

Développer l'énergie éolienne dans un contexte réglementaire mouvant

Par Jean-Marc LECHÈNE

Chief Operating Officer, Vestas Wind Systems A/S

En adoptant une politique volontariste de développement de l'énergie éolienne accompagnée d'un soutien financier conséquent mais pas disproportionné, l'Europe s'est dotée d'une source d'énergie renouvelable désormais compétitive de nature à répondre au défi climatique et qui repose sur une constellation industrielle forte de 250 000 employés en Europe.

Afin de poursuivre le développement de cette source d'énergie qui a fourni en 2013 près de 7 % de l'électricité produite en Europe, quatre principaux défis sont encore à relever : fixer la part de l'éolien dans le mix énergétique, optimiser le modèle opératoire des marchés de l'énergie, stabiliser et optimiser le cadre réglementaire et, enfin, consolider l'industrie éolienne.

Un développement vigoureux

Bien que les premiers moulins à vent remontent à l'Antiquité, le véritable essor de l'énergie éolienne ne remonte qu'à une trentaine d'années seulement : les installations annuelles d'éoliennes dans le monde sont ainsi passées de 1 GW de puissance totale en 1985 à 45 GW en 2014, soit un taux moyen de croissance annuelle de 15 %. La puissance du parc éolien installé dans le monde s'élève à 350 GW (en 2014), soit plus de trois fois la capacité de production de la France, toutes énergies confondues.

L'éolien est une industrie adolescente pleine de dynamisme et d'innovation qui n'a donc pas encore atteint sa pleine maturité : la puissance moyenne d'une éolienne est ainsi passée de 75 kW en 1985 à 3 MW aujourd'hui, et les plus grosses éoliennes *offshore* atteignent même 8 MW, soit une augmentation de puissance d'un facteur 100 en trente ans.

Selon Bloomberg ⁽¹⁾, le coût moyen hors subvention de l'énergie éolienne *on-shore* ⁽²⁾ a décliné de 70 % en trente ans, soit de 2,3 % par an, pour atteindre en 2013 une valeur moyenne de 82 dollars du mégawattheure (\$/MW-h) s'inscrivant dans une fourchette allant de 37 \$/MW-h à 187 \$/MW-h en fonction du régime météorologique des sites. Toujours selon la même source et à titre de comparaison, ce coût moyen s'élève à 82 \$/MW-h pour le gaz, à 91 \$/MW-h pour le charbon et à 140 \$/MW-h pour le nucléaire (voir le Graphique 1 de la page suivante).

En d'autres termes, l'énergie éolienne est compétitive aujourd'hui pour créer toute nouvelle capacité de production

d'électricité. Et l'écart va continuer à se creuser en sa faveur dans le futur, puisque le potentiel identifié d'amélioration de la performance technique et de réduction des coûts industriels devrait permettre de réduire le coût moyen de l'énergie éolienne d'au minimum 2 % par an au cours des dix prochaines années.

En Europe, l'éolien a fourni près de 7 % de l'électricité en 2013, avec de forts contrastes selon les pays (près de 40% au Danemark, 20 % en Espagne et au Portugal, plus de 9 % en Allemagne et en Roumanie, 6 % en Suède et en Italie, et moins de 3 % en France (bien que notre pays dispose du deuxième plus grand potentiel éolien en Europe). Ce taux s'élève à 3,9 % pour le monde entier, avec 3,7 % aux États-Unis et 3 % en Chine.

De solides avantages intrinsèques

Ce développement vigoureux a été certes favorisé par une forte volonté politique, mais il n'aurait pas été possible sans de nombreux avantages intrinsèques à l'énergie éolienne :

(1) Bloomberg New Energy Finance fait référence dans l'industrie éolienne en matière économique et financière.

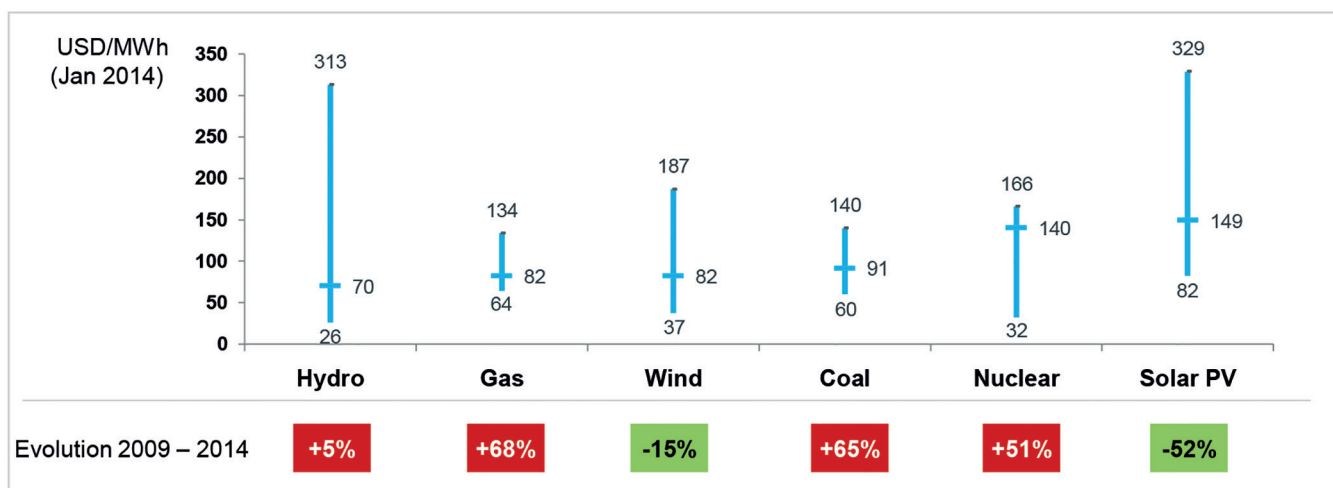
(2) Le coût moyen de l'énergie (Levelised Cost of Energy) correspond à la somme des cash flows actualisés d'un projet de capacité nouvelle représentatif de la source d'énergie considérée (investissement, coût de fonctionnement, combustible) divisée par la quantité d'énergie produite pendant toute la durée de vie du projet.

- l'absence d'émission de CO₂ et de déchets ;
- une empreinte environnementale limitée : seulement six mois sont nécessaires pour fabriquer, transporter et dresser une éolienne, et quelques mois pour la démonter en fin de vie (au bout de 25 ans) et la recycler ;
- une visibilité économique et un apport à l'indépendance énergétique : l'essentiel des coûts est concentré dans l'investissement initial, puisque le « combustible » est gratuit, la maintenance limitée (des visites annuelles suffisent) et les coûts de démantèlement minimaux. Le coût de l'énergie éolienne est donc parfaitement prévisible et est quasiment fixe pour les 25 ans de son existence. De plus, ce prix est totalement indépendant du contexte macro-économique et des aléas géopolitiques ;
- des retombées économiques locales positives : en raison de leur taille et de leur masse, les éoliennes se transportent mal, à la différence des panneaux solaires. Elles doivent donc être fabriquées localement (à l'échelle d'un continent : en Europe, en Amérique du Nord, en Chine...). Ainsi, l'industrie éolienne emploie 250 000 personnes en Europe pour la conception, la fabrication, la construction et l'entretien des éoliennes. Les montants payés par les consommateurs européens d'énergie éolienne restent donc en Europe pour rémunérer des emplois, à la différence des énergies fossiles pour lesquelles ces montants finissent en grande partie dans la poche des pays producteurs de combustible ;
- un investissement attrayant pour de nombreux acteurs privés et publics : un projet éolien offre généralement un

taux de rentabilité interne (TRI) de l'ordre de 8 à 12 % avec un profil de risque limité une fois entré en phase opérationnelle. Il existe quatre principaux types d'investisseurs : des compagnies d'électricité (en particulier européennes) qui développent et exploitent des parcs de plusieurs GW dans le monde, des promoteurs qui développent et revendent des fermes éoliennes ou les exploitent pour leur compte propre, des communautés de divers types (communes, coopératives, agriculteurs, particuliers...) qui voient dans l'éolien une source de revenu complémentaire et, enfin, des fonds de pension qui sont de plus en plus friands de cette classe d'actifs dont le profil rentabilité-risque est bien adapté à leurs engagements de long terme.

Du fait de ces avantages, l'énergie éolienne dispose de solides arguments pour contribuer plus grandement au mix énergétique. C'est ce que l'on observe dans la plupart des pays émergents, notamment au Brésil, où la compétitivité-coût et la rapidité de déploiement permettent à l'énergie éolienne d'apporter une réponse adaptée à la forte croissance de la demande en électricité. Ainsi l'énergie éolienne s'octroie-t-elle plus de 50 % des appels d'offres de génération d'énergie électrique, où elle est en concurrence, en misant sur ses mérites propres, avec les autres formes d'énergie.

La situation en Europe est plus contrastée, en particulier depuis quelques années : en effet, la rentabilité des producteurs d'électricité est mise sous pression par la combinaison de la stagnation de la demande d'électricité, d'investissements massifs réalisés durant les années 2000 dans les turbines à gaz et d'un développement volontariste des renouvelables (éolien et solaire).



Source: Bloomberg New Energy Finance, January 2014.

Wind. It means the world to us.™

Graphique 1 : Coût moyen de l'énergie (LCoE).

L'énergie éolienne est compétitive en coût par rapport au charbon, au gaz et au nucléaire.

Dans ce contexte, les détracteurs de l'énergie éolienne mettent en avant deux inconvénients : un niveau de subventionnement élevé et un impact négatif sur les prix de gros de l'électricité résultant de la combinaison du caractère intermittent de cette énergie avec la priorité qui lui est accordée pour l'accès sur le réseau (pouvant conduire à un prix de gros négatif de l'électricité, comme ce fut le cas en France, pendant quelques heures, certains dimanches après-midi particulièrement venteux).

Des subventions certes conséquentes, mais pas disproportionnées pour une filière leader mondial

Il est vrai que l'Europe a mis en œuvre plus tôt que d'autres pays une volonté de développer les énergies renouvelables, au premier rang desquelles figure l'éolien. Les subventions accordées ont permis de développer une constellation industrielle qui emploie 250 000 personnes en Europe, qui est leader mondial (les fabricants européens ont fourni 45 % des installations produites dans le monde en 2013 et représentent 55 % du parc mondial installé) et qui propose une technologie aujourd'hui compétitive par rapport aux autres modes de production d'électricité.

De nombreux chiffres circulent quant au niveau de subventionnement de l'éolien. Qu'en est-il réellement ?

Dans un rapport récemment publié (*Subsidies and Costs of EU Energy*, du 10 octobre 2014), la Commission européenne a fait le bilan du soutien apporté par les 28 États membres de l'Union européenne aux différentes sources d'énergie électrique. Ce soutien englobe, d'une part, toutes les formes de soutien direct (subventions en tous genres) et, d'autre part, des coûts externes (changement climatique, émissions de poussières, impact sur la santé publique, épuisement des ressources naturelles), qui sont moins apparents, mais qui sont supportées *in fine* par la collectivité.

Les conclusions de ce rapport, en décalage par rapport à la perception triviale, montrent que l'éolien a reçu des subventions importantes, mais que celles-ci ne sont pas disproportionnées par rapport à celles dont ont bénéficié d'autres sources d'énergie et que, de plus, l'éolien ne génère qu'une fraction infime des coûts externes :

- **Soutien direct** : la valeur annuelle moyenne du soutien direct à l'énergie électrique pendant la période 2008-2012 s'est élevée à 99 milliards d'euros toutes sources d'énergie confondues. Ce montant représente environ 20 % du total de la facture énergétique valorisée au prix de gros.

Les principaux pays contributeurs sont l'Allemagne (26 %), le Royaume-Uni (13 %), l'Espagne (10 %), l'Italie (10 %) et la France (7 %).

Plus de 55 % de ces subventions ont bénéficié au charbon, au gaz, au pétrole et au nucléaire, tandis que 11 % étaient consacrés à l'éolien ; une proportion finalement assez proche du poids de l'éolien dans le mix énergétique (7 %).

- **Coûts externes** : la valeur annuelle moyenne des coûts des externalités négatives à compenser pendant la même période s'est élevée à 200 milliards d'euros, soit le double des subventions. La ventilation de ce montant par type d'énergie en €/MW-h conduit aux résultats suivants : 80-95 €/MW-h pour le charbon, 35 €/MW-h pour le gaz, 25 €/MW-h pour le nucléaire et 5 €/MW-h pour l'éolien. Ce qui confirme (s'il en était besoin) que l'éolien est un ami de l'environnement.

L'intermittence est gérable

Comme il n'existe pas encore de solution de stockage d'électricité qui soit compétitive, l'intermittence de l'énergie éolienne ne peut être gérée qu'à travers le réseau en association avec d'autres sources plus flexibles d'utilisation, comme le gaz et l'hydraulique. Cela ajoute certes de la complexité, mais celle-ci n'est pas insurmontable, comme l'atteste l'exemple de nombreux pays ou de nombreux réseaux dans lesquels l'éolien contribue à hauteur de 20 % ou plus à la production. Cela est également facilité par des modèles météorologiques qui permettent de prévoir quelle sera la production éolienne avec une précision d'autant plus grande que l'horizon se rapproche (de trois jours à quelques heures).

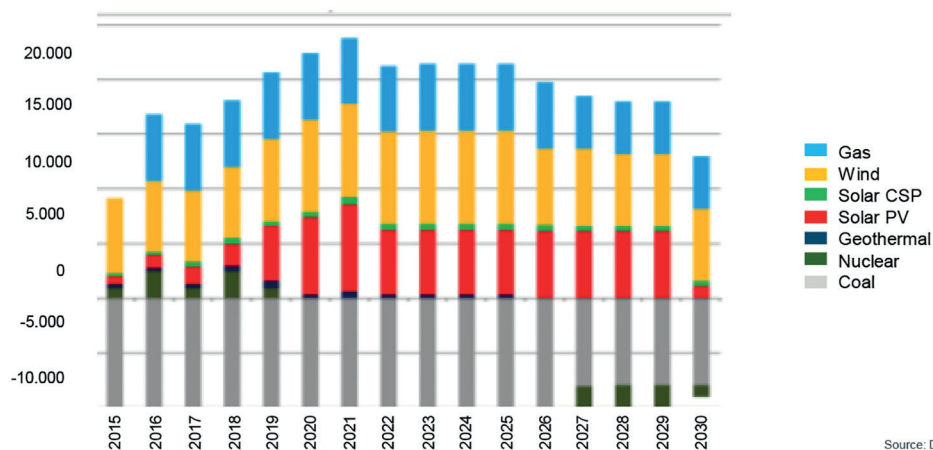
Quatre principaux défis à relever

La poursuite du développement de l'éolien est fortement conditionnée par la capacité à intégrer cette source d'énergie de façon plus harmonieuse dans le système global et à continuer à en réduire le coût. Les principaux leviers de nature à favoriser l'atteinte de ces objectifs sont au nombre de quatre :

a) Il faut fixer la place qu'occupera l'éolien dans le mix énergétique

En raison de la stagnation de la demande en électricité en Europe, le développement de l'éolien nécessite de déplacer des capacités existantes. On estime ainsi que 95 GW de capacité devraient être retirés en Europe au cours des dix prochaines années pour des raisons d'obsolescence (charbon) ou pour des raisons politiques (nucléaire), ce qui représente un important potentiel de développement pour l'éolien (voir le Graphique 2 de la page suivante). Toutefois, on observe une tendance à prolonger marginalement la durée de vie des centrales nucléaires devenues obsolètes, ce qui est de nature à ralentir ce remplacement.

Pour faire évoluer son mix énergétique, l'Europe doit donc se fixer des objectifs quantitatifs de moyen terme et mettre en place des mesures favorisant leur réalisation, des mesures allant de l'instauration de mécanismes de marché fondés sur la prise en compte des coûts externes dans le coût de l'énergie jusqu'à l'engagement inconditionnel de chaque État à développer l'éolien chez lui. Une telle vision de moyen terme permettrait en retour à l'industrie éolienne de calibrer et de planifier au mieux son investissement en capacité, et donc de réduire les besoins de financement et le coût en capital.



Source: DB Climate Change Advisors

Source: ¹Citi Global Perspectives & Solutions (Citi GPS) "Energy Darwinism", 2013. ²DB Climate Change Advisors "Repowering America: Creating Jobs", 2011.**Wind.** It means the world to us.™

Graphique 2 : Prévisions d'ajout et de retrait de capacités aux États-Unis.

100 GW de capacité de production d'électricité à base de charbon devraient être retirés au cours des dix prochaines années aux États-Unis pour cause d'obsolescence technique, et 95GW en Europe.

b) Optimiser le modèle opératoire des marchés de l'énergie

Les règles d'attribution et de rétribution des projets éoliens varient fortement d'un pays à un autre. On observe toutefois une évolution générale vers une attribution des marchés sur la base d'appels d'offres compétitifs et une rétribution sur la base des prix de gros, ce qui va dans le sens d'une plus grande efficacité économique.

Par ailleurs, les règles actuelles de priorité d'accès de l'éolien sur le réseau ont pour objectif de maximiser une production éolienne dont le coût marginal est très faible. Une adaptation de ces règles semble nécessaire pour améliorer le bilan économique de l'ensemble du système (en matière de gestion des périodes creuses et de rémunération des ressources de pointe).

Dans les deux cas, la compétitivité croissante de l'éolien devrait permettre de financer la flexibilité requise par de telles adaptations.

c) Stabiliser et optimiser le cadre réglementaire

C'est un fait avéré de la vie économique : l'incertitude, le manque de visibilité ou les changements fréquents du cadre réglementaire freinent l'investissement, ou, au contraire, l'accélèrent de façon excessive en créant des effets d'aubaine. Dans tous les cas, cela se traduit par une forte volatilité qui induit d'importantes inefficacités en termes de coûts. Ainsi, dans l'éolien, on observe fréquemment des variations annuelles de l'ordre de 30 à 40 %, à la hausse comme à la baisse. Il est donc primordial que chaque État offre un cadre

réglementaire clair et s'engage à le maintenir comme tel pour une durée aussi longue que possible, afin de réduire cette volatilité.

d) de plus, l'ajustement de certaines dispositions observées dans quelques pays pourrait avoir un effet favorable supplémentaire sur les coûts. Ainsi, il est nécessaire :

- de réduire la durée nécessaire à l'obtention d'un permis : en Europe, selon les pays, de deux à sept ans sont nécessaires pour obtenir les autorisations requises pour réaliser un projet éolien. Une durée plus courte permet non seulement de réduire fortement les coûts de développement des projets, mais aussi, et plus particulièrement dans un contexte où le coût de l'énergie diminue de plus de 2 % chaque année, de construire des fermes éoliennes disposant de la technologie la plus récente au coût le plus bas (un délai supplémentaire de cinq ans correspond à un surcoût de l'énergie de plus de 10 % qui s'applique aux 25 années de durée de vie de l'éolienne...).

- de formuler les exigences de contenu local sur une base globale : en raison des subventions versées, de nombreux pays exigent plus ou moins explicitement de bénéficier de retombées locales. Trop souvent, celles-ci portent sur un pourcentage de la valeur du projet concerné. Une telle approche tend à multiplier les usines de taille sous-optimale, qui ne peuvent trouver de compétitivité sur le long terme en raison de coûts trop élevés. Une approche alternative mise en place par certains pays consiste à exiger des retombées locales intégrant le projet concerné et la valeur des

commandes de composants passées par d'autres pays au fournisseur des éoliennes. Cela favorise le développement de fabricants de composants compétitifs participant à une chaîne d'activité mondiale permettant ainsi de réduire le coût global et de pérenniser l'emploi.

- **de consolider l'industrie éolienne** : L'industrie des fournisseurs d'équipements éoliens est encore très fragmentée : on dénombre plus de quinze acteurs dans le monde, dont les cinq premiers ne représentent que 48 % des parts de marché. Or, comme pour toute industrie, la taille permet de générer d'importantes économies d'échelle : recherche et développement, coût d'approvisionnement, coût de production, maîtrise de la qualité, frais généraux...

Cela s'applique non seulement aux fournisseurs d'éoliennes, mais aussi à leurs sous-traitants. Comme dans le cas de l'industrie automobile, de nombreux composants ne sont pas différenciant quant à la performance, mais ils pourraient voir leur coût réduit par une consolidation aboutissant à un nombre limité de sous-traitants.

Il est donc très probable que l'on assistera dans les années à venir à un mouvement de concentration de cette industrie, qui permettra aux leaders d'accroître leur compétitivité en réduisant leurs coûts.