



## FICHE N°6

### Quel est l'état d'avancement de l'énergie éolienne en mer ?

#### LES PRINCIPAUX POINTS ABORDÉS

Cette fiche dresse l'état des lieux du développement de l'énergie éolienne en mer (technologie posée ou flottante) en France et dans le monde.

Le développement de l'éolien en mer est au cœur de la stratégie énergétique de la France visant à diversifier sa production électrique, réduire sa dépendance énergétique et lutter contre le changement climatique. Les différentes technologies sont à des stades de développement divers, l'éolien en mer posé étant le plus avancé.

#### L'ÉOLIEN EN MER

L'énergie éolienne transforme l'énergie mécanique du vent en énergie électrique. Une éolienne en mer, posée sur le fond de la mer ou installée sur un flotteur ancré au fond de la mer, bénéficie de vents plus fréquents, plus forts et plus réguliers qu'une éolienne à terre. La France dispose d'un fort potentiel pour le développement de l'éolien en mer : compte tenu des atouts naturels de son territoire, elle bénéficie du deuxième gisement de vent pour l'éolien en mer en Europe, après la Grande-Bretagne. Selon l'ADEME, les zones théoriquement exploitables avec les technologies actuelles pour l'éolien en mer ont un potentiel énergétique d'environ 66 GW (46 GW en flottant, 20 GW en posé), à moduler en fonction des contraintes locales (environnement, conflits d'usage, restrictions réglementaires)<sup>1</sup>. RTE a publié en janvier 2021 une consultation publique sur les scénarios énergétiques permettant d'atteindre la neutralité carbone en 2050. Le volume d'éolien en mer varie entre 25-30 GW et 65 GW selon les scénarios<sup>2</sup>. L'Agence internationale de l'énergie (AIE) – qui considère des hypothèses hautes de profondeur des fonds pouvant aller jusqu'à 2000 m et d'une distance aux côtes jusqu'à 300 km, estime que le potentiel en mer pourrait aller jusqu'à 140 GW en flottant et 80 GW en posé<sup>3</sup>.

Les éoliennes en mer peuvent être posées sur le fond ou flottantes :

~ **les éoliennes en mer posées** reposent sur une fondation, elle-même fixée au plateau continental. Ce type de technologie est particulièrement adapté dans les zones où la profondeur est faible, généralement moins de 40 mètres ;

~ **les éoliennes en mer flottantes** reposent sur des flotteurs. Ces derniers peuvent être reliés au fond par de simples lignes d'ancrage. Ce type de technologie est particulièrement adapté dans les zones où la profondeur est importante. Les concepteurs de flotteurs et solutions d'ancrage étudient aujourd'hui l'implantation d'éoliennes flottantes dans des zones avec des profondeurs allant de 30 mètres à plus de 1 000 mètres.

À ce jour, le potentiel de développement de l'éolien en mer est concentré majoritairement au large des côtes de Normandie, de Bretagne et des Pays de la Loire pour l'éolien posé, et au large des côtes de Bretagne, des Pays de la Loire et du golfe du Lion pour l'éolien flottant.

<sup>1</sup> Trajectoires d'évolution du mix électrique à horizon 2020-2060 – ADEME : <https://www.ademe.fr/trajectoires-devolution-mix-electrique-a-horizon-2020-2060>

<sup>2</sup> [https://www.concerte.fr/system/files/concertation/2021-01-27\\_BP2050-consultation-complet-LD.pdf](https://www.concerte.fr/system/files/concertation/2021-01-27_BP2050-consultation-complet-LD.pdf)

<sup>3</sup> <https://www.iea.org/reports/offshore-wind-outlook-2019>



## L'ÉOLIEN POSÉ

En France, il n'y a pas encore de parc de production installé, mais de nombreux parcs sont en projet à différents stades de développement.

Depuis 10 ans, la France a appuyé son développement en lançant trois procédures de mise en concurrence pour des parcs éoliens en mer posés en 2011, 2013 et 2016, totalisant 3,6 GW répartis dans sept projets en Manche et en Atlantique. Ils sont situés au large de Dunkerque, Dieppe-Le Tréport, Fécamp, Courseulles-sur-Mer, Saint-Brieuc, Saint-Nazaire et Yeu-Noirmoutier.

Un débat public sur des projets éoliens en mer posés au large de la Normandie, dont un projet d'1 GW, s'est terminé le 19 août 2020. La procédure de mise en concurrence a été lancée le 11 janvier 2020.

### Sept parcs en cours de développement en France

L'éolien en mer s'est développé en France en trois grandes phases, relatives aux orientations programmatiques en vigueur : la première avec la programmation pluriannuelle des investissements (PPI) de production d'électricité de 2009, la deuxième avec la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) couvrant la période de 2016 à 2023 et la troisième dans le cadre de la PPE 2019-2028.

#### Première phase

Dans le cadre du plan de développement des énergies renouvelables en France défini en 2009, la programmation pluriannuelle des investissements (PPI) de production d'électricité, arrêtée la même année, avait fixé un objectif pour les énergies marines de 1 GW au 31 décembre 2012 et 6 GW au 31 décembre 2020. Pour contribuer à l'atteinte de cet objectif, deux procédures de mise en concurrence ont été lancées par l'État, en 2011 puis en 2013.

La première procédure de mise en concurrence concernait quatre lots représentant 2 GW au total. Les lauréats désignés en 2012 sont des consortiums menés, d'une part, par EDF pour les projets de Courseulles-sur-Mer, Fécamp et Saint-Nazaire, et d'autre part, par Iberdrola pour Saint-Brieuc. Le quatrième lot objet de la procédure de mise en concurrence (Dieppe-Le Tréport) a été jugé infructueux en raison des tarifs trop élevés proposés dans les offres.

La seconde procédure de mise en concurrence concernait deux lots, Yeu-Noirmoutier et Dieppe-Le Tréport, pour une capacité totale de 1 GW. Le lauréat des deux lots est un consortium mené par Engie, désigné en 2014.

Compte tenu de la baisse des coûts de l'éolien partout en Europe, le gouvernement a engagé en 2018 une

renégociation des tarifs des projets attribués, permettant de réduire leur coût pour la collectivité, tout en confortant la filière de l'éolien en mer.

Ces procédures de mise en concurrence se traduiront par la mise en service de parcs éoliens pour 3 GW entre 2021 et 2024. Les raccordements de ces six projets (hors poste électrique en mer) seront réalisés et financés par RTE.

#### Deuxième phase

La PPE 2016-2023, publiée par le décret du 27 octobre 2016, prévoit une attribution de 500 MW à 6 GW d'éolien en mer posé.

Une troisième procédure de mise en concurrence a été lancée par l'État en 2016 pour un projet allant jusqu'à 600 MW au large de Dunkerque. La définition de la zone de projet a fait l'objet d'une consultation des acteurs locaux et du public en 2016 sous l'égide du préfet coordonnateur de façade et du préfet maritime, lors de laquelle plusieurs réunions thématiques ont été organisées et plusieurs contributions écrites reçues. La zone de projet a ensuite été affinée au cours du dialogue concurrentiel. Les offres des candidats présélectionnés ont été remises à la Commission de régulation de l'énergie (CRE) le 15 mars 2019. Le consortium composé des sociétés EDF Renouvelables, Innogy et Enbridge, a été désigné lauréat par le ministre d'État, ministre de la Transition écologique et solidaire, le 14 juin 2019, après avis de la Commission de régulation de l'énergie.

Le raccordement de ce projet, y compris le poste en mer, est réalisé et financé par RTE.

#### Troisième phase

L'actuelle phase de développement des projets éoliens en mer s'inscrit dans le cadre de la révision de la programmation pluriannuelle de l'énergie pour la période 2019-2028 et de la planification établie par les documents stratégiques de façade. La démarche présentée en débat public entre dans le cadre de cette troisième phase.

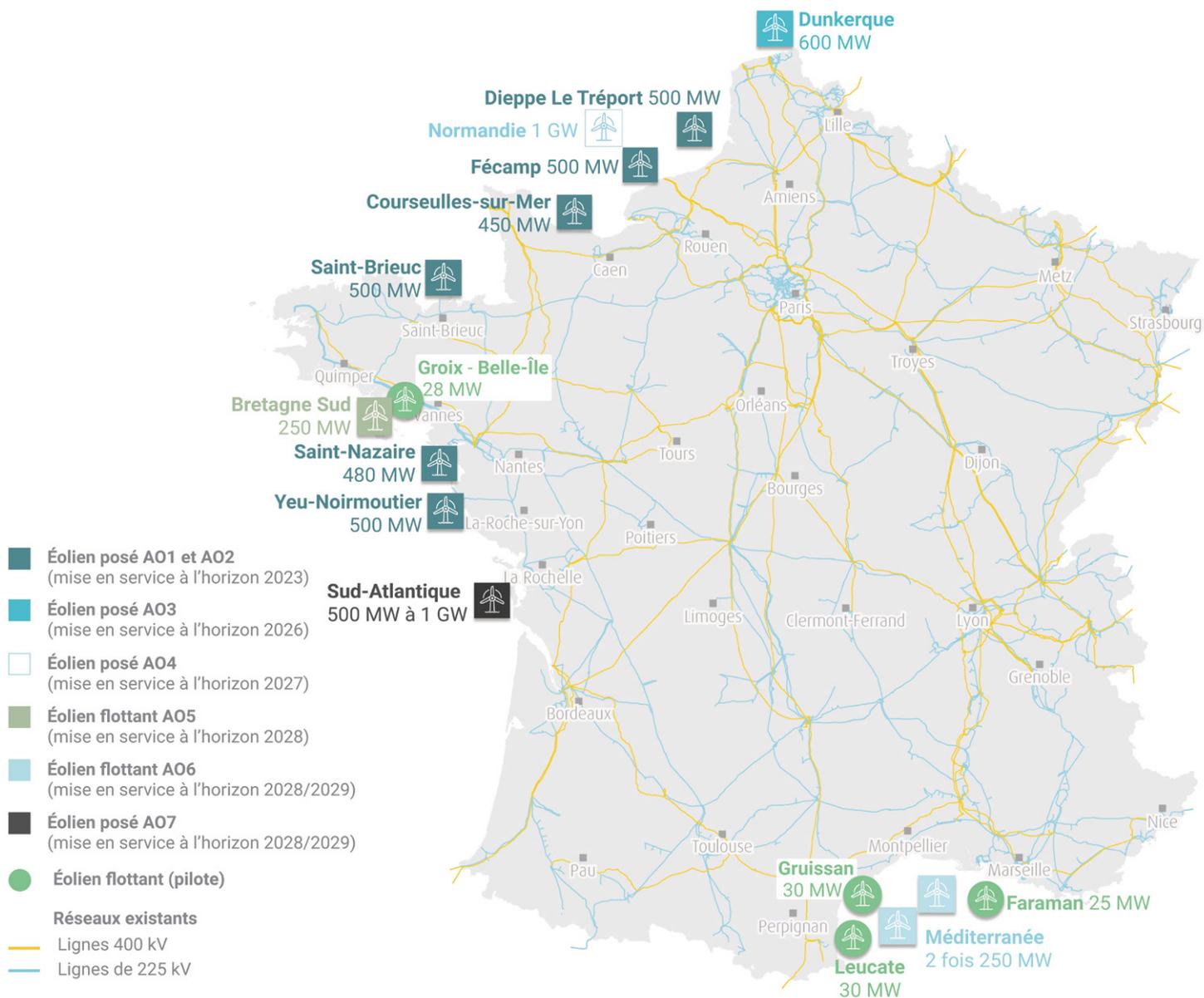
### En Europe

L'éolien posé en mer s'est développé de manière plus rapide chez nos voisins européens. L'Allemagne, la Belgique, le Royaume-Uni, les Pays-Bas et le Danemark sont les plus gros producteurs d'électricité éolienne en mer. Les premiers parcs en Europe ont été inaugurés dès le début des années 1990.

En Europe en 2020, 356 nouvelles turbines en mer ont été raccordées au réseau via 9 projets, pour environ 2,9 GW de puissance installée supplémentaire.

Au total, l'Europe dispose de 25 GW de puissance installée dans 12 pays.

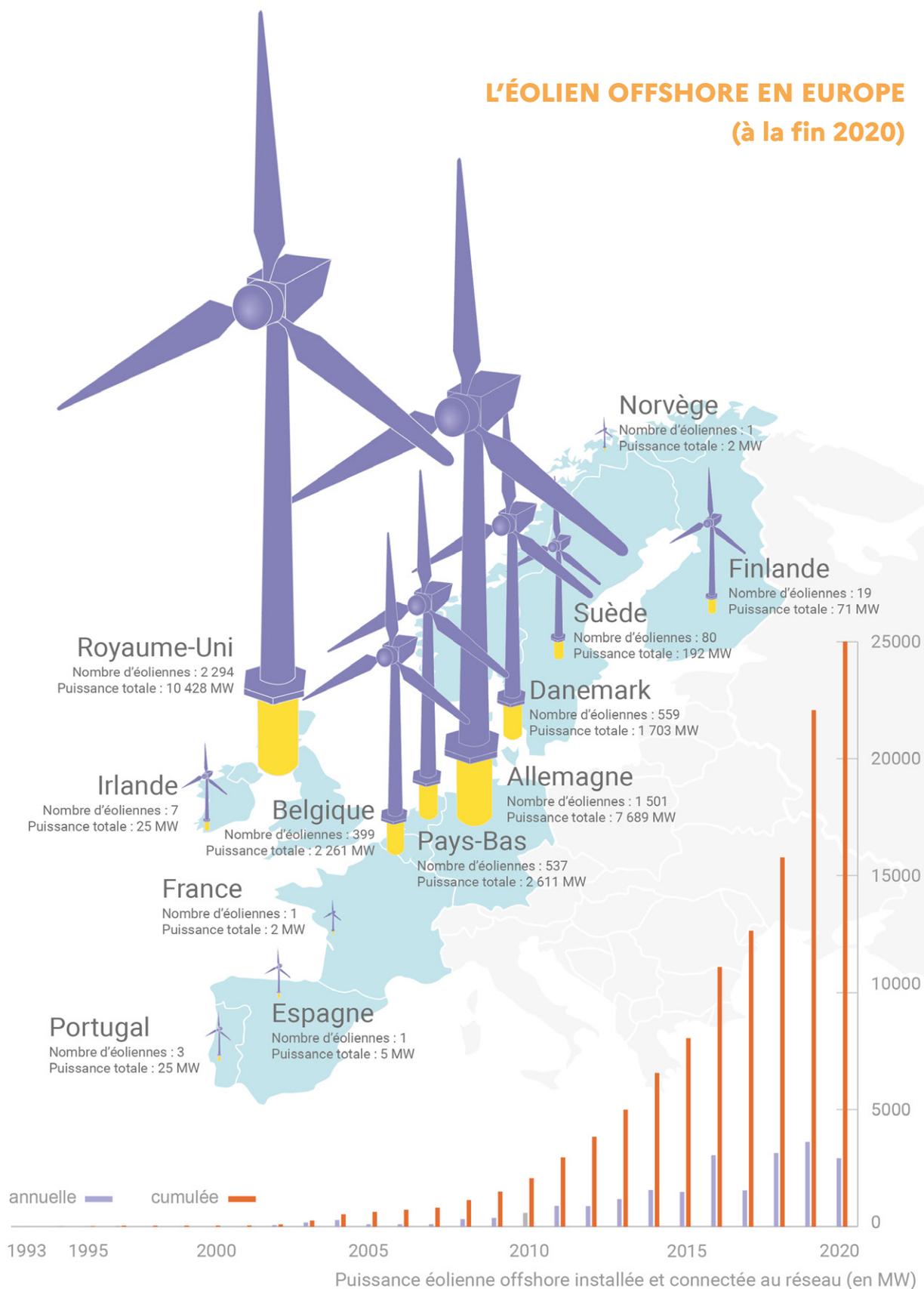
## Projets éoliens en mer en développement sur les façades maritimes françaises à l'horizon 2029





**DÉBAT PUBLIC**  
**PROJET D'ÉOLIENNES FLOTTANTES**  
**EN MÉDITERRANÉE ET LEUR RACCORDEMENT**

## L'ÉOLIEN OFFSHORE EN EUROPE (à la fin 2020)



## Dans le monde

La Chine progresse dans l'éolien en mer et figure désormais parmi les leaders du marché. En 2018, la Chine a raccordé 1,6 GW de capacité éolienne en mer, soit la plus grande progression mondiale.

La Corée et les États-Unis ont également des objectifs ambitieux, tandis que d'autres pays, dont le Japon et le Canada, jettent les bases d'un futur développement éolien en mer<sup>4</sup>.

## L'ÉOLIEN FLOTTANT

La filière éolienne flottante est aujourd'hui au stade de développement pré-commercial. En s'affranchissant des limites de profondeurs dues aux fondations nécessaires pour la technologie posée, l'éolien flottant facilite l'installation et la maintenance des équipements et élargit les potentiels de gisements. Après le Royaume-Uni (48 GW), la France détiendrait le second gisement européen en éolien flottant (46 GW), dont une part conséquente au large des côtes d'Occitanie et de Provence-Alpes-Côte d'Azur.

### En France

La filière a bénéficié d'un appel à projets du programme d'investissements d'avenir géré par l'ADEME pour le déploiement de fermes pilotes, lancé en août 2015 et dont l'objectif est de tester plusieurs technologies de flotteurs. Dans ce cadre, quatre projets, chacun d'une puissance de 24 MW à 30 MW, ont été désignés lauréats en 2016 :

~ **le projet « Provence Grand Large »** porté par EDF Renouvelables, avec trois turbines Siemens-Gamesa de 8 MW et des flotteurs SBM, sur la zone de Faraman en Méditerranée ;

~ **le projet « Les éoliennes flottantes golfe du Lion »** porté par Engie/EDPR/CDC, avec trois turbines MHI Vestas de 10 MW et des flotteurs Eiffage/PPI, sur la zone de Leucate en Méditerranée ;

~ **le projet « EolMed »** porté par Qair à Gruissan en Méditerranée, qui se compose de trois éoliennes MHI Vestas de 10 MW et de flotteurs Bouygues Travaux Publics/Ideol ;

~ **le projet « Éoliennes flottantes de Groix et Belle-Île »** (EFGBI) porté par EOLFI/CGN au large des îles de Groix et Belle-Île en Bretagne, qui se compose de trois éoliennes MHI Vestas de 9,5 MW et de flotteurs de conception Naval Energies<sup>5</sup>.

Les quatre projets de fermes pilotes sont soutenus au total par environ 300 M€ d'aide à l'investissement, par le programme des investissements d'avenir. La production d'électricité bénéficie d'un tarif d'achat fixé à 240€/MWh sur 20 ans.

Ce coût a vocation à baisser rapidement dans le cadre des futures fermes commerciales. Une convergence est anticipée entre les prix de l'éolien flottant et ceux de l'éolien posé d'ici une dizaine d'années.

Les projets d'éoliennes flottantes en Méditerranée seront le deuxième et le troisième des projets commerciaux français.

### Les projets démonstrateurs d'Eolink et de Floatgen

Les éoliennes en mer d'Eolink et de Floatgen ont été les premières éoliennes flottantes installées sur les côtes françaises à exporter de l'électricité vers le réseau de transport d'électricité. Installées au large de Sainte-Anne-du-Portzic dans le Finistère pour Eolink et au large du Croisic en Loire-Atlantique pour Floatgen, elles sont entrées en production en 2018.

~ **Le projet Floatgen** a débuté en 2013 et a réuni sept partenaires européens : Ideol a conçu le système flottant (la fondation, le système d'ancrage et la configuration du câble de transport d'électricité) et a fourni l'éolienne de 2 MW ; l'École centrale de Nantes (SEM REV) a fourni le système d'ancrage et a mis à disposition son site d'essais en mer ; Bouygues Travaux Publics a construit la fondation flottante. Ce projet a été soutenu par l'Union européenne (UE) dans le cadre du septième programme-cadre européen de recherche et de développement (FP7), par l'ADEME dans le cadre du programme des investissements d'avenir et par la région Pays de la Loire.

~ **Lancé en 2017, le projet d'Eolink** a permis de tester une éolienne flottante de 12 MW à l'échelle 1/10<sup>e</sup>, dans le cadre d'un partenariat avec l'Ifremer. Eolink a conçu et mis au point l'ensemble du système : turbine, flotteur, ancrages et contrôle-commande. L'Ifremer a mis à disposition son site d'essais en mer et a procédé à l'installation des parties sous-marines (ancrage et câble d'export). L'éolienne a été connectée au réseau en avril 2018. Ce projet a été soutenu par la région Bretagne<sup>6</sup>.

<sup>4</sup> <https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/about-wind/statistics/WindEurope-Annual-Statistics-2018.pdf>

<sup>5</sup> Filiale de Naval Group, qui a annoncé en février 2021 se retirer du marché des énergies marines.

<sup>6</sup> Pour en savoir plus : [www.ifremer.fr](http://www.ifremer.fr)



**DÉBAT PUBLIC**  
**PROJET D'ÉOLIENNES FLOTTANTES**  
**EN MÉDITERRANÉE ET LEUR RACCORDEMENT**

## À l'étranger

### En Écosse

#### *Hywind (Equinor), démonstrateur et ferme pilote de 30 MW*

À la suite d'une démonstration satisfaisante sur les côtes norvégiennes, le premier parc d'éoliennes flottantes au monde a été inauguré en octobre 2017 à 30 km au large de Peterhead en Écosse.

Le projet Hywind, de 30 MW, est porté par les sociétés Equinor et Masdar. Il comprend cinq turbines de 6 MW, culminant en bout de pale à 175 m au-dessus du niveau de la mer. Les structures flottantes, conçues par Equinor, sont ancrées au sol marin dans des profondeurs d'environ 105 m. Ces flotteurs utilisent la technologie SPAR (bouée-crayon).

Le porteur de projet expérimente également un projet de stockage de l'énergie avec des batteries au lithium Batwind. Ce projet a été relié à la ferme en 2018.

#### *Kincardine (Cobra Wind), ferme pilote de 50 MW*

En mars 2017, le gouvernement écossais a donné son accord pour le parc éolien flottant de Kincardine. Ce parc sera composé de cinq turbines MHI Vestas de 9,5 MW sur des flotteurs Principle Power et d'une turbine de 2 MW sur le prototype développé précédemment par Principle Power (voir section Portugal). Le site est situé à environ 15 km au sud-est d'Aberdeen et comprend des profondeurs entre 60 et 80 m.

La mise en service du parc est désormais prévue pour juin 2021, à la suite des retards dus à la Covid-19.

#### *ScotWind, 8 à 10 GW d'ici à 2030*

Le gouvernement écossais poursuit une politique ambitieuse en matière de développement de l'éolien flottant. En 2020, il a lancé les procédures d'attribution de 17 zones au large de ses côtes. Le potentiel total estimé se situe entre 8 et 10 GW. La plupart de ces zones possèdent des profondeurs de plus de 60 m et sont donc propices à l'installation d'éoliennes flottantes. La mise en service de ces fermes est attendue d'ici à 2030.

### Au Portugal

#### *WindFloat 1 et WindFloat Atlantique (EDP-R, Engie, PP), démonstrateur et ferme de 25 MW*

Un démonstrateur avec un flotteur développé par Principle Power et une turbine Vestas de 2 MW a été installé de 2011 à 2016, à 5 km au large d'Aguçadoura au Portugal. Après cinq années de tests, le démonstrateur a été décommissionné avant d'être recommissionné pour le projet Kincardine.

À la suite de ce démonstrateur, une ferme constituée de 3 turbines MHI Vestas de 8,4 MW sur des flotteurs WindFloat de Principle Power a été mise en service en juillet 2020. Ces plateformes sont situées à 20 km au large de Viana do Castelo, à des profondeurs d'environ 100 m. Ce projet constitue la première ferme d'éoliennes flottantes au monde utilisant la technologie semi-submersible.

### En Norvège

#### *Hywind Tampen (Equinor), ferme de 88 MW en 2022*

En octobre 2019, Equinor a pris la décision d'investir dans la construction d'un parc de 88 MW à plus de 140 km des côtes norvégiennes. Cette ferme fournira environ 35 % de l'électricité nécessaire au fonctionnement des plateformes pétrolières de Snorre et Gullfaks. Elle sera constituée de 11 éoliennes Siemens Gamesa de 8 MW, sur des structures flottantes de technologie SPAR similaires à celles utilisées pour le projet Hywind en Écosse. Hywind Tampen doit être mis en service courant 2022.

### Au Japon

#### *Fukushima (Marubeni), démonstrateurs 2 MW, 5 MW, et 7 MW ; Hibiki, démonstrateur 3 MW*

Le Japon est un pays à fort potentiel pour le développement de l'éolien flottant compte tenu de la profondeur des eaux au large de ses côtes et du gisement éolien.

Plusieurs démonstrateurs d'éolien flottant sont déjà installés au Japon, notamment dans le cadre du consortium Fukushima Forward. Des turbines de 2 MW, 5 MW et 7 MW ainsi qu'un poste électrique flottant ont été mis en place entre 2015 et 2016.

En 2018, la société française Ideol, associée au groupe Hitachi Zosen, a mis en service un démonstrateur de 3 MW sur une barge en acier. Cette barge utilise une technologie similaire à celle du projet français Floatgen.

