20 à 25 ans environ.

Capacité installée mondiale : 74 GW en 2006

Investissement : 900 à 1 500 €/kW

Coût de production : de 4 à 8 ct€/kWh

Marché : 18 milliards € de chiffre d'affaire en 2006.

Emplois : 1/GWh (150 000 salariés en 2006)

Émissions de Ges : 5 – 30 gCO₂/kWh

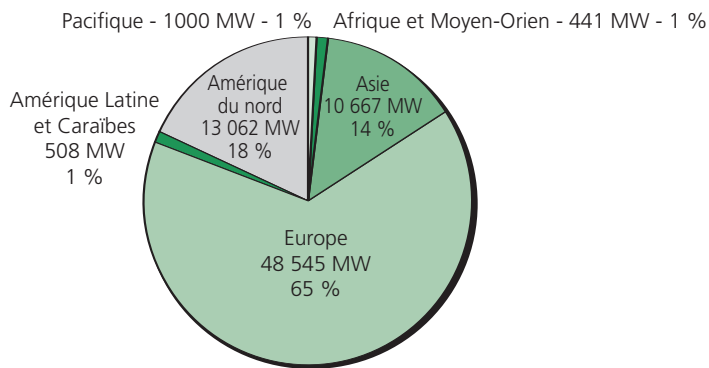
(21) Données AIE et GWEC

Capacité installée⁽²²⁾

La capacité installée mondiale atteint 74 223 MW fin 2006 (+ 15 GW en un an) et se répartit entre 50 pays avec un taux de croissance moyen de 28 % entre 2000 et 2006.

L'Europe de l'Ouest concentre encore 65 % des installations avec 48 545 MW dont 680 en off-shore (c'était 75 % en 2002). L'Union Européenne a ainsi atteint dès 2005 l'objectif qu'elle s'était fixé pour 2010.

Capacité installée par régions du monde fin 2006



Ces dernières années, les marchés nord américains et asiatiques ont connu des taux de croissance très élevés, supérieurs à ceux observés en Europe, notamment 53 % pour l'Asie tirée par l'Inde et plus récemment la Chine (+ 70 % en 2006).

Production

Avec une production mondiale de l'ordre de 150 TWh, l'éolien ne représente encore que 1 % de l'approvisionnement mondial en électricité avec de grandes disparités : taux de pénétration de 20 % au Danemark, 8 % en Espagne (mais près de 60 % en Navarre). En Europe, la production d'environ 100 TWh représente 3,3 % de la consommation d'électricité.

Marché⁽²³⁾

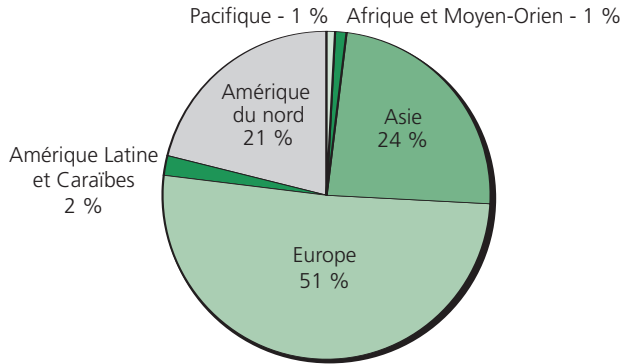
Cinq principales entreprises se partagent 75 % d'un marché mondial estimé à environ 18 milliards d'euros en 2006. Vestas (Danemark) reste le leader avec 32,5 % du marché suivi de l'espagnol Gamesa (17,2 %) et de l'Allemand Enercon (15,7 %). Le ralentissement de leurs marchés nationaux n'a pas atteint les industriels danois et allemands qui ont maintenu les emplois (20 000 et 63 000 respectivement) nationaux mais développé leurs exportations qui atteignent 50 % du chiffre d'affaire.

L'Amérique du Nord et Asie rattrapent petit à petit l'écart avec l'Europe.

(22) GWEC

(23) Données GWEC 2006 et « Renewables Global status report 2006 » Ren 21, 2006

Répartition géographique du marché mondial 2006



Emplois.

La filière éolienne est actuellement créatrice d'environ 2 emplois par MW installé et de 1 emploi par GWh produit. Cette situation devrait se maintenir dans la décennie qui vient.

Émissions de GES

Ces émissions dépendent à la fois des technologies (offshore ou terrestre), des conditions climatiques et du bouquet énergétique du lieu de fabrication des éoliennes. Elles peuvent rester nettement inférieures à 10 gCO₂/kWh dans les conditions les plus favorables et atteindre 30 gCO₂/kWh dans des conditions plus médiocres (voir fiche 8).

Potentiels

Il existe différentes évaluations du potentiel éolien mondial. Une des plus complètes et récentes a été réalisée en 2003 par le Conseil consultatif allemand sur le changement global (WBGU) et indique un potentiel technique mobilisable de 39 000 TWh. Cependant, les industriels ont établi de leur côté des scénarios de développement de l'éolien qui atteignent des valeurs allant de 1 500 à 7 900 TWh en 2050 selon les politiques adoptées. La valeur basse correspondant au scénario de référence de l'AIE (2004), la valeur médiane de 4 000 TWh au respect des objectifs formulés aujourd'hui par les pays, et la valeur supérieure de 7 900 au maximum de leurs capacités si des politiques extrêmement volontaristes étaient mises en œuvre.

Perspectives

Selon le Global Wind Energy Council, la fourchette des coûts de production devrait encore baisser pour atteindre 3 à 6 ct€/kWh en 2020. L'éolien étant techniquement mature, le facteur essentiel de son développement futur reste les politiques mises en œuvre par les différents pays. Au dessus de taux de pénétration de 20 %, la question de la capacité d'absorption des réseaux de ces productions intermittentes se pose également. Le renchérissement des prix des combustibles fossiles ainsi que l'intégration des coûts du CO₂ sont bien entendus des éléments favorables au développement de la filière.

(24) « Perspectives mondiales de l'énergie éolienne 2006 » GWEC, Greenpeace International, septembre 2006

(25) Ibid