

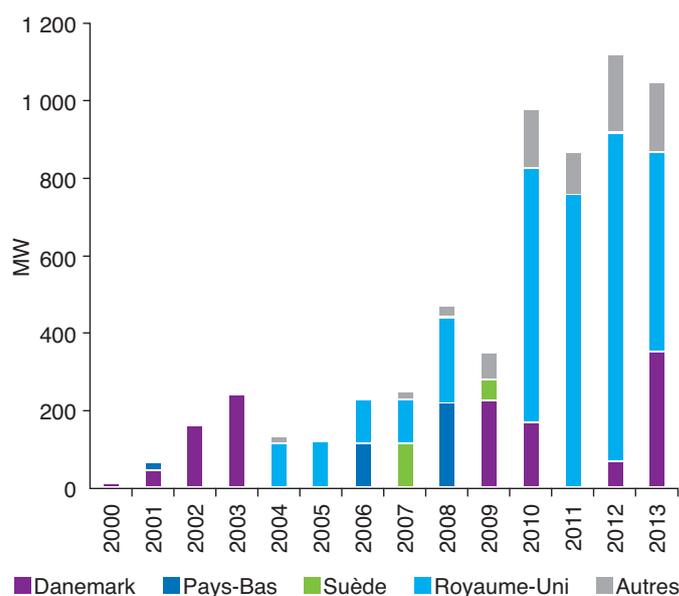
Les énergies marines renouvelables : des nouvelles du front de mer

Placées maintenant au cœur du débat sur la transition énergétique, les énergies marines renouvelables ne sont plus des inconnues. Cependant, elles n'en sont pas encore toutes au même niveau de développement. Face au raz-de-marée d'informations dans ce domaine, faisons le tour d'horizon de l'actualité des différents types d'énergies marines renouvelables.

Le développement des énergies renouvelables est aujourd'hui au cœur des politiques énergétiques de nombreux pays, notamment dans le secteur de la production d'électricité où l'éolien terrestre est déjà bien exploité. Dans certains cas, on peut probablement considérer que la plupart des sites ou zones disponibles sont maintenant équipés. Les énergies marines renouvelables (EMR), dont l'éolien offshore, représentent alors un nouvel axe de développement complémentaire.

L'Europe possède de très beaux gisements d'énergies récupérables avec le Royaume-Uni et la France comme principaux pays ressources. L'éolien offshore est la première EMR à avoir été exploitée alors que les autres EMR comme l'hydrolien (énergie des courants) et l'énergie houlomotrice (énergie des vagues) n'en sont qu'aux premières étapes de développement et que le développement de l'énergie thermique des mers semble être encore plus lointain.

Fig. 1 – Nouvelles installations en Europe entre 2001 et juillet 2013



Source : European Wind Energy Association

Le Danemark renoue avec la croissance en 2013 avec 350 MW de nouvelles capacités après quelques années de ralentissement. Le Royaume-Uni tire toujours le marché avec un rythme de construction constant depuis trois ans. Chaque année, entre 650 et 850 MW offshore sont raccordés au réseau et le pays dispose actuellement des deux plus grands parcs éoliens offshore dans le monde :

- le London Array (phase I), constitué de 175 turbines, peut produire en pointe jusqu'à 630 MW. Ce projet de 1,5 milliard de livres (G£) a été mené à bien par E.ON, DONG Energy et Masdar ;

Un marché éolien offshore qui a le vent en poupe

Début 2013, le rythme d'installation d'éoliennes offshore a considérablement augmenté en Europe, le marché pionnier de l'éolien offshore, où 1045 MW ont déjà été connectés sur le premier semestre de 2013. Le record de 2012 avec 1 120 MW devrait dès lors être rapidement battu (fig. 1).

L'année 2013 verra donc très certainement s'établir un nouveau record de connexions aux alentours de 1500 MW et 2014 s'annonce encore plus prometteuse puisque l'European Wind Energy Association (EWEA) répertorie 1 900 MW d'installations prévues pour cette seule année.

Les énergies marines renouvelables : des nouvelles du front de mer

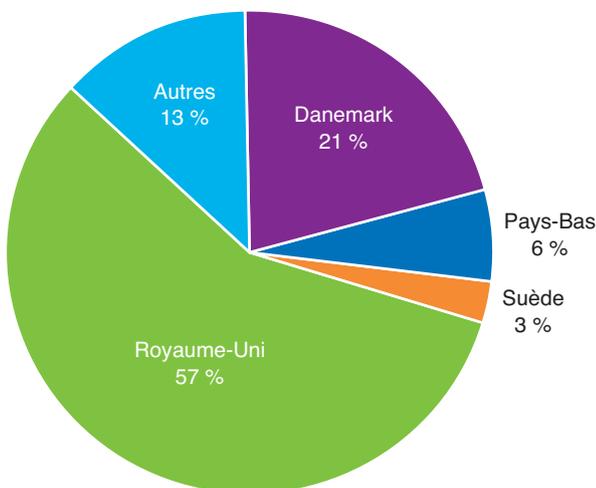
- le second est Greater Gabbard, une ferme éolienne de 140 turbines et d'une capacité de 500 MW au large des côtes du Suffolk. Ce parc sera bientôt complété du champ annexe de Galloper. Greater Gabbard a été financé par SSE Renewables et RWE Innogy pour un montant de 1,3 G£.

D'ores et déjà, d'autres projets sont sur le point de voir le jour comme la nouvelle ferme éolienne de Triton Knoll, sur la côte est du Norfolk. Ce parc offshore comprendrait 288 turbines d'une capacité totale de 1 200 MW pour un investissement associé estimé de l'ordre de 3,6 G£. Le développement de la filière éolienne offshore au Royaume-Uni est devenu l'un des axes de développement prioritaire du gouvernement pour assurer sa sécurité énergétique tout en réduisant les émissions de gaz à effet de serre de son secteur électrique. Afin de favoriser les investissements, le *Department for Energy and Climate Change* a annoncé la mise à disposition de 20 M€ de financement pour améliorer la chaîne de production de l'éolien offshore et 46 M€ pour stimuler l'innovation dans l'éolien offshore à travers des projets d'entreprises ou d'universités britanniques.

Ces installations nouvelles portent le total éolien offshore dans le monde à 5 538 MW. L'Europe possède évidemment le plus grand parc avec 4 995 MW (90 % des capacités mondiales à fin 2012 – fig. 2) loin devant la Chine avec 510 MW (9 %) et le Japon avec 34 MW (1 %).

La France s'est fixée un objectif ambitieux de 6 000 MW d'éolien offshore installés d'ici à 2020. Ambitieux car le parc éolien offshore français n'existe pas encore et que les premières fermes issues des deux appels d'offres éolien en mer lancés l'année dernière ne seront opérationnelles que dans quelques années.

Fig. 2 – Répartition par pays des capacités éoliennes offshore installées en Europe (juillet 2013)



Source : European Wind Energy Association

Fig. 3 – Le résultat de l'appel d'offres français éolien offshore de 2012



Source : ministère de l'Économie

Lors du premier appel d'offres, quatre sites ont été attribués (dont trois au consortium rassemblant EDF et DONG/Alstom) pour une puissance totale de 1 928 MW (fig. 3) pour un futur déploiement de fermes éoliennes offshore et leur exploitation par des sociétés ad hoc :

- à Courseulles-sur-mer (450 MW), la société Éoliennes Offshore du Calvados est détenue à 85 % par Éolien Maritime France (EMF) (60 % EDF Énergies nouvelles et 40 % DONG Energy) et à 15 % par wpd offshore (développeur de 2 500 MW d'éolien dans le monde) ;
- à Fécamp (498 MW), la société Éoliennes Offshore des Hautes Falaises est détenue à 70 % par EMF et à 30 % par wpd offshore ;
- à Saint-Nazaire (480 MW), le projet sera exploité à 100 % par EMF ;
- le site de Saint-Brieuc (500 MW) a été attribué à Iberdrola et Areva (Ailes Marines SAS).

Le second appel d'offres s'est clôturé le 29 novembre 2013, il concerne deux sites : Le Tréport et les îles d'Yeu et de Noirmoutier pour une capacité combinée de 1 000 MW à l'horizon 2020. EDF Énergies nouvelles et l'allemand wpd offshore sont toujours en partenariat pour y répondre avec leur fournisseur exclusif d'éoliennes : Alstom. GDF Suez a récemment annoncé un partenariat avec la société portugaise EDP Renewables (3^e acteur mondial de l'éolien terrestre) afin de répondre à ce second appel d'offres.

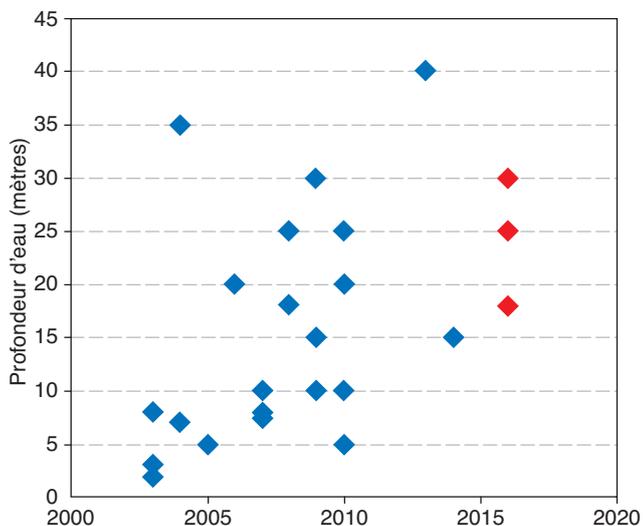
Les énergies marines renouvelables : des nouvelles du front de mer

Dernièrement, le ministre de l'Écologie, Philippe Martin, a évoqué un probable 3^e round pour l'éolien offshore dès 2014 pour se rapprocher de l'objectif visé (6 000 MW en 2020), même si celui-ci paraît de plus en plus difficile à atteindre, et inscrire la filière industrielle qui commence à se créer en France sur le long terme.

On attend toujours le flottant

Les nouvelles fermes éoliennes offshore sont de plus en plus implantées sur des sites éloignés des côtes avec des profondeurs d'eau de plus en plus importantes. Cette évolution répond à une logique économique : les sites les plus proches des côtes ont été développés en premier et les développeurs de fermes doivent maintenant progressivement se tourner vers de plus grandes profondeurs d'eau (fig. 4), ce qui permet également de profiter de vents plus forts et plus réguliers (cela permet de gagner environ 500 h de fonctionnement à pleine puissance soit 15 % de gain par rapport à l'éolien offshore posé) tout en gênant moins les autres usages de la mer.

Fig. 4 – Profondeur d'eau des fermes éoliennes, par année d'installation



Les projets français issus de l'appel d'offres éolien en mer sont en rouge.

Source : IFPEN

À partir de 50 m de profondeur, les technologies actuelles de fondations des éoliennes deviennent trop complexes donc trop chères (entre 10 et 40 m de profondeur, le coût de l'éolienne et de sa fondation augmente d'environ 35 %), ouvrant la porte aux éoliennes flottantes.

Les avantages et le potentiel de développement de l'éolien flottant ont poussé plusieurs pays à travers le monde à lancer des projets de R&D pour mettre au point la technologie flottante.

Les projets les plus avancés ne sont actuellement qu'au stade de prototype avec des évolutions contrastées :

- le projet Hywind Maine a été arrêté. Développé par le groupe norvégien Statoil, Hywind avait été la première éolienne flottante reliée à un réseau. Ce projet a été annulé du fait d'une nouvelle réglementation dans l'État du Maine ;
- toujours dans le Maine, la première turbine flottante a été reliée au réseau aux États-Unis. Il s'agit encore d'un prototype à l'échelle 1/8 de la turbine finale qui développera une puissance de 6 MW pour un diamètre de 130 m ;
- l'éolienne flottante Hitachi de 2 MW installée au Japon au large de Fukushima a commencé à produire de l'électricité. Deux autres éoliennes, de 7 MW chacune, devraient être installées lors de la suite du projet ;
- En France, le projet Winflo (DCNS, Nass&Wind, Vergnet, Ifremer, ENSTA Bretagne) devrait conduire à la réalisation d'un démonstrateur au large des côtes du Croisic en 2014. Cela serait la première éolienne flottante en France ;
- le projet Vertiwind (Nenuphar et Technip comme principaux porteurs du projet) qui vise à créer une éolienne flottante à axe verticale.

Les projets houlomoteurs restent dans le vague

Les machines houlomotrices récupèrent l'énergie des vagues et de la houle. Plusieurs concepts sont en cours d'étude et de développement (voir fiche Panorama 2011 – Les Énergies marines renouvelables). Alors que les machines houlomotrices avaient été parmi les pionnières à tenter de récupérer de l'énergie des océans, les reports et les échecs se multiplient, faisant prendre du retard à cette filière :

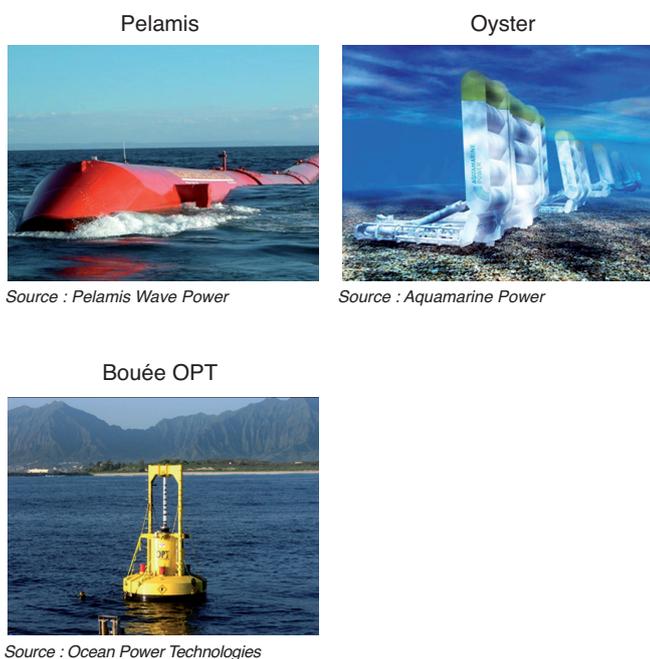
- Ocean Power Technologies a annoncé un retard dans l'installation de sa bouée-test au large des côtes de l'Oregon, initialement prévue en 2013, pour cause de problèmes administratifs avec la *Federal Energy Regulatory Commission* ;
- suite à des problèmes de financement, *Blue Power Energy* (Irlande) cherche des investisseurs afin de commercialiser sa technologie ;
- Pelamis vient de perdre le soutien d'E.ON. L'énergéticien a annoncé vouloir se focaliser sur l'éolien ou le solaire au détriment des énergies marines renouvelables. Même si Pelamis Wave Power a annoncé que cela ne remettait pas en cause son projet, on est

Les énergies marines renouvelables : des nouvelles du front de mer

en droit d'en douter étant donné les nombreux problèmes et retards qui ont jalonné la vie de ce projet ;

- Au-delà des questions du financement et du coût de production de l'électricité produite, les problèmes mécaniques restent aujourd'hui le principal défi d'un projet houlomoteur : Oyster d'Aquamarine Power a finalement produit de l'électricité envoyée au réseau pendant 24 heures consécutives. Une prouesse atteinte au bout de 18 mois de projet où les ennuis mécaniques et pannes de connexion se sont multipliés.

Fig. 5 – Illustration de quelques concepts houlomoteurs



Cependant la situation n'est pas aussi compliquée pour tous les projets et certains produisent de l'électricité. C'est le cas de Wavestar, une plateforme installée au Danemark et qui récupère l'énergie des vagues via des bras articulés.

Les projets hydroliens tournent rond

Les nouvelles sont meilleures pour la filière hydrolienne qui vise à produire de l'électricité via des hélices immergées dans les courants marins, sur le même principe qu'une éolienne.

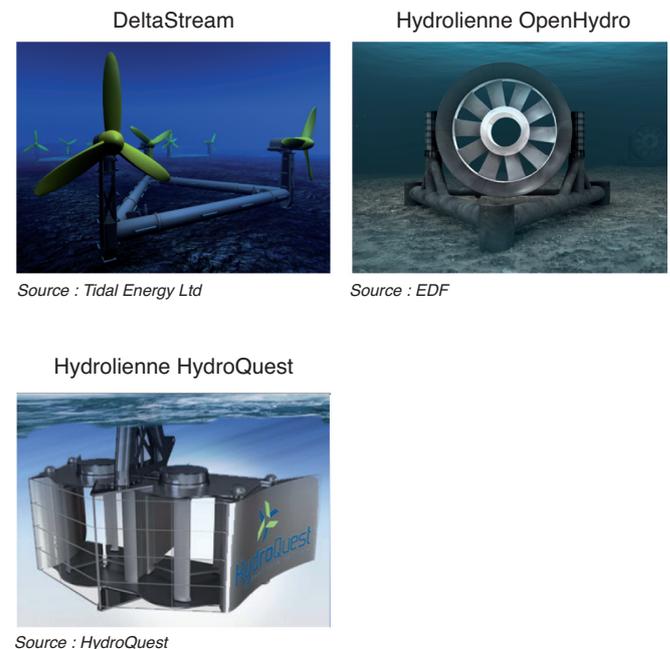
Les premiers dispositifs hydroliens à grande échelle sont en train d'apparaître. Au Pays de Galles, Tidal Energy Ltd va immerger son concept *DeltaStream*, comprenant trois turbines de 400 kW sur un cadre triangulaire posé au fond de la mer. Dans un premier temps, une seule turbine

sera installée et les deux autres devraient l'être en 2014. Au total, le projet pourrait atteindre les 10 MW.

En France, le projet de parc hydrolien de Paimpol-Bréhat mené par EDF avance. La technologie utilisée est celle d'OpenHydro (société britannique appartenant au groupe DCNS depuis cette année) et la mise en service industrielle du parc démonstrateur devrait intervenir durant l'année 2014.

Il est également possible d'installer une hydrolienne dans le cours d'un fleuve, permettant ainsi d'équiper des cours d'eau non exploitables en hydroélectricité classique. C'est l'objectif du projet HydroQuest qui étudie la mise en place d'une hydrolienne fluviale dans la Loire à Orléans courant 2014.

Fig. 6 – Trois concepts d'hydroliennes bientôt installées



Par ailleurs, le gouvernement a lancé fin septembre 2013 un appel à projets (AMI de l'Ademe) afin d'installer la filière hydrolienne en France. Trois ou quatre fermes de 4 à 10 hydroliennes seront installées sur deux sites : le raz Blanchard dans le Cotentin (Manche) et le passage du Fromveur dans le Finistère. Chaque ferme recevra un financement maximal de 30 M€. Déjà plusieurs industriels ont fait part de leur intérêt :

- EDF sur le site de Paimpol-Bréhat en association avec DCNS ;
- GDF Suez allié avec Alstom ;
- Siemens est également intéressé.

Les énergies marines renouvelables : des nouvelles du front de mer

Les coûts élevés restent un écueil

Les différentes énergies marines renouvelables sont actuellement des solutions chères (fig. 7). L'éolien offshore est pour l'instant la solution la moins chère car produisant un MWh électrique autour de 150 € alors que les hydroliennes sont entre 180 et 220 €/MWh et l'énergie houlomotrice encore au-dessus, autour de 250 €/MWh.

Fig. 7 – Synthèse de l'état de maturité des énergies marines

Énergie	Potentiel de production d'électricité	Maturité technique	État du marché	Coût de production
Éolien offshore	20 000-30 000 TWh/an	++	1-2 GW/an	150 €/MWh
Énergies des courants	> 800 TWh/an	+	Quelques MW/an	180-220 €/MWh
Énergie houlomotrice	1 000-2 000 TWh/an	—	Quelques MW/an	200-300 €/MWh

Source : IFPEN

Sur le long terme, il sera primordial pour les énergies marines renouvelables de passer en dessous de la barre des 100 €/MWh afin d'être compétitives par rapport aux autres moyens de production d'électricité et cela passera également par une bonne maîtrise des coûts de maintenance qui peuvent par exemple représenter sur

les projets de l'éolien offshore environ 20 % du coût total de production.

Au final, les filières d'énergies marines connaissent un développement très contrasté.

L'éolien offshore est une technologie qui rentre aujourd'hui dans une phase de consolidation et de globalisation au niveau mondial. Après un démarrage difficile, la filière industrielle française se met progressivement en place suite aux appels d'offres lancés en 2012 et 2013.

Le développement de prototypes de taille significative pour l'hydrolien et le lancement des premiers appels à projet devraient très rapidement faire émerger une nouvelle filière industrielle.

En revanche, les filières houlomotrices, confrontées à de nombreuses difficultés d'ordre technique, restent encore au stade de la R&D.

Pour toutes ces énergies, il faudra ensuite petit à petit réduire les coûts, aussi bien sur les investissements initiaux que sur la maintenance de machines installées en pleine mer. Cela ainsi que l'intégration au réseau de ces énergies intermittentes restent les deux défis à relever pour les énergies marines renouvelables.

Simon Vinot – simon.vinot@ifpen.fr
Manuscrit remis en novembre 2013