

**PROGRAMME
CLIMAT, ÉNERGIE
& SÉCURITÉ**

DE L'ÉNERGIE NOIRE À L'ÉNERGIE BLEUE

PAR Jean-François FRIER

AGENT HONORAIRE DU MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES, FRANCE

ET Séverine MICHALAK

DOCTEUR EN DROIT SPÉCIALISÉE EN ÉNERGIES MARINES RENOUVELABLES,
ENSEIGNANT-CHERCHEUR À L'UNIVERSITÉ DE NICE SOPHIA-ANTIPOLIS

NOVEMBRE 2017

ANALYSE #5



RÉSUMÉ

Six fois plus d'hommes consomment vingt fois plus d'énergie qu'il y a 135 ans lorsqu'a débuté la révolution industrielle, accélération si brutale qu'elle modifie la composition de l'atmosphère et l'équilibre chimique des mers par les émissions de CO₂ résultant de la combustion effrénée des ressources fossiles. Loin de prôner une décélération, les 193 pays membres des Nations unies se donnent au contraire pour objectif d'offrir à tous les hommes dans les 15 ans à venir un niveau de vie proche de celui des plus riches. Les objectifs de développement durable (ODD) adoptés par le PNUD sont seuls à même de le permettre. Ils s'appuient sur un appel au développement des énergies neutres en carbone d'autant plus nécessaire que les ressources en hydrocarbures s'épuiseront dans les 50 années à venir et celles du charbon et de l'uranium dans un siècle. L'alternative nucléaire se révèle plus dangereuse encore pour le milieu si bien qu'il n'y a d'autre possibilité que de recourir aux énergies renouvelables (EnR). L'énergie solaire et l'éolien ont ouvert la voie sur les terres émergées mais se heurtent aux contraintes d'espace. Des technologies récentes qui ne représentent encore que 0,03% du mix énergétique mondial connaissent partout dans le monde une progression accélérée, parfois supérieure à 80% l'an, ce sont les Energies Marines Renouvelables (EMR).

Cette étude en fait une présentation à date aussi exhaustive que possible pour chacune des technologies aujourd'hui matures (éolien offshore posé ou flottant) ou en développement (énergies des courants et des vagues, énergies thermiques marines). Le potentiel théorique global des EMR, y compris celui de la biomasse et de l'énergie osmotique (non couverts par la présente étude) est estimé à plus de 2 millions de Terawatt/heure (TWh) par an, dont un peu plus de 100 000 TWh par an sont en l'état techniquement exploitables. Cela permettrait de couvrir plus de la moitié de la demande mondiale constatée en 2016, toutes sources d'énergie confondues, et près de 5 fois la totalité de la seule consommation électrique mondiale actuelle.

La technologie la plus mature est celle de l'éolien marin. L'Union européenne, leader du domaine, dispose d'une *capacité* de 12,5 GW qui représente plus de 90% de l'ensemble du parc éolien mondial et qui lui permet de fournir 42 des 50 TWh de la *production* mondiale actuelle de l'ensemble des EMR. La Chine se pose en principal compétiteur sur ce créneau, ambitionnant de développer une capacité éolienne en mer de 70 GW d'ici 2030, loin devant la capacité actuelle de l'UE (12,5GW) et surtout des Etats-Unis qui ne projettent "que" 22 GW à cet horizon.

Les technologies exploitant les courants marins et le différentiel thermique entre eaux de surface et de profondeur sont nettement moins développées mais ont l'avantage de concerner des énergies non intermittentes. Les technologies thermiques, plus robustes, apparaissent particulièrement adaptées au milieu climatique plus chaud des tropiques. La France qui y a un domaine maritime exceptionnellement étendu aurait avantage à y investir pour atteindre les objectifs de production d'énergies renouvelables terrestres et marines (EnR) qu'elle s'est donnée au travers de la Loi du 17 août 2015 relative à la transition énergétique. Celle-ci fixe un objectif de 50% d'EnR à l'horizon 2020 dans l'outre-mer et une autonomie énergétique à l'horizon 2030. Elle devra nécessairement investir dans les EMR pour y parvenir et pourrait valoriser cet investissement d'une part sur les marchés d'exportation et d'autre part au travers d'une coopération avec les petits Etats insulaires voisins de ses territoires du Pacifique, des Caraïbes et de l'océan Indien.

Introduction - LES OBJECTIFS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE ET LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

La population mondiale s'est accrue à un rythme accéléré depuis la révolution industrielle passant de 1,33 milliard en 1880 à 7,35 milliards en 2015 en route vers les 10 milliards d'habitants que l'ONU prévoit pour 2050. Ce bouleversement démographique a généré en 135 ans une augmentation colossale de notre consommation d'énergie, plus rapide encore que celle de la population. Cette dernière a doublé dans les 60 premières années de cette période, puis doublé à nouveau dans les 40 ans qui ont suivi tandis que la consommation d'énergie a, pour sa part, triplé les 60 premières années, puis quadruplé les 40 années suivantes. La consommation totale d'énergie qui était de 728 millions de tonnes équivalent pétrole (Mtep) en 1880 culmine selon l'Agence internationale de l'énergie (AIE) à 14 490 Mtep en 2015. Il en résulte une considérable augmentation des émissions de CO₂ qui atteignent 4,47 tonnes par personne en 2014 mais avec un écart conséquent entre les habitants des États-Unis (16,22 tonnes), ceux de Chine (6,66 tonnes), d'Inde (1,56 tonne) ou d'Afrique (0,96 tonne). Comment s'étonner dès lors des changements climatiques ? Ils ont clairement pour première cause des émissions excessives de CO₂ dues à l'activité humaine depuis un peu plus d'un siècle au point que nous pourrions être entrés dans une ère nouvelle, essentiellement marquée par notre empreinte, que certains vont jusqu'à baptiser "anthropocène".

Or, à la fin 2015, le Programme des Nations unies pour le développement (PNUD) adopte les dix-sept objectifs de développement durable (ODD) à atteindre en 2030 pour éradiquer la pauvreté, protéger la planète et garantir la paix, la santé et la prospérité pour tous. Il s'agit de "changer le monde" dans les treize ans à venir comme l'ont sobrement décidé, en ces termes, les représentants des 193 pays membres des Nations unies. Seize objectifs détaillent vertueusement ce qu'il faut faire pour créer un monde meilleur, équitable, prospère et paisible. Et dans ce "meilleur des mondes", on consommera nécessairement plus de ressources et plus d'énergie encore, tout particulièrement dans les pays en développement, notamment l'Inde, la Chine et une bonne partie des pays asiatiques hors OCDE qui occasionneront plus de la moitié de l'augmentation de la demande énergétique sur cette période. On ne peut naturellement qu'être d'accord pour plus d'équité, mais comment relever ce défi sans détériorer l'habitabilité des territoires ? L'emballement de l'économie globale dans le contexte d'une démographie mondiale en forte croissance et d'une aspiration à plus d'équité doit impérativement s'accompagner d'une décélération de la production d'énergie carbonée pour lutter contre le réchauffement climatique. Comment trouver une solution à cet impératif contradictoire ?

C'est le défi que le PNUD relève. L'un de ses dix-sept objectifs de développement durable, l'ODD 14, pourrait en effet à lui seul le permettre. Il s'agit de rien de moins que de "conserver et utiliser durablement notre océan", soit près des trois quarts de la surface du globe. Ce très grand chantier révolutionnaire de fond en comble les perspectives du développement économique mondial par l'ampleur des ressources alimentaires, minières et énergétiques visées. Une économie bleue ou croissance bleue se met en place dans le prolongement de ce qu'on pourrait appeler l'économie "noire" fondée sur

les énergies carbonées non renouvelables qui, depuis la révolution industrielle, polluent la planète, entraînent le réchauffement climatique que l'on sait et portent atteinte à la biosphère. Or l'exploitation des ressources en mer, qui vient s'ajouter à celles des ressources tirées des terres émergées, est engagée avec des précautions particulières pour être durable et raisonnable. Elle s'accompagnera, de plus, de la mise en valeur d'un gigantesque gisement d'énergies marines renouvelables (EMR). Il viendra compenser l'abandon progressif des énergies fossiles et contribuera ainsi à réduire les effets du réchauffement climatique en dépit de la hausse globale de la consommation des ressources de la planète¹.

Ce chantier gigantesque s'est ouvert il y a à peine 35 ans avec l'adoption d'un cadre juridique international, la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer (CNUDM) (Convention de Montego Bay de 1982) qui a permis le partage entre les Etats côtiers et archipélagiques de zones économiques exclusives en mer (ZEE) qui correspondent peu ou prou à l'ensemble des plateaux continentaux, de leurs eaux et des ressources minérales biologiques et énergétiques qu'ils recèlent. Ces nouveaux domaines, presque aussi vastes que les terres émergées, doublent les surfaces de la planète mises en exploitation par l'homme, qui s'étendent désormais à une moitié du monde. L'autre moitié est couverte par la haute mer, en surplomb des grands fonds marins, qualifiés de patrimoine commun de l'humanité et échappant au partage. Si la Convention a stipulé les modalités de la gestion des ressources minérales de ces divers espaces, confiée à l'Autorité internationale des fonds marins (AIFM), elle est demeurée muette sur celle de leurs ressources biologiques dont la protection et l'exploitation font l'objet de négociations internationales encore en cours. Elles sont connues sous l'acronyme BBNJ (*biodiversity beyond national jurisdiction*). Elles visent, selon la résolution 69/292 des Nations unies, à développer un instrument international juridiquement contraignant sur la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique en haute mer au-delà des zones sous juridictions nationales qui viendra compléter la CNUDM².

Cette Convention adoptée en 1982 et ratifiée en 1994 a permis aux Etats côtiers de revendiquer sur de vastes territoires maritimes des droits d'exploitation exclusifs des ressources présentes et de l'énergie provenant de l'eau, des courants et des vents. Ce n'est toutefois que depuis la prise de conscience de l'urgence climatique sur le plan international et ce n'est véritablement dans les faits que depuis l'adoption par l'Union européenne d'objectifs de production d'énergies renouvelables et d'un calendrier de mise en œuvre de ces objectifs, que l'on assiste réellement à l'émergence d'un marché des EMR. C'est pourquoi, lors de la Conférence internationale des océans qui s'est tenue à l'ONU du 5 au 9 juin 2017, la toute première de son histoire, le Secrétaire général des Nations unies a souligné le rôle primordial des EMR dans la lutte contre le changement climatique.

¹ Le bilan carbone des EMR et de l'éolien offshore en particulier est globalement très positif. En effet, les émissions de GES d'un parc éolien offshore français se situent entre 15 et 20 gCO₂eq /kWh produit, à comparer aux 1 000 gCO₂ eq/kWh produits par une centrale à charbon (source Bilan Carbone des Parcs éolien offshore de Saint Nazaire et de Saint Briec).

² Les progrès vers un consensus sont encore lents et la quatrième session de travail BBNJ réunie à New York du 10 au 21 juillet 2017 n'a pas encore permis de trouver consensus sur les principaux points en débat (partage des ressources génétiques et des savoirs conduisant à leur exploitation, études d'impact sur l'environnement avant tout projet d'exploitation et création de zones marines protégées en haute mer).

Il nous faut bien réaliser que le modèle économique actuel principalement fondé sur la combustion des énergies fossiles n'est plus viable, non seulement parce qu'il occasionne le réchauffement climatique que l'on sait, mais également parce que les réserves prouvées s'épuisent - véritablement. La consommation mondiale d'énergie était en 2015, selon l'AIE, de 14 490 Millions de tonnes d'équivalent pétrole (Mtep) provenant pour l'essentiel de sources fossiles non renouvelables : pétrole (33,0%), charbon (27,5%), gaz naturel (24,2%) et nucléaire (4,5%) tandis que les énergies renouvelables (EnR) ne représentaient encore que 10,7% (hydroélectricité 6,9%, éolien 1,6%, biomasse et géothermie 1,0%, biocarburants 0,6%, solaire 0, %), 19% si l'on prend en compte les énergies auto consommées (bois, pompes à chaleur, solaire thermique, etc.).

Or, les réserves mondiales prouvées d'hydrocarbures représentent une cinquantaine d'années de production au rythme actuel d'exploitation (51 ans pour le pétrole, 53 ans pour le gaz naturel) selon la fondation ALCEN et son observatoire des énergies. Moins documentées, les données disponibles pour le charbon varient entre 114 et 153 ans et entre 85 et 100 ans pour l'uranium. La Société de géologie de France adopte quant à elle une projection fondée sur l'évolution progressive de la part des énergies fossiles dans le mix énergétique mondial, de préférence à un calcul rapportant les réserves prouvées à leur consommation annuelle actuelle. Cette position apparaît en effet plus rationnelle et conduit à l'idée que les hydrocarbures amorceront leur déclin dans une trentaine d'années et ne représenteront plus que 10% du mix énergétique mondial d'ici les 80 ans soit à la fin du siècle³. Il est donc non seulement nécessaire d'abaisser la part des énergies fossiles responsables du réchauffement planétaire anthropique mais il est tout simplement impossible de continuer à les consommer à ce rythme. Dans les faits, et pour les 30 années à venir, l'écrasante prépondérance des énergies carbonées dans le mix énergétique mondial restera la règle si bien que les émissions annuelles de CO₂ liées à l'énergie pourraient passer de 32 milliards de tonnes (32 Gt) en 2012 à 36 Gt en 2020 et 43 Gt en 2040, soit une hausse de 34%. En l'état des politiques actuelles, l'AIE confirme que l'atteinte des objectifs de l'Accord de Paris constitue une gageure. Il faudra pourtant bien inverser la tendance.

Une étude de la *Stanford University* publiée en août 2017⁴ modélise la façon dont une transition énergétique radicale vers l'utilisation de 100% d'énergies renouvelables par les 139 pays les plus développés permettrait de contenir la hausse globale de la température à 1,5°C d'ici à 2050, et ce grâce à la conversion à l'électricité des secteurs actuellement alimentés par les énergies fossiles. En effet, selon les chercheurs de Stanford le rendement énergétique d'un système basé sur les énergies renouvelables est de 23% supérieur à celui des énergies de combustion grâce aux économies réalisées sur les modes de production et le transport de l'énergie. La hausse tendancielle des besoins en énergie d'ici 2050 serait ainsi absorbée par la plus grande efficacité énergétique des EnR. Celles-ci seraient produites à 57% par le solaire, 37% par l'éolien, 4% par l'hydraulique, 0,67% par la géothermie et 0,64% par l'énergie marémotrice. Pareille transition éviterait, selon cette étude, la mort de 4,6 millions de personnes due à la

³ Yves Mathieu "les réserves mondiales d'hydrocarbures" in *Géologues* n°144 : "C'est donc vraisemblablement au-delà de 2040 que les hydrocarbures fossiles ne permettront plus de satisfaire la majorité des besoins énergétiques mondiaux. A la fin du siècle, les hydrocarbures devraient encore satisfaire plus de 10 % des besoins énergétiques mondiaux."

⁴ Jacobson et al., "100% Clean and Renewable Wind, Water, and Sunlight All-Sector Energy Roadmaps for 139 Countries of the World", publiée dans la revue *Joule* 1, 108-121, 6 Septembre 2017.

pollution atmosphérique et créerait un solde positif de 24,3 millions d'emplois. Mais il ne s'agit là que d'une projection.

Une autre étude⁵, celle de la Carnegie Institution for Science⁶ modélise pour sa part une transition énergétique globale vers les énergies renouvelables par le recours massif à la technologie de l'éolien flottant dans des régions à eaux profondes, telles que l'Atlantique Nord, où des parcs de grande échelle pourraient capter, principalement en hiver, l'énergie provenant de la haute atmosphère, et optimiser ainsi l'exploitation de l'énergie cinétique du vent, contrairement aux parcs éoliens situés plus près des côtes.

Ces deux études, l'une principalement appuyée sur l'énergie du soleil et l'autre principalement sur celle du vent, si elles ne sont pas exemptes de critiques eu égard aux contraintes physiques et économiques induites, ont le mérite d'établir chiffres en main la faisabilité de la nécessaire transition énergétique. Elles ont toutes deux la particularité de mettre en exergue le besoin considérable d'espace terrestre ou maritime nécessaire pour exploiter ces énergies. La mer apparaît comme l'espace optimal pour mettre en valeur ce potentiel énergétique gigantesque, en particulier l'éolien, à condition de prévoir les outils adéquats pour organiser leur développement spatial dans le respect des droits des autres usages concurrents en mer, tels les transports maritimes, la pêche et l'aquaculture, l'exploitation des ressources biologiques et minières des fonds marins. Parmi ces outils pourrait figurer le développement d'un cadastre marin multifonctionnel⁷. Le développement des EMR nécessite aussi de multiplier les études scientifiques indépendantes afin de lever, au fur et à mesure de l'avancement des projets, les incertitudes quant à leur impact sur l'environnement marin⁸.

En attendant, du point de vue de Sirius, il faut bien constater la hausse continue de notre consommation énergétique globale qui dépasse de près de 20 fois celle des débuts de l'ère industrielle. La question d'une décélération de cette consommation est bien sûr posée et on peut s'interroger sur l'obligation d'une croissance zéro ou au moins d'une plus grande frugalité énergétique concurrentement au remplacement progressif des énergies fossiles par les EnR. Quoi qu'il en soit, la transition énergétique permet d'émettre moins de CO₂ tout en utilisant plus d'énergie. Les EnR *terrestres* contribuent déjà significativement à ce résultat. Pour leur part, les énergies *marines* renouvelables ne représentent encore que 0,03% du mix énergétique mondial, soit environ 50 TWh mais leur développement exponentiel a atteint jusqu'à 86,9% entre 2012 et 2013. Aussi modeste que soit encore cette production énergétique, son développement est nécessaire et inéluctable du fait de l'épuisement progressif des hydrocarbures, des risques du nucléaire et des contraintes territoriales environnementales et militaires⁹ qui touchent les filières éolienne et solaire sur les terres émergées. En subventionnant le déploiement des EMR, les pouvoirs publics accompagnent l'émergence de ces nouvelles technologies.

⁵ A. Possner et K. Caldeira, « Geophysical potential for wind energy over the open oceans », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* (www.pnas.org), 9 octobre 2017.

⁶ Department of Global Ecology, Carnegie Institution for Science, Stanford, USA.

⁷ S. Michalak, « Cadastre la mer pour mieux gérer les conflits d'usage », *La Revue Maritime*, n° 508 mars 2017 et n°509 juillet 2017.

⁸ Ces incertitudes concernent notamment les effets des champs électromagnétiques émis par les câbles électriques sur les mammifères marins, ou les dommages de collision des oiseaux avec les pâles des éoliennes.

⁹ Les éoliennes terrestres perturbent les radars et conduisent la Défense Nationale à recommander d'en limiter drastiquement le développement.

La présente tribune a pour ambition d'en établir le bilan en 2016/2017, d'en inventorier les réalisations dans le monde, de mettre en exergue les plus prometteuses d'entre elles et de souligner aussi les progrès que la France pourrait accomplir en outre-mer pour mettre en valeur une richesse encore trop peu exploitée.

PANORAMA DU MARCHÉ DES ÉNERGIES MARINES RENOUVELABLES

Par convention, les quantités d'énergie consommées à l'échelle mondiale ont été exprimées en tonne équivalent pétrole (Tep) de façon à permettre leur agrégation quelle que soit leur source (hydrocarbures, nucléaire, hydraulique, renouvelable ...). Les EMR, quelle que soit leur nature et leur origine, sont, quant à elles, toutes transformées en électricité. C'est donc en Watt, Watt/h et leurs multiples¹⁰ qu'elles seront exprimées dans la suite de ce texte. Précisons à titre liminaire que la consommation énergétique mondiale 2016 de 14 490 Mtep équivaut à 168 515 TWh¹¹. Le watt exprime la *puissance* électrique d'une machine, c'est-à-dire sa capacité moyenne à produire de l'électricité au temps T¹², que l'engin soit au repos ou produise effectivement de l'électricité. Nous utiliserons donc des watts lors de l'inventaire des différents projets en cours d'implantation ou effectivement construits. En revanche, la production effective d'électricité par cette machine est évaluée à l'heure. On exprime ces valeurs en watt par heure (Wh) et leurs multiples. Mais l'on applique un facteur de charge pour tenir compte de la période dans l'année où l'engin produit réellement de l'électricité¹³. Par exemple, une turbine éolienne offshore d'une *puissance* de 6 MW a la capacité de produire environ 21 GWh par an. Les potentiels théoriques et les potentiels techniquement exploitables des EMR seront exprimés en TWh.

Avant d'effectuer notre tour d'horizon des projets EMR en cours à travers le globe, il convient d'explicitier ce que l'on entend par énergie marine. La ressource énergétique marine se caractérise, avant d'être transformée en énergie mécanique puis électrique, par l'énergie cinétique du vent marin exploitée grâce aux turbines éoliennes offshore, posées ou flottantes, par l'énergie cinétique des courants de marées via les centrales marémotrices ou les courants marins grâce aux hydroliennes, par l'énergie cinétique des vagues à l'aide des engins houlomoteurs, par l'énergie thermique des mers (utilisation de la différence de température entre les eaux profondes et les eaux de surface), par l'énergie osmotique (exploitation de la différence de salinité des eaux douces et salées) et, enfin, par l'énergie de la biomasse marine¹⁴.

¹⁰ Le megawatt/heure (MWh) équivaut à 1 million de Watt/h, le gigawatt/h (GW/h) à 1 milliard de Watt/h ou 1000 MWh et le Terawatt/h (TW/h) à 10¹² W/h ou 1 000 GWh.

¹¹ L'Agence Internationale de l'Énergie (AIE) retient comme équivalence 1 TWh = 0,086 Mtep et à l'inverse 1Mtep = 11,63 Twh (<https://www.iea.org/statistics/resources/unitconverter/>).

¹² La puissance de chaque engin EMR sera plutôt de l'ordre du megawatt (MW), c'est-à-dire 1 million de watts, et celle d'un parc regroupant plusieurs engins de l'ordre du gigawatt (GW), soit 1 milliard de watts.

¹³ Le facteur de charge d'une unité de production électrique est le ratio entre l'énergie qu'elle produit sur une période donnée et l'énergie qu'elle aurait produite durant cette période si elle avait constamment fonctionné à puissance nominale (puissance la plus élevée qu'une unité de production peut délivrer). Ce facteur de charge fluctue notablement selon les technologies : il est d'environ 40% pour l'éolien en mer contre 23% pour l'éolien terrestre.

¹⁴ L'énergie osmotique et celle de la biomasse, encore embryonnaires, ne seront pas développées ici.

L'éolien offshore posé et flottant

Le potentiel théorique¹⁵ mondial de l'éolien en mer est évalué à 340 000 TWh par an, tandis que son potentiel techniquement exploitable est de 16 000 TWh par an¹⁶.

C'est l'Union européenne qui joue le rôle moteur dans le développement des énergies marines renouvelables (EMR), et tout particulièrement de l'éolien offshore, technologie la plus mature. Elle a en effet ratifié très rapidement l'Accord de Paris adopté le 12 décembre 2015 qui a permis l'entrée en vigueur dès le 4 novembre 2016 du tout premier accord multilatéral universel sur le climat engageant les Etats parties à communiquer leurs contributions nationales tous les cinq ans et à relever progressivement leur niveau d'ambition. L'Accord de Paris vise à contenir l'élévation de la température globale moyenne de la planète entre 1,5°C et 2°C par rapport aux niveaux préindustriels (1870). La Commission européenne a proposé dans la foulée un paquet de mesures visant à ce que l'UE remplisse ses engagements de réduction de ses émissions de CO₂ d'au moins 40% d'ici 2030 et devienne le leader mondial de la transition énergétique, notamment dans le domaine des EnR¹⁷, celles-ci devant représenter au moins 27% de l'énergie consommée dans l'UE d'ici 2030¹⁸.

La Commission a décliné cet objectif par Etat-membre, en leur laissant le soin de déterminer les sources d'énergies renouvelables qu'ils souhaitent privilégier, mais en invitant toutefois les Etats pourvus d'un domaine maritime à exploiter résolument celles des mers. La Commission a par ailleurs désigné « l'exploitation durable du potentiel économique de nos mers et de nos océans » comme « élément clé de la politique maritime de l'Union européenne¹⁹ ». De manière plus générale elle présente l'énergie océanique comme « l'un des cinq domaines en développement de l'économie pouvant contribuer à renforcer la création d'emplois dans les zones côtières²⁰ » et a créé un Forum sur l'énergie océanique pour élaborer une feuille de route pour le développement de ce secteur.

En 2016 l'Union européenne dispose de plus de 90% de l'ensemble du parc éolien marin mondial d'une capacité totale de production de 12,5 gigawatts (GW), ce qui correspond à une production électrique d'environ 42 000 GWh ou 42 TWh permettant d'alimenter plus de 12 millions de foyers européens. Les principaux acteurs du secteur, développeurs de projets comme fabricants d'éoliennes, sont européens. Il faut cependant conserver en mémoire que le pays européen leader en termes de production d'électricité grâce à l'éolien offshore est le Royaume-Uni et que son retrait de l'UE mettra à nu la modestie relative des réalisations du reste de l'Europe dans ce secteur au regard des ambitions affichées. Le Royaume-Uni est en effet pourvu de 5 GW répartis sur 30

¹⁵ La différence entre potentiel théorique et potentiel technique est expliquée *infra*.

¹⁶ A. G. L. Borthwick, « Marine Renewable Energy Seascape », *Engineering 2* (2016) 69–78

¹⁷ « Une énergie propre pour tous les Européens », COM (2016) 860, communication proposée par la Commission dans le cadre de la Stratégie pour une Union de l'énergie (COM (2015) 80).

¹⁸ Cet objectif a été fixé dans le Cadre d'action pour le climat et l'énergie à horizon 2030 approuvé par le Conseil européen en octobre 2014. La Commission a proposé une révision de la directive Energies renouvelables 2009/28/CE (COM (2016)767). Le développement des énergies renouvelables constitue un des volets de la politique énergétique de l'Union européenne, consacrée à l'article 194 du TFUE (Traité sur le fonctionnement de l'Union européenne).

¹⁹ Énergie bleue. Réaliser le potentiel de l'énergie océanique dans les mers et les océans européens à l'horizon 2020 et au-delà », 20 janvier 2014, COM (2014) 8.

²⁰ COM (2012) 494 du 13 septembre 2012.

parcs éoliens, sans compter les 4,5 GW en construction. Il est talonné par l'Allemagne (4,7 GW) dont l'objectif est d'atteindre 7 GW en 2020, suivi par le Danemark (1,45 GW en 2020) et les Pays-Bas (1 GW actuel et 4,5 GW d'ici 2023).

Le marché de l'éolien offshore en Europe pourrait exploser grâce au futur « *North Sea Wind Power Hub* ». Il s'agit d'un projet pharaonique d'îles artificielles au milieu de la Mer du Nord pour centrales solaires, entourées d'ici 2050 de plus de 7000 éoliennes *offshore*, d'une capacité totale de 100 GW, qui alimenterait 100 millions de foyers anglais, allemands, danois, hollandais, belges et norvégiens. Ce projet risque toutefois là aussi d'être quelque peu mis à mal en cas de non adhésion du Royaume-Uni à l'Espace Economique Européen.

Un des moyens pour l'Union européenne de conserver sa place de leader dans le domaine des énergies marines renouvelables sera sans doute de valoriser plus massivement qu'elle ne le fait actuellement son immense potentiel maritime ultramarin. Comme le soulignait un rapport du Sénat, « La France n'est pas le seul pays de l'Union européenne à disposer de territoires ultramarins. (...) Néanmoins, par leurs caractéristiques spécifiques, les outre-mer français apportent à l'Europe une chance d'ouverture inégalée sur le monde²¹ ». Il reste donc à la France à jouer sa propre partition pour contribuer à l'effort collectif en faveur de la mutation des énergies carbonées vers les énergies renouvelables et pour permettre à l'Union européenne d'atteindre ses objectifs. D'autant plus que l'Etat français affiche en outre-mer l'ambition d'une transition énergétique à 50% d'ici 2020 et à 100% d'ici 2030²², beaucoup plus ambitieuse donc que pour la métropole. Nous reviendrons ultérieurement sur ce formidable potentiel à exploiter.

En métropole, selon la loi du 17 août 2015 relative à la transition énergétique, les énergies renouvelables terrestres et marines doivent représenter 40 % de la production d'électricité d'ici 2030²³. On comprend l'urgente obligation attachée à cet objectif puisqu'à cet horizon les sources fossiles d'énergie amorceront leur inexorable déclin. Pour mieux accompagner cette mutation un décret d'application de la loi fixe un objectif spécifique minimal de 3GW à la production énergétique par l'éolien en mer pour 2023, objectif qui pourrait être complété d'une production supplémentaire de 500 MW à 6 GW²⁴. La voie est tracée pour que la France rattrape son retard par rapport au Royaume-Uni dont on a vu que la capacité de production actuelle de 5 GW atteindrait prochainement 9,5 GW.

Le marché européen de l'éolien offshore se voit concurrencé par ceux des grands pays émergents, les BRICS. La Chine a pour ambition de prendre le leadership et de construire une capacité EMR de plus de 70 GW d'ici 2030, bien au-delà des 12,5 GW de la capacité actuelle de l'Union européenne. La Russie, encore très modestement impliquée dans ce

²¹ J.E. Antoinette, J. Guerriau, R. Tuheiava, Rapport d'information fait au nom de la délégation sénatoriale à l'outremer sur *les zones économiques exclusives (ZEE) ultramarines. Le moment de vérité*. n°430, Sénat, 9 avril 2014 pp.35 et s.

²² Article L100-4 I 8° du code de l'énergie (issu de la loi n°2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte JORF n°0189 du 18 août 2015 page 14263) : « I. - La politique énergétique nationale a pour objectifs : 8° De parvenir à l'autonomie énergétique dans les départements d'outre-mer à l'horizon 2030, avec, comme objectif intermédiaire, 50 % d'énergies renouvelables à l'horizon 2020. »

²³ Article L100-4 I 4° du code de l'énergie.

²⁴ Programmation pluriannuelle des énergies (PPE) (Décret n° 2016-1442 du 27 octobre 2016)

secteur, s'appuie sur le dynamisme de son voisin chinois et a signé un partenariat en novembre 2016 avec un énergéticien chinois pour implanter son 1^{er} parc de 60 MW au large de ses côtes, en Mer Blanche. Au Brésil, Eolica Brazil développe un projet pilote dans l'état du Ceara, pour ensuite implanter une ferme commerciale de 258 MW. L'Inde se lance également sur ce marché prometteur.

Il est assez remarquable que, de son côté, le climat scepticisme des Etats-Unis se traduise pour la première fois de son histoire récente par un retard dans le développement d'une technologie d'avenir. C'est probablement ce qui explique qu'ils n'aient mis en service leur premier parc qu'en 2016 au large de Rhode Island mais il est vrai qu'ils ambitionnent déjà 22 GW en 2030 et 86 GW d'ici 2050²⁵, ambition à peine moindre que celle de la Chine.

Si le marché de l'éolien offshore posé est dominé par des Etats côtiers dont la profondeur des fonds marins demeure relativement faible, y compris sur de longues distances comme en zone économique exclusive (ZEE), la technologie balbutiante de l'éolien flottant est privilégiée au-delà d'une profondeur supérieure à 50 m. L'Ecosse, qui compte beaucoup sur les énergies marines pour assurer son indépendance énergétique, et partant, politique, a inauguré le 18 octobre 2017 l'implantation de la première ferme éolienne flottante au monde (30 MW) à 25 km au large des côtes de l'Aberdeenshire. La France quant à elle, a inauguré sa 1^{ère} éolienne flottante, baptisée Floatgen dans le port de Saint-Nazaire le 13 octobre dernier, après avoir donné son feu vert pour tester trois fermes pilotes en Méditerranée, ainsi qu'une au large de l'île de Groix en Bretagne. Le Portugal vise une production de 25 MW. La Norvège et le Japon, qui avait été le 1^{er} pays au monde en 2015 à installer une éolienne flottante au large de Fukushima, s'intéressent également à ce marché prometteur.

L'énergie des mouvements de la mer

Le potentiel théorique mondial de l'énergie des courants (courants de marées et courants marins) est estimé à 26 000 TWh par an, dont 8 800 TWh localisés dans des bassins côtiers peu profonds²⁶. Le marché de la production d'électricité à partir de l'énergie des courants de marées est dominé par la Corée du Sud, avec 511 MW de capacité installée, dont celle du fameux barrage de Sihwa (254 MW) qui dépasse désormais les 246 MW fournis par le barrage de La Rance en France. Puis vient le Royaume-Uni pourvu de 139 MW²⁷. Avec la Baie de Fundy au Canada et le site de Pentland Firth au nord de l'Ecosse, le raz Blanchard en France est l'un des sites les plus propices au monde à l'exploitation des courants marins grâce aux hydroliennes (son potentiel d'exploitation est de 2,5 GW). L'exploitation d'une ferme pilote hydrolienne (14 MW) par EDF a été autorisée en avril 2017. Le français Sabella, qui teste actuellement son hydrolienne dans le courant du Fromveur de l'île d'Ouessant, exporte sa technologie aux Philippines et en Indonésie, marchés EMR très prometteurs. Globalement, le potentiel théorique mondial de l'énergie des courants marins est estimé

²⁵ https://www.energy.gov/sites/prod/files/wind_vision_highlights.pdf

²⁶ A. G. L. Borthwick, « Marine Renewable Energy Seascape », *Engineering 2* (2016) 69–78; Rapport du World Energy Council, *World Energy resources, Marine Energy 2016*.

²⁷ <http://tidalenergytoday.com/2016/08/19/who-leads-the-world-in-installed-tidal-power-capacity/> (19 août 2016).

entre 400 et 800 TWh/an, dont le quart seulement est exploitable immédiatement de façon compétitive²⁸.

Le potentiel théorique mondial de l'énergie des vagues est estimé quant à lui à 32 000 TWh par an, tandis que son potentiel techniquement exploitable est évalué à un peu moins de 6 000 TWh par an²⁹. C'est dans ce domaine que l'imagination des ingénieurs est la plus prolifique. Il existe en effet plus de 50 types d'engins houlomoteurs. Le « serpent de mer » développé par l'écossais Pelamis fut le premier prototype houlomoteur à être relié au réseau électrique en 2004. Depuis, c'est l'Australie qui, en 2015, a réussi la première à générer de l'électricité au large de Perth grâce à une centrale commerciale d'1 MW, composée de bouées sous-marines, technologie développée par Carnegie Wave Energy et baptisée "CETO" du nom d'une divinité marine grecque. Cette start-up a conclu un accord avec le Mauritius Research Council pour développer l'énergie des vagues à l'île Maurice. Le Royaume-Uni déploie aussi de gros moyens pour tester les technologies d'énergie des vagues, grâce à l'European Marine Energy Centre (EMEC) ou au Wave Hub.

Les projets portés au Chili par Naval Energies, filiale de Naval Group, leader européen de l'industrie navale de défense (ex-DCNS), par l'entreprise Petrobras au Brésil, et Atmocéan au Pérou traduisent l'émergence d'un marché de l'énergie des vagues en Amérique du Sud. En Asie, ce marché est exploré par Sabella (France), Bombora Wave Power (Australie) et SBS (Royaume-Uni). En Afrique, le développeur israélien Yam Pro Energy construit une usine de production d'électricité à partir de l'énergie des vagues qui alimentera 10 000 foyers au Ghana, son projet ayant le soutien de *Solutions Project*, l'organisation fondée par Mark Z. Jacobson de l'Université de Stanford. Le Cap-Vert a signé de son côté un partenariat commercial en 2017 avec le développeur allemand Sinn Power pour exploiter l'énergie de la houle.

L'énergie thermique marine (ETM)

Le potentiel théorique mondial de cette énergie est estimé entre 30 et 90 000 TWh par an.

Si la cartographie des EMR positionne globalement le marché de l'éolien offshore davantage au nord et celui de l'énergie des vagues au sud, elle favorise l'exploitation du gradient de température entre les eaux de surface et les eaux de profondeur (appelée énergie thermique des mers) autour des îles tropicales.

Selon le Dr Rafiuddin Ahmed³⁰, les îles du Pacifique disposent probablement du gradient thermique le plus élevé, ce qui en fait la région la plus propice au développement de l'énergie thermique des mers. L'île de Kiribati expérimente actuellement un projet de centrale ETM. La production d'électricité n'est d'ailleurs pas le seul bénéfice procuré par l'exploitation de l'ETM, qui peut aussi permettre de désaliniser l'eau de mer. A Fidji, la différence de température entre les eaux profondes et l'eau de surface se situe entre 22 et 24 degrés.

²⁸<http://www.latribune.fr/entreprises-finance/industrie/energie-environnement/la-mer-tresor-francais-14-14-dcns-sur-tous-les-fronts-597963.html>

²⁹ A. G. L. Borthwick, *op. cit.*

³⁰ South Pacific University

Naval Energies envisage d'implanter 25 centrales ETM dans le monde d'ici 2030 réparties sur dix zones prioritaires pour une capacité totale de 650 MW. Le groupe français a signé en 2016 un accord avec la Malaisie pour tester sa technologie sur l'île de Layang-Layang³¹.

Quel devenir pour les Energies Marines renouvelables ?

Tous ces projets témoignent du dynamisme du marché prometteur des EMR, mais sont loin de représenter le potentiel *théorique* considérable de la production d'électricité à partir de l'ensemble des EMR, évalué à 2,34 millions de TWh/an³². Ce potentiel est néanmoins difficilement exploitable en totalité si l'on tient compte des diverses contraintes physiques et économiques, telles que l'éloignement de la côte, aggravant le coût du raccordement électrique des parcs EMR aux réseaux électriques terrestres, le coût des investissements à consentir pour ces technologies en gestation et celui des subventions nécessaires au rachat de l'énergie encore trop coûteuse qu'elles produisent. Le potentiel *techniquement* exploitable des EMR est ainsi estimé au maximum à 108 000 TWh/an³³, ce qui ouvre encore de très belles perspectives de progression d'autant que l'épuisement des réserves d'hydrocarbures dans les 50 ans oblige à développer des sources alternatives d'énergie en parallèle à la diffusion des technologies EnR terrestres (l'éolien et le solaire) qui pour leur part ont déjà atteint le seuil de rentabilité. Ce potentiel exploitable de 108 000 TWh/an permettrait de répondre pour plus de moitié à la demande mondiale en énergie qui, comme nous l'avons déjà évoqué, est estimée en 2016 à 168 515 TWh. Il couvrirait en revanche la totalité de la consommation mondiale d'électricité (estimée à 21 538 TWh en 2013).

L'immense potentiel de l'énergie bleue permet d'envisager concrètement le basculement de notre planète vers une économie fondée sur 100% d'énergies renouvelables sans que les terres émergées se couvrent d'éoliennes et qu'il faille équiper toutes les toitures du monde de panneaux solaires. Cette mutation énergétique vers les EnR terrestres et marines est à la fois nécessaire, pour lutter contre le réchauffement climatique, et inéluctable, pour tenir compte de l'épuisement des ressources fossiles. Les EMR, qui ne représentent actuellement que 0,03% du mix énergétique mondial, sont pour nombre d'entre elles en phase expérimentale et demeurent dépendantes de subventions directes ou indirectes. Leur contribution ne deviendra significative que lorsque ces technologies seront rentables. C'est déjà le cas pour l'énergie éolienne marine. En effet, au Royaume-Uni, le ministère de l'Environnement annonce que "le coût des nouveaux projets éoliens offshore qui commenceront à générer de l'électricité d'ici à 2023 est désormais 50% moins cher que lors de la première enchère tenue en 2015." Le prix de production de cette énergie est désormais inférieur à celui garanti pour la production nucléaire du tout nouveau projet de Hinkley Point. De son côté le suédois Vatenfall a fait tomber le prix sous la barre symbolique des 50 euros du MWh, tandis qu'en Allemagne trois projets développés par Dong et EnBW (Energie Baden-Württemberg) annoncent l'ambition de se passer de toute subvention.

³¹ (<http://www.energiesdelamer.eu/publications/48-etm/2162-etm-une-nouvelle-etape-pour-dcns>)

³² y compris la biomasse marine et l'énergie osmotique (gradient salin) non couverts par la présente étude ; voir A. G. L. Borthwick, « Marine Renewable Energy Seascape », *Engineering* 2 (2016) 69-78.

³³ *Ibid.* y compris le potentiel technique des énergies thermiques marines (ETM).

Le développement des EMR doit se déployer en priorité dans les territoires les mieux dotés par leur ensoleillement, leur exposition au vent et leur proximité des mers chaudes, territoires parmi lesquels figurent en premier lieu les îles tropicales. Or si plusieurs d'entre elles, aujourd'hui indépendantes, n'ont pas les moyens de le faire, il est remarquable qu'elles soient pour la plupart voisines des territoires ultramarins des principaux donateurs au titre de l'Aide Publique au Développement (APD), ceux-ci devant nécessairement y impulser une transition accélérée vers les EnR et plus particulièrement les EMR.

C'est le cas de la France qui s'est donné un objectif très ambitieux. L'article 1^{er} de la loi du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte, désormais codifié à l'art L100-4 du code de l'énergie, fixe pour objectif « de parvenir à l'autonomie énergétique dans les départements d'outre-mer à l'horizon 2030, avec comme objectif intermédiaire, 50% d'énergies renouvelables à l'horizon 2020 ». Il tient compte évidemment de leur ensoleillement exceptionnel et de la présence d'une ressource marine quasi inépuisable.

RÔLE DE LA FRANCE DANS LE DÉVELOPPEMENT DES EMR EN OUTRE-MER ET DANS LES PETITS ÉTATS INSULAIRES EN DÉVELOPPEMENT

Investir dans les EMR de l'outre-mer français avec EDF comme avec les opérateurs privés

Richement dotée d'une zone économique exclusive de 11,5 millions de km², la plus grande au monde après celle des Etats-Unis, la France doit devenir exemplaire dans le domaine du développement des EMR. Son domaine maritime étant à 98% outre-mer, c'est à l'évidence là qu'il lui faut investir en priorité et c'est avec les ultra-marins, ses responsables politiques, ses universitaires, ses entrepreneurs, qu'elle se doit de le faire.

Des obstacles réglementaires et la culture d'entreprise de l'opérateur historique EDF constituent des freins à la mutation de ces territoires vers l'objectif des 100% d'EnR à l'horizon 2050. EDF continue en effet, "volens nolens" à investir en Guadeloupe, en Martinique et à la Réunion dans la rénovation de ses centrales thermiques au fioul pour y brûler tout ce qui peut encore l'être et jusqu'à la dernière goutte d'hydrocarbure, ressource pourtant importée à grands frais et dont on sait que les réserves sont peu de chagrin.

Mais des contraintes physiques obligent aussi les pouvoirs publics à adopter des mesures spécifiques à l'outre-mer en s'appuyant sur l'opérateur historique. Les réseaux électriques n'y sont évidemment pas connectés à ceux de la métropole et des pays voisins, si bien que la part des énergies intermittentes doit y être plus fermement régulée pour assurer la continuité de l'approvisionnement. Ces territoires ne peuvent compter que sur leurs seuls moyens de production pour assurer la sécurité de leur approvisionnement électrique. En outre les réseaux de distribution sont fragilisés par les conditions climatiques, les installations y sont encore en développement et la consommation des ménages y est en constante progression (4% contre 1% en

métropole). Il en résulte que les coûts de production d'EDF SEI (Systèmes Energétiques Insulaires) sont trois à quatre fois supérieurs à ceux d'EDF et sont compensés dans le cadre de la CSPE (Contribution au Service Public de l'Electricité), si bien d'ailleurs que l'ensemble des usagers français contribue au maintien d'un système de production d'électricité en voie d'obsolescence.

Quoi qu'il en soit, c'est en raison de ces contraintes que la règle ordonnant une séparation des activités de distribution et de production de l'électricité³⁴ n'est pas applicable en outre-mer³⁵ où le groupe EDF, détenu à 85% par l'Etat, conserve le monopole de la distribution de l'électricité et contrôle également dans les faits le secteur de la production électrique. Les ENR ne représentent actuellement que 27% de la production totale d'électricité de ces territoires avec de fortes disparités (35% à La Réunion, 7% en Martinique) et aucune sanction n'a été prévue en cas de non-respect des obligations retenues dans le cadre de la Loi du 17 août 2015, soit une part d'ENR de 50% ... dans 3 ans (2020).

L'autre particularité de la problématique énergétique ultramarine évoquée plus haut tient au fait que les sources d'énergie intermittentes comme l'éolien et le solaire doivent être plafonnées de façon plus rigoureuse qu'en métropole pour éviter les pannes d'un réseau électrique non interconnecté. Un arrêté du 23 avril 2008³⁶ permet à EDF, sans l'y contraindre, de limiter à 30% la part des énergies intermittentes dans le réseau électrique ultramarin. Ce plafond est déjà dépassé depuis 2011 en Guadeloupe, avec 30 MW d'éolien terrestre et 67 MW de photovoltaïque connectés au réseau. Il n'y a donc pratiquement plus de place pour l'éolien marin dont le potentiel a pourtant été estimé à 375 TW/h par an soit plus de 150 fois les besoins actuels de la Guadeloupe qui ne sont que de 2 TW/h par an.

Ce plafond de 30%, n'a pas lieu d'être remis en cause puisqu'il assure une certaine stabilité du réseau. Il est d'ailleurs flexible et laissé à l'appréciation de l'opérateur historique. Il appelle cependant des aménagements dans certains territoires. Ainsi en est-il à La Réunion où le taux des énergies intermittentes n'atteignait que 10% en 2015, très en deçà du plafond réglementaire, sans que cela ne pose problème au regard des objectifs de transition énergétique. Ces objectifs y sont en effet couverts par la part importante de l'hydroélectricité, source non intermittente, qui n'expose donc pas au risque des coupures d'électricité. Or un nouveau système de stockage d'énergie, testé sur l'île depuis 2010, permettrait de stabiliser la production des EnR intermittentes, solaire ou éolienne, et conduit EDF à relever le seuil maximal d'intégration de ces sources à 32%. L'éolien offshore flottant pourrait y trouver une place plus importante à condition d'adapter la technologie aux risques cycloniques, risques dont l'île a

³⁴ Article L111-57 du code de l'énergie.

³⁵ Article L151-3 du code de l'énergie.

³⁶ L'arrêté du 23 avril 2008 relatif aux prescriptions techniques de conception et de fonctionnement pour le raccordement à un réseau public de distribution d'électricité en basse tension ou en moyenne tension d'une installation de production d'énergie électrique. L'article 22 prévoit que « Toute installation de production dont la puissance Pmax est supérieure ou égale à 3 kVA et mettant en œuvre de l'énergie fatale (énergie perdue si elle n'est pas utilisée au moment où elle est disponible) à caractère aléatoire telles les fermes éoliennes et les installations photovoltaïques peut être déconnectée du réseau public de distribution d'électricité à la demande du gestionnaire de ce réseau lorsque ce dernier constate que la somme des puissances actives injectées par de telles installations atteint 30 % de la puissance active totale transitant sur le réseau ».

malheureusement déjà subi les conséquences dommageables pour la pérennité du projet houlomoteur CETO. Ce dernier, porté depuis plusieurs années par Naval Energies et EDF EN, et sur lequel on comptait pour accroître encore la part des énergies renouvelables dans le mix réunionnais a en effet malheureusement été emporté par le cyclone Béjisa en 2014.

De façon plus générale la filière EnR d'EDF, encore relativement marginale outre-mer, n'accorde malheureusement pas suffisamment d'attention à l'émergence des EMR même si force est bien de constater, comme on vient de l'évoquer pour la Martinique, que les contraintes climatiques sont un obstacle supplémentaire à l'installation de parcs éoliens en mer et d'engins houlomoteurs et marémoteurs. Ces contraintes devraient inciter à développer davantage en outre-mer français l'énergie thermique des mers (ETM), l'une des techniques les plus adaptées à l'objectif d'une transition de ces territoires vers un mix énergétique totalement renouvelable. L'ETM repose sur l'exploitation de la différence de température entre l'eau de surface et celle des profondeurs. Elle est pour cette raison propre aux zones tropicales. Son potentiel théorique oscille en effet entre 30 et 90 000 TWh/an³⁷. Elle a de plus l'avantage d'être assez stable pour n'être pas intermittente comme l'éolien et le solaire. Elle est toujours à l'essai à La Réunion, avec le prototype à terre (PAT) implanté à l'IUT de Saint-Pierre. La Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE), définissant la stratégie énergétique de l'île pour 2 périodes successives (2016-2018 et 2019-2023), recommande d'axer les efforts sur la recherche & développement des EMR, et sur l'adaptation des technologies aux conditions climatiques, afin d'être en mesure de lancer des appels d'offre pour déployer des unités de production d'au moins 5 MW d'ici 2019³⁸.

La Martinique, bien qu'encore assez éloignée du plafond des énergies intermittentes et "a fortiori" de l'objectif plus général des 50% d'EnR dans les 3 ans, a ainsi à juste raison décidé de miser sur l'énergie thermique des mers avec la centrale test NEMO (10 MW) de Naval Energies qui devrait être mise à l'eau d'ici 2020.

Cette technologie demeure toutefois encore chère à développer, de même que celle exploitant l'énergie des vagues. Elles ne suivent pas, ou pas encore, la courbe de baisse des prix et d'augmentation des capacités techniques dont profitent les technologies solaire et éolienne offshore exploitées dans les pays du Nord. Il est donc vital pour ces régions d'accroître les budgets de recherche et développement afin de rendre ces technologies plus abordables. Ce n'est en effet pas parce qu'une technologie est efficace qu'elle est adoptée mais c'est plutôt, comme l'économiste W.B. Arthur l'avance, parce qu'elle est adoptée qu'elle devient efficace.

Un marché EMR à développer en direction des Petits Etats Insulaires

Il faut bien sûr subventionner les filières EnR d'EDF mais il est nécessaire d'ouvrir le marché de la production aux entreprises privées pour dynamiser ce secteur. C'est d'autant plus nécessaire que les investissements réalisés dans les régions ultra-marines au bénéfice des EMR pourraient être valorisés par des actions de coopération au

³⁷ Rapport du World Energy Council, *World Energy resources, Marine Energy* 2016.

³⁸ Programmation pluriannuelle de l'Énergie Réunion 2016-2018, 2019-2023, Décembre 2016 http://www.reunion.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/doc_2_-_projet_pp_e_mai_171116_gg.pdf

bénéfice des Petits Etats Insulaires en Développement (PEID) voisins et à terme par l'exportation de celles de ces techniques qui deviendraient rentables.

Consciente de son potentiel, et aussi de sa vulnérabilité au changement climatique, l'archipel des Fidji a annoncé le 18 octobre dernier, à quelques semaines de la COP 23, l'émission de son 1^{er} *green bond* (obligation verte) souverain d'un montant de 50 millions de dollars³⁹. Parallèlement, la *Climate Bond Initiative*⁴⁰ a publié le 9 octobre 2017 les critères permettant de rendre les projets d'énergie marine renouvelable éligibles à la certification⁴¹ des *Climate Bonds*, ce qui devrait rassurer les investisseurs public et privés et permettre ainsi le lancement du marché prometteur des *blue bonds* ou *marine bonds*.

Les Seychelles, Maurice, Madagascar, Comores dans l'océan indien disposent tous d'un potentiel EMR élevé et sont tous actuellement dépendants d'importations d'hydrocarbures qui déséquilibrent leurs budgets. Les aider à mieux les équilibrer en leur permettant d'alléger le fardeau de leurs importations d'hydrocarbures nous permettrait d'alléger d'autant les transferts budgétaires que nous continuons à effectuer au titre de l'Aide Publique au Développement pour ceux d'entre eux qui en dépendent encore. Il en est de même pour les PEID de la Caraïbe. Dans le Pacifique nos grands voisins américains, australiens et néozélandais sont confrontés aux mêmes problématiques et nous aurions tout intérêt à nous lancer avant eux sur ce marché très prometteur. Or la France, qui s'est donné des objectifs ambitieux en termes de mutation énergétique, peine encore à investir significativement dans les technologies EMR. Il lui faut entreprendre plus fermement sa mutation énergétique vers l'outre-mer et y associer plus volontairement les élites intellectuelles et les entrepreneurs de ces territoires. ■

³⁹ Fidji devient ainsi le 1^{er} pays en développement à émettre des obligations vertes, et le 3^e pays après la Pologne et la France (La France a émis pour la 1^{ère} fois en janvier 2017 des obligations vertes pour un montant de 7 milliards d'euros).

⁴⁰ La CBI est un organisme basé à Londres qui conseille les investisseurs en obligations vertes et délivre des certifications aux projets bas carbone répondant à certains critères développés par les experts de l'IWG (*Industry Working Group*) dont un des membres, le WOC (*World Ocean Council*) est spécialisé dans les investissements liés aux projets EMR.

⁴¹ Depuis l'émission de green bonds par EDF en 2014, qui a fait appel à une agence pour certifier le caractère environnemental et fixer un cadre précis, la certification d'obligations vertes par le biais d'une agence est devenue une norme d'usage.

ANALYSE #5

DE L'ÉNERGIE NOIRE À L'ÉNERGIE BLEUE

PAR Jean-François FRIER

Agent honoraire du Ministère des Affaires Etrangères, France

ET Séverine MICHALAK

Docteur en droit spécialisée en énergies marines renouvelable, enseignant-chercheur à l'Université de Nice Sophia-Antipolis

NOVEMBRE 2017

PROGRAMME CLIMAT, ÉNERGIE & SÉCURITÉ

Sous la direction de Bastien ALEX, chercheur à l'IRIS

alex@iris-france.org

© IRIS

Tous droits réservés

INSTITUT DE RELATIONS INTERNATIONALES ET STRATÉGIQUES

2 bis rue Mercoeur

75011 PARIS / France

T. + 33 (0) 1 53 27 60 60

contact@iris-france.org

@InstitutIRIS

www.iris-france.org