

Les énergies marines renouvelables : énergies de demain ?

Les énergies marines renouvelables sont aujourd'hui sur le devant de la scène. Les débats sur la transition énergétique leur font une place plus qu'honorable et elles apparaissent comme une solution pour à la fois diversifier nos sources d'approvisionnement et créer de nouveaux emplois.

Pourtant les énergies marines renouvelables ne sont pas nouvelles : les idées de Jules Verne et les expériences de Georges Claude sur l'utilisation de l'énergie thermique des mers datent respectivement des années 1869 et 1930. L'usine marémotrice de la Rance, dont l'idée remonte à 1921, fut quant à elle inaugurée en novembre 1966 par le général de Gaulle. Depuis lors elle produit environ 0,5 TWh par an d'électricité grâce à 24 groupes bulbes de 12 MW chacun. Elle est restée la plus grande usine marémotrice au monde pendant 45 ans, avant d'être détrônée en 2011 par la centrale de Sihwa Lake en Corée du Sud, légèrement plus puissante.

Les énergies marines renouvelables sont actuellement « revisitées » avec l'espoir que les progrès techniques et l'abaissement des coûts qui s'ensuit, rendent accessibles certaines d'entre elles. Une mission d'évaluation en ce sens vient d'être confiée par leurs ministres de tutelle aux deux Conseils généraux de l'Environnement et du développement Durable (CGEDD) et de l'Economie, de l'Industrie, de l'Énergie et des Technologies (CGEJET). Il y a évidemment le risque que les énergies marines reposent, comme beaucoup d'autres, sur des technologies « cycliques », auxquelles on s'intéresse périodiquement, disons tous les 30 ans, et qui retombent ensuite dans l'oubli, faute d'avoir atteint leur point de compétitivité technique et économique.

Le présent dossier réalisé par de grands industriels du domaine : la DCNS, l'IFPEN et les partenaires regroupés au sein du pôle Mer Bretagne vise à rassembler des éléments d'information objectifs sur cette question.

Des technologies diversifiées

Il n'existe pas une énergie marine mais des énergies marines renouvelables qui sont en règle générale l'expres-



JEAN-PIERRE HAUET
ASSOCIATE PARTNER
KB INTELLIGENCE
MEMBRE EMÉRITE
DE LA SEE

sion, au travers du milieu marin, d'autres formes d'énergie :

- L'énergie éolienne permet de faire tourner des éoliennes en mer (offshore) au même titre que sur terre (onshore) ;
- L'énergie éolienne est également à l'origine de l'énergie « houlomotrice », portée par les vagues et la houle ;
- L'énergie des courants, susceptible d'être collectée par des hydroliennes immergées plus ou moins profondément, est une énergie cinétique liée au déplacement des masses d'eau

engendré par le jeu de la gravitation qu'exercent la Lune et le Soleil ;

- L'énergie des marées est une énergie potentielle liée aux différences de niveaux de la surface de la mer qu'engendrent les marées, elles-mêmes liés aux phénomènes de gravitation ;
- L'énergie thermique des mers et la biomasse marine sont des expressions de l'énergie solaire ;
- La seule véritable énergie marine est peut-être celle des gradients de salinité consistant à exploiter, par exemple par des membranes semi-perméables, la différence de salinité entre l'eau des fleuves et celle des mers dans lesquelles ils se déversent.

C'est donc tout un ensemble de technologies qu'il faut considérer si l'on veut se faire une idée du potentiel énergétique marin. Le présent dossier n'aborde que celles susceptibles de permettre la production d'électricité, passant sous silence par conséquent la production des algo-carburants qui relèvent de la prospective.

Des technologies à des stades de développement très divers

Dans l'ensemble, les énergies marines sont aujourd'hui très peu exploitées. Dans le World Energy Outlook 2012 publié par l'Agence Internationale de l'Énergie, elles n'apparaissent que pour une proportion infime de la production globale d'électricité : 0,005 %.

Les technologies sont cependant à des stades de développement très variables :

- L'énergie marémotrice est considérée comme une énergie mature. Malheureusement, les sites propices à des installations similaires à celle de la Rance sont rares et souvent grevées de contraintes fortes de mise en valeur, ce qui interdit de considérer l'énergie marémotrice comme une solution à fort potentiel ;
- L'énergie éolienne off-shore, avec la technique des éoliennes posées, est une réalité avec 3 813 MW installés en Europe à la fin 2011, dont 2 093 MW en Grande-Bretagne et 857 MW au Danemark. La puissance moyenne des turbines est de 3 à 4 MW, la distance à la côte de l'ordre de 30 km et la profondeur de la mer d'environ 25 m. C'est dans cette technologie que la France veut prendre pied – avec un certain retard cependant par rapport à ses voisins – en lançant des appels d'offre pour l'équipement de champs éoliens marins. Un premier appel d'offres, jugé en avril 2012, a conduit à sélectionner quatre projets au large des côtes de la Manche et de l'Atlantique pour une puissance cible installée de 1 928 MW dont on espère tirer une production de 6,8 TWh. Ces 1 928 MW constituent une première étape vers un objectif 2020 fixé à 6 000 MW à la suite du Grenelle de l'Environnement ;
- L'énergie éolienne off-shore avec turbines flottantes permet de se libérer de certaines contraintes des éoliennes posées et d'envisager l'exploitation de ressources beaucoup plus étendues, mais au prix d'une complexité accrue et des inconvénients, liés à la distance aux côtes, pour le rapatriement de l'électricité. Ces technologies en sont au stade des premiers pilotes avec une éolienne de 2 MW installée en juin 2012 à 5 km au large d'Aguçadoura au Portugal. En France, l'objectif pour 2020 est de l'ordre de 1 000 MW installés en éoliennes flottantes ;
- La captation de l'énergie des courants de marée, par des hydroliennes immergées, est un peu moins avancée mais des projets pilotes sont menés, au large des côtes bretonnes en particulier (Paimpol-Bréhat), avec des puissances unitaires de l'ordre de quelques centaines de kW. Notons que le concept d'hydroliennes pourrait un jour être étendu à la valorisation du potentiel des courants marins situés beaucoup plus au large des côtes ;
- La captation de l'énergie des vagues fait l'objet d'un foisonnement d'idées qui demandent à être validées sur le plan de la faisabilité technique et économique. Le Portugal et la Grande-Bretagne ont beaucoup travaillé sur le sujet mais les questions de corrosion, de résistance des matériaux et de maintenance demeurent primordiales sans oublier les aspects économiques bien entendu ;



- La valorisation de l'énergie thermique des mers et celle de la pression osmotique relèvent toutes deux d'un horizon plus lointain. Toutefois, la desserte des DOM ne doit pas être oubliée en France et le pôle Mer Bretagne et la DCNS s'y emploient, aux Antilles et à La Réunion notamment.

La faisabilité technique de la plupart de ces filières n'est donc pas acquise et beaucoup de verrous technologiques, abordés dans le présent dossier, restent à lever, au niveau de la conception et de la réalisation des machines, de leur maintenance et du conditionnement et de l'évacuation de l'électricité produite. Il faut aussi penser au démantèlement et, ce qui est tout à fait essentiel, à la coexistence avec d'autres activités de mise en valeur du milieu marin.

Des énergies qui restent chères

Sur le plan économique, ces énergies restent chères, y compris celles dont la maturité technique et industrielle est la plus avancée. L'appel d'offres sur les éoliennes en mer jugé en avril 2012 laisse penser que le coût d'investissement pourrait s'élever aux environs de 3 500 €/MW (pour 3 500 h de fonctionnement annuel à puissance nominale) avec un prix de revient de l'électricité produite de l'ordre de 210 €/MWh (160 €/MWh de contribution CSPE selon la CRE). Les autres formes d'énergie marines conduisent évidemment, dans l'état actuel des choses, à des prix de revient sensiblement plus élevés étant donné leur plus faible degré de maturité.

Dans un contexte budgétaire fortement contraint, la question se pose donc de savoir s'il faut soutenir ces formes d'énergie, séduisantes sur le plan technique et, sous réserve

de précautions, sur le plan écologique, alors que leur rentabilité est loin d'être atteinte.

Mais un potentiel énergétique et économique important

Plusieurs facteurs plaident en faveur des énergies marines renouvelables :

- Le premier point a trait à l'étendue des ressources théoriquement accessibles. Une étude récente du Crown Estate en Grande-Bretagne (organisme gérant le patrimoine national) évalue de la façon suivante les ressources techniquement exploitables au large de la Grande-Bretagne :

- Energie des courants de marée : 32 GW – 95 TWh ;
- Energie des vagues : 27 GW – 69 TWh ;
- Energie des marées :
 - ☞ en barrages : 45 GW – 96 TWh ;
 - ☞ en lagons : 14 GW – 25 TWh.

S'ajouteraient à cela au moins 70 GW d'éolien off-shore, produisant de 80 à 334 TWh¹ et dont 18 GW pourraient être exploités dès 2020.

Bien sûr, il ne s'agit que d'un potentiel théorique. Dans la pratique il faut tenir compte des réalités économiques et des contraintes liées à la protection de l'environnement et à l'acceptation des projets par les usagers de la mer et plus généralement par les populations concernées.

Mais le potentiel des îles Britanniques n'en reste pas moins considérable.

En France, il ne nous a pas été possible de rassembler des chiffres aussi précis et un inventaire détaillé reste probablement à faire. On trouve dans les publications de l'ADEME, les chiffres suivants pour les potentiels techniquement exploitables des diverses formes d'énergie :

- Energie des courants de marée : 2,5 à 3,5 GW – 5 à 14 TWh ;
- Energie des marées : 2 GW (en lagons) ;
- Energie des vagues : 10 à 15 GW – 40 TWh.

Quant au potentiel éolien offshore français, il serait le deuxième d'Europe avec 13 GW de puissance installée possible correspondant à une production potentielle de 44 TWh¹.

Ces données doivent être utilisées avec la plus grande précaution car la notion d'énergie techniquement exploitable

reste floue et beaucoup d'autres contraintes s'exercent sur la mise en valeur des ressources marines que les seules considérations techniques. Elles n'ont donc valeur que d'ordres de grandeur mais ceux-ci sont importants et plaident en faveur d'une investigation plus poussée des technologies de mise en valeur des énergies marines.

Il faut également rappeler que la France possède la seconde plus grande zone économique exclusive du monde, avec 11 035 000 km² (juste derrière celle des États-Unis : 11 351 000 km²), ce qui confère aux énergies marines renouvelables un intérêt particulier dans l'optique de desserte des départements et collectivités d'outre-mer.

- Un autre facteur jouant en faveur des énergies marines est leur intermittence moins marquée que celle des énergies éoliennes et solaires terrestres ainsi que leur prédictibilité plus grande. Ceci pourrait donc faciliter leur insertion dans les réseaux électriques, à la condition toutefois que l'évacuation de l'énergie électrique vers la côte puisse être réalisée dans de bonnes conditions.
- Enfin il y a bien entendu les questions touchant à l'emploi. A fort contenu d'investissement, la mise en valeur des énergies marines peut générer des emplois si l'industrie française est capable de résister à la concurrence étrangère, ce qui n'a pas malheureusement pas été le cas de l'éolien terrestre et encore plus du solaire photovoltaïque. La situation se présente plutôt mieux pour les technologies de capture des énergies marines, les éoliennes off-shore pouvant hériter du savoir-faire en matière d'exploration pétrolière et les hydroliennes de celui en matière de turbines hydraulique.

Il a été ainsi estimé par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie que l'appel d'offres relatif aux quatre premiers champs éoliens offshore pourrait générer 10 000 emplois industriels directs dans les régions Pays-de-la-Loire, Bretagne, Basse-Normandie et Haute-Normandie dans le cadre d'un investissement de 7 Md €.

Un arbitrage économique qui doit en définitive rester pondéré

Même si la contribution des énergies marines renouvelables est aujourd'hui minime, il est justifié que les pouvoirs publics cherchent à en promouvoir la mise en valeur. La question qui se pose est de déterminer le niveau d'effort qui peut raisonnablement leur être consacré. Si on se limite à la filière la plus avancée sur le plan industriel, celle de l'éolien

Jean-Pierre Hauet est ancien élève de l'Ecole Polytechnique et Ingénieur du corps des mines.

Il a occupé différentes positions dans l'Administration, en particulier celle de rapporteur général de la Commission de l'Energie du Plan.

Il a dirigé le centre de recherches de Marcoussis d'Alcatel avant d'être nommé directeur Produits et Techniques de Cegelec, puis Chief Technology Officer d'ALSTOM. Depuis 2003, il est Associé Partner de KB Intelligence, spécialisé dans les questions d'énergie, d'automatismes industriels et de développement durable. Il préside l'ISA-France, section française de l'ISA (Instrumentation, Systems & Automation Society). Il est membre Emérite de la SEE, président du Comité éditorial de la REE et Médaille Ampère de la SEE.

¹ Source : Projet "Concerted Action on Offshore Wind Energy in Europe".

off-shore, on voit, après le premier appel d'offres, qu'une contribution de 1,1 Md € par an pendant 10 ans sera nécessaire pour assurer la rentabilité de l'investissement de 7 Md € qu'il implique². Cet investissement permettra de disposer d'une puissance nominale de 1 928 MW produisant 68 TWh sur 10 ans.

Il est intéressant de comparer cet effort à celui consenti au profit de l'EPR qui peut également être considéré comme une installation pilote, dans le domaine nucléaire cette fois. Le surcoût de ce prototype peut être évalué à 4 Md € mais on peut attendre de l'EPR une production annuelle d'électricité de 13 TWh soit 130 TWh sur 10 ans.

De ce calcul en ordre de grandeur, il ressort que la filière éolienne off-shore est soutenue financièrement cinq fois plus

² Source : Commission de Régulation de l'Énergie.

que la filière EPR, sans tenir compte du facteur intermittence de l'énergie éolienne.

Il appartient aux responsables politiques de décider si un tel écart est justifié et soutenable. L'investissement ne fait sens à notre avis que si les perspectives d'abaissement des coûts, qui pourraient ramener le prix de revient du kWh marin de 210 à moins de 100 €/MWh comme l'espèrent les Anglais, se concrétisent rapidement. L'exemple de l'énergie éolienne onshore montre qu'une telle évolution est possible. C'est un défi industriel à relever mais il faut veiller à ne pas se laisser entraîner dans des politiques de soutien récurrent qui s'avèrent à la longue extrêmement onéreuses sans qu'il soit facile de s'en extraire.

Quant aux autres formes d'énergie marines, elles relèvent encore de la recherche-développement et par conséquent la logique de rentabilité économique ne peut pas s'y appliquer de la même façon. ■

LES ARTICLES

Les défis d'une filière industrielle émergente

PATRICK POUPON, STÉPHANE ALAIN RIOU, DOMINIQUE KERVAZO, JEAN-YVES PRADILLON, RAPHAEL VAMBRE,
JEAN-FRÉDÉRIC CHARPENTIER

P. 59

Les énergies marines renouvelables, des ressources d'avenir

FRÉDÉRIC LE LIDEC

P. 59

Éolien offshore et offshore pétrolier : faits pour s'entendre

DANIEL AVERBUCH

P. 59