

CHIFFRES CLÉS

Puissance installée à fin 2017

263 MW

Production électrique en 2016

500 GWh

Objectif pour l'éolien en mer

posé à fin 2018

500 MW

À fin 2023

3 000 MW

à quoi s'ajoutent entre 500 et 6 000 MW de nouveaux projets engagés à cette date

Emplois dans la filière¹

2 090

Chiffre d'affaires dans la filière en 2016¹

592

millions d'euros

Hydrolienne DCNS-OpenHydro du parc démonstrateur hydrolien d'EDF sur le site de Paimpol-Bréhat (Côtes-d'Armor - Bretagne).

EDF Média/Philippe Eramlian

Avec les énergies marines renouvelables, la France dispose d'une formidable opportunité : au-delà de leur rôle dans la transition énergétique, ces technologies offrent la possibilité de développer un savoir-faire industriel national tourné vers l'export. Cependant, derrière les annonces, où en est réellement le pays sur ces filières à haut potentiel ?

FILIÈRE ÉNERGIES MARINES RENOUVELABLES

Observ'ER

Le Baromètre 2017 des énergies renouvelables électriques en France

1. Source : Les EMR, un levier de croissance pour la France, Observatoire des énergies de la mer, mars 2017.

Forte d'un espace maritime national de 10 millions de kilomètres carrés (en incluant les DOM-TOM), la France est l'un des pays les mieux dotés en termes de ressources sous-marines. Cependant, alors qu'ont été installés plus de 1 550 MW de puissance en mer en Europe en 2016 et qu'une turbine offshore y est implantée en moyenne chaque jour depuis 2015, la France ne dispose toujours pas de la moindre éolienne en mer en service. Au cours des années passées, le gouvernement avait pourtant bien marqué sa volonté de faire du pays le leader mondial de ce marché émergent. Cela s'était notamment traduit dans la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) par l'ambition de réaliser entre 0,5 et 6 GW d'éolien posé en mer à l'horizon 2023, en plus des 3 GW actuellement en cours de fabrication, à quoi doivent s'ajouter entre 200 et 2 000 MW de projets relevant des "autres" énergies marines (éolien flottant, hydrolien, etc).

L'ÉOLIEN POSÉ EN MER : LA FILIÈRE PREND DU RETARD

L'éolien en mer posé correspond à la forme classique de l'éolien offshore tel qu'il s'est développé en Europe depuis une quinzaine d'années. Les éoliennes sont installées dans des zones peu profondes, entre 5 et 40 mètres, où les fondations sont posées sur le fond marin. La France compte actuellement six chantiers en la matière, issus des appels à projets lancés en 2010 et 2013 (voir carte n° 1). Toutefois, alors que les premiers parcs auraient dû produire leur premier MWh avant 2020, leur développement a pris plus de temps que prévu. Ces projets ouvrent la voie d'une filière encore vierge où, sur tous les plans (administratif, juridique, économique et social), les différentes étapes sont à écrire.

Malgré ces vicissitudes, la filière poursuit son développement, même s'il cela se fait à un rythme moins rapide que prévu. Ainsi, un troisième round d'appel d'offres a été ouvert en avril 2016 pour la zone de Dunkerque. Cela a été l'occasion d'appliquer pour la première fois la procédure de dialogue concurrentiel créée par le décret du 17 août 2016. Alors que les précédents appels d'offres de 2011 et 2013 se déroulaient en une seule phase de remise de l'offre, la procédure de dialogue concurrentiel s'articule autour de deux phases principales : une première de "présélection" sur la base des capacités techniques et financières, au terme de laquelle les candidats sélectionnés sont admis à participer à une seconde phase de dialogue technique avec l'État. Ce n'est qu'à l'issue de cette dernière qu'une offre sera remise. Pour la zone de Dunkerque, la première phase s'est achevée en mars 2017 avec la désignation de dix dossiers de candidats seuls ou en association, parmi lesquels figurent les principaux acteurs français que sont Engie et EDF Énergies Nouvelles. Le nombre, la diversité des dossiers et la présence de grands énergéticiens européens comme Vattenfall propulsent le projet de Dunkerque dans la catégorie des grandes compétitions offshore internationales. Depuis, la seconde phase du projet se poursuit avec comme objectif la mise en service du parc en 2022 pour une puissance qui devrait avoisiner les 500 MW.

En novembre 2016, après deux ans de gestation, un autre appel d'offres a été confirmé par la ministre de l'Environnement d'alors sur le site d'Oléron. La procédure devrait être identique à celle

ÉNERGIES MARINES RENOUVELABLES

de Dunkerque mais, fin octobre 2017, la phase de présélection n'était pas encore achevée. Les professionnels de la filière demandent le lancement de la procédure

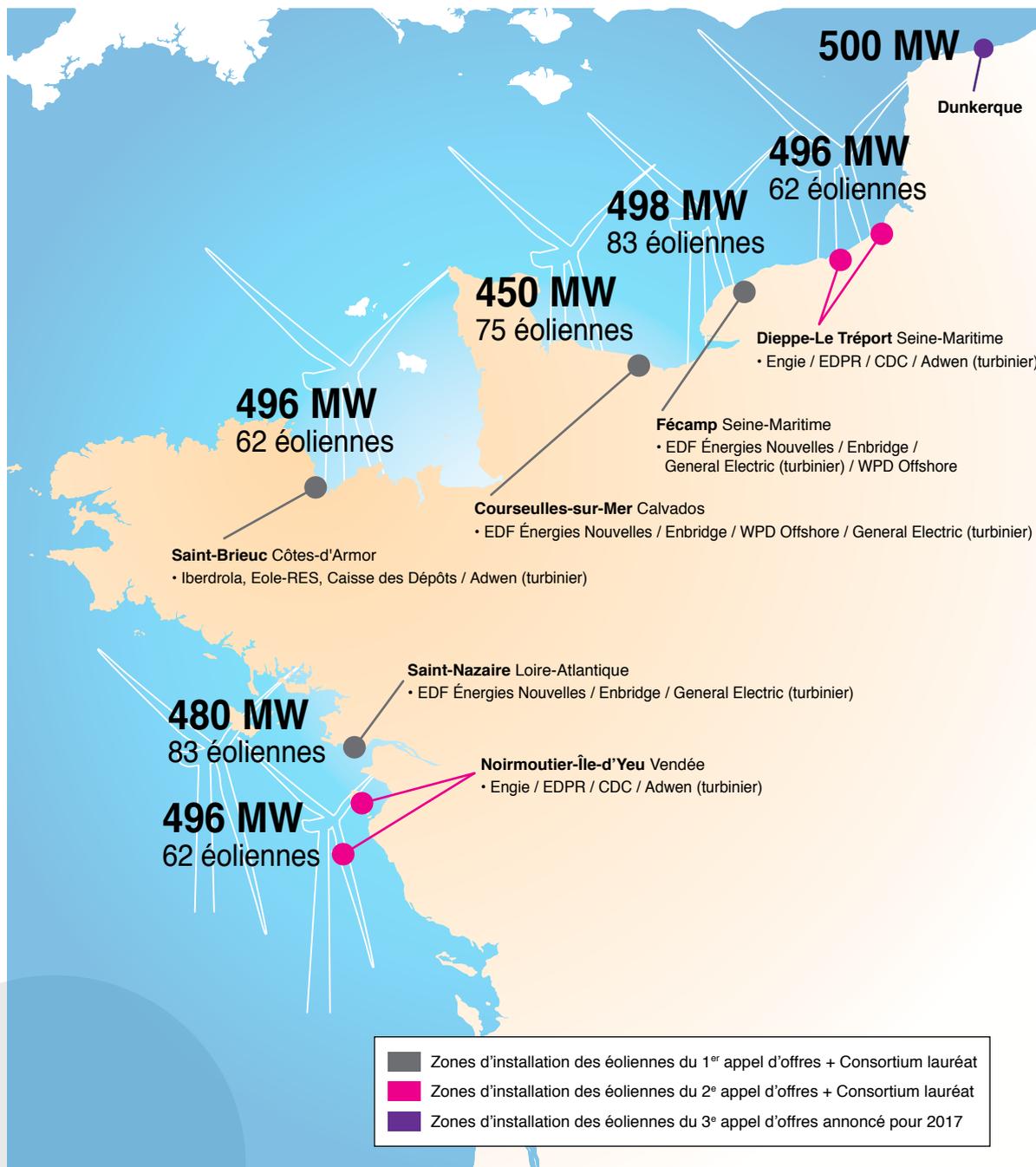
sur ce site où tous les signaux semblent être au vert pour passer à l'étape suivante.



Carte n° 1

Cartographie des zones de développement de l'éolien offshore posé en France

Source : Observ'ER d'après DGEC



L'ÉOLIEN EN MER FLOTTANT

Les technologies de l'éolien offshore avec fondations flottantes ancrées au sous-sol marin par des câbles permettent de s'affranchir de la contrainte de la profondeur des fonds et d'exploiter des gisements bien plus vastes (de 40 à 200 mètres de profondeur). Ces technologies s'appliqueraient particulièrement bien au littoral français méditerranéen, où de nombreuses côtes s'enfoncent rapidement sous la mer. Mais les obstacles en termes d'activité de défense, de pêche et de navigation rendent difficile l'exploitation de ces zones. Un vaste marché international mais aussi national s'ouvre à l'éolien flottant puisque France Énergie Éolienne estime à 140 GW le potentiel théorique des eaux territoriales nationales.

En 2017, une étape significative a été franchie avec la mise en service de la première éolienne flottante au large du Croisic (en Loire-Atlantique). Nommée Floatgen, cette éolienne dispose d'une capacité de 2 MW et est dotée d'un mât de 60 mètres de haut. Elle repose sur un carré flotteur en béton qui est capable de résister à des vagues de 16 mètres de hauteur. La machine est ancrée dans une zone située à 22 kilomètres du littoral. En tant que pilote, l'éolienne Floatgen servira de test pendant deux ans. Selon ses résultats, l'État pourra déterminer une stratégie d'appels à projets d'éoliennes flottantes, avec l'idée qu'ils pallieront les ralentissements de l'éolien offshore posé.

En matière d'éolien flottant, d'autres projets existent tels que celui de Groix et Belle-Île (Morbihan), mené par Eolfi, qui compte CGN Energy à ses côtés. Le consortium prévoit d'installer quatre éoliennes flottantes de 6 MW au sud de l'île de Groix. La construction est prévue pour 2019 et

la mise en service pour 2020. L'idée suscite l'intérêt de différents investisseurs, qu'ils soient publics ou privés. Ainsi, en mai 2017, la Caisse des Dépôts et le fonds d'investissement infrastructures Meridiam ont annoncé leur entrée au capital du projet pour prendre une « *très forte part minoritaire* ».

L'HYDROLIEN : LES ENTREPRISES FRANÇAISES SONT AU COURANT

Autre technologie d'énergie marine, les hydroliennes suscitent également beaucoup d'intérêt. Elles permettent d'exploiter l'énergie cinétique des courants marins pour créer une énergie mécanique transformée ensuite en électricité par un alternateur. Les hydroliennes peuvent être installées en mer ou dans une rivière ou un fleuve.

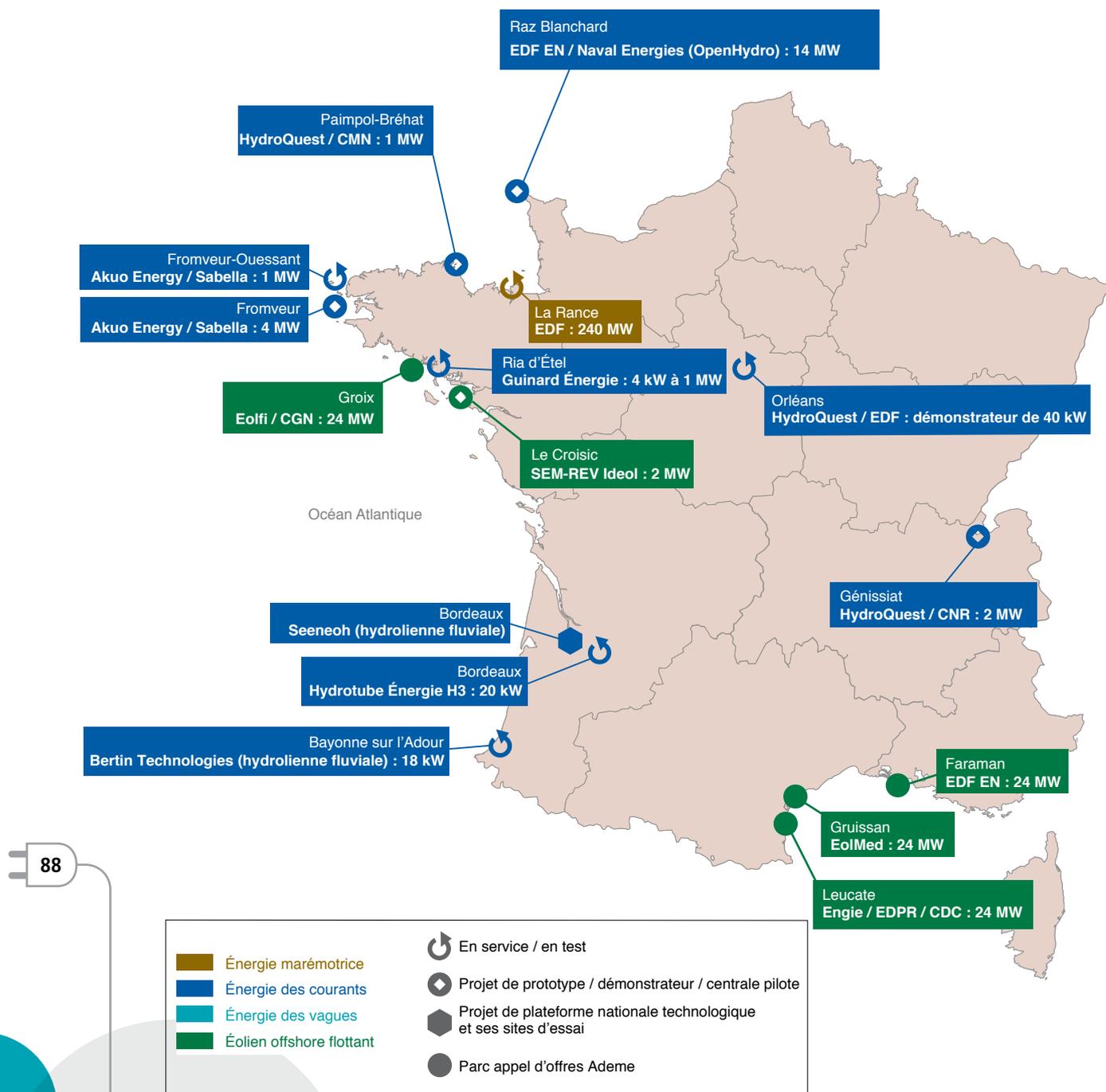
L'activité de la filière, encore très en amont d'un développement industriel à grande échelle, repose essentiellement sur des projets pilotes destinés à valider les choix technologiques engagés. Les efforts industriels, et financiers, de cette phase de lancement sont conséquents. Aussi, on retrouve essentiellement des grands groupes comme acteurs principaux de la filière, car ils sont les mieux à même de pouvoir supporter les investissements nécessaires. Cependant, ces entreprises réévaluent régulièrement leurs stratégies et des retraits sont fréquents. Ainsi, General Electric et Engie ont abandonné le projet Nephtyd en janvier 2017. Basée au Raz Blanchard (dans la Manche), l'expérimentation prévoyait l'installation de quatre hydroliennes de 1,4 MW chacune, pour un total de 5,6 MW. General Electric a abandonné en premier, estimant que

ÉNERGIES MARINES RENOUVELABLES

Carte n° 2

Cartographie des sites énergies marines renouvelables en métropole

Source : Observ'ER 2017



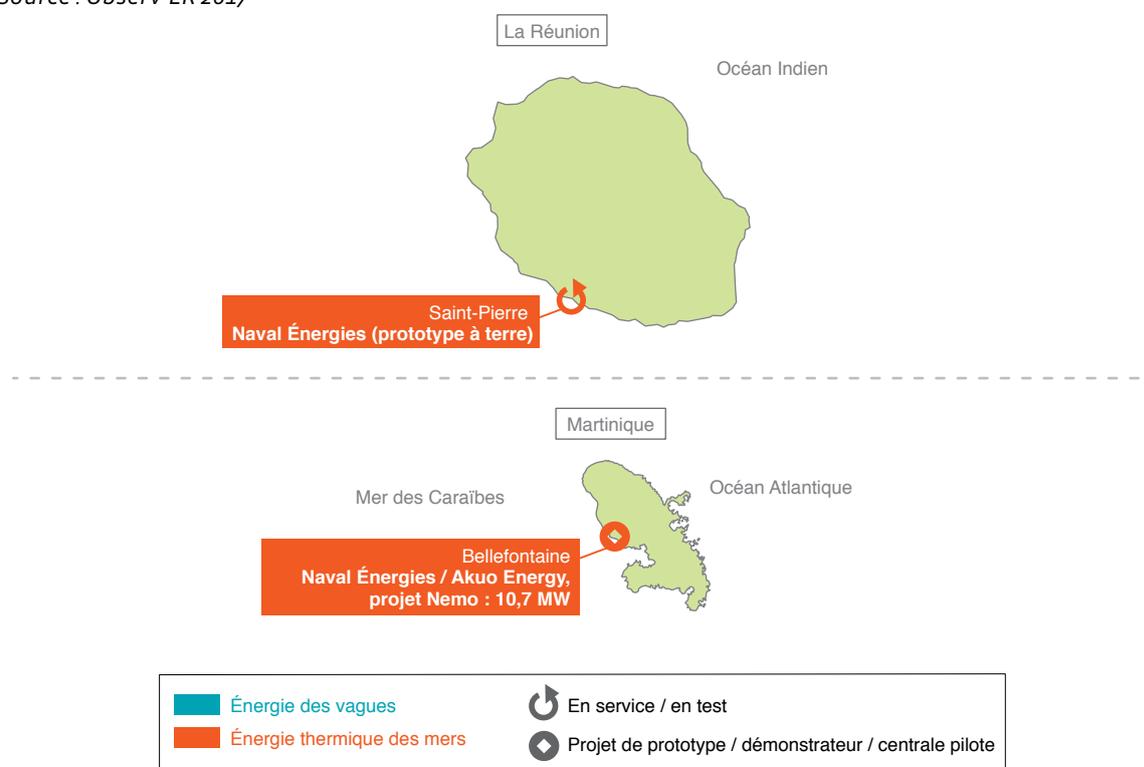
Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France

Carte n° 3

Cartographie des sites énergies marines renouvelables en outre-mer

Source : Observ'ER 2017



la filière n'était pas prête à un décollage industriel. De la même façon, le groupement associant Naval Énergies (ex-DCNS Energies) et EDF a annoncé la fin de l'expérimentation du site de Paimpol-Bréhat sur l'immersion de deux hydroliennes qui avait démarré en 2011. Le projet prévoyait le début d'une exploitation industrielle en 2019. En revanche, le même groupement poursuit son projet de développer un site de 14 MW (composé de sept hydroliennes), lui aussi dans le Raz Blanchard. Une usine d'assemblage d'hydroliennes est en construction à Cherbourg, et elle doit être terminée au premier trimestre 2018. Si, pour EDF, le projet sert de test pour débloquer ou non des investissements plus conséquents dans la filière,

Naval Énergies a déjà signifié sa volonté d'être un leader du marché.

Côté hydrolien fluvial, les acteurs engagés sont de tailles plus petites et la filière est davantage le domaine de PME, dont certaines marquent déjà le marché. C'est notamment le cas d'HydroQuest, qui a installé un démonstrateur de 40 kW près d'Orléans en 2014. L'entreprise a été lauréate de l'appel à projets "Énergies renouvelables en mer et fermes pilotes hydroliennes fluviales" en début d'année 2017, via un partenariat avec la Compagnie nationale du Rhône. Il s'agit d'immerger dans le Rhône quarante hydroliennes de 40 et 80 kW chacune, pour une puissance totale de 2 MW.

Naval Énergies, fleuron français des énergies marines renouvelables

Naval Group (anciennement DCNS) a depuis le début de l'année une filiale entièrement dédiée aux énergies marines renouvelables. Baptisée Naval Énergies, la structure est dotée de 100 millions d'euros de fonds propres, détenus à 54 % par sa maison mère et à 36 % par le fonds Société de projets industriels (SPI) de Bpifrance. Les 10 % restants sont apportés par Technip et BNP Paribas Développement.

Naval Énergies se positionne en tant que constructeur de centrales clé en main destinées au marché français et à l'exportation, et ses ambitions sont claires : être présente sur plusieurs technologies et devenir un acteur majeur à l'international. Au cours des huit dernières années, Naval Group a travaillé sur de nombreux projets EMR et a passé en revue la plupart des technologies pour finalement se concentrer sur les trois qui constituent désormais l'activité de Naval Énergies : l'hydrolien, l'éolien flottant et l'énergie thermique des mers.

Sur les technologies de l'hydrolien, l'entreprise est le principal acteur des projets français avec sa filiale OpenHydro et son portefeuille de 1 GW de projets en développement. À terme, Naval Énergies espère installer pour 1 GW à l'horizon 2025 et 3 GW à l'horizon 2030, date à laquelle 10 GW devraient être mis en place dans le monde. Concernant l'éolien flottant, Naval Énergies peaufine sa technologie sur le site de Groix mais est également présente à l'export avec le projet New England Aqua Ventus (États-Unis). Son pari est la montée en puissance de cette technologie à mesure que « l'éolien en mer posé rencontrera des difficultés pour obtenir ses permis », dicit Thierry Kalanquin, directeur de la division Énergies et infrastructures marines de Naval Group. Dernier secteur visé : l'énergie thermique des mers (ETM). Considérée comme un « marché de niche mais plus que prometteur », la filière fait partie des ambitions de Naval Énergies, comme le prouve son projet de centrale pilote, Nemo, mené avec Akuo Energy, qui a reçu le soutien du programme européen NER 300 à hauteur de 72 millions d'euros.

En matière d'emploi, l'objectif est le développement et le maintien en France de savoir-faire liés à l'ingénierie de ces nouvelles technologies. Le modèle de développement sera proche de celui de la maison mère : l'ingénierie et la gestion de projets seront localisées en France alors que la construction des équipements sera réalisée à l'étranger, à proximité des sites d'exploitation. Aujourd'hui, Naval Énergies compte 250 employés répartis essentiellement entre les sites de Brest, Nantes et Cherbourg.

Les machines seront construites par CMN. L'investissement total est de 12 millions d'euros et il est soutenu à 50 % par l'Ademe, grâce à des subventions et des avances remboursables. L'entreprise a éga-

lement installé une nouvelle hydrolienne à Bordeaux, afin de la tester la particularité d'un site dans un estuaire.

À côté des trois filières présentées dans les paragraphes précédents, il existe d'autres technologies qui sont encore à des stades très amont de développement.

ÉNERGIE MARÉMOTRICE : UNE TECHNOLOGIE DIFFICILEMENT REPRODUCTIBLE

Les usines marémotrices utilisent l'énergie potentielle des marées pour produire de l'électricité. Il existe un seul ouvrage de ce type sur le territoire national, le barrage de la Rance, de 240 MW, inauguré en 1966. Il est encore aujourd'hui parfaitement opérationnel et a produit 500 GWh en 2016. Il existe peu de barrages marémoteurs dans le monde, car les sites propices sont rares. Un projet original est toutefois développé par Tidal Lagoon Power à Cardiff au pays de Galles. Il s'agit de construire dans la mer un barrage pharaonique de 22 kilomètres qui formerait un vaste "U" créant un lagon artificiel. C'est la différence des niveaux de la mer entre l'intérieur et l'extérieur du lagon qui permettrait de générer l'électricité. Les turbines alimentées par les marées auraient une puissance totale de 3 000 MW. Cependant, le projet semble à l'arrêt jusqu'au bouclage de son budget, qui est annoncé à près de 1,5 milliard d'euros.

ÉNERGIE THERMIQUE DES MERS : NAVAL ÉNERGIES À LA MANŒUVRE

L'énergie thermique des mers (ETM) produit de l'électricité en exploitant la différence de température entre une eau chaude de surface à 25 °C et une eau à 5 °C des profondeurs océaniques. Elle est en cela particulièrement adaptée aux zones intertropicales où cette stratification se rencontre toute l'année. La France, directement concernée en outre-mer, conduit différents projets par l'intermédiaire du groupe Naval Éner-

gies. Ainsi, à la Réunion, un prototype a été installé à l'IUT de Saint-Pierre, spécialiste des échangeurs et des cycles thermodynamiques. À la Martinique, la future centrale flottante Nemo, de 10,7 MW, développée par Naval Énergies et Akuo Energy, a pour objectif d'être mise en route en 2020.

ÉNERGIE HOULOMOTRICE : UNE FILIÈRE À L'ARRÊT

L'énergie houlomotrice est basée sur le mouvement des vagues. Son potentiel de production est gigantesque puisque le Conseil mondial de l'énergie l'estime à 10 % de la demande mondiale d'électricité. Loin de ces évaluations, le développement des technologies de cette filière est très lent. En France, après l'arrêt de plusieurs projets auxquels étaient associés de grands groupes tels que EDF EN, Alstom ou même Naval Énergies, le futur de la filière semble essentiellement se résumer à un projet porté au sein de l'École centrale de Nantes avec SBM et l'Ifpen. Baptisé S3, il vise à réaliser et tester, en conditions réelles, un démonstrateur houlomoteur à base de polymères électroactifs. De façon plus appliquée, la TPE GEPS Techno a conçu une plate-forme munie d'une "grosse bouée" qui peut générer de l'énergie au gré du mouvement des vagues. Cet équipement peut notamment être utilisé pour les opérations de construction ou de maintenance en mer, mais l'électricité produite sert davantage sur site plutôt que pour une vente au réseau.

ÉNERGIE OSMOTIQUE : INNOVATION SUR LES MEMBRANES

La filière osmotique tire l'énergie nécessaire à la production d'électricité de la différence



de salinité entre des eaux marines et des eaux douces. Lorsque de l'eau douce et de l'eau salée sont séparées par une membrane semi-perméable, l'eau douce passe naturellement de l'autre côté pour rééquilibrer la différence de salinité. Ce flux crée une énergie utilisable pour produire de l'électricité. Les estuaires représentent des sites idéaux. Plusieurs projets pilotes seraient en cours de réalisation dans le monde (Norvège, Japon, États-Unis...), mais aucun n'est recensé en France. Le point faible de cette technologie, sur lequel se concentre la recherche, reste les membranes organiques, qui sont trop fragiles et proposent des rendements trop faibles.

DÉJÀ PLUS DE 2 000 EMPLOIS

La filière des énergies marines gagnant en importance, elle dispose désormais de son propre observatoire. Il a été créé par le Cluster Maritime en lien avec le Syndicat des Énergies Renouvelables (SER) et le Groupement des Industries de Construction et d'Activités Navales (GICAN). Cette Observatoire a publié un premier rapport pour décrire la situation d'ensemble de la filière d'un point de vue des projets en développement ainsi que de la dimension

Quelques sites pour aller plus loin :

- ✓ Les pages dédiées à la filière sur le site de l'Ademe : www.ademe.fr
- ✓ www.cluster-maritime.fr
- ✓ www.france-energies-marines.org
- ✓ www.merenergies.fr
- ✓ www.polemermediterranee.com
- ✓ www.pole-mer-bretagne-atlantique.com
- ✓ www.channelmoreenergy.eu

socio-économique du secteur. Les technologies marines renouvelables compteraient ainsi 2 086 emplois en France. L'éolien posé ayant atteint un stade commercial, c'est logiquement l'activité qui rassemble le plus d'emplois (57 %) devant l'éolien flottant (18 %) et l'hydrolien (14 %). En terme de chiffre d'affaires, le secteur a représenté près de 600 millions d'euros en 2016 dont 75 % se sont fait à l'export. Au total, ce serait 1,3 milliard d'euros qui auraient été investis dans la filière depuis 2007, année de démarrage de la filière en France. Le rapport investissement sur chiffre d'affaires, naturel dans la période actuelle d'émergence du secteur, s'inversera avec la mise en service des futurs parcs commerciaux en mer. ●

Tableau n° 1

Activité économique de la filière EMR française

Source : "Synthèse du rapport #1 'Les Énergies de la mer : un levier de croissance pour la France'", Observatoire des énergies de la mer, 2017

	Structures de formation et de R&D	Développeurs et exploitants	Entreprises prestataires ou fournisseurs de la chaîne de valeur	Total
Emplois en ETP (équivalent temps plein)	157	233	1 696	2 086
Chiffres d'affaires 2016	6 333 k€	400 k€	585 774 k€	592 504 k€
Investissements cumulés depuis 2007	44 650 k€	319 500 k€	918 494 k€	1 282 644 k€

Observ'ER

Le Baromètre 2017
des énergies renouvelables
électriques en France



3 QUESTIONS

de l'Observatoire
des énergies renouvelables



à **Laurent Schneider-Maunoury**,
PDG de Naval
Energies

1 La France a toujours annoncé une forte ambition de déploiement des EMR. Pourtant, le pays semble prendre du retard par rapport à ses voisins. Qu'en pensez-vous ?

Naval Energies se positionne sur trois technologies des énergies marines renouvelables : l'hydrolien, l'éolien flottant et l'énergie thermique des mers. Ce marché des EMR est très prometteur, mais encore fait d'inconnues. Parmi celles-ci, il y a notamment le calendrier des appels d'offres commerciaux, très dépendant de la volonté politique des États. Depuis plusieurs années, le gouvernement français a apporté un soutien appuyé et constant aux énergies marines renouvelables durant leur phase de recherche et développement, permettant à la France d'occuper une place de premier plan sur ces filières. Il est essentiel que ce soutien public soit poursuivi lors de la phase d'industrialisation. Cela doit, entre autres, passer par une aide pour financer le besoin de trésorerie des prochaines années. Nous pourrions nous inspirer du Conseil pour la recherche aéronautique civile (Corac), qui, pour ce seg-

ment, réunit toutes les parties prenantes et les représentants des ministères concernés. Il favorise les échanges entre l'État et l'industrie pour construire une stratégie globale et orienter la recherche.

2 Une nouvelle programmation pluriannuelle de l'énergie se prépare. Que peut-on en espérer pour la filière EMR ?

Pour que la filière des énergies marines produise concrètement des projets, il faut en passer par le lancement d'appels d'offres commerciaux, qui doivent se faire au plus tôt, et qui devront être définis dans la prochaine programmation pluriannuelle de l'énergie. Concernant ces appels d'offres commerciaux, nous attendons en priorité des annonces dans l'hydrolien et l'éolien flottant, avec un développement des fermes en phases incrémentales, tous les dix-huit mois, ce qui permettrait d'assurer une montée en puissance industrielle progressive et d'accentuer la courbe de baisse des coûts.

Dans l'attente de cette visibilité, nous avons défini une stratégie devant nous permettre de sécuriser notre développement, de gagner en efficacité et de dégager les ressources nécessaires au financement de notre avenir. Par exemple, dans l'énergie thermique des mers, nous nous positionnons à la fois en tant que systémier et sous-systèmeur. Nous allons concentrer nos efforts sur la finalisation du design de nos échangeurs thermiques (système central de production d'électricité), qui constituent un produit en eux-mêmes. Nous allons parallèlement proposer des systèmes complets d'ETM à terre, en partenariat avec des sociétés qui pourraient y adjoindre des coproduits, par exemple de type climatisation par eau de mer. Par

ailleurs, nous avons toujours en ligne de mire les ETM en mer. Ces dernières sont cependant dépendantes d'un véritable soutien public d'une part et de développements technologiques sur la conduite d'eau profonde d'autre part.

3 **Participez-vous déjà à des appels d'offres à l'étranger ? Si oui, le faites-vous en partenariat avec d'autres entreprises françaises ?**

Dans l'hydrolien, nous n'en sommes pas encore là. Naval Energies se positionne en tant que systémier, fournisseur de solutions "plug and play". Notre priorité aujourd'hui est d'assurer le succès de nos projets de démonstration au Canada et au Japon. Au niveau national, nous voulons préparer la montée en puissance du projet Normandie Hydro dans le Raz Blanchard. C'est la somme de ces projets, nationaux et internationaux, qui nous permettra de valider à la fois notre technologie et notre modèle économique. Et dans un deuxième temps, plus commercial, nous allons concentrer nos efforts sur les zones géographiques à très forts courants de marée telles que le Canada, la France, l'Indonésie et le Japon. Dans l'éolien flottant, nous nous positionnons en tant que sous-systémier. Cela nous demande donc de créer des partenariats avec des turbiniers et de faire émerger un réseau de premier plan. Par exemple, nous poursuivons le développement du projet des éoliennes flottantes de Groix et Belle-Île, piloté par Eolfi, et nous finalisons un design de flotteur qui puisse répondre aux besoins de nos clients sur différentes zones géographiques. ●