

## ***Programmation pluriannuelle de l'énergie : miser sur l'éolien offshore flottant***

Michel Cruciani

@ 41501

La France vient d'adopter la loi «Énergie & Climat» qui lui enjoint de porter à 40 % la part des énergies renouvelables dans la production d'électricité en 2030, soit un quasi doublement par rapport à la situation actuelle (21 % sur les douze derniers mois, à fin septembre 2019). La consommation énergétique finale devrait certes avoir baissé de 20 % en 2030, selon la même loi, mais la réduction touchera principalement les utilisations directes d'énergies fossiles, charbon et produits pétroliers notamment, tandis que la demande en électricité demeurera relativement stable, en raison du développement de nouveaux usages (chauffage par pompe à chaleur ou parc automobile par exemple). La loi demande donc au secteur électrique un effort considérable en nouvelles capacités de production.

Une énumération des sources renouvelables dont dispose la France pour produire de l'électricité est facile à dresser. Notre pays ne se situe pas dans une zone volcanique propice à la géothermie profonde. La ressource hydraulique est déjà largement exploitée; on pourra encore édifier de petits ouvrages ou augmenter la capacité de certains sites équipés depuis le siècle précédent, mais le potentiel total se révèle très limité. Nous bénéficions d'un important couvert forestier; toutefois la valorisation énergétique de la biomasse va entrer en compétition avec sa fonction de «puits de carbone», qui jouera vraisemblablement un rôle croissant dans les prochaines décennies. Le biogaz semble prometteur, compte tenu de l'importance du secteur agro-alimentaire

français; cependant, la voie la plus économique pour son expansion consiste à l'injecter dans les réseaux de gaz existants. Une partie du biométhane ainsi disponible pourra alors servir à la production d'électricité, mais une partie seulement, si l'on considère les besoins en gaz dans les activités industrielles requérant une chaleur à haute température, généralement apportée par des dispositifs à flamme.

Au terme de ce bref inventaire, il apparaît que les filières solaire et éolienne offrent les meilleurs «gisements», en proportion des besoins. Ces deux filières ont fourni respectivement 2,3 % et 6,7 % de l'électricité consommée d'octobre 2018 à septembre 2019. Atteindre les objectifs assignés pour 2030 revient à doubler, voire tripler les capacités installées à ce jour. Le prix des installations photovoltaïques a suffisamment baissé pour que l'on puisse raisonnablement pronostiquer une multiplication des équipements sur toiture; ce «solaire diffus» constituera un apport non négligeable au système électrique, dès lors qu'il sera encouragé par une réglementation équilibrée relative à l'autoconsommation, équilibrée en ce sens qu'elle ne reporterait pas de charges indues sur les autres consommateurs. Malgré ces perspectives, l'essentiel de la production solaire et toute la production éolienne prévues pour 2030 supposent aujourd'hui des fermes dédiées, étalées sur de vastes surfaces.

Il est fort probable que la mobilisation foncière requise pour le développement à grande échelle de parcs photovoltaïques et éoliens

soulève des difficultés croissantes, en termes de prix et d'acceptabilité collective. Sans entrer dans le détail, admettons que dans un pays constituant l'une des premières destinations touristiques mondiales, la sauvegarde du patrimoine historique et paysager revient à préserver un actif, au sens économique du terme, dont la valeur augmentera au fil des ans; en conséquence de ces réserves, la rarefaction des espaces bien situés pour la production terrestre, éolienne ou solaire, ne peut que pousser à la hausse le prix des terrains, et finalement constituer un plafond à cette production.

La France possède une façade maritime exceptionnelle, lui permettant d'envisager, au moins pour la filière éolienne, une production «*offshore*» substantielle. L'Europe a pris une avance considérable dans l'éolien *offshore*, puisqu'elle accumulait, fin 2018, près de 80 % de la puissance installée dans le monde. Les installations en service se trouvent en quasi-totalité en mer Baltique, mer d'Irlande et zone méridionale de la mer du Nord, toutes de faibles profondeurs, autorisant la technologie dite «posée», la machine reposant sur une fondation creusée dans le plancher océanique. La France a tardé à s'engager sur l'éolien en mer; grâce à ce décalage, elle a profité du savoir-faire acquis par ses voisins, de sorte que dès son troisième appel d'offres (Dunkerque), le prix de revient du MWh figure parmi les plus avantageux d'Europe.

Mais peu de zones maritimes bordant notre pays se prêtent à l'éolien posé, en raison d'une trop grande profondeur de la mer dès que l'on quitte le rivage. Une réponse se dessine heureusement pour ce type de littoral : l'éolien *offshore* flottant. Les pouvoirs publics se sont montrés clairvoyants, en soutenant très tôt des projets pilotes sur cette technologie; la France appartient au petit nombre des pays du monde devenus pionniers dans la filière, qui n'a vu le jour qu'en Europe (Écosse, Norvège et Portugal) et au Japon.

Le principe consiste à fixer une éolienne sur un flotteur dont la conception garantit

une grande stabilité en toutes circonstances; ce flotteur est amarré au fond océanique par des ancrages évitant les dérives. Divers modèles de flotteurs se trouvent en compétition au plan mondial; la France va tester quatre modèles différents dans les quatre fermes pré-commerciales qu'elle projette, dans l'Atlantique (Groix-Belle-Île) et en Méditerranée (Faraman, Gruissan et Leucate). La plupart des flotteurs sont réputés «agnostiques», car ils acceptent des turbines ordinaires proposées sur catalogue par les constructeurs. Certains modèles de flotteurs nécessitent toutefois des turbines spéciales, dont les performances pourraient se révéler supérieures; la France a testé un prototype entrant dans cette catégorie de rupture, le modèle Eolink.

En parallèle à la mise à l'épreuve des flotteurs, plusieurs aspects techniques nécessitent encore des ajustements, mais les progrès semblent rapides. Bornons-nous à évoquer deux domaines d'expérimentation : d'une part, les dispositifs d'amarrage, avec chaînes métalliques ou câbles en fibres synthétiques, ancre marine ou scellement au sol, et d'autre part les équipements destinés à évacuer le courant produit, comportant des câbles dynamiques (susceptibles de bouger avec le flotteur, sous l'effet de la houle) et des câbles statiques (ensouillés dans le plancher océanique). La jonction entre les deux câbles fait l'objet d'une attention particulière, afin que l'on puisse «brancher» ou «débrancher» une éolienne flottante. Pour illustrer les récentes avancées technologiques, on mentionnera la première mise au point mondiale d'une sous-station flottante, recevant la production électrique d'une grappe d'éoliennes pour l'acheminer vers la terre ferme par un câble à haute tension; elle a été conçue par deux entreprises françaises, Ideol et Atlantique Offshore Energy, filiale du groupe Chantiers de l'Atlantique.

D'une façon générale, les entreprises européennes occupent des positions de pointe dans la technologie éolienne flottante, de la Norvège (Equinor) au Portugal (EDPR) en passant par l'Espagne (Groupe Cobra) et bien sûr la France, où un nombre considérable

## Programmation pluriannuelle de l'énergie : miser sur l'éolien offshore flottant

d'acteurs se sont impliqués. Citons brièvement les spécialistes comme Chantiers de l'Atlantique, Eolfi, Ideol, Naval Group; les grands énergéticiens comme EDF Renouvelables et Engie; les groupes de génie civil comme Bouygues, Eiffage et Vinci; les centres de recherche comme l'IFREMER ou l'IFPEN... Plusieurs régions d'Europe ont par ailleurs ouvert des sites d'essais tels que ceux qui se situent en Écosse, en France et en Irlande.

En raison de leur compétence, les entreprises européennes sont sollicitées par leurs homologues ailleurs dans le monde et ont déjà signé des accords de partenariat : Equinor en Corée du Sud, Ideol et Naval Energies au Japon, Eolfi à Taiwan... La filière éolienne *offshore* flottante suscite en effet un intérêt grandissant dans plusieurs pays. Elle présente des atouts exceptionnels :

- Il s'agit d'une technologie à vocation mondiale, si l'on considère le nombre de pays baignés par une mer et les concentrations de population qui y vivent.
- En s'affranchissant de la contrainte de profondeur, on élargit le choix des sites, ce qui permet de retenir les zones offrant les meilleurs régimes de vent et minimisant les conflits d'intérêt avec les pêcheurs, les plaisanciers, les navires de commerce...
- Les flotteurs peuvent être construits en acier ou en béton, diversifiant de ce fait les fournisseurs en matières premières.
- Les installations sont assemblées au port et remorquées ensuite en mer, dispensant du recours coûteux à des vaisseaux spécialisés. Au terme de leur vie, elles sont ramenées à terre pour leur démantèlement intégral.
- Les opérations de maintenance lourde s'effectuent également à terre, grâce à la possibilité de «débrancher» une éolienne flottante et de la ramener au port.
- La mise en place perturbe nettement moins la faune marine que la réalisation de fondations pour les éoliennes posées.

De récentes études économiques estiment que le prix du MWh produit par les éoliennes flottantes devrait connaître une chute aussi accentuée, voire plus rapide, que celle ayant

marqué les éoliennes *offshore* sur fondation. Rappelons que dans les conditions les plus favorables, le MWh issu d'éoliennes *offshore* posées revient moins cher que le MWh produit par des éoliennes terrestres : 44 € pour le projet de Dunkerque, par exemple, contre 66,5 € en moyenne pour les lauréats du dernier appel d'offres français relatif à l'éolien terrestre. La construction des fermes éoliennes sur fondation a vu ses coûts chuter de manière remarquable partout en Europe, ce qui se traduit par un prix du MWh partant d'un niveau approximatif de 250 € voici 15 ans, encore voisin de 150 € jusqu'en 2015 et s'établissant désormais entre 98 € (Gode Wind 4, Allemagne, attribué en 2018) et 44,9 € (Forthwind, Royaume-Uni, attribué en 2019), certains lauréats ne demandant aucun soutien public (Hollandse Kust Zuid, Pays-Bas, attribué en 2017). La standardisation des équipements, la multiplication des bases portuaires et surtout la baisse du coût de la maintenance, grandement due à l'effet d'apprentissage, expliquent l'excellent niveau de prix du MWh produit.

Afin de favoriser l'instauration d'une véritable industrie européenne de l'éolien flottant, propre à accélérer le cheminement sur une trajectoire de prix aussi vertueuse que celle de l'éolien *offshore* posé, il serait souhaitable de lui accorder un statut pilote, celui de «Projet Important d'Intérêt Européen Commun». Un tel statut, prolongeant celui qui a présidé à «l'alliance de la batterie», qui porte déjà ses fruits, et comparable à celui qui est envisagé pour la filière hydrogène, facilite la coopération entre les participants, garantit la mise en commun des connaissances et simplifie les procédures relatives aux aides d'État.

La France pourrait tenir le rôle de chef de file de ce secteur, mais pour cela il semble indispensable qu'elle assure la continuité de son engagement, au-delà des quatre fermes éoliennes flottantes en préparation. Bien sûr, le MWh provenant de ces quatre installations pré-commerciales coûte cher. Chaque lauréat recevra une aide à l'investissement d'environ 40 millions d'euros et chaque MWh produit bénéficiera d'un tarif d'achat de 240 € garanti

pendant 20 ans. Ces montants restent néanmoins proches des sommes connues pour les premières éoliennes *offshore* sur fondation inaugurées en Europe avant que la mise en concurrence porte ses fruits. Leur niveau élevé se justifie en premier lieu par le fait que chaque installation constitue un prototype, bâti sur mesures, en second lieu par l'absence d'une chaîne logistique dédiée à la fabrication et à la maintenance, en dernier lieu par les primes de risque demandées par les apporteurs de capitaux et les compagnies d'assurance, comme pour toute technologie vraiment innovante.

Face aux coûts actuels, on comprend les hésitations de notre gouvernement à programmer de nouveaux appels d'offres. Pourtant, un examen du dossier plaide en faveur d'un effort particulier, que les consommateurs d'électricité pourront comprendre afin d'en accepter le surcoût momentané, avant le bénéfice des effets de série qui résultera de la visibilité donnée aux opérateurs. Car il existe peu de technologies aux débouchés d'envergure planétaire pour lesquelles la France possède une avance relative. Il existe peu de technologies sur lesquelles la France puisse mobiliser un aussi grand nombre d'acteurs de premier plan. Enfin, il existe peu de technologies ayant reçu un accueil aussi favorable des régions concernées (Bretagne, Occitanie, région Sud), prêtes à financer les investissements nécessaires dans les infrastructures portuaires. En annonçant des appels d'offres conséquents, au moins 250 MW par an puis 500 MW par an, répartis entre Atlantique et Méditerranée, la Programmation pluriannuelle de l'énergie offrirait au pays la chance de structurer une filière industrielle majeure. Peut-on laisser passer cette chance?

#### RÉFÉRENCES

Article 1 de la loi n° 2019-1147 du 8 novembre 2019 relative à l'énergie et au climat.

Panorama de l'électricité renouvelable au 30 septembre 2019, ouvrage publié en commun par l'Association des distributeurs d'électricité en France (ADEeF), l'Agence ORE, Enedis, RTE et le Syndicat des Énergies Renouvelables (SER).

Global Wind Energy Council, Global Wind Report 2018, Avril 2019.

Commission de Régulation de l'Énergie, Rapport de synthèse du 6 juin 2019 sur les installations éoliennes de production d'électricité en mer dans une zone au large de Dunkerque.

Ministère de la Transition Écologique et Solidaire, Communiqué de presse du 8 octobre 2019.

Décisions du 25 février 2019 de la Commission Européenne relatives aux aides d'État accordées par la France aux projets d'éoliennes flottantes.

Études de l'IFRI, *L'essor de l'éolien offshore en mer du Nord : un enjeu stratégique pour l'Union Européenne*, juillet 2018 et *L'éolien offshore flottant dans sa dimension industrielle et technologique*, juillet 2019