



FACE A L'OBJECTIF 2020, LE SERPENT DES MERS EMERGERA-T-IL ENFIN ?

Lorsqu'il présente, en novembre dernier, son programme de développement des énergies renouvelables, Jean-Louis Borloo s'attarde sur les énergies marines... Il se dit même, dans les couloirs du ministère, que lorsqu'on lui présente les différentes PPI (programmations pluriannuelles des investissements pour l'électricité, le gaz et la chaleur, toujours en attente de parution officielle), il interroge : « et les énergies marines ? ». Nouveau fantasme d'un ministre d'Etat plus "écologique" que nature ? Pas seulement. Les engagements européens seront difficiles à réaliser, nul n'en doute, et toutes les pistes sont à envisager pour atteindre l'objectif français d'une part de 23 % pour les énergies renouvelables dans la consommation d'énergie à l'horizon 2020. Le BIP et ENERPRESSE se sont penchés sur la question.

Dès mars 2007, l'Ifremer lance, avec les principaux acteurs institutionnels, industriels et scientifiques, une réflexion prospective sur les énergies marines renouvelables à l'horizon 2030, qui s'achève au printemps 2008. Les conclusions sont présentées en octobre à Brest où se tient la 2^{ème} conférence internationale sur les énergies marines renouvelables et font l'objet d'un livre publié en début d'année, dont deux des auteurs, Michel Paillard et Denis Lacroix, nous présenteront dans notre prochaine édition les tenants et aboutissants. Simultanément ou presque, les Pouvoirs publics lancent le Grenelle de la Mer, dont l'un des groupes de travail, le n° 2, a pour vocation d'évaluer les ressources énergétiques du domaine maritime.

PAS DE PÉTROLE MAIS UN POTENTIEL IMPORTANT EN ÉNERGIES MARINES

Si la France n'a pas de pétrole (et très peu de gaz), en tant que nation maritime, elle dispose d'un potentiel important pour exploiter les sources d'énergie marine. La mer est un milieu riche en flux énergétiques qui peuvent être exploités sous différentes formes : l'éolien offshore, l'énergie des vagues (houlomotrice), l'énergie des courants, l'énergie thermique des mers grâce à la différence de température entre les eaux de surface et les eaux profondes, l'énergie marémotrice

liée au flux et reflux de la marée ou encore l'énergie osmotique (voir en pages Documents).

« Disposant du second potentiel d'Europe pour l'hydrolien et l'éolien marin, d'une excellente ressource houlomotrice et de grandes étendues marines tropicales, la France peut jouer un rôle important en recherche comme en développement », observe l'Ifremer en introduction de son étude. Pourtant, dans le Grenelle de l'Environnement, cet éventuel potentiel n'a pas été pris en compte.

Le "Comop Energies Renouvelables" a identifié, rappelons-le, l'équivalent de 20 millions de tonnes équivalent pétrole d'énergies renouvelables à créer pour parvenir à l'objectif de 23 % d'ENR dans la consommation d'énergie fixé par l'Union européenne à l'horizon 2020 (contre 10 % en 2005). Il a cherché à la répartir entre les différentes filières, mais sans tenir compte des énergies marines, hormis l'éolien en mer, pour lequel un objectif de 6 000 MW en 2020 a été fixé, ce qui permettra une production de 18 TWh, soit l'équivalent de la consommation domestique (chauffage compris) de 8 millions de Français.

A venir :

- Entretien avec Michel Paillard et Denis Lacroix, ingénieur et chercheur à l'Ifremer, deux des auteurs de l'étude prospective à l'horizon 2030 publié aux Editions Quae - Annexe : une première plate-forme d'essais en mer au large des côtes des Pays de la Loire
- Le rôle de l'Ademe - Document : la Commission recommande le déploiement à grande échelle de l'éolien en mer
- EDF, en haut de la vague/Total : la technologie pétrolière au service des vagues et des courants
- Entretien avec Philippe Gouverneur, directeur d'Enertrag, Président de la commission offshore du Syndicat des Energies Renouvelables
- La Réunion sa lance dans l'énergie thermique des mers
- Microalgues : le nouvel or vert ?

UNE PART DE 7,7 % EN 2020 ?

L'Ifremer a voulu aller plus loin. Sachant qu'en l'état actuel des technologies et des développements, l'objectif 2020 sera difficile à atteindre, il s'est demandé qu'imaginer de plus pour y parvenir. D'où sa réflexion prospective sur les énergies marines renouvelables.

A l'arrivée, un scénario "normatif", intégrant des hypothèses concrètes et équilibrées de réalisations fait ainsi apparaître « *un apport net possible des énergies marines de 1,5 million de tonnes d'équivalent pétrole (Mtep) par an (17,2 TWh/an) pour l'horizon 2020, ce qui représente 7,7 % des 20 Mtep d'augmentation de la production d'énergie renouvelable* », estime l'Ifremer. Dans ce scénario, ces 7,7 % se décomposeraient en 5,2 % pour l'éolien marin et 2,5 % pour les autres énergies marines. En tonnes, cela équivaut à 1,5 million de tep au total, 1 Mtep pour l'éolien offshore, 0,5 Mtep pour les énergies marines autres que l'éolien offshore.

Un blog dédié

●●● Sous l'adresse, <http://energiesdelamer.blogspot.com>, un blog publie tous les jours des articles sur le sujet. C'est à la demande de 3B Conseils, bureau d'études et cabinet conseil spécialisé dans la communication technique et financière que Francis Rousseau, ancien journaliste de LIBÉRATION puis de RADIO FRANCE, crée, en août 2007, ce blog qui compte aujourd'hui, nous précise-t-il, 950 lecteurs quotidiens. De cette veille internationale de plusieurs mois, il retire l'impression qu'il est bien dommage que la France n'ait pas encore fait le choix de ces énergies marines, alors qu'elle a été « *au départ des choses* » : c'est en effet un industriel français, Georges Claude, qui, le premier, démontra la faisabilité de l'énergie thermique des mers à Cuba, en 1930, avec ses propres deniers. Mais la France a ensuite laissé tomber, et ce sont les Américains qui ont pris le relais en 1979 à Hawaï. Pour Francis Rousseau, les actions, en France, sont encore loin des intentions affichées...

DES MESURES DE SOUTIEN INDISPENSABLES

Malgré un développement soutenu de ces filières "marines" dans quelques autres pays d'Europe et dans le monde, aucun dispositif, hormis en éolien marin, n'a encore été qualifié au niveau industriel. Il est donc encore temps, pour la France, de prendre une place dans ce marché en devenir tout juste émergent. Reste à ce que soit mis en place un dispositif de soutien, qui passera forcément par une augmentation du tarif d'achat

de l'électricité produite de cette façon. Certains l'ont bien compris qui, comme la Grande-Bretagne, offre 275 euros le MWh, alors que le régime français propose timidement 150 €.

Le développement de ces filières est bien évidemment aussi lié à la recherche et à l'innovation, à l'arrivée d'investisseurs pour développer la production. Depuis le grand "show" qu'a été la deuxième conférence internationale, les initiatives se multiplient. La manifestation de Brest a été l'occasion pour plusieurs régions françaises (Basse-Normandie, Bretagne, Haute Normandie, Pays de la Loire, Région Paca, La Réunion et Rhône-Alpes) de créer, aux côtés du Meeddat, de l'Ademe, de l'Ifremer, d'EDF et de DNCS *Ipanema*, Initiative Partenariale nationale pour l'émergence des énergies marines. Quelque 70 autres entités se sont depuis montrées intéressées pour rejoindre les 12 signataires fondateurs.

Le groupe de travail ainsi fondé a pour mandat de proposer les modalités rendant accessibles le développement des énergies marines renouvelables et en particulier étudier la pertinence et la faisabilité de création d'une structure d'envergure nationale, à vocation de recherches et d'essais, sur le sujet. Les conclusions sont attendues dans les semaines qui viennent.

UNE ÉVOLUTION D'IMPORTANCE POUR L'ÎLE DE LA RÉUNION

Brest a aussi été l'occasion pour DCNS et la région Réunion de se rapprocher autour d'un projet commun : une étude de faisabilité en vue de l'implantation d'un démonstrateur énergie thermique des mers, qui a été officiellement lancée le 7 avril. Pour l'île, le challenge est tout autre qu'en métropole, son objectif étant d'être autosuffisante en énergie à l'horizon 2025, un objectif lancé officiellement dès 1999 par le président de région Paul Vergès. Laurent Gautret, directeur technique d'Arer, l'agence régionale de l'énergie de la Réunion, nous explique les enjeux dans ce dossier.

Pour les industriels que nous avons pu interroger, d'autre part, le sujet "énergies marines renouvelables" n'est pas qu'un gadget de plus. EDF, qui a été précurseur dans ce domaine, en exploitant la seule usine marémotrice (ou presque) du monde à La Rance, en Ille-et-Vilaine, se propose aujourd'hui d'aller plus loin et d'installer entre 2011 et le début 2012 une première hydrolienne au large de Paimpol-Bréhat, dans les Côtes d'Armor, avant de se pencher sur la perspective d'exploiter l'énergie des vagues.

Total, pour sa part, est actif dans deux expérimentations, l'une dans le domaine de l'énergie de la houle et

des vagues, au large de l'Espagne, l'autre dans le domaine de l'énergie des courants marins, dans les îles Orcades, en Ecosse. Le groupe réfléchit d'autre part à l'énergie thermique des mers.

Enfin, Alstom, on l'a vu (CF. BIP DU 29.05) vient d'annoncer le lancement d'une offre hydraulienne. Le consortium a conclu un accord exclusif de licence mondiale avec Clean Current Power Systems.

Un premier prototype pour GDF Suez au large des côtes brésiliennes

●●● Via sa filiale Tractebel Energia, le groupe GDF Suez a annoncé fin mars une première tentative dans l'énergie des vagues. En partenariat avec l'Université fédérale de Rio de Janeiro (UFRJ), Tractebel Energia devrait réaliser, d'ici à 2011, le premier prototype d'une installation à terre de conversion d'énergie des vagues en électricité. Ce projet est unique au Brésil, a souligné le groupe français. Le pilote serait construit dans l'Etat de Ceara, où les conditions maritimes sont favorables. D'un coût de 15 millions de reais (quelque 5,13 millions d'euros), il bénéficiera du soutien financier de Tractebel Energia et de différentes instances de l'Etat de Ceara. Selon des études menées par l'UFRJ, le Brésil, avec plus de 8 000 km de côtes, a le potentiel pour couvrir jusqu'à 15 % du total de ses besoins en énergie grâce à la conversion d'énergie des vagues en électricité. Le projet s'inscrit bien dans la stratégie de Tractebel Energia de produire de l'électricité à partir de sources d'énergies propres et renouvelables. « Nous avons pris la décision d'investir dans le développement de technologies qui n'ont pas encore été testées sur une base commerciale », a commenté le patron de la compagnie, Manoel Zaroni Torres.

Enfin, Enertag, une filiale du groupe allemand éponyme qui est un des plus grands producteurs d'énergies propres outre-Rhin, projette, quant à elle, l'installation

du premier parc éolien offshore de France au large de Veulettes-sur-Mer, près de Fécamp. Si le parcours a été semé d'embûches, le parc devrait être officiellement opérationnel dans les mois qui viennent.

Quoi qu'il en soit, le dossier va bientôt franchir une nouvelle étape avec le lancement, au tout début de l'été, d'un appel à manifestation d'intérêt dans le cadre du Fonds démonstrateur géré par l'Ademe. Ne restera plus ensuite qu'à définir une stratégie nationale dans ce domaine, ce qui pourrait être fait à l'occasion du Grenelle de la Mer, nous indique le directeur des Energies renouvelables de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, Jean-Louis Bal.

565 millions d'euros pour les éoliennes en mer dans le PEER

●●● Le programme énergétique européen pour la relance, qui vient d'être adopté par les différentes instances européennes, fait une bonne place aux éoliennes en mer, qui se voient attribuer une contribution de 565 millions d'euros sur un total d'un peu plus de 3 milliards d'euros. Le texte précise bien que l'assistance financière devra aller aux projets qui sont en mesure d'avancer à un rythme soutenu en 2009 et 2010. En 2008, 25 parcs offshore étaient en service dans cinq pays (Danemark, Royaume-Uni, Suède, Hollande et Irlande), cumulant une puissance installée d'environ 1 100 MW. Ils ne représentent actuellement que 1,8 % de la puissance éolienne dans le monde, mais produisent 3,3 % de l'énergie éolienne mondiale, en raison de vents beaucoup plus forts que sur les continents. Les plus importants sont les parcs d'Horns Rev et de Nysted, au Danemark, avec 80 et 72 éoliennes, totalisant respectivement 160 et 165,5 MW, soit environ la moitié de la puissance d'une centrale thermique. Selon l'Association européenne de l'énergie éolienne (EWEA), la puissance installée en 2020 en Europe pourrait atteindre 40 000 MW, soit l'équivalent de l'ensemble de la consommation domestique française.



LES DIFFÉRENTES FILIÈRES

Source : Ifremer - Etude prospective à l'horizon 2030

Que recouvre l'appellation énergies renouvelables marines ? Les explications de l'Ifremer, assorties des différentes évaluations (de l'AIE, du Conseil Mondial de l'Energie, etc.) sur les ressources potentielles. En fin de texte, on trouvera la présentation chiffrée du scénario normatif de l'Ifremer.

L'ÉNERGIE ÉOLIENNE EN MER

L'énergie éolienne en mer est celle qui contribue le plus à la production électrique quel que soit le scénario. La maturité de cette technologie en Europe et son potentiel de ressources, notamment dans l'hémisphère Nord, contribuent à expliquer cette place. C'est à l'évidence la technologie la plus proche de la rentabilité commerciale. Cette maturité permet aussi d'oser des chiffres de production importants, bien plus que sur d'autres technologies encore à l'état de prototype aujourd'hui. Le développement de cette technologie va être confronté aux enjeux liés aux impacts environnementaux et aux multiples usages de l'espace marin à proximité des côtes. De nouveaux concepts destinés à permettre de s'éloigner des côtes, comme des structures flottantes, sont d'ores et déjà étudiés.

Selon une étude de l'Agence Internationale de l'Energie, conduite en 2000, le potentiel européen techniquement exploitable serait de l'ordre de 313 TWh/an, en considérant les sites à moins de 20 km des côtes et de moins de 20 m de profondeur.

Estimation pour la France : 4 000 MW de puissance installée et environ 12 TWh de production d'énergie, soit par exemple 16 fermes de 50 éoliennes de 5 MW chacune à 3 000 h de fonctionnement par an. L'éolien offshore contribuerait ainsi à hauteur de 5,2 % à l'objectif 2020 d'un total de 23 % pour l'ensemble des énergies renouvelables dans la consommation française d'énergie.

L'ÉNERGIE THERMIQUE DES MERS (ETM)

L'énergie thermique des mers a l'avantage de permettre tant la climatisation que la production d'eau et d'électricité, ce qui lui donne un atout considérable en termes d'usages. Mais pour tous ces usages, elle n'est exploitable que sous les tropiques. En zones tempérées, elle ne peut être utilisée que pour le chauffage/la climatisation comme source thermique d'une pompe à chaleur.

La ressource mondiale théorique basée sur un gradient de température de 20° C au moins permettrait de produire environ 80 000 TWh/an dans les zones intertropicales.

Estimation pour la France : En électrique, 200 MW de puissance installée et environ 1,4 TWh de production d'énergie, soit par exemple 10 centrales de 20 MW chacune à 7 000 h de fonctionnement par an (0,6 % de l'objectif ENR de 2020) ; en froid, 55 MW électriques économisés, soit 0,4 TWh, soit par exemple 12 centrales de 20 MW chacune à 7 000 h de fonctionnement (0,2 %).

L'ÉNERGIE DES COURANTS (HYDROLIEN)

L'énergie des courants a un potentiel moindre en Europe que d'autres technologies. Si les hydroliennes parviennent à être totalement sous-marines, elles peuvent s'implanter dans des zones de passage maritime où il sera difficile d'implanter d'autres énergies marines ou d'autres activités. Par ailleurs, la technologie est relativement connue et peut, pour certains concepts, bénéficier de l'expérience acquise dans le développement d'hydroliennes fluviales. Le développement ne devrait requérir que du progrès technologique incrémental bien que les contraintes d'installation (ancrage) et de maintenance nécessiteront le développement de solutions innovantes.

Le potentiel techniquement exploitable à l'échelle mondiale est estimé à 450 TWh/an, celui de l'Europe étant compris entre 15 et 35 TWh/an, pour quelque 10 GW.

Estimation pour la France : 400 MW de puissance installée et environ 1,4 TWh de production d'énergie, soit par exemple 5 sites de 80 turbines de 1 MW chacune à 3 500 h de fonctionnement par an (0,5 % de l'objectif ENR 2020).

L'ÉNERGIE MARÉMOTRICE

L'énergie marémotrice, captée en barrant un estuaire, est connue mais présente l'inconvénient d'affecter les écosystèmes humides. Pour pallier cet inconvénient, une autre solution envisagée pour l'avenir serait de construire un lagon artificiel en mer. Mais, comme pour le barrage, il s'agit d'infrastructures lourdes qui ont également des impacts sur l'environnement et sur les activités en place et qui se justifient en termes d'investissement à partir d'une puissance minimale d'installation à dimension plus industrielle qu'expérimentale, de l'ordre de quelques centaines de mégawatts.

Le Conseil Mondial de l'Energie estime le potentiel mondial pour des « sites classiques à un seul réservoir » à 380 TWh/an pour 160 GW.

Estimation pour la France : 500 MW de puissance installée et environ 2,5 TWh de production d'énergie, soit par exemple une centrale de 500 MW à 2 500 h de fonctionnement par an (0,6 % de l'objectif 2020). Ce scénario considère que l'usine marémotrice de la Rance ne contribue pas à l'objectif du Grenelle.

L'ÉNERGIE DES VAGUES

L'énergie des vagues est une ressource bien répartie entre les deux hémisphères et dont le potentiel est élevé en comparaison de la plupart des ressources marines étudiées ici. La difficulté majeure de cette technologie est son caractère novateur ; pour l'imposer, ses développeurs vont devoir confirmer leur capacité à réaliser une rupture technologique. Les systèmes qui auront démontré leur fiabilité, car conçus pour la survie en mer lors des conditions extrêmes, s'imposeront. Par ailleurs, bien que peu sensible au risque d'impact paysager, les utilisateurs de l'espace occupé en surface pour exploiter cette énergie devront tenir compte du risque de conflits d'usage avec d'autres activités. Toutefois, la capacité d'installation au km² est supérieure à celle de l'éolien (30 MW/km² pour les vagues et les courants contre 6 à 10 MW/km² pour l'éolien marin).

Toujours selon le Conseil Mondial de l'Energie, environ 10 % de la demande annuelle mondiale en électricité pourrait être couverte par la production houlomotrice, soit un potentiel techniquement exploitable de 1 400 TWh/an.

Estimation pour la France : 200 MW de puissance installée et environ 0,8 TWh de production d'énergie, soit par exemple 20 sites de 10 Machines à 1 MW unitaire pour 4 000 h de fonctionnement/an (50 % dans les DOM-POM) - 0,3 % de l'objectif 2020.

LA BIOMASSE MARINE

L'utilisation de la biomasse marine, issue de la culture de micro-algues, présente des atouts forts pour produire des biocarburants : croissance rapide, rendement et capacité de capture de CO₂ élevés (au moins 10 fois ceux des meilleures plantes terrestres), pas de conflit avec la production alimentaire. Cependant, sa culture extensive dans des lagunes est limitée, en Europe, par l'espace disponible et peut présenter un risque de prolifération. Les risques, évoqués récemment, de contribution des agrocarburants à l'augmentation de l'effet de serre, sont vraisemblablement applicables aux micro-algues, même si cette donnée scientifique n'a pas encore été documentée.

La culture intensive à terre dans des structures verticales transparentes et le progrès en matière de maîtrise des biotechnologies (OGM) permettent d'envisager des rendements à l'hectare très élevés. Ces investissements dans les biotechnologies sont aussi justifiés à moyen terme pour la production de molécules dans le domaine médical (pharmacie) ou dans l'agroalimentaire.

Dans les scénarios envisagés, les chiffres de production de biocarburants d'origine marine en France restent faibles. L'évolution des prix relatifs des énergies pourrait susciter l'intérêt industriel pour l'usage des biotechnologies. En production extensive, les pays disposant de grandes surfaces lagunaires pourraient devenir d'importants producteurs de carburant.

La production mondiale pourrait représenter 20 000 à 60 000 litres d'huile par hectare par an contre 6 000 litres pour l'huile de palme, un des meilleurs rendements terrestres.

Estimation pour la France : un site développé d'abord comme démonstrateur puis comme pilote industriel, puis comme usine , soit par exemple 2 000 ha à 30 t d'huile/ha, soit 25 tep/ha, soit environ 0,05 Mtep/an (0,3 % de l'objectif 2020).

ENERGIE OSMOTIQUE

L'énergie des gradients de salinité (pression osmotique) est, de toutes les technologies envisagées, la moins mature, en raison de la difficulté de mettre au point une membrane semi-perméable performante. De plus, pour utiliser cette ressource, la nécessité de disposer à la fois d'eau douce et d'eau salée limite les zones d'implantation possibles, si l'on cherche à réduire les risques de conflit. Enfin, la demande en eau douce ne cessant de croître, un sous-produit comme l'eau saumâtre n'a pas d'intérêt, au contraire.

Pas d'estimation.

Estimation pour la France : Les contraintes technologiques et celles de l'environnement, notamment les besoins en espace et en eau douce, ne permettront pas l'émergence de prototype à l'échelle industrielle, indique l'Ifremer.

PRÉSENTATION CHIFFRÉE DU SCÉNARIO NORMATIF DE L'IFREMER

Le tableau ci-après résume les apports respectifs des technologies dans le scénario normatif. On note le poids de l'éolien, ce qui est normal en raison de la maturité de la technologie et du temps à courir.

On observe donc que par rapport aux objectifs européens pour la France, repris dans le cadre du Grenelle de l'environnement (soit + 20 Mtep d'énergies renouvelables à l'horizon 2020), l'apport des énergies marines dans le scénario normatif, éolien marin compris, serait de l'ordre de 1,5 Mtep, soit 7,7 %, ce qui est significatif par rapport aux autres filières renouvelables. En part de la consommation électrique française à l'horizon 2020 (soit 530 TWh estimés), les EnRM apporteraient 17,2 TWh, soit 3,2 % du total.

PUISSANCE ET PRODUCTION DES TECHNOLOGIES SELON LE SCÉNARIO NORMATIF (1)

Typo d'énergie renouvelable marine	Puissance installée (MW)	Heures de fonctionnement/an	Energie électrique (TWh/an)	Energie (Mtep/an)	% - Réf. Objectif 2020 20 Mtep/an
Eolien offshore	4000	3000	12	1,03	5,2
ETM élec.	200	7000	1,4	0,12	0,6
ETM froid - économisé	55	7000	0,4	0,03	0,2
Marémoteur	400	3500	1,4	0,12	0,6
Hydrolien	500	2500	1,25	0,11	0,5
Vagues	200	4000	0,8	0,07	0,3
Biomasse	-	-		0,05	0,3
Total			17,2	1,5	7,7
Total hors éolien			5,2	0,5	2,5

(1) Conversion : 1 TWh = 0,086 Mtep



DE LA NÉCESSITÉ D'UNE STRATÉGIE NATIONALE

Entretien avec Michel Paillard et Denis Lacroix, respectivement ingénieur et chercheur à l'Ifremer

« Décrire un éventail de futurs possibles », c'est dans cet esprit que le p-dg de l'Ifremer, Jean-Yves Perrot, a lancé en mars 2007 un travail de réflexion prospective sur les énergies renouvelables d'origine marine à l'horizon 2030. Une vingtaine de partenaires français représentant les principaux acteurs du secteur - Ademe, EDF, Total, Saipem, Technip, Veolia... - ont participé à ce travail. Des projections sont avancées, nous l'avons vu en introduction, mais le chemin risque d'être long. L'expertise technologique n'est pas toujours au rendez-vous et d'autres soucis, celui de l'acceptabilité en premier lieu, devront être résolus. Rencontre avec deux des auteurs de l'étude prospective de l'Ifremer, Michel Paillard et Denis Lacroix.

BIP. *En lançant cette étude, l'Ifremer a-t-il cédé à "la mode" des énergies renouvelables tous azimuts ?*

Denis Lacroix. Au-delà de tout phénomène de mode - les premières expérimentations sur l'utilisation de l'énergie des mers (les moulins à marée) remontent à l'antiquité et leur développement en France est avéré dès le 12^{ème} siècle ! -, cette étude s'imposait, la France étant, en la matière, loin derrière les pays du Nord de l'Europe alors qu'elle dispose du deuxième territoire marin du monde. Elle a ainsi accès à d'énormes ressources énergétiques, y compris à celles des eaux chaudes de ses territoires d'outre-Mer, ce qui n'est pas le cas de l'Allemagne, par exemple.

Notre pays pourrait donc être un des quatre ou cinq premiers du monde pour l'exploitation de ces énergies marines. Outre la réduction de notre dépendance énergétique ainsi induite, une telle percée, alors qu'aucune des technologies n'est encore à maturité, hormis l'éolien, permettrait aussi à nos industriels de mettre au point les technologies susceptibles d'être valorisées dans de nombreux pays côtiers ou insulaires.

C'est ce souci qui a animé Jean-Yves Perrot lorsqu'il a initié cette étude, en mars 2007, alors que le Grenelle de l'Environnement était à peine en gestation et que l'idée d'un Grenelle de la Mer n'était pas encore évoquée. Le président de l'Ifremer a souhaité rassembler, autour de cette prospective 2030, tous les acteurs majeurs dans ce domaine afin d'étudier les moyens d'être prêts à saisir ces nouvelles opportunités.

Trente variables ont été analysées, ce qui est beaucoup pour ce type d'études mais cela a permis d'aboutir à des scénarios robustes, car assis sur de nombreuses racines. Un exemple : celui de l'acceptabilité sociale. L'étude passe en revue tous les facteurs favorables ou défavorables aux différents types d'installation pour les élus, les pêcheurs, les citoyens... Elle en déduit un certain nombre de scénarios qui vont d'un rejet subjectif à un oui raisonné, en passant par un « oui mais ».

BIP. *Quelle suite a été ou sera donnée à cette étude ?*

Denis Lacroix. L'étude a été valorisée sous trois formes : une synthèse de 36 pages réalisée en français et en anglais et destinée aux décideurs ; un article de 18 pages publié dans la revue de prospective *FUTURIBLES* ; et enfin, le livre de plus de 300 pages qui est disponible en deux langues depuis le début de cette année (1).

BIP. *L'étude accorde-t-elle à toutes ces énergies marines les mêmes chances de développement ?*

Michel Paillard. Elle a été faite à deux échéances : une étude prospective avec quatre scénarios à 2030 et une étude dans la perspective de l'objectif de 23 % d'énergie renouvelable en France en 2020. Les scénarios à 2030 conduisent à des développements différents par types d'énergie ; l'exercice à 2020 propose un scénario normatif qui retient toutes les sources d'énergie marine, sauf l'osmotique. La démarche a été délibérément volontariste et adaptée aux objectifs ambitieux français repris par le Grenelle de l'Environnement.

BIP. *Des utilisations à échelle industrielle de l'une ou l'autre de ces énergies existent-elles de par le monde ?*

Michel Paillard. Oui, en ce qui concerne l'éolien offshore avec, notamment, le plus grand parc au monde d'une puissance de 194 MW, au large des côtes britanniques. Mais des projets de plus grande importance sont en cours de construction, d'autres le seront prochainement notamment en Grande Bretagne et en Allemagne. C'est une industrie qui a acquis sa maturité avec des techniques de pose classique. Des engins de pose dédiés aux installations éoliennes offshore voient le jour, comme il en existe pour l'industrie pétrolière

offshore. C'est toute une filière qui se met en place. Et si au début des années 90, la puissance unitaire des éoliennes était de 300 à 400 kW, elle atteint désormais 5 à 6 MW.

Des machines de 10 MW de puissance unitaire verront probablement le jour comme des éoliennes flottantes qui, du fait de leur éloignement des côtes, répondront en partie à certains des conflits d'usages que l'on peut constater aujourd'hui. Des projets existent en Europe et notamment en France. L'Allemagne a des projets ambitieux éloignés des côtes et elle devrait connecter dès cette année son premier parc au réseau.

S'agissant de l'énergie de la houle, la filière industrielle n'est pas encore en place ; on reste dans le domaine de l'expérimental, à peine du pré-commercial pour le pionnier qui affronte actuellement des difficultés. Pour atteindre la fiabilité indispensable dans des conditions économiques, il reste des progrès à faire. La situation est voisine pour l'énergie des courants où de nombreux concepts sont au stade des essais soit en bassin soit en mer comme en Grande Bretagne (Ecosse, Irlande du Nord)

L'Ifremer en chiffres

- Un budget annuel de près de 235 millions d'euros, financé à hauteur de 80 % par le ministère de la Recherche
- 1 500 salariés Ifremer et 375 de l'armateur Genavir
- 5 centres : Manche/Mer du Nord, Brest, Nantes, Méditerranée, Tahiti
- 26 implantations sur tout le littoral métropolitain et dans les DOM TOM
- 8 navires
- Un ensemble de moyens d'essais

BIP. Quid de l'énergie marémotrice ?

Michel Paillard. La seule unité en exploitation au monde est celle de La Rance, en France, qu'EDF exploite depuis plus de 40 ans avec une puissance installée de 240 MW. Mais d'autres centrales existent, notamment une de 20 MW au Canada. En Corée, un projet de 254 MW est en construction sur un site où existait précédemment un barrage, à proximité de Séoul.

Une évolution importante est d'autre part à signaler : la réouverture du dossier par les Britanniques qui étudient plusieurs options à soumettre, après études d'impact, à enquête publique. L'option la plus spectaculaire atteindrait plus de 8 000 MW installés dans l'estuaire de la Severn (*auquel un ingénieur d'EDF participe - voir dans notre article consacré aux activités du groupe français dans ce domaine - ndlr*).

BIP. Et l'énergie thermique des mers ?

Michel Paillard. La France a été pionnière dans ce domaine avec les travaux de Georges Claude dans les années 30. L'Ifremer a également conduit dans les années 80, un avant-projet de 5 MW avec un groupement industriel. Un des intérêts de l'énergie thermique des mers est qu'elle n'est pas intermittente. Elle est disponible 24 heures sur 24, 365 jours par an. Elle permet également de produire du froid pour la climatisation mais aussi de l'eau douce et d'autres sous produits valorisables.

Par contre, cette énergie n'est disponible que dans les zones intertropicales qui ne sont pas celles où la demande énergétique est la plus élevée. Mais cette ressource présente un intérêt pour toutes les régions insulaires comme les DOM/COM. D'ailleurs plusieurs projets sont à l'étude, en Polynésie, à la Martinique et à la Réunion. L'Arer et DCNS ont récemment communiqué à ce sujet (*voir article par ailleurs*). On peut imaginer, ultérieurement, des centrales flottantes de grande puissance destinées à produire de l'hydrogène en mer, qui serait ensuite acheminé vers les zones de consommations. Le potentiel exploitable, là, serait complètement différent. L'impact d'une utilisation à grande échelle devrait être également bien évalué.

La rentabilité économique des énergies marines sera atteinte plus rapidement dans les zones isolées où l'énergie, produite à partir de combustible fossile, est très chère. Les DOM-COM ont ainsi un fort potentiel, compte tenu de leurs spécificités qui conduisent à une grande dépendance énergétique.

Denis Lacroix. Enfin, n'oublions pas l'énergie osmotique, tirée de la différence de gradients de salinité entre l'eau salée et l'eau douce. Elle a été testée avec succès pendant plus d'un an en Norvège par Statkraft sur son site expérimental de Hurum, à une soixantaine de km d'Oslo sur un petit module de laboratoire de quelques watts ! Ainsi, beaucoup de progrès restent à faire au niveau technologique et l'avenir de cette énergie s'inscrit dans le long terme.

BIP. *Que dire de l'énergie tirée des algues ?*

Denis Lacroix. La transformation des algues en carburants est une hypothèse séduisante dans la mesure où ces algues ont généralement un rendement bien supérieur aux plantes terrestres, et où un tel marché n'impliquerait pas de prendre des terres agricoles ou de déforester, ce qui est un des inconvénients majeurs des biocarburants actuels. Ce développement ne menacerait donc pas la sécurité alimentaire.

Mais on tâtonne beaucoup sur ce thème. Les scientifiques ont identifié 2 000 espèces d'algues sur un total de... 250 000, soit à peine 0,4 %. Il faut, sur ce dossier, rester modeste.

BIP. *Quels sont à vos yeux les principaux freins à lever pour favoriser le développement de toutes ces énergies renouvelables ?*

Michel Paillard. Plusieurs conditions sont à remplir pour favoriser ce développement. Il faut en premier lieu accompagner l'émergence de démonstrateurs par des soutiens adaptés. A cet égard, l'appel à manifestation d'intérêt que s'apprête à lancer l'Ademe dans le cadre du Fonds démonstrateur qu'elle gère, devrait permettre le développement de démonstrateurs mais sera-t-il suffisant ?

Il faut aussi des sites d'essais pour les projets d'exploitation de l'énergie des vagues et de l'énergie des courants. L'Ecole centrale de Nantes, avec le soutien de la Région Pays de Loire et de l'Etat, travaille à un site d'essais pour l'énergie des vagues au large du Croisic. Des réflexions sont également en cours en Bretagne pour l'énergie des courants. Nous avons aussi besoin d'une stratégie nationale dans ce domaine. Les préfets de régions ont été chargés d'élaborer une planification sur l'ensemble des façades maritimes, notamment pour l'éolien offshore, afin de déterminer, en relation avec les collectivités et les parties concernées, les zones à privilégier. Cela va permettre d'engager cette concertation en amont et non au coup par coup.

Une simplification de la réglementation paraît bien évidemment aussi indispensable de même qu'un plus fort soutien à la R&D sur ces sujets.

Tous ces aspects seront abordés dans le cadre d'Ipanema, Initiative partenariale nationale pour l'émergence des énergies marines, dont

l'Ifremer est l'un des membres fondateurs. Ipanema compte désormais 90 membres et a mis en place des groupes de travail thématiques dans le but d'identifier les verrous et de proposer des solutions. D'ici à l'automne, des propositions émergeront de ces groupes de travail.

BIP. *Quel peut être le rôle de l'Ifremer dans le développement de ces énergies ?*

Michel Paillard. Nous avons beaucoup travaillé jusqu'au milieu des années 80 sur l'énergie thermique des mers et l'énergie de la houle. Ces travaux ont cessé en 1986, à l'époque du contre-choc pétrolier, pour reprendre au début des années 2000, souvent à la demande de l'Etat. En 2002, nous avons participé, à la demande du Ministère de la recherche, à un groupe de travail, coordonné par le Secrétariat Général de la Mer, qui a produit un document émettant des recommandations pour le développement de l'énergie éolienne en mer. En 2004, nous avons accompagné l'Ademe dans le développement d'un outil de zonage. Enfin, les industriels nous saisissent régulièrement pour la fourniture de données utiles pour leurs études d'impact. Nous participons également à des projets ANR et européens comme le projet Equimar qui vise à la prénormalisation des méthodes d'évaluation des ressources énergétiques exploitables ou des protocoles d'essais en bassin et en mer ou encore d'évaluation environnementale.

L'Ifremer participe d'autre part, aux côtés de plusieurs partenaires, dont Saipem et DCNS, à un projet visant à développer une éolienne, répondant au nom de Winflo. Le Président de l'Ifremer a, comme vous le savez, conduit cette réflexion prospective énergies marines renouvelables afin de redéfinir le positionnement de l'Institut dans ce domaine. Ainsi les énergies marines renouvelables figurent parmi les axes stratégiques de l'Institut redéfinis cette année pour les années à venir.

(1) « *Energies renouvelables marines - Etude prospective à l'horizon 2030* » - Ouvrage collectif coordonné par Michel Paillard, Denis Lacroix et Véronique Lamblin - Editions Quae (www.quae.com) - Prix : 50 euros



UNE PREMIÈRE PLATE-FORME D'ESSAIS EN MER AU LARGE DU CROISIC EN 2010

Portée par l'Ecole Centrale de Nantes, où le développement durable a été retenu comme thème prioritaire du contrat quadriennal de l'Ecole 2008-2011, une première plate-forme d'essais en mer visant à accueillir des systèmes de production d'énergie électrique à partir des vagues doit voir le jour durant l'été 2010 au large du Croisic, dans les Pays de Loire. Ce projet, entièrement public, vient tout juste de boucler son financement évalué à 5,8 millions d'euros, nous indique l'ingénieur responsable, Hakim Mouslim.

C'est en septembre dernier qu'a eu lieu, tout à fait officiellement, à Nantes la présentation du projet SEM-REV pour « Site d'Expérimentation en Mer pour la Récupération de l'Energie des Vagues », sur lequel l'Ecole Centrale de Nantes planche depuis 2006 et qui a reçu le feu vert de l'Etat et de la Région des Pays de Loire en 2007.

IDENTIFIER UN SITE OPTIMUM

Forte de la conviction que l'exploitation de cette nouvelle source d'énergie présente divers intérêts, notamment en France où le gisement potentiel est important, l'Ecole de Nantes a conçu cette plate-forme dont le but est d'être un outil de recherche collaborative permettant de mettre au point en grandeur nature le principe de récupération de l'énergie de la houle testé préalablement en laboratoire.

Les chercheurs et industriels disposeront ainsi des moyens nécessaires aux essais de prototypes avant leur exploitation industrielle. Est ensuite venue la phase recherche d'un site adapté, le choix devant se faire en fonction de plusieurs critères d'arbitrage.

DIX INGÉNIEURS À TERME

Un site optimum a été localisé au large du Croisic. La zone littorale des Pays de Loire est soumise à un flux de vagues dont le potentiel diffère d'un site à l'autre selon la bathymétrie. L'étude sur le potentiel énergétique de la houle montre que le site en question est modérément exposé. Le SEM-REV étant un site de mise au point, il est important que le flux énergétique y soit limité.

La proximité du Port Autonome de Saint-Nazaire était aussi un atout, les ports avoisinant pouvant accueillir un navire de service et des équipements légers.

Des infrastructures terrestres existantes ont également été identifiées au Croisic. Une base de recherche à terre a été identifiée dans deux bâtiments du Conservatoire du littoral, dans le parc de Pen-Avel. Trois ingénieurs de l'Ecole centrale et du CNRS y travailleront de manière permanente, chargés de surveiller la plate-forme et d'accueillir les chercheurs internationaux intéressés par les mouvements de la mer. A terme, ce sont dix ingénieurs qui pourraient être employés à temps plein.

Début mai, un premier houlographe, grosse bouée permettant de mesurer la houle grâce à des capteurs en surface, était installé en mer. D'autres instrumentations doivent suivre comme un capteur d'effet Doppler, positionné dans les fonds marins pour mesurer le courant. Le poste de livraison électrique arrivera fin 2009. Il sera raccordé au réseau ERDF par des câbles de 20 km en haute tension, la puissance ne devant pas excéder 2,5 MW.

BUDGET BOUCLÉ

Quasiment bouclé lors de la présentation officielle du projet, le financement vient d'obtenir le solde qui lui manquait. Le projet, qui figure sur le prochain contrat Etat (1,56 million d'euros)-Région (2,19 M€), a aussi obtenu le soutien de l'Europe et du département, à hauteur de 1,4 M€ et de 650 000 euros. L'étude environnementale d'impact est en cours. Il manque aussi l'autorisation d'occuper le domaine maritime, soumise à l'autorité des Affaires maritimes.

Si l'installation de la plate-forme est acceptée pour 20 ans la pose des câbles est envisagée au printemps 2010 et la première expérience d'exploitation dès juillet. Les essais pourraient prendre un an à un an et demi.

APRÈS LE CROISIC, L'ÎLE D'YEU ?

D'autres sites dans la région des Pays de la Loire présentent un intérêt pour le développement de la filière, estime l'Ecole de Nantes. Un site au large de l'île d'Yeu, grâce à son fort potentiel énergétique, a été repéré pour le développement d'un site de production énergétique une fois que les technologies auront dépassé le stade de prototype expérimental.



L'ADEME, PILIER DU DÉMARRAGE DE CES NOUVELLES ENERGIES

Si la production d'électricité à partir de moyens renouvelables exploitant les ressources marines, hors éolien offshore, n'entre pas dans le cadre des priorités de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie, celle-ci a toutefois choisi depuis plusieurs années, face à l'effervescence qui règne autour de ces thématiques, de se positionner sur ce domaine de deux manières : l'évaluation de la ressource et la veille technologique. Elle a ainsi été le « pilier » du début des énergies marines, observe Jean-Louis Bal, son directeur des Energies renouvelables. Prochaine étape : un appel à manifestation d'intérêts, dans le cadre du Fonds démonstrateur, qui sera lancé au tout début de l'été.

Dans le cadre du développement scientifique et technologique de cette nouvelle filière, l'Ademe apporte son soutien financier à plusieurs projets de R&D. Dans le domaine de l'hydrolien, il s'agit des projets Harvest et Sabella. Le premier est un projet d'hydrolienne à axe vertical formant des colonnes comportant plusieurs unités empilées ; il est porté par l'INPG de Grenoble, EDF et Areva. Le second est un projet d'hydrolienne à axe horizontal porté par la société Hydrohélix Energies avec le soutien du Pôle Mer Bretagne.

DU SOUTIEN FINANCIER...

Concernant, d'autre part, l'énergie houlomotrice, l'Ademe soutient le projet Searev, porté par le CNRS, et suit la réalisation d'un système Wavegen à Tahiti par la société Ito Are et la Sedep. L'objectif du premier est de lancer d'ici cinq ans un prototype de 500 kW crête dans la région des pays de la Loire. La phase d'industrialisation du prototype est en cours et la première ferme marine expérimentale implantée au large de Pornic devrait voir le jour vers 2012. Avec un certain coefficient de vagues, un alternateur de 500 kW pourrait produire 2 000 MWh par an, soit environ la moitié d'une éolienne de 2,5 MW. Cette production serait obtenue grâce à un temps de fonctionnement de 5 000 h par an ; cette longue durée de production annuelle est un avantage certain par rapport à de nombreux systèmes de production d'électricité, renouvelables ou non.

Quant au système dit Wavegen, expérimenté à Tahiti, il est l'un des deux procédés principaux, avec Pelamis,

qui permettent d'utiliser l'énergie de la houle : le premier utilise l'oscillation de la houle dans une colonne d'air pour comprimer, puis décompresser ce dernier, une turbine se chargeant de convertir ces mouvements d'air en électricité ; le second (*dont il sera question dans l'article consacré à EDF - ndlr*) consiste en de grands flotteurs rigides articulés entre eux. Leurs mouvements actionnent des vérins hydrauliques qui compriment de l'huile, cette huile sous pression faisant tourner une turbine.

... AUX ÉTUDES SUR LE DÉVELOPPEMENT DES MARCHÉS

L'Agence participe d'autre part à une étude technico-économique de l'éolien offshore réalisée par Saipem. Le projet "COEF" a consisté, dans le domaine de l'éolien offshore, en l'étude de solutions techniques adaptées aux sites types représentatifs de chaque façade maritime française. Saipem a ensuite cherché à définir le cadre technique du futur marché de l'énergie éolienne en mer. L'étude porte aussi sur l'élaboration des tarifs d'achat pour les différentes filières. Le tarif éolien offshore est de 13 c€/kWh pendant dix ans, puis de 3 à 13 cts pendant dix ans selon les sites ; pour l'énergie houlomotrice, il est de 15 c€/kWh.

EN PASSANT PAR LA RÉGULATION

L'Ademe pilote, d'autre part, un projet visant à produire un outil d'aide à la décision pour les services de l'Etat concernant les zones favorables à l'implantation de moyens de production d'énergie marine : éolien, courant et houlomoteur. Ainsi, les services de l'Etat disposeront de cartes permettant la concertation au niveau local pour, par exemple, la mise en place de ZDE (zones de développement de l'éolien) en mer. Le résultat de ce projet est un SIG (système d'information géographique) permettant de superposer les données techniques de faisabilité (ressource, distance au point de connexion au réseau, bathymétrie) et les données relatives aux autres usages de la mer (navigation, extraction de granulats, zones de tir, etc), ainsi que les zones protégées.

Enfin, l'Agence, et Jean-Louis Bal en particulier, a participé au groupe de travail animé par l'Ifremer, dont

le rapport prospectif doit servir de support de réflexion pour établir la stratégie de recherche des deux organismes, notamment.

LA FEUILLE DE ROUTE EN COURS D'ÉLABORATION

Si cette phase "amont" se poursuit, l'intervention de l'Ademe va maintenant prendre une autre dimension. En effet, les énergies marines renouvelables sont inscrites dans les domaines concernés par le Fonds démonstrateur mis en place avec un budget de 400 millions d'euros sur quatre ans (2009-2012).

Le Fonds démonstrateur de l'Ademe

●●● Le Fonds démonstrateur de recherche est un outil du Grenelle Environnement, géré par l'ADEME, pour financer des projets de démonstrateurs sur les thématiques liées aux Nouvelles Technologies de l'Energie (NTE). Le comité de pilotage rassemble le Meeddat, le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, le ministère de l'Economie, de l'Industrie et de l'Emploi. Il sélectionne les différentes filières jugées stratégiques, identifie les filières devant faire l'objet de démonstrateurs, valide les feuilles de routes proposées par l'Ademe, les appels à manifestation d'intérêt (AMI) et la sélection des projets. Dans un premier temps, ont été retenus comme prioritaires le développement des technologies en matière de captage et séquestration du CO₂, de production de biocarburant de deuxième ou troisième génération, de véhicules "décarbonés", de réseaux intelligents et d'énergies marines. Pour les trois premiers domaines, les AMI ont déjà été lancés (cf. BIP du 3.06). Dans un second temps, nous indique Jean-Louis Bal, l'énergie solaire (process industriel des industries photovoltaïques) ou les centrales thermo-dynamiques pourraient figurer parmi les filières soutenues par le Fonds démonstrateur.

L'appel à manifestation d'intérêt concernant les énergies marines renouvelables devrait donc être lancé fin juin ou début juillet. Sans préjuger des choix qui seront faits par le groupe d'experts en train d'élaborer la feuille de route, les technologies qui paraissent les plus susceptibles d'être retenues sont les plus prometteuses à court terme, à savoir les hydroliennes, l'énergie houlomotrice et les éoliennes flottantes. Ce concept nouveau consiste à installer des éoliennes sur plate-forme flottante avec ancrage souple, un concept particulièrement intéressant pour la France car il permet de s'affranchir de la limitation de la profondeur des eaux. Il devient possible de développer les installations jusqu'à 150 mètres de profondeur au lieu de 50 mètres pour les fondations à ancrage rigide. A l'inverse du Danemark ou de l'Allemagne, la France ne dispose pas de larges zones de profondeur inférieure à 50 mètres.

Après l'AMI, la sélection des projets pourrait intervenir d'ici à la fin de l'année et il faudra ensuite entre un et deux ans pour qu'ils soient réalisés.

ELABORER UN PROGRAMME NATIONAL

Mais tous ces efforts ne porteront vraiment leurs fruits que si la France se dote d'un véritable programme national de développement des EnRM. Ce pourrait être l'une des recommandations du Grenelle de la Mer, de décider que ces énergies marines renouvelables sont un secteur prometteur et donc une priorité et qu'il faut désormais envisager leur développement en intégration avec les autres politiques de la mer, et pas au détriment de la pêche ou du tourisme par exemple. Ce programme national pourrait tout à fait entrer dans les prérogatives de l'initiative Ipanema, dont l'Ademe, à nouveau, a été l'un des fondateurs. Quant à l'évaluation des ressources et à l'impact d'un développement des EnRM sur le milieu marin, ils pourraient faire l'objet d'un programme de recherche confié à l'Agence Nationale de la Recherche.



LA COMMISSION EUROPÉENNE RECOMMANDE LE DÉPLOIEMENT À GRANDE ÉCHELLE DE L'ÉOLIEN EN MER

Source : Rapport d'information déposé par la Commission chargée des Affaires européennes de l'Assemblée nationale

Nous extrayons ci-après du rapport d'information sur la deuxième analyse stratégique de la politique énergétique européenne signé par les députés André Schneider (UMP, Bas-Rhin) et Philippe Tourtelier (socialiste, radical, citoyen et divers gauche d'Ille-et-Vilaine) pour la Commission chargée des Affaires européennes de l'Assemblée nationale, la partie reprenant la position de la Commission européenne sur l'énergie éolienne en mer.

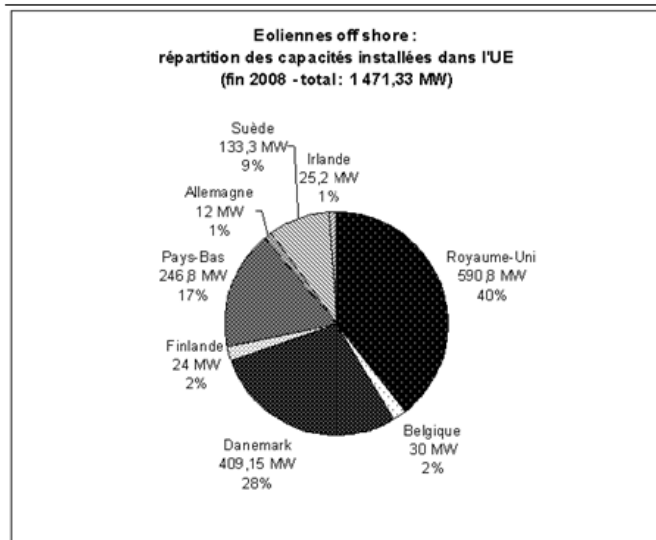
La communication de la Commission européenne sur l'énergie éolienne en mer ⁽¹⁾ reconnaît que l'énergie éolienne terrestre restera prédominante dans un premier temps, mais estime que les installations en mer prendront de plus en plus d'importance et qu'il faut favoriser cette évolution. La France soutient également cette idée.

Du fait de vents plus puissants et plus réguliers en mer, une éolienne off shore peut produire jusqu'à 50 % d'électricité en plus par rapport à une éolienne installée sur les terres. Les autres avantages des éoliennes off shore tiennent à une bien meilleure acceptabilité pour les habitants du pays concerné, puisque ces éoliennes, bien que dotées d'hélices de taille supérieure, sont peu ou pas visibles ni audibles pour les résidents des côtes ⁽¹⁾.

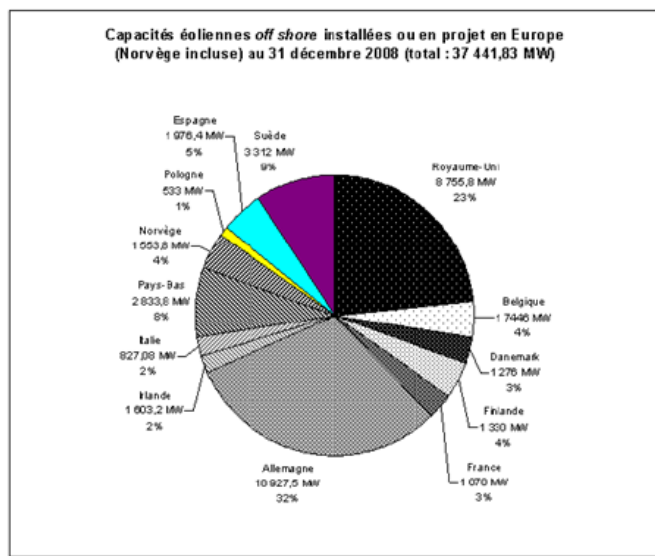
Toutefois, ces éoliennes demeurent beaucoup plus coûteuses à fabriquer et à installer que les éoliennes on shore : les fondations, le montage et la connexion au réseau sont significativement plus chères ; une turbine off shore coûte en moyenne 20 % de plus et les tours et fondations peuvent coûter jusqu'à 150 % plus cher (chiffres cités par l'Agence internationale de l'énergie). C'est ce qui a conduit M. Claude Mandil, lors de son audition par la commission chargée des affaires européennes, à se prononcer clairement en faveur d'une orientation des efforts vers le développement de l'éolien terrestre, qui « *n'est pas loin d'être compétitif* », plutôt que vers l'éolien en mer, « *terriblement coûteux et donc rigoureusement non rentable* ».

En revanche, M. Dominique Maillard a souligné devant les rapporteurs le caractère prometteur de l'éolien off shore, par opposition aux projets éoliens terrestres qui se heurtent à des difficultés importantes d'acceptation par les populations (particulièrement en France).

Géographiquement, la ressource éolienne off shore n'existe que pour certains Etats membres de l'Union européenne. Mais l'ampleur globale de cette ressource rend envisageable, à condition de disposer des interconnexions correspondantes, de diffuser cette électricité au sein de l'Union. Actuellement, les unités de production off shore d'électricité éolienne sont ainsi réparties :



La construction de plusieurs parcs est prévue, notamment au Royaume-Uni, aux Pays-Bas, à la limite des ZEE de la Suède, de l'Allemagne et du Danemark... En incluant les projets engagés, la répartition des capacités éoliennes off shore en Europe est la suivante :



L'Union européenne a nommé un coordinateur européen (M. Georg Wilhelm Adamowitsch, désigné en novembre 2007) pour surveiller les progrès réalisés dans la mise au point de connexions entre les éoliennes en mer du Nord et en mer Baltique et le réseau à terre. M. Adamowitsch a remis à la Commission européenne son premier rapport annuel d'activité en septembre 2008. Le groupe de travail qu'il anime étudie la faisabilité d'un réseau sous-marin pour l'interconnexion et la distribution de la production éolienne de ces deux mers.

Cependant, pour qu'une plus grande part de la demande en électricité dans l'Union puisse être satisfaite par l'énergie éolienne produite en mer, il faut que soient mis en place de nouvelles unités de production et de nouveaux réseaux. Dans le Livre vert de novembre 2008 « *Vers un réseau d'énergie européen sûr, durable et compétitif* », la Commission européenne regrette que « *dans les Etats membres, la planification stratégique se révèle insuffisante et le dialogue avec le public inadéquat* ».

En France par exemple, il n'existe pas à ce jour pour l'éolien off shore de dispositif comparable aux « Zones de Développement de l'Eolien » terrestre permettant de définir de manière concertée des zones favorables pour installer les fermes. Actuellement, l'éolien français est à 100 % terrestre, comme l'a rappelé M. Dominique Maillard pendant son audition.

Toutefois, l'éolien offshore n'est pas absent de l'action des autorités françaises, puisque l'Etat s'est fixé comme objectif, dans sa Programmation Pluriannuelle des Investissements, une capacité de 4 000 MW d'éolien off shore à l'horizon 2015 (et de 17 000 MW d'éolien en tout), et de 6 000 MW d'éolien off shore en 2020 (pour 25 000 MW d'éolien au total) dans le cadre du « Grenelle de l'environnement ». La France dispose d'un potentiel important en Manche et en mer du Nord où les conditions de vent et de profondeur sont favorables. Quelques projets sont également pressentis sur la façade Atlantique, mais en revanche pas en Méditerranée où la profondeur est un obstacle.

Les différents interlocuteurs des rapporteurs se sont montrés partagés sur la possibilité pour la France d'atteindre ou non ces objectifs ambitieux. Si M. Dominique Maillard, président de RTE, s'est plutôt confiant, M. Benoît Praderie, de « Planète Eolienne », s'est montré plus sceptique, insistant sur la longueur excessive des procédures administratives préalables à la mise en service des éoliennes.

De manière générale, par rapport aux autres projets dans le domaine des énergies renouvelables, les projets d'éoliennes off shore sont confrontés à plusieurs séries de difficultés spécifiques :

Des enjeux technologiques et donc financiers, tout d'abord. Par rapport à l'énergie éolienne terrestre, l'énergie éolienne en mer demeure une technologie relativement chère et peu développée. Le financement des projets est difficile. Peu de fabricants disposent d'une expérience conséquente en la matière, et il existe des goulets d'étranglement dans la chaîne d'approvisionnement (fabrication des composants d'éoliennes, navires d'installation, installations portuaires adéquates, personnel qualifié...). Comme le résume la Commission européenne, *« les pionniers de l'éolien en mer se battent pour passer du statut de niche à celui d'industrie à part entière car, tant que cette technologie est en phase de maturation, les investisseurs hésitent beaucoup à réaliser de lourds investissements dans la recherche et le développement et dans les augmentations nécessaires de capacité »*.

Le deuxième problème est l'insuffisance de planification stratégique intégrée au niveau des Etats membres et de coordination transfrontalière. Le troisième problème est la question de la compatibilité entre le développement des éoliennes off shore et l'application de certains textes communautaires en matière de protection de l'environnement : selon la Commission européenne, le retard pris par les Etats membres dans la désignation des zones protégées au titre des directives « habitats » et « oiseaux » en milieu marin rend impossible de déterminer avec certitude la liste des sites susceptibles de recevoir l'installation d'éoliennes.

L'une des principales difficultés pour l'avenir est de parvenir à éviter que plusieurs démarches légitimes — le développement de l'éolien terrestre, la prospection gazière et pétrolière en mer, le développement de l'éolien en mer - ne se fassent concurrence pour attirer les investissements, notamment au niveau des programmes de recherche-développement. La Commission européenne attire avec justesse l'attention sur ce risque, ainsi que sur l'impérieuse nécessité de mener simultanément le développement de l'éolien off shore et l'adaptation du réseau électrique existant pour intégrer cette production d'électricité dans le système.

(1) A l'heure actuelle, la plupart des éoliennes off shore existantes sont installées en eau peu profonde ; des turbines flottantes destinées à être installées encore plus loin des côtes, en eau très profonde (deep off shore) sont en phase d'expérimentation et de démonstration, notamment en Norvège et en Italie, où des prototypes doivent entrer en fonctionnement dans le courant de cette année. Une société française (Nénuphar) travaille également sur de tels équipements.



EDF EN HAUT DE LA VAGUE

Pour l'électricien français, le dossier des énergies marines renouvelables, s'il prend aujourd'hui une nouvelle acuité, n'a rien de nouveau. EDF a en effet été précurseur dans ce domaine en utilisant l'énergie des marées dans l'usine marémotrice de La Rance, en Ille-et-Vilaine, grâce à laquelle elle produit, chaque année, depuis plus de 40 ans, l'équivalent de la consommation en électricité de la ville de Rennes. Mais l'heure est aujourd'hui à l'engagement dans la technologie des hydroliennes et à la réflexion sur l'énergie houlomotrice. Le groupe a été d'autre part, avec DCNS l'un des deux industriels à participer à la création d'Ipanema, Initiative partenariale nationale pour l'émergence des énergies marines. C'est dire qu'il "y croit", lui qui est déjà l'énergéticien le moins émetteur de CO₂ en Europe.

L'usine de la Rance utilise le mouvement ascendant de la marée pour créer le dénivelé indispensable à la production d'énergie, fournissant de l'électricité de manière régulière et prévisible. Cette installation produit, chaque année, grâce au rythme des marées, près de 540 millions de GWh et fournit 90 % de l'électricité produite en Bretagne.

L'ÉNERGIE MARÉMOTRICE : UNE TECHNOLOGIE MATURE

En service depuis plus de 40 ans, elle a « fait ses preuves », notamment en ce qui concerne la résistance à la corrosion marine, nous explique Bernard Mahiou, directeur délégué de la Direction Production Ingénierie Hydraulique d'EDF en charge de la coordination de l'eau et du développement. L'installation d'Ille-et-Vilaine est « l'exemple le plus fameux » d'utilisation de l'énergie des marées, « l'usine la plus puissante du monde ».

Elle ne devrait pas le rester, le monde entier surfant sur la vague de ces énergies marines qui pourraient apporter le complément indispensable dans la difficile réalisation de l'objectif européen d'atteindre 20 % d'énergies renouvelables dans la consommation d'énergie en 2020.

EDF ASSOCIÉ À D'AUTRES PROJETS DE PAR LE MONDE

C'est ainsi que les Britanniques viennent de relancer un groupe d'études sur le projet Severn, l'estuaire qui sépare l'Angleterre et le Pays de Galles, dont fait partie un ingénieur d'EDF. Le projet est pharaonique puisqu'il prévoit, dans sa variante la plus importante, d'installer une usine d'une puissance de 8 640 MW, susceptible de produire 17 TWh, indique Bernard Mahiou. L'investissement pourrait approcher la vingtaine de milliards d'euros.

Plus modeste et hors des frontières de l'Union européenne, un projet de 260 MW doit voir le jour en Corée d'ici deux ans. Là encore, EDF a participé en réalisant une partie de l'ingénierie.

De manière générale, l'électricien français « se positionne sur tous les projets dans le monde ». Il a ainsi répondu à des appels d'offres en Inde et en Australie. Le principal avantage de cette énergie marémotrice ? La technologie est parfaitement maîtrisée, répond Bernard Mahiou, ce qui, on le sait, n'est pas le cas de toutes les énergies dites renouvelables. Reste à trouver des sites et des financements mais là où les marées sont importantes, rien n'empêche d'implanter des installations de production de grande masse. Des concepts nouveaux avec des bassins multiples en mer ou adossés à la côte sont imaginés.

UNE PREMIÈRE FERME HYDROLIENNE AU LARGE DES CÔTES DE PAIMPOL

A la différence de l'énergie marémotrice, la filière hydrolienne n'est pas encore mature. Mais EDF entend bien saisir l'opportunité que constitue le territoire français puisque l'Hexagone concentre à lui-seul 20 % du potentiel hydrolien européen, soit une production d'électricité estimée à 10 TWh par an correspondant à une puissance installée de 3 000 MW au large de la Bretagne et du Cotentin. Dès les années 1950, parallèlement aux études sur l'énergie marémotrice, EDF avait mené des études préliminaires sur « la possibilité d'utiliser l'énergie des courants marins au moyen de

machines analogues aux aérogénérateurs » qui n'ont pas eu de débouchés industriels.

Un potentiel égal à 2 % de la production française d'électricité ?

●●● La société Hydrohelix Energies, qui a conçu un projet de démonstration d'une unité hydrolienne marine "vraie grandeur" labellisé par le pôle Mer de Bretagne en décembre 2005, mais dont le financement reste à trouver, estime que sur des sites à configuration favorable, essentiellement en Bretagne, la production annuelle à partir de cette énergie pourrait atteindre plus de 10 000 GWh, soit 2 % de la production française actuelle d'électricité. (Source : <http://energiesdelamer.blogspot.com>)

C'est au début des années 2000 que le groupe a souhaité ré-évaluer l'intérêt technico-économique des hydroliennes. Depuis 2002, il est ainsi progressivement monté en puissance dans le développement de la société Marine Current Turbines (MCT) qui a lancé les projets pilotes Seaflow (prototype de 300 kW installé en 2003 au large de Bristol, au Royaume-Uni), puis Seagen (hydrolienne de 2 x 600 kW, dont l'installation est attendue en Irlande du Nord).

En juillet dernier, le groupe a décidé la construction du premier projet pilote en France, sur le site de Paimpol-Bréhat, dans les Côtes d'Armor, dans une zone où l'intensité des courants atteint des niveaux parmi les plus élevés d'Europe. Quatre hydroliennes, d'une capacité totale de 2 MW, seront installées et raccordées au réseau de distribution d'électricité.

IMMERSION TOTALE

Pour limiter l'impact environnemental et ne pas être contraint par les différents états de la mer, les hydroliennes seront « *totalelement immergées* » par 35 mètres de fond, à 15 km de la côte, explique Bernard Mahiou. Cette immersion est la condition *sine qua non* de l'acceptabilité auprès des pêcheurs, puisqu'elle évite tout conflit d'usage. Les demandes d'autorisation pour ce projet ont été déposées fin janvier dernier, l'enquête

publique aura lieu en 2010 et l'installation entre 2011 et le début 2012.

Ce démonstrateur permettra à EDF de tester la technologie en conditions réelles et d'évaluer précisément son impact sur le milieu marin dans le cadre de différentes études. La zone de Paimpol-Bréhat pourrait d'ailleurs accueillir, dans l'avenir, d'autres essais de technologies dans le cadre d'une extension en un centre d'essais par EDF.

UNE PREMIÈRE MONDIALE

Cette première mondiale représente l'aboutissement de plus de quatre années de concertation et d'études comparatives sur les côtes bretonnes et normandes (notamment sur le site de Barfleur dans la Manche), souligne celui qui sera, demain, directeur finances et développement de la Direction des Systèmes Energétiques Insulaires de l'électricien.

ET L'ÉNERGIE DES VAGUES ?

Il sera ainsi bien placé pour passer à l'étape suivante : l'expérience de l'énergie des vagues, dite houlomotrice. Sur la façade Atlantique française, la puissance moyenne transmise par les vagues est de l'ordre de 45 kW par mètre de ligne de côte. Reste que les connaissances dans ce domaine sont moins avancées que pour l'énergie des courants de marée, et que « *la rupture technologique doit être plus forte* », au croisement de l'hydraulique et de l'éolien. Reste aussi qu'il s'agit d'une énergie intermittente, même si, selon notre interlocuteur, c'est moins flagrant que pour l'éolien. Mais le « *potentiel est plus important que celui de l'énergie des courants* ». EDF Energies Nouvelles est en train d'étudier la faisabilité de tests à La Réunion, d'une part, à l'île d'Yeu, en métropole, d'autre part.

Parallèlement à ces projets concrets, le groupe « *fait de la veille* » et suit donc de très près l'expérience "Pelamis" (voir encadré), avec laquelle Energias de Portugal fait figure de « *pionnier* ». Pionnier que les articles de presse n'ont pas épargné récemment, au grand dam de l'électricien français qui juge que cette médiatisation ne rend pas service à l'ensemble de la filière naissante.

L'expérience Pelamis

●●● Les Pelamis sont des machines semi-immergées. Grâce à leur structure articulée qui leur donne l'allure de serpents de mer, ils épousent le mouvement des vagues et produisent du courant électrique. En juillet dernier, une première machine flottante a été installée au Nord du Portugal. Deux l'ont rejointe en septembre, chacune disposant d'une capacité de production de 750 kW. Mais les problèmes se sont enchaînés et les Pelamis ont été sortis de l'eau pour une durée indéterminée. Entre-temps, la crise financière a mis en difficulté le groupe d'investissement australien Babcock & Brown qui détenait 35 % du projet, et indique ne plus pouvoir poursuivre son investissement.

EDF ne cache pas qu'elle s'aventure là « *en pays inconnu* » et que tout ce qui a été fait jusqu'à présent dans ce domaine « *a été détruit par la mer* ». Le concept auquel le groupe fera appel est, toutefois, totalement différent de la technologie Pelamis.

L'ÉNERGIE THERMIQUE DES MERS : EN PRIORITÉ DANS LES EAUX CHAUDES

L'énergie thermique des mers visant à exploiter la différence de température entre l'eau de surface et l'eau profonde, l'électricien réfléchit par ailleurs au lancement de démonstrateurs dans les mers chaudes, aux Antilles et en Martinique, en particulier, mais également à La Réunion, où l'opportunité semble d'autant plus intéressante que le bilan énergétique des îles pose des problèmes à la fois économiques et environnementaux.

Le principe technique de la conversion énergétique a été démontré depuis longtemps, avec des expériences au large de Cuba et d'Abidjan, mais des problématiques techniques (tuyaux de remontée d'eau froide, optimisation thermodynamique) demeurent. Encore plus épineuse est la question de la rentabilité.

UNE VOLONTÉ POLITIQUE

Aussi pour Cyrille Abonnel, en charge du projet Energies Marines à la Direction Production Ingénierie Hydraulique d'EDF, tout dépendra de la volonté politique qui sera, ou non, affichée dans le cadre du Grenelle de la Mer. Si les énergies marines renouvelables sont effectivement plébiscitées, de premiers prototypes pourraient apparaître d'ici à 2012-2015, nous précise-t-il. La volonté politique devra aussi s'exprimer dans les tarifs d'achat de l'électricité. Curieusement, alors qu'il n'existe aucune exploitation de taille commerciale, un tarif d'achat des énergies marines a été imaginé en mars 2007, qui est de 150 euros par MWh. Ce qui, aux yeux de l'électricien, ne peut suffire à financer « *ni un démonstrateur, ni des technologies naissantes* ». Le tarif idéal serait de 250 euros par MWh, notamment dans les DOM. Comme pour les autres énergies renouvelables, des aides seront d'autre part nécessaires. *Via* le fonds démonstrateur de l'Ademe par exemple.

LES ACTEURS EN RÉSEAU

C'est à ces conditions que des acteurs pourront se positionner sur ce nouveau marché. En attendant, un groupe s'est déjà constitué afin de « *favoriser l'émergence en France d'une filière industrielle et scientifique dans ce domaine* ». Répondant au nom d'Ipanema (Initiative Partenariale Nationale pour l'émergence des Energies Marines), elle a vu officiellement le jour le 17 octobre dernier à Brest. EDF, nous l'avons dit, fait partie des 12 signataires fondateurs, aux côtés de l'Ademe, des régions Basse Normandie, Bretagne, Pays de la Loire, etc.

A ce jour, se réjouit Cyrille Abonnel, 70 entités au total ont manifesté leur intérêt, ce qui témoigne d'un « *vrai désir de mettre en réseau les acteurs* » privés et publics. Les conclusions du groupe de travail doivent être rendues publiques d'ici quelques mois. Elles préconiseront le développement de sites d'essais en mer adaptés aux différentes technologies d'énergies marines, pré-requis à la démonstration de leur rentabilité économique.



TOTAL : LA TECHNOLOGIE PÉTROLIÈRE AU SERVICE DES VAGUES ET DES COURANTS

Cela fait quelques années déjà que le groupe Total a pensé mettre son expertise des grands fonds marins et des exploitations pétrolières difficiles au service des énergies marines, celles des vagues et des courants essentiellement même s'il réfléchit aussi à l'énergie thermique des mers. Le groupe a participé à l'étude prospective de l'Ifremer et vient de rejoindre l'initiative Ipanema. Thomas Renaut, responsable Etudes solaire concentré et énergies marines au sein de la Direction Gaz et Energies nouvelles que dirige Philippe Boisseau, fait le point sur les activités et projets du groupe dans ce domaine.

Dans le domaine de l'énergie de la houle et des vagues, c'est en juin 2005 que Total prend une participation de 10 % dans un projet pilote situé au large de Santona, sur la côte Nord de l'Espagne. Il y est associé à Iberdrola et à la société Ocean Power Technologies (OPT), créée en 1994 et qui a mis au point des bouées flottantes susceptibles de capturer l'énergie des vagues et de la transformer en électricité.

A Santona, la construction de la première bouée d'une puissance de 40 kW, s'est achevée par sa mise à l'eau en septembre 2008. Ce démonstrateur vise à évaluer le potentiel technique et économique de cette technologie.

A terme, la consommation de plusieurs centaines de foyers

●●● Si le consortium emmené par Iberdrola va au bout de son projet, ce serait 10 bouées au total qui seraient installées, pour une capacité de 1 390 kW au total. L'électricité ainsi produite équivaldrait à la consommation de quelque 700 foyers. Iberdrola (60 %) et Total (10 %) sont associés dans ce projet à l'OPT (10 %), l'IDEA (10 %) et la société de développement Sodercan Cantabrie (10 %). OPT, qui est le pionnier américain de l'exploitation de la technologie d'énergie des vagues, a signé au début d'année une lettre d'intention avec Lockheed Martin afin de collaborer au développement d'un projet similaire en Amérique du Nord, soit au large des Côtes de Californie, soit au large de celles d'Oregon. (Source : <http://energiesdelamer.blogspot.com>)

UNE HYDROLIENNE EN COURS DE DÉVELOPPEMENT DANS LES ÎLES ORCADES

Plus récemment, en 2006, Total fait son entrée dans le capital de la société Scotrenewables MarinePower, basée aux îles Orcades, en Ecosse, dans une zone où l'intensité des courants marins atteint des niveaux parmi les plus élevés observés en Europe. Le groupe observe, à cette occasion, qu'à long terme, l'énergie des courants « pourrait contribuer significativement à la production d'électricité d'origine renouvelable, en particulier au Royaume-Uni et en France ».

Aujourd'hui Scotrenewables développe le prototype à l'échelle 1 de 1,2 MW. Les tests sont menés en étroite collaboration avec l'European Marine Energy Center, une plate-forme d'essais européenne mise en place en 2003.

SYNERGIE TRANSVERSE

Cette nouvelle aventure du cinquième pétrolier mondial est favorisée par la présence historique de sa filiale locale Total Exploration & Production Aberdeen. « C'est un petit milieu pétrolier et océanographique », qui renforce cette association avec Scotrenewables, commente notre interlocuteur. De même, Total envisage de financer un projet de recherche sur la modélisation de l'interaction des vagues sur les courants.

Enfin l'expérience écossaise relève, aussi, pour le groupe français, d'une « synergie transverse » avec ses activités d'exploration/production d'hydrocarbures. Total apporte la compétence bien particulière acquise dans le développement des plates-formes offshore.

ETM : RENDEMENT FAIBLE, MAIS DISPONIBILITÉ PERMANENTE

Si le groupe n'est pas prêt à se lancer tout de suite dans une expérimentation sur l'énergie thermique des mers, il poursuit une veille attentive et reconnaît, à l'instar de l'ensemble des personnes interrogées dans le cadre de ce dossier, que l'ETM présente l'énorme avantage d'être disponible 24h sur 24, 365 jours par an. Un énorme contre-poids face à un rendement très faible : 3 à 4 % net, soit trois à quatre fois moins que l'énergie solaire, précise Thomas Renaut.

Là encore, Total pourrait, si les études montrent un potentiel de viabilité économique de la filière, faire appel à son expertise des installations offshore.

EVALUER LE POTENTIEL FRANÇAIS

Total, on l'a dit, a participé à l'étude prospective de l'Ifremer. Mais le groupe veut aller plus loin dans

l'étude du potentiel français en énergies marines renouvelables et a, en ce sens, rejoint l'Ipanema, Initiative Partenariale Nationale pour l'émergence des Energies Marines, créée en octobre dernier à Brest.

A quel horizon l'énergéticien voit-il apparaître les premières installations commerciales ? Peut-être d'ici trois ans seulement pour le projet expérimenté en Ecosse, à plus long terme (2015-2020) pour l'énergie thermique des mers.



LE PARCOURS SEMÉ D'EMBÛCHES DE LA PREMIÈRE ÉOLIENNE FRANÇAISE OFFSHORE

Entretien avec Philippe Gouverneur, directeur d'Enertrag et président de la Commission Energies Marines du SER



Entre les bonnes intentions et les faits, il y a souvent, en France en particulier, un gouffre que la société Enertrag, établissement français du groupe allemand éponyme, s'efforce de franchir depuis... huit ans, pour installer, dans la Manche, le premier parc éolien offshore de la France. Après les obstacles administratifs qu'il a fallu lever un à un, se pose désormais l'ultime question : où trouver les quelques dizaines de millions d'euros qui manquent encore pour réaliser cette première ? Retour sur ce parcours semé d'embûches avec Philippe Gouverneur, directeur d'Enertrag et qui vient d'être nommé président de la commission Energies Marines du Syndicat des Energies Renouvelables, au sein duquel il était déjà président de la commission offshore de France Energie Eolienne (FEE).

BIP. *Qui est Enertrag ?*

Philippe Gouverneur. Enertrag est l'établissement français du groupe allemand Enertrag AG. En 2001, il ne comptait qu'une personne, moi-même. Aujourd'hui nous sommes 35 personnes avec de nouveaux recrutements en cours. En Allemagne, le groupe investit dans l'éolien et, depuis peu, dans les centrales hybrides. Dans l'Hexagone, nous sommes actifs dans l'éolien et le solaire photovoltaïque.

Enertrag dispose de sept parcs de 10 à 12 MW de puissance en France. Nous avons d'autre part cinq projets autorisés qui devraient être lancés au deuxième semestre 2009 ou au premier semestre 2010, dont deux viennent de sortir victorieux d'un recours en contentieux, alors que nous avons obtenu tous les permis nécessaires !

Dans le solaire, nous avons beaucoup de projets, mais encore aucune réalisation ni en France ni en Allemagne. Enertrag est un ensemblier, dont l'activité va

de la recherche de site à l'exploitation et la maintenance, en passant par le montage et l'instruction des dossiers. La finalité de cette mission est de produire des kilowattheures propres, ce qui fait de nous *in fine* un énergéticien.

BIP. *Venons-en à ce projet d'éolienne offshore qui serait une première en France...*

Philippe Gouverneur. Dès 2001, Enertrag a été convaincue que l'avenir serait un jour dans ces installations en mer. Nous avons donc décidé d'identifier des sites de moindre impact, tous critères considérés, à la fois techniques, environnementaux et sociaux. Quelques rares sites ont été identifiés. D'emblée, la Méditerranée doit être écartée car il est impossible d'aller suffisamment loin des côtes pour ne pas être dérangeant.

Pour d'autres raisons, plus techniques, la côte Atlantique a également été exclue. Le territoire idéal nous a paru être la Manche, avec un site en particulier, celui de Veulettes-sur-Mer, à proximité de Fécamp. Partie tôt, Enertrag était donc prête lorsque le premier appel d'offres pour des projets éoliens offshore a été lancé par les Pouvoirs publics en 2004. Et nous avons eu la satisfaction d'être le seul lauréat. Toutefois, l'autorisation d'exploiter avec la bénédiction des Pouvoirs publics ne nous dispensait pas du parcours du combattant que nous avons dû emprunter ensuite.

Etant novateur, ce projet a suscité beaucoup de questions d'un point de vue juridique et administratif. Et les arcanes des différentes lois sur l'eau, l'urbanisme, etc. étant ce qu'elles sont, nous sommes tombés sous le coup de sept ou huit motifs d'enquêtes publiques que nous avons réussi à regrouper en trois. Face à cette complexité, la tendance actuelle semble être à la suppression du permis de construire pour de telles installations, c'est en tout cas ce qui est prévu dans le cadre du Grenelle de l'Environnement. Ce permis serait remplacé par des concessions, un système déjà existant. Précisons enfin que c'est un projet de 21 aérogénérateurs de 5 MW chacun. Les machines seront espacées d'environ 800 m dans chaque ligne et le parc couvrira une surface totale de l'ordre de 15 km².

BIP. *Une fois n'est pas coutume, les procédures réglementaires ont-elles constitué un frein supérieur à celui de l'acceptabilité sociale ?*

Philippe Gouverneur. En effet. Si le parcours administratif a été long, nous avons la chance d'avoir un projet qui confirme que la zone dite de moindre impact est bien celle que nous pensions et que les conflits d'usages y sont faibles. J'en veux pour preuve que nous n'avons pas d'opposition franche des pêcheurs mais seulement beaucoup d'inquiétude et de curiosité. D'autre part, nous comptons bien prouver que l'implantation d'un parc éolien, contrairement à ce que l'on peut dire sur la dégradation du milieu marin qui en découlerait, pourrait finalement s'avérer favorable pour la biodiversité.

Il faut enfin savoir que le projet est soumis, non pas à la taxe professionnelle en voie de quasi disparition, mais à une taxe sur les installations de production électrique à partir d'énergie mécanique du vent, instituée par décret en 2008 et dont le montant est de 12 000 euros par mégawatt installé.

BIP. *Où en êtes-vous à ce jour avec le projet ?*

Philippe Gouverneur. Nous sommes prêts à construire... mais nous avons deux recours sur le dos. L'un d'un particulier, avocat, qui s'applique à trois autorisations principales, dont l'établissement d'une ligne électrique terrestre entre Veulettes et Fécamp ; l'autre, d'une association nationale sollicitée par une organisation régionale. Nos financements sont en conséquence bloqués, les banques se refusant à tout engagement tant que ces recours sont en suspens. J'espère que le tribunal administratif va se saisir rapidement de cette affaire.

Et, enfin, *last but not least*, nous n'avons pas encore bouclé le tour de table pour le financement du projet. Il nous manque quelques dizaines de millions d'euros. Ce retard involontaire devrait permettre de progresser vers la solution définitive. Des contacts sont en cours.

BIP. *Combien avez-vous déjà investi dans ce projet ? Quel est le coût maintenant ? Avez-vous des partenariats pour le financer ?*

Philippe Gouverneur. Nous avons déjà investi plusieurs dizaines de millions d'euros. Le coût du projet est maintenant évalué à 360 millions d'euros. Enertrag est associé à Prokon Nord, jadis propriétaire de Multibrid, dont Areva a pris 51 % du capital en septembre

2007, 49 % restant à Prokon Nord. Je m'étonne aujourd'hui que dans le plan de relance européen, qui octroie 565 millions d'euros à l'offshore et aux réseaux offshore, il n'y ait rien pour la France. Ceci, alors que nous pourrions être les premiers installateurs des machines Multibrid par 25 à 30 mètres de profondeur d'eau. Encore une fois, je le répète, la CECA (80 % Prokon Nord et 20 % Enertrag) est prête à construire.

BIP. *Pensez-vous que le projet puisse être effectivement lancé en fin d'année ?*

Philippe Gouverneur. Oui, toujours. Vous savez, dans ce métier, il faut une dose d'optimisme à toute épreuve. Quoi qu'il en soit, les travaux terrestres commenceront durant le deuxième semestre de 2009. En parallèle, nous allons nous battre à Bruxelles, où le plan de relance n'a pas encore été voté par les députés. La date de mise en service sera liée aux conditions météorologiques. Il semble très optimiste de penser installer 21 machines en mer dans la seule année 2010.

BIP. *Avez-vous d'autres projets similaires ?*

Philippe Gouverneur. Oui, mais je préfère garder la confidentialité. La loi ne permet pas de se réserver des endroits en mer... Nous sommes également très attentifs à l'éolien flottant, que l'on devrait pouvoir utiliser un jour.

BIP. *Vous êtes président de la Commission Energies Marines qui vient d'être créée au sein du Syndicat des Energies Renouvelables. Quelle est votre mission ?*

Philippe Gouverneur. Une remarque avant tout : je déplore que, dans le Grenelle de la Mer, qui vient d'être constitué, nous ne soyons pas représentés si ce n'est par défaut, *via* l'Union française de l'électricité, alors que nous sommes tout de même au premier plan pour les nouveaux usages de la mer et son partage. La mission de cette commission va consister à identifier les conditions technico-économiques d'un développement des énergies marines renouvelables, à étudier les moyens de faire avancer les nombreux projets, notamment dans un ou deux centres d'essais ; et enfin à essayer de mettre au point les structures de financement nécessaires. Pourquoi pas en créant des fonds communs de placements à risques avec des particuliers ?

Tout reste à faire mais vite si possible, les Anglais sont déjà très en pointe sur le sujet. Il nous faut avancer avec prudence mais liberté, sans forcément se couler dans un moule existant..



ÉNERGIE THERMIQUE DES MERS : LA RÉUNION SE LANCE

Si, dans l'hypothèse la plus optimiste, les énergies marines renouvelables pourraient contribuer à hauteur de 2,5 % à l'objectif d'une part de 23 % des énergies renouvelables dans la consommation d'énergie en France en 2020, le challenge est autrement plus important pour l'île de la Réunion, dont le président de région, Paul Vergès, a fait depuis longtemps de l'autonomie énergétique sa priorité. Les intentions affichées prennent aujourd'hui un tour concret avec la réalisation, en partenariat, d'une étude de faisabilité sur l'implantation d'un démonstrateur "énergie thermique des mers" dans l'île.

C'est dès 1996 que Paul Vergès, alors sénateur de l'île, alerte l'opinion sur la nécessité de faire de l'étude des conséquences du réchauffement climatique une priorité nationale. En 1999, devant l'Unesco, il lance très officiellement le plan d'autosuffisance énergétique insulaire. La loi donne en effet aux régions d'outre-Mer la compétence d'élaborer, d'adopter et de mettre en place un plan énergétique régional : le Prerure (Plan régional pluriannuel de prospection et d'exploitation des énergies renouvelables et d'utilisation rationnelle de l'énergie) a dès lors été créé autour des principales instances locales (en particulier Région, EDF, Ademe). Pour son action de terrain, le Prerure s'est doté d'un outil de sensibilisation, de veille technologique, de formation et d'interface auprès des collectivités : l'ARER. A l'époque, l'association compte 2 personnes, elle en rassemble aujourd'hui près de 30, dont une vingtaine d'ingénieurs, nous explique Laurent Gautret, son directeur technique. Le champ d'action est très large, de la formation à la veille sur les technologies du futur. En passant par la publication des bilans énergétiques de l'île.

UNE DÉPENDANCE ÉNERGÉTIQUE DE 86 %

Et ceux-ci sont éloquentes : en 2006, dernière année pour laquelle des statistiques sont disponibles, les importations de combustibles fossiles s'élèvent à 1 057 000 tonnes équivalent pétrole, les ressources locales (essentiellement bagasse et hydraulique) à 165 000 tep. Autrement dit, le taux de dépendance énergétique de l'île est de 86 %. Et malgré tous ses efforts pour développer les énergies renouvelables,

la production des ressources locales reste très dépendante de la pluviométrie et de la production de canne à sucre.

L'île s'est donc tournée vers le solaire photovoltaïque, dont la part ne cesse de progresser. Au cours de l'année 2006, quelque 2,09 MWc ont été installés, soit le tiers de la capacité totale installée en France. Il n'en reste pas moins que la production électrique est toujours assurée à 64 % par les énergies fossiles, à 36 % par les différentes énergies renouvelables.

ETM : UNE DISPONIBILITÉ 24H/24

Depuis 2001, l'ARER entretient une démarche très active de veille et de réflexions stratégiques sur les énergies marines renouvelables, l'énergie thermique des mers en particulier, dont l'atout majeur est sa constance, puisqu'elle permet une production d'énergie 24h sur 24. En 2008, des prélèvements ont été effectués à plus de 1 000 mètres de fond pour vérifier les températures. Les résultats ont été « probants », et l'association a saisi l'occasion de l'ICOE pour se rapprocher de DCNS, premier constructeur naval européen qui ait commencé à faire des recherches sur ce thème, raconte Laurent Gautret.

D'octobre 2008 à avril, les deux partenaires ont monté le partenariat qui a abouti à la signature, le 7 avril dernier, d'une convention de R&D pour la réalisation d'une "étude de faisabilité pour l'implantation d'un démonstrateur énergie thermique des mers à l'île de la Réunion". Jusqu'à présent, seule l'île d'Hawaï, via le département américain assisté de Lockheed Martin (premier constructeur naval mondial), a lancé une démarche similaire. Un consortium est également en cours de structuration dans le Pacifique autour d'une technologie japonaise.

LA RÉUNION, EXPÉRIMENTATEUR EUROPÉEN DE LA TECHNOLOGIE

Il s'agit, explique le directeur technique de l'ARER, de démontrer que de l'électricité à grande échelle peut être produite en zone tropicale à coût et impact environnemental maîtrisés via une ressource renouvelable inépuisable : l'eau froide profonde (plus de 1 000 mètres de profondeur). La Réunion serait

l'expérimentateur européen de cette technologie. Pour atteindre un tel objectif, c'est une technologie de type plate-forme offshore partiellement immergée et raccordée au réseau électriquement à l'île, qui sera étudiée par DCNS, et le démonstrateur se basera donc sur cette approche reproductible par la suite.

LE CALENDRIER

La convention signée début avril prévoit une première étape qui devrait aboutir, dès le mois de juin, au dimensionnement et au chiffrage du coût d'un démonstrateur ETM offshore à La Réunion. La seconde étape consolidera les premiers résultats et devrait être achevée à la fin de cette année. L'étude représente un budget d'un million d'euros, que financeront les partenaires à égalité.

Pour Laurent Gautret, ce n'est pas avant 2013 « *au mieux* » que devrait être installé le démonstrateur. Une fois les problématiques de mise en place réglées, l'on pourrait s'orienter au-delà de 2020 vers une production à grande échelle.

Dans une étude que l'ARER a menée l'an dernier sur le possible mix énergétique de 2025-2030, l'ETM jouerait un grand rôle puisqu'il est envisagé d'installer au moins 100 MW pour assurer environ 20 % de la production d'énergie de base à La Réunion, et remplacer l'équivalent de la production actuelle de charbon.

De nombreux sites ont déjà été identifiés comme présentant un fort potentiel pour le développement de l'ETM aussi bien à terre qu'en offshore dans l'île.

La stratégie de développement consisterait dans une montée progressive avec des puissances de 5 MW, puis 10-20 MW, 50 MW...

UN PEU DE SCIENCE-FICTION

Un certain nombre de questions vont être soulevées au fur et à mesure du développement du processus. *Quid* de l'acheminement de l'électricité ainsi produite, par exemple ? Pour le directeur technique de l'ARER, deux solutions : soit des câbles électriques très longs qui relieront les installations au réseau existant, soit une production d'hydrogène avec stockage sur des bateaux. Dans cette hypothèse, se plaît-il à rêver, les zones tropicales pourraient devenir une nouvelle source d'approvisionnement, changeant, à terme, la donne Nord-Sud...

Quid, d'autre part, de l'acceptabilité par les populations ? « *C'est un sujet clé* », reconnaît notre interlocuteur. Si la solution consiste bien sûr à « *dissimuler le plus possible* », ce ne sera pas le cas avec le démonstrateur prévu à La Réunion qui sera « *bien visible* », reflétant la fierté de l'île de jouer ainsi un rôle de précurseur. Et puis, ajoute-t-il, sa « *physionomie ne sera pas la même que celle d'une plate-forme pétrolière, et il adoptera un design adapté aux spécificités réunionnaises* ». A terme, se posera aussi, comme pour toute révolution technologique, la question de la volonté politique car tout projet ETM nécessitera un important investissement financier, et donc un soutien fort de l'Etat et des collectivités locales à la hauteur des risques et des enjeux.



LES MICROALGUES : LE NOUVEL OR VERT ?

Le point de vue d'Alcimed

Aujourd'hui sous le feu des projecteurs, les microalgues sont présentées comme une alternative énergétique au pétrole, capable de produire de l'énergie sous 3 formes : hydrogène, biocarburant ou encore biogaz. Ces microorganismes suscitent un vif intérêt auprès de géants comme Shell ou Boeing. La ruée vers l'or vert est en marche... surtout aux Etats-Unis, la France étant à la traîne sur ce dossier. Toutefois, de premières installations pilotes pourraient voir le jour d'ici trois à cinq ans, selon Nadia Boukhetaia, consultante au sein de la Business Unit Chimie, Matériaux et Energie chez Alcimed. La société de conseil revient ci-après sur les performances réelles des microalgues et la rentabilité des procédés industriels.

Le pic spectaculaire qu'a connu le baril de pétrole en 2007 et 2008 a accéléré les efforts de recherche en vue du développement de nouveaux biocarburants. Différentes filières comme l'huile (palme, tournesol...), l'alcool (betterave, maïs) et le biogaz (boues, lisiers) se développent actuellement. Cependant, ces biocarburants dits de "première génération" présentent un inconvénient de taille, car ils sont en compétition directe avec les cultures destinées à l'alimentation et ne sont pas sans impact sur la biodiversité des écosystèmes.

Une nouvelle filière de biocarburants dits de "deuxième génération" est en plein développement autour de nouvelles sources de biomasse à base de lignocellulose (paille, peuplier, et résidus lignocellulosiques issus des industries de l'agriculture, de la sylviculture et du bois). Cette filière offre des perspectives intéressantes avec de meilleurs rendements et conditions environnementales.

DES RENDEMENTS EN LIPIDES EXCEPTIONNELS

Parmi les développements en cours, les industriels se tournent de plus en plus vers une filière de biocarburants de "troisième génération" à base de microalgues, et présentée comme la source de biomasse capable d'offrir les meilleurs rendements. Les microalgues sont des organismes microscopiques riches en lipides et se développent par photosynthèse en eau douce ou en eau de mer selon les espèces. Elles présentent à

l'échelle du laboratoire des avantages très attractifs qui en ont fait un véritable "or vert" :

- les rendements en lipides seraient 30 fois supérieurs aux cultures oléagineuses telles que le tournesol ou le colza,
- leur culture en photobioréacteurs n'a pas d'impact sur l'environnement (non utilisation de pesticides) et permet de recycler les nutriments nécessaires à leur croissance (phosphore et azote),
- enfin, le problème des surfaces cultivables disparaît puisque ces organismes se développent dans l'eau.

LES AMÉRICAINS À LA POINTE

Les microalgues sont considérées comme la filière d'avenir par de nombreuses start-up américaines en pleine croissance. La plus connue d'entre elles est GreenFuel Tech qui développe des procédés pour la production de microalgues. L'engouement a même gagné les pétroliers comme Chevron et Shell. Récemment, Boeing a commencé une collaboration avec Virgin Fuels et General Electric pour développer un nouveau biocarburant à base de microalgues. La France participe également à cette ruée vers l'or vert avec le projet Shamash dirigé par Olivier Bernard, chercheur à l'INRIA.

Les microalgues peuvent intervenir dans la production de trois types d'énergie : l'hydrogène, les biocarburants ou les biogaz. Mais quelles sont les performances réelles des micro-algues et quel est le degré de maturité de chacune de ces filières ?

HYDROGÈNE, BIOCARBURANTS, BIOGAZ...

Sous certaines conditions de stress (manque de soufre ou d'oxygène), les microalgues peuvent produire de l'hydrogène. Actuellement, moins de 3 % de l'énergie lumineuse totale est transformée en hydrogène. Pour être rentable, cette voie nécessite un rendement de 10 %, et la production d'hydrogène à partir de microalgues pourrait y contribuer. Les chercheurs comptent sur des mutations génétiques pour créer des microalgues plus efficaces. Par exemple, en France,

le laboratoire de bioénergétique et biotechnologie des bactéries et microalgues du CEA travaille actuellement sur ce sujet.

La production de biocarburants par les microalgues est la voie la plus médiatisée, mais elle compte encore de nombreux défis à relever.

L'un des premiers challenges consiste à identifier les microalgues les plus riches en lipides parmi les quelques millions d'espèces existantes. Dans des conditions de stress en azote, la production lipidique peut atteindre 75 % pour la *Botryococcus braunii*. Cependant, stresser les algues ralentit leur croissance. Un autre défi à prendre en compte est l'optimisation de l'extraction des lipides qui demeure une étape encore trop négligée. Les techniques de pressage sont en effet inefficaces ; l'extraction de l'huile est réalisée à l'hexane, ce qui n'est compétitif ni au niveau économique ni au niveau environnemental. Des recherches sur l'extraction sont actuellement en cours : la société Valcobio, un des partenaires du projet Shamash travaille sur des techniques d'extraction sans produits chimiques.

Enfin, les rendements de production des algues sont encore trop faibles à l'échelle industrielle. « *Pour devenir compétitive, la production d'algues devrait être de 100 g par m² par jour, soit trois fois supérieure aux rendements actuels* », estime Nadia Boukhetaia.

Le dernier type d'énergie que peuvent produire les microalgues est le biogaz. Celles-ci se révèlent particulièrement adaptées à cette application. Après fermentation dans un digesteur, elles génèrent un biogaz composé de 70 à 80 % de méthane, les autres gaz étant du CO₂ et du N₂. Cette technologie datant des années 40 a été développée par le Professeur William J. Oswald de l'Université de Berkeley en Californie.

Elle a cependant été abandonnée dans les années 80 au profit des biocarburants plus à la mode et est réétudiée depuis une dizaine d'années. En effet, cette filière est actuellement la voie de production d'énergie à partir de microalgues la plus simple et la plus rentable à court terme. Elle peut être particulièrement efficace lorsqu'elle est associée à d'autres procédés. Si cette technologie est associée à une centrale thermique, les microalgues séquestrent le CO₂ et utilisent la chaleur produite pour leur croissance. Le biogaz produit

est alors directement réinjecté dans les brûleurs de la centrale. Cette technologie peut aussi être associée à une station d'épuration où les microalgues utilisent les nutriments comme l'azote et le phosphore pour leur croissance.

Le projet Shamash

●●● Ce projet, qui a démarré en décembre 2006, a pour objectif de produire un biocarburant à partir de microalgues autotrophes. Ces microorganismes peuvent accumuler jusqu'à 50% de leur poids sec en acides gras, permettant d'envisager des rendements à l'hectare supérieurs d'un facteur 30 aux espèces oléagineuses terrestres. Le projet Shamash intègre des spécialistes de la culture, de la physiologie et de l'utilisation de microalgues, des spécialistes de l'optimisation des procédés biotechnologiques ainsi que des spécialistes des biocarburants et de l'extraction et de la purification de lipides. Shamash regroupe 9 équipes et entreprises françaises pour un budget total de 2,8 millions d'euros. Le Programme National de Recherche sur les Bioénergies (PNRB) de l'ANR finance 0,8 million d'euros.

LES CONDITIONS DE LA RUÉE VERS L'OR VERT

Qu'il s'agisse de la production hydrogène, de biocarburants, ou de biogaz à partir de microalgues, un certain nombre de défis restent à relever qui nécessitent encore des travaux de recherche et développement importants. « *L'industrialisation de l'énergie à partir de microalgues ne pourra se faire qu'à condition que de nombreuses compétences collaborent pour lever les barrières existantes : génie génétique, phycologie, biochimie, pétrochimie. Les experts mondiaux sont peu nombreux et les savoir-faire ont tendance à se disperser. Il est nécessaire qu'en Europe, des collaborations fortes entre industriels et chercheurs de ces différents domaines voient le jour comme aux Etats-Unis pour participer à la ruée vers l'or vert* », conclut Vincent Pessey, Responsable de Missions de la Business Unit Chimie, Matériaux et Energie chez Alcedim.