

Contribution au débat public Parc éolien des Deux Côtes

Question sur les besoins de moyens thermiques qu'induirait le développement des éoliennes.

L'installation d'éoliennes implique-t-elle la construction de centrales thermiques ; ou à tout le moins une plus grande utilisation des centrales thermiques ?

Caractérisation de la production éolienne

Les mesures de production éolienne passée et l'analyse des vitesses de vent sur un historique de cinquante ans, laissent présager de relativement bonnes performances de l'éolien français, favorisé par des zones de vents non-corrélées¹. Globalement, le parc éolien installé français fonctionne *en moyenne sur l'année* environ 24% de sa capacité installée, plus en hiver qu'en été. Il n'a pas été constaté lors des périodes de froid d'association significative entre faibles températures et faible production éolienne.

Malgré l'intermittence de sa production, le parc éolien participe à l'équilibre offre-demande, contribuant ainsi à l'ajustement du parc à hauteur d'une fraction de la puissance éolienne installée, appréciée en termes de puissance substituée. Pour donner des ordres de grandeur, les premiers GW installés d'éoliennes se substituent chacun à approximativement 0,25 GW de moyens thermiques ; au-delà, le taux de substitution décroît avec la puissance installée, mais sous réserve d'un développement géographiquement équilibré, l'installation de 20 GW d'éoliennes ou 4 GW d'équipements thermiques apparaissent équivalents s'agissant d'apprécier l'ajustement du parc de production.

La contribution de l'éolien au bilan énergétique

L'équation fondamentale à résoudre dans tout système électrique² est celle de l'équilibre entre production et consommation à chaque instant. Cet équilibre n'a besoin d'être réalisé que globalement à l'échelle de l'ensemble du réseau interconnecté³ : tout kW appelé par un consommateur (ou dissipé en perte sur le réseau) doit être produit en un point du réseau. Du point de vue du strict équilibre énergétique, peu importe la source de ce kW – éolienne, thermique, autre – et sa localisation.

Le choix d'un moyen de production plutôt que d'un autre répond en premier lieu à une logique économique : au quotidien (à parc de production installé donné donc), les producteurs d'électricité mettront à profit en premier lieu des kWh « fatals » (c'est-à-dire en pratique à prendre ou à laisser) que leur offrent les barrages au fil de l'eau, des éoliennes, du solaire, etc. ; puis démarreront des centrales thermiques par coûts de fonctionnement croissant, des moyens de base aux moyens de pointe. L'hydraulique de barrage, très souple d'utilisation⁴, est en pratique autant que possible employé à limiter le recours aux moyens thermiques les plus chers. Pour un niveau de consommation donné, chaque kWh produit par une éolienne correspond à autant de production thermique évitée⁵.

¹ RTE a publié une analyse détaillée dans son Bilan Prévisionnel 2007 www.rte-france.com.

² Au-delà du réseau lui-même, le système électrique comprend l'ensemble des appareils consommateurs et des moyens de production qui se trouvent connectés entre eux, et interagissent, au sein d'un même réseau.

³ Aux capacités d'échanges du réseau près.

⁴ Tenant compte des multiples incertitudes (précipitations, niveaux de consommation futures) et contraintes d'exploitation (successions des différents barrages dans une même vallée, partage des usages...).

⁵ On peut remarquer que si, instantanément, c'est un kWh hydraulique qui a pu être économisé, ce kWh hydraulique reste ainsi disponible ultérieurement pour finir lui-même par se substituer à un kWh thermique. La totalité du stock hydroélectrique est mis à profit chaque année, quel que soit le niveau de consommation, et c'est la production thermique qui au final est adaptée.

Grâce aux capacités d'interconnexion, le recours aux moyens de production les moins chers est fondamentalement recherché à l'échelle européenne, et non du seul hexagone. Compte tenu de la très forte proportion d'électricité produite à partir d'énergie fossile en Europe, y compris en base, chaque kWh éolien produit en France ou ailleurs sur le sol européen, vient donc en pratique se substituer dans la très grande majorité des cas à un kWh qui aurait été tiré d'énergies fossiles quelque part en Europe.

Du point de vue du bilan énergétique, la production éolienne (et plus généralement renouvelable) vient donc limiter le recours aux centrales thermiques fossiles en Europe et les émissions de CO₂ associées.

L'aléa éolien induit-il des besoins de « marge », de « réserve » particuliers ?

« *Quand une éolienne s'arrête faute de vent, ne faut-il pas démarrer un groupe thermique pour satisfaire la consommation ?* » Cette question traduit une saine préoccupation pour l'équilibre offre-demande à chaque instant, mais pour bien y répondre, il faut relativiser le phénomène. On peut ainsi également s'interroger :

- Sur d'autres sources possibles de déséquilibres offre-demande : « quand une *centrale à gaz tombe brusquement en panne*, ne faut-il pas démarrer un groupe thermique pour satisfaire la consommation ? » ; ou encore « quand un *nuage obscurcit le ciel de Paris*, ne faut-il pas démarrer un groupe thermique pour satisfaire la consommation d'éclairage supplémentaire ? »
- Sur d'autres moyens d'action : « quand une éolienne s'arrête faute de vent, ne faut-il pas démarrer un groupe *hydraulique* pour satisfaire la consommation ? » ;
- Voire sur le risque contraire : « quand une éolienne *démarre*, ne faut-il pas *arrêter* un groupe thermique pour satisfaire la consommation ? ».

Et plus généralement il faut ainsi s'interroger sur l'ensemble des interactions entre composantes du système électrique (consommateurs et unités de production au premier chef), l'échelle et la vitesse des phénomènes, pour apprécier les risques réels et les moyens de les traiter.

La gestion de l'équilibre offre-demande d'électricité n'est en effet autre chose que l'anticipation et la maîtrise de *l'ensemble* des aléas qui affectent le système électrique çà et là et à tout instant : chaque consommateur enclenche ou déclenche ses appareils électriques sans préavis ; chaque centrale de production peut être sujette à une panne subite ; la température influe directement sur la consommation de chauffage, la nébulosité sur l'éclairage en journée, les précipitations sur le niveau remplissage des barrages, etc. L'intermittence de la production éolienne ne représente donc qu'un aléa parmi beaucoup d'autres.

Tous ces aléas peuvent être rapides ou lents, plus ou moins probables, corrélés entre eux ou non. L'appréciation des risques implique de caractériser statistiquement les phénomènes pris individuellement et dans leurs interactions. Cette appréciation tient compte d'une part du fait que des phénomènes indépendants (non corrélés) foisonnent⁶ ; et d'autre part de l'impact relatif de chacun à l'échelle du système électrique. Par ailleurs, le risque est d'autant plus faible qu'un aléa est suivi et qu'il peut être – au moins dans une certaine mesure – prévu (et qu'il est donc moins incertain) ; voire que l'exploitant du système électrique a les moyens de le contrôler directement (donc de réduire l'ampleur de son impact).

Ce ne sont que les aléas *significatifs* à l'échelle du système électrique par leur ampleur, leur incertitude ou leur rapidité d'occurrence qui *dimensionnent* marges et réserves⁷. Marges et réserves ainsi dimensionnées permettent *a fortiori* de couvrir aussi les aléas de moindre importance à l'instant considéré, *sans besoin significatif supplémentaire*.

⁶ C'est-à-dire qu'ils n'altèrent pas tous l'équilibre offre-demande dans le même sens au même instant. Des appareils sont allumés quand d'autres sont éteints par exemple.

⁷ Ou dont plus généralement découlent les procédures et les moyens à mettre en œuvre pour faire face à ces risques. Les réserves n'en sont qu'un aspect, et elles-mêmes se subdivisent selon qu'elles sont mobilisables plus ou moins rapidement.

Pour fixer les idées, en France, le niveau de marge requis⁸ s'établit couramment aujourd'hui aux alentours de 3 000 MW en été (le facteur principalement dimensionnant étant le risque de panne de centrale de production) ; et 4 000 à 4 500 MW en hiver (le risque principal étant celui d'une erreur de prévision météorologique sur les températures, qui se répercute sur la consommation à raison d'un peu plus de 2 000 MW/°C actuellement). Ces marges ne sont pas dédiées : aujourd'hui, les quelques 3000 MW de marge en été (respectivement 4000 à 4500 MW en hiver) permettent de couvrir *aussi* l'aléa sur la consommation (respectivement de panne de centrale) ou l'aléa éolien.

Pourquoi l'aléa éolien n'est-il pas dimensionnant alors que la production de chaque éolienne peut varier de 0 à 100% ?

Si la production de chaque éolienne est éminemment variable, la production agrégée de plusieurs éoliennes foisonne et en ressort d'autant moins « chahutée » qu'elles sont nombreuses et soumises à des régimes de vent différents : si une éolienne peut s'arrêter, une autre, soumise à d'autres vents, peut dans le même temps voir sa production augmenter. Par suite, si la production éolienne totale est fluctuante, ces fluctuations apparaissent émoussées par rapport à celles qui affectent chaque éolienne, tant en amplitude qu'en rapidité. De plus, alors qu'il est particulièrement difficile d'effectuer des prévisions de vent et de production éolienne par éolienne, il est possible de prévoir vent et production éolienne à l'échelle de régions et du pays entier avec une précision suffisante⁹ plusieurs heures voire plusieurs jours à l'avance.

En France, RTE observe en temps réel la production de l'ensemble des éoliennes sur le territoire. De cette observation et des prévisions de vents mises à disposition par Météo-France, RTE tire des prévisions de la production éolienne, et limite ainsi très significativement l'incertitude sur les volumes produits et les besoins de marge qu'elle aurait sinon exigé.

On peut noter par ailleurs que dans de rares situations d'heures creuses (observées par exemple en Espagne), le système électrique ne peut absorber la totalité de la production éolienne. Si cette production ne peut être évacuée ou stockée, il faut être en mesure d'ordonner l'arrêt d'éoliennes, comme on peut le faire avec d'autres centrales de production.

Enfin, en cas de vents trop violents, les éoliennes se mettent en sécurité. En pratique cependant tempête ne signifie pas un vent constamment fort sur une large zone et donc arrêt d'éoliennes dans un large périmètre : lors de la tempête Xynthia par exemple, les fermes éoliennes voisines ne se sont pas toutes arrêtées en même temps. Par ailleurs, on a pu observer par le passé, en Espagne et en Allemagne, des arrêts de production éolienne à l'échelle de régions entières, suite à creux de tension ou de fréquence. La réglementation impose cependant aujourd'hui aux éoliennes des performances de tenue aux creux de tension et de fréquence similaires à celles des autres moyens de production pour éviter le risque de déclenchements en cascade sur de vastes zones¹⁰.

Ainsi, aujourd'hui¹¹, les besoins de marges ou de réserves que requiert l'intermittence de la production éolienne sont simplement masqués par les besoins de marges ou de réserves requis par les autres aléas qui affectent le système : aléa de consommation (en hiver) et panne de groupes de production centralisés.

⁸ Les marges requises aux pointes journalières (matin et soir en hiver, matin seulement en été) – ainsi que les marges disponibles effectivement constatées – sont publiés sur le site de RTE : <http://clients.rte-france.com/lang/fr/visiteurs/vie/mecanisme/jour/marges.jsp>

⁹ C'est-à-dire réduisant suffisamment l'incertitude pour que l'erreur résiduelle ne soit plus dimensionnante.

¹⁰ En France, Arrêtés du 23 avril 2008, relatifs aux exigences de tenue aux creux de tension et de fréquence des éoliennes.

¹¹ Au 1^{er} janvier 2010, 4400 MW éoliens étaient installés sur le territoire français sur un total de 120 000 MW environ.

En sera-t-il toujours ainsi ?

La question revient à mesurer l'importance relative de l'aléa éolien par rapport aux autres, notamment sur la consommation et sur les centrales thermiques.

On peut remarquer que si la production éolienne se développe, la sensibilité de la consommation à la température en hiver (chauffage) et dans une moindre mesure en été (climatisation) augmente. Au-delà des volumes, il faut tenir compte des mesures de maîtrise des risques : amélioration des prévisions (pour réduire les incertitudes), développement de moyens d'actions correctives.

Ainsi, dans un contexte où le système français fait déjà ainsi face à de multiples aléas, avec des éoliennes ne s'ajoute qu'un aléa supplémentaire. Son impact est d'autant moins prégnant qu'il peut foisonner avec les autres risques auxquels le système français est soumis, et qu'il peut être lui-même mieux maîtrisé par l'observation en temps réel de la production éolienne, et par la réactualisation en continu des prévisions qu'elle permet. Pour fixer les idées, cet impact peut être considéré comme quasiment imperceptible sur l'exploitation du système jusqu'à 2 500 MW d'éoliennes installées ; à partir de 5 000 MW, l'observation est pratiquement indispensable ; et au-delà de 10 000 MW, une prévision est vraisemblablement nécessaire. Or, dès aujourd'hui, avec le système IPES, RTE s'est doté des moyens d'observer en temps réel et de prévoir la production éolienne.

Avec un parc éolien de 10 GW ou 20 GW, pour les journées faiblement ventées, la gestion du Système devrait rester assez proche de ce qu'elle est aujourd'hui, en l'absence ou presque d'éoliennes (forte mobilisation des moyens thermiques et hydrauliques, pour satisfaire la demande et constituer un volume modéré de réserves) ; pour les journées ventées, en fonction de la qualité des prévisions de vent, le volume de réserves sera plus ou moins sensiblement augmenté¹².

Ainsi, l'intermittence de la production éolienne ne représente donc qu'un aléa parmi beaucoup d'autres et, sous réserve d'une répartition géographique équilibrée et d'un développement adapté du réseau de transport, l'insertion de 20 000 MW d'éolien dans le système électrique français apparaît réalisable.

¹² On peut noter que pour autant les méthodes de constitution des réserves à la hausse en présence d'éoliennes reposeront fondamentalement demain sur les mêmes piliers qu'hier, avant l'essor de cette filière. A cet effet, on peut remarquer que la production des éoliennes contribue spontanément à libérer des capacités de production thermique et hydraulique, dès lors disponibles pour constituer des réserves.