

ÉNERGIE: LE VENT DU CHANGEMENT

♦ Birger T. Madsen

Solution écologique et économique au problème de la production d'électricité, l'énergie éolienne est en rapide développement. Portrait d'un secteur qui vend de plus en plus de vent.

Don Quichotte épouvanté devant un moulin à vent qu'il prend pour un géant: comment ne pas sourire? Mais le héros du chef-d'œuvre de Cervantès était peut-être en avance sur son temps. Les moulins à vent d'aujourd'hui (éoliennes) ont des bras d'acier qui fendent l'air à 100 mètres du sol. Toujours plus nombreux à jaillir sur terre ou sur mer, ces géants sont passés à l'offensive sur les marchés. Si l'énergie éolienne ne fournit que 0,15% de l'électricité mondiale, elle dépasse désormais, par son taux de croissance, toutes ses rivales en matière de production énergétique.

Le principe de base est connu depuis fort longtemps: les premières mentions d'un moulin à vent remontent à la Perse du VII^e siècle. Mais l'image qu'on associe le plus souvent à l'énergie éolienne est celle qui a tant effrayé Don Quichotte: une pittoresque tour de bois surmontée de quatre grandes ailes que le vent fait tourner. L'éolienne moderne est une hélice géante fixée au sommet d'un long poteau métallique. Lorsqu'elle tourne, elle entraîne une génératrice qui produit de l'électricité, que l'on peut soit fournir à des usagers locaux – une communauté rurale isolée, par exemple –, soit transporter par une ligne reliée à un réseau central de distribution.

L'un des grands problèmes, c'est que l'on n'a pas encore trouvé le moyen de «stocker» l'électricité pour compenser les hauts et les bas de l'intensité du vent. La tendance actuelle consiste à installer des groupes d'éoliennes (appelés «centrales») en mer: là-bas, nul n'est gêné par le vrombissement de leurs hélices, que les vents marins, puissants et réguliers, font tourner à plein rendement.

Depuis 25 ans, les fabricants ont amélioré les composants des éoliennes et installé des ordinateurs intégrés pour incliner les pales des hélices en fonction des vents. Au début des années 80, l'éolienne type avait 20 mètres

de haut, une génératrice de 26 kilowatts (kW) et une envergure d'hélices de 10,5 mètres. Celle d'aujourd'hui peut avoir jusqu'à 55 mètres de haut, 50 à 60 mètres d'envergure et une puissance de 1 650 kW. L'énergie qu'elle produit équivaut en gros à ce que consomment 350 foyers européens.

Depuis 1992, on a mis en activité plus de centrales qu'on ne l'avait jamais fait auparavant. Quelque 40 000 éoliennes tournent dans 40 pays et la puissance installée sur la planète augmente de près de 27% par an. En 1998, elle a dépassé les 10 000 mégawatts (MW), ce qui représente à peu près la capacité totale de production d'énergie d'un pays comme le Danemark. 1998 a été une année de très forte expansion: les ventes d'équipements ont dépassé les 2 milliards de dollars et 35 000 emplois ont été créés dans ce secteur. On estime que la croissance va se poursuivre à un taux d'environ 25% par an.

Le vent est gratuit, inépuisable, et produit de l'énergie sans dégager ni chaleur, ni gaz nuisible à la couche d'ozone

Deux facteurs expliquent cette expansion: une prise de conscience écologique et la signature du protocole de Kyoto en 1997, aux termes duquel les Etats se sont engagés à réduire les émissions de gaz à effet de serre. Le vent est gratuit, inépuisable, et produit de l'énergie sans dégager ni chaleur, ni gaz nuisible à la couche d'ozone.

Ouvrant le ban, l'Union européenne a proposé des réductions d'impôt et a encouragé les investissements dans les sources d'énergie renouvelables, dont le vent. Elle prévoit l'installation de 40 000 MW d'ici à 2010. Au Danemark, pionnier du vent, l'énergie éolienne couvre déjà 10% de la consommation d'électricité, grâce à une capacité de 1 700 MW. L'Allemagne relève le défi: c'est désormais le marché où la croissance du secteur éolien est la plus

rapide (voir article, p. 11). L'Espagne, avec ses immenses terres d'élevage et ses vents réguliers, va aussi probablement attirer des investissements.

Les Etats-Unis essuient quelques turbulences. Tous les deux ans, le renouvellement d'un abattement fiscal important destiné à stimuler ce secteur déclenche une bataille rangée au Congrès. Même tumulte dans les parlements des Etats qui ont leurs propres crédits d'impôt à cette fin. Le secrétaire américain à l'Énergie, Bill Richardson, estime néanmoins qu'en 2020, le vent devrait satisfaire 5% des besoins d'électricité du pays, contre 0,1% aujourd'hui.

Le Danemark, l'Allemagne et les Pays-Bas en tête

Chez les géants énergétiques de demain, l'Inde et la Chine en particulier, l'intérêt pour l'énergie éolienne est moins affaire d'écologie que d'économie. Ces pays, où des populations rurales entières n'ont pas l'électricité, veulent profiter d'avantageuses conditions d'investissement dans l'énergie éolienne que leur offrent le Danemark, l'Allemagne et les Pays-Bas. Avec une puissance éolienne installée de près de 850 MW, l'Inde se classe au premier rang des pays en développement et au quatrième rang mondial, juste après l'Allemagne. Près de 600 éoliennes produisent 260 MW d'électricité en Chine.

La région Asie-Pacifique était considérée comme le futur marché porteur de l'énergie éolienne, mais la crise financière de 1998 a gelé de nombreux projets. Remarquable exception: la centrale éolienne de Tararua (Nouvelle-Zélande), la plus grande de l'hémisphère Sud avec une puissance de 12 MW.

Les éoliennes sont peu nombreuses et très dispersées en Amérique du Sud, mis à part quelques centrales au Costa Rica, en Argentine et au Brésil. Les fabricants danois ont fait quelques incursions en Afrique du Nord. Le Maroc a récemment installé 50 MW, l'Égypte 30. Le reste du continent africain est en attente d'investissements. ►

♦ Président-directeur général de BTM Consult Aps (Danemark), cabinet de conseil spécialisé dans l'énergie éolienne.

► Ils sont des plus nécessaires, compte tenu des immenses besoins en énergies renouvelables, notamment dans les zones rurales.

L'Amérique du Nord, la Chine et les Etats ex-soviétiques (en particulier ceux d'Asie centrale) sont les zones où le potentiel éolien est le plus élevé. Au niveau mondial, le vent pourrait satisfaire au moins 20% des besoins énergétiques. Il en souffle assez pour couvrir deux fois la demande mondiale d'électricité prévue pour 2020. Même si la planète se contentait de recourir aux centrales éoliennes pour couvrir 10% seulement de ses besoins, elle épargnerait environ 10 milliards de tonnes d'émissions de gaz carbonique (sur un total de 60 à 70 milliards de tonnes). Pour atteindre cet objectif, il faudrait multiplier par 120 l'actuelle puissance éolienne installée. L'investissement initial nécessaire serait certes très lourd, mais les coûts de fonctionnement et d'entretien seraient négligeables.

Au niveau mondial, le vent pourrait satisfaire au moins 20% des besoins énergétiques. Il en souffle assez pour couvrir deux fois la demande mondiale d'électricité prévue pour 2020

Comme les fabricants construisent des éoliennes plus grandes et plus performantes, le prix de l'énergie qu'elles produisent diminue d'environ 20% par an depuis quatre ans. Au Danemark, au début des années 80, l'électricité d'origine éolienne revenait à près de 17 cents le kilowatt/heure (kWh). Ce chiffre, qui comprend la totalité des coûts (équipements, main-d'œuvre, intérêts des prêts, fonctionnement et entretien), est tombé à 6,15 cents en 1995 et à environ 4,6 cents aujourd'hui. Si l'on ouvrait une nouvelle centrale au charbon, l'électricité produite reviendrait à 5 ou 6,4 cents le kWh. Le coût serait de 4 à 5,7 cents pour une centrale au gaz, et de 4,6 à 6,5 cents pour une centrale nucléaire, d'après les calculs de l'Union européenne des producteurs d'électricité (UNPEDE).

Mais la baisse des prix ne suffit pas, il faut aussi une volonté politique. Les pays en développement ont souvent du mal à réunir les capitaux nécessaires pour couvrir les coûts initiaux (très lourds) de l'installation des centrales, principal «défaut» de l'énergie éolienne. Construire une centrale au charbon, par exemple, est relativement bon marché au départ, mais il faut ensuite importer le combustible et, à long terme, cette énergie à base de carbone revient plus



Une centrale éolienne à Tamil Nadu, près de Muppandal (Inde). Des femmes font sécher leur sari dans le vent.

cher que l'éolienne. S'ils veulent une production d'énergie sans danger pour l'environnement, fondée sur la force du vent, ces pays auront besoin d'aide pour trouver les capitaux de départ.

La situation est tout à fait différente en Amérique du Nord et en Europe occidentale, où la puissance énergétique déjà installée suffit à satisfaire la demande. Dans ces pays, la vigueur du marché de l'énergie éolienne repose sur des considérations écologiques et non économiques. Si les gouvernements n'appliquent pas une «politique verte» en imposant aux compagnies d'électricité de fermer des centrales classiques pour passer à des sources d'énergie renouvelables, le dynamisme du marché de l'éolienne en souffrira.

Les partis écologistes accentuent leur pression pour la promotion active des énergies propres. Ils incitent, par exemple, à financer la recherche et le développement. D'autres mesures sont envisageables:

prendre en charge une partie des factures d'électricité, ou offrir aux fabricants d'éoliennes des crédits d'impôt et des prêts à taux faible. Le principe «les pollueurs sont les payeurs» pourrait aussi être appliqué, avec une taxe spéciale sur les producteurs d'énergie rejetant du carbone.

Vents contraires

Certains estiment qu'une source d'énergie prometteuse ne devrait pas avoir besoin du soutien de l'Etat. D'autres pensent que les aides publiques feront plus de mal que de bien, car elles créeront des distorsions sur le marché de l'énergie en favorisant artificiellement une solution qui reste sans grand avenir. A mon avis, ce serait plutôt le contraire: c'est le gaz, le charbon, le pétrole et l'énergie nucléaire qui sont «dopés» par l'argent public depuis le départ. Beaucoup de compagnies d'électricité ont commencé comme monopoles d'Etat et contrôlent les réseaux de distribution. Sou-

ALLEMAGNE: LA BATAILLE DU VENT

◆ Hartmut Wewetzer

L'Allemagne, premier producteur mondial d'énergie éolienne, peut-elle se payer le luxe d'accroître son parc de «moulins à vent»? Un virulent débat oppose les pour et les contre.

La basse plaine du Nord de l'Allemagne change de visage. Là où s'élevaient autrefois des champs, des prairies et des forêts à perte de vue, on découvre aujourd'hui un étrange paysage semé de curieux «moulins de vent». Très impressionnants par leur taille, ils dépassent parfois 100 mètres de haut.

Plus on remonte vers le Nord, plus ces éoliennes deviennent nombreuses. Pour produire de l'énergie, qui sera ensuite intégrée au réseau électrique, des milliers de petits entrepreneurs (leur organisation professionnelle en compte plus de 6 000) ont créé de grands parcs éoliens en Frise orientale (Basse-Saxe) et sur la côte occidentale du Schleswig-Holstein, où ils bouchent littéralement l'horizon.

Depuis 1997, année où elle a ravi la place de leader mondial aux États-Unis, l'Allemagne est le plus important producteur d'énergie éolienne du monde. Sur les 2 035 mégawatts supplémentaires installés dans le monde en 1998 (soit l'équivalent de deux grandes centrales nucléaires), 700 l'ont été dans ce pays. Tous les ans, le secteur enregistre de nouveaux records. Durant le premier trimestre 1999 seulement, 228 nouvelles turbines à vent ont été raccordées au réseau électrique. Au total, le nombre d'éoliennes en fonctionnement est passé de quelque 6 200 en janvier 1999 à 7 200 à la fin de l'année (3 750 mégawatts).

Reste que ces engins ne produisent encore que 1,3% de l'électricité allemande, le reste provenant essentiellement des énergies fossiles (58%), du nucléaire (36%) et de l'hydraulique (5%). Selon le syndicat de l'énergie éolienne, le nombre d'engins pourrait atteindre 25 000 en 2020, qui produiraient 30% de l'électricité totale. Quelque 30 milliards de marks de fonds publics seront alloués

à leur implantation, si l'on en croit des sources gouvernementales.

Plusieurs raisons expliquent cet incontestable succès. D'abord une opinion publique et une presse favorables. L'Allemagne est le seul pays occidental où, depuis les années 70, l'énergie nucléaire a provoqué une contestation quasi unanime et souvent violente. Le mouvement a d'ailleurs conduit à la naissance du Parti des Verts, qui gouvernent le pays depuis fin 1998, aux côtés des sociaux-démocrates. Cette coalition entend bien mettre un terme au plus vite à l'exploitation du nucléaire, même si elle n'a pas encore réussi à trouver un accord avec les distributeurs d'énergie. S'ils ne parvenaient pas à s'entendre, une loi pourrait être votée de manière à limiter la durée de vie légale des centrales nucléaires à 30 ans. L'industrie serait alors obligée de les fermer les unes après les autres.

Des «meuniers» très subventionnés

Le réchauffement climatique représente un argument supplémentaire en faveur du vent. L'énergie éolienne ne pollue pas. Or, l'Allemagne s'est engagée à réduire ses émissions de gaz à effet de serre de 21% entre 1990 et 2010. Une grande partie de l'opinion y voit le symbole d'une «révolution écologique» et d'une nouvelle civilisation où l'homme ferait la paix avec la nature.

Seul gros problème: l'énergie éolienne coûte très cher. Tirer un kilowatt/heure du vent revient plus de quatre fois plus cher qu'en recourant aux énergies fossiles. C'est pourquoi le choix politique en faveur du développement des énergies renouvelables, affirmé sous le précédent gouvernement et renforcé par l'actuel, ne pouvait se concrétiser sans la mise en place d'un important dispositif d'aides: avantages fiscaux consentis aux exploitants d'énergie éolienne, prêts bancaires



vent, elles en interdisent l'accès aux nouveaux producteurs d'énergie, ou leur imposent des règles qui les obligent à vendre leur électricité à des prix élevés.

Le développement de l'énergie éolienne connaît d'autres entraves. Le Royaume-Uni, par exemple, a les meilleurs vents d'Europe, mais, durant les trois dernières années, les tentatives d'y ouvrir des centrales éoliennes à des fins commerciales ont souvent échoué, parce que les autorités locales ne délivrent pas de permis de construire pour les éoliennes. Si, au niveau national, l'Etat avait élaboré un plan directeur et pris des mesures susceptibles d'inciter les autorités locales à coopérer, il y aurait à présent davantage de centrales éoliennes en Grande-Bretagne.

Au Danemark et en Allemagne, les opinions publiques farouchement antinucléaires ont donné le feu vert au vent, après avoir bien soupesé les diverses options. L'effort se révèle aujourd'hui payant, sur leur territoire comme à l'étranger: grâce à leurs éoliennes, une brise rafraîchissante souffle sur la production énergétique mondiale. ■

◆ Journaliste à Berlin.



© Emile Lüder/Rapho, Paris

A Huizen (Pays-Bas), les maisons en forme de pyramide de l'architecte Gérard Shouten privilégient l'énergie éolienne.

► bonifiés, subventions versées par l'Etat et les Länder, législation favorable. La «loi d'intégration» de 1991, qui est une pièce maîtresse du système, contraint les distributeurs d'électricité à acheter de l'énergie éolienne à des prix garantis (équivalents à 90% des prix à la consommation), rentables pour les «meuniers du vent».

Plusieurs menaces semblent cependant peser sur le développement de l'éolien. La libéralisation du marché de l'énergie, entamée en avril 1998, a exacerbé la concurrence et provoqué la chute des prix à la consommation. Cette tendance inquiète les entrepreneurs du vent puisqu'ils revendent leur production à des tarifs précisément fixés par rapport à ces prix à la consommation. La rentabilité de leurs exploitations étant menacée, ils réclament davantage de subventions, pour se prémunir des aléas du marché.

D'autre part, la contestation anti-éoliennes grandit. Il y a quelques années, elle était surtout le fait des distributeurs d'électricité, qui s'étaient mobilisés pour faire déclarer anticonstitutionnelle la loi de 1991. Ils ont échoué sur ce plan mais ils ont

obtenu que le texte soit amendé de manière à limiter leurs obligations d'achat d'énergie éolienne: aujourd'hui, celle-ci représente au maximum 5% du total de l'électricité qu'ils achètent. Or, dans certaines régions du Nord de l'Allemagne, ce quota ne suffit déjà plus pour absorber toute l'offre et les exploitants d'énergie éolienne réclament d'autres débouchés. Un nouveau projet de loi, encore plus favorable que la précédente aux énergies renouvelables, est actuellement à l'étude. Il viserait notamment à supprimer la limite des 5%.

Aux yeux du plus virulent adversaire du vent, le professeur Otfried Wolfrum, de Darmstadt, continuer à encourager l'exploitation de cette énergie serait «d'une absurdité catastrophique pour l'environnement, les hommes et l'économie». Il estime que cette politique se soldera dans les années à venir par une perte d'environ 30 milliards de marks (environ 15 milliards de dollars). Et ce sont les consommateurs qui la supportent puisqu'ils payent leur électricité plus chère qu'ils ne le feraient si l'énergie éolienne n'était pas imposée aux distributeurs. Pour

lui, un parc éolien n'est rien d'autre qu'un «permis de faire fonctionner la planche à billets».

De plus, soutient Otfried Wolfrum avec d'autres économistes, l'énergie éolienne subventionnée, qui crée aujourd'hui des emplois, aboutira à terme à des suppressions de postes dans un pays où le taux de chômage dépasse déjà les 10%. Car si le prix de l'énergie n'est pas compétitif en Allemagne, certaines entreprises choisiront de délocaliser leurs unités de production sous des cieux plus cléments. Enfin, les «monstrueuses machines» que sont les éoliennes gâcheront l'horizon de sites précieux pour le secteur touristique. Fondateur de l'Association pour la protection du paysage, O. Wolfrum s'est fait le porte-parole d'un mouvement citoyen, dont les rangs ne cessent de grossir, en particulier dans les

Si le prix de l'énergie n'est pas compétitif en Allemagne, certaines entreprises choisiront de délocaliser leurs unités de production sous des cieux plus cléments

régions les plus concernées par la multiplication des éoliennes.

Le vent est ainsi devenu en Allemagne l'enjeu d'une véritable bataille. Les véhémentes attaques de O. Wolfrum, consignées dans son ouvrage *Energie éolienne, une fausse alternative*, ont suscité des réactions tout aussi virulentes. Récemment, l'influent député du Bundestag et lobbyiste du vent Hermann Scheer, qui a reçu le «prix Nobel alternatif» en 1999, a ni plus ni moins accusé O. Wolfrum de déployer des arguments «pro-fascistes»! La formule, très excessive, illustre bien l'intensité du débat. En collaboration avec des journalistes et des militants des associations de protection de l'environnement, H. Scheer a par ailleurs publié une réponse à l'ouvrage de son adversaire, sous le titre *Une protestation éventée*.

Malgré ces polémiques, le développement accéléré de l'énergie éolienne semble devoir se poursuivre. Au cas où les inquiétudes de l'opinion publique en ce qui concerne l'intégrité des paysages grandiraient, les entrepreneurs du vent envisagent d'implanter leurs nouveaux parcs... en pleine mer. Le plus important devrait voir le jour à 35 kilomètres à l'est de l'île de Rügen, en mer Baltique. Il comprendra 200 rotors capables de générer 1 000 mégawatts. Il devrait produire la même quantité d'énergie «qu'une grosse centrale nucléaire», assure l'exploitant concerné, qui dirige l'entreprise Winkra-Energie. Il ajoute, rassurant: «Depuis la terre ferme, on ne verra rien». ■