

Éolien

Rapide historique

L'énergie du vent est utilisée depuis des siècles pour moudre 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) est mise en service en 1888 aux États-Unis. Elle comporte 144 pales et le rotor a un diamètre de 17 m. La première turbine à courant alternatif date des années 30.

Jusqu'au milieu du 20^e siècle, l'éolien est utilisé essentiellement en sites isolés. C'est dans les années 70 qu'il connaît un nouvel essor.

À la fin du 20^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 4800 MW en 1995 à 74 000 en 2006 avec des taux de croissance annuels 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 en comparaison.

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 bi ou tripales 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.

L'éolien en bref

- Machines de quelques centaines de watts à 5 MW.
- Productible: 1 kW installé produit de 2000 à 3500 kWh/an selon les conditions de vent du site.
- Durée de vie: 20 à 25 ans environ
- Capacité installée mondiale: 74 GW en 2006
- 150 000 salariés et 18 milliards d'euros de chiffre d'affaires en 2006

Les éoliennes produisent de 2000 à 3500 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 nécessaire¹⁸.

Coûts¹⁹

Investissement : le coût d'investissement de l'éolien est en moyenne de 1000€/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 correspondant au génie civil et raccordements électriques. L'éolien off-shore nécessite des investissements plus lourds (1200 à 1500) dont près de 20 % pour les seules fondations.

Coût de production : Il est compris dans une fourchette de 4 à 8 c€/kWh. Il est bien entendu extrêmement sensible au régime des vents : quand la vitesse 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.

18. Voir pages 23 à 25.

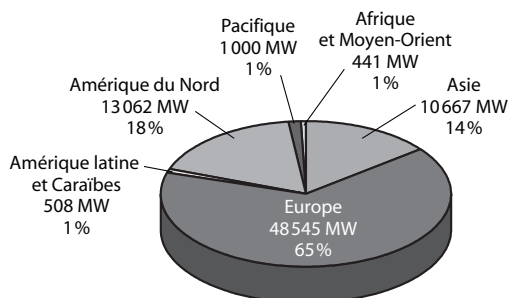
19. Données AIE et GWEC.

Capacité installée²⁰

La capacité installée mondiale atteint 74 223 MW fin 2006 (+15 GW) et se répartit sur 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

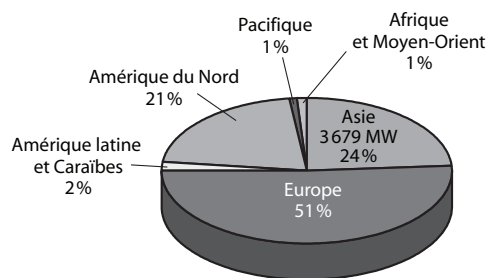
Avec une production mondiale de l'ordre de 150 TWh, l'éolien ne représente encore que 1 % de l'approvisionnement mondial en électricité avec de grandes disparités : taux de pénétration de 20 % au Danemark, 8 % en Espagne (mais près de 60 % en Navarre). En Europe, la production d'environ 100 TWh équivaut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

Marché²¹

Cinq principales entreprises se partagent 75 % d'un marché mondial estimé à environ 14 milliards d'euros en 2005. 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'affaires.

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

Répartition géographique du marché mondial (2006)



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 conclut sur un potentiel technique mobilisable de 39 000 TWh. Cependant, les industriels ont établi de leur côté des scénarios de développement²² 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 Council²³, la fourchette des coûts de production devrait encore baisser pour atteindre 3 à 6 c€/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 du 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 sûr des éléments favorables.

20. GWEC.

21. Données GWEC 2006 et «Renewables Global status report 2006», Ren21, 2006.

22. « Perspectives mondiales de l'énergie éolienne 2006 », GWEC, Greenpeace International, septembre 2006.

23. Ibid.