

# Projet d'éoliennes flottantes au sud de la Bretagne



## Quel est l'état des lieux de la filière industrielle de l'éolien en mer ?

### Les principaux points abordés

Cette fiche présente un état des lieux de la filière industrielle de l'éolien en mer en France et dans le monde. Ainsi, seront présentés :

- le développement de l'éolien flottant dans le monde ;
- la dynamique européenne en matière d'éolien en mer ;
- l'émergence d'une filière industrielle structurée en France ;
- les perspectives industrielles de développement pour l'éolien flottant.

## 1. L'éolien flottant au niveau mondial

En matière d'éolien flottant, les marchés et potentiels les plus prometteurs sont les États-Unis (6 GW), la Chine (5 GW), Taïwan (1,5 GW), l'Écosse (4 GW) et le Japon (4 GW) pour des puissances en service avant 2030. En Europe et dans le bassin méditerranéen, l'Espagne, le Portugal et la Turquie sont également des marchés perçus comme prometteurs.

L'Écosse, qui a lancé début 2018 un processus de concertation avec les développeurs en vue du lancement d'un appel d'offres pour des zones propices au flottant, sera très probablement un des leaders européens de l'éolien flottant.

La Turquie a aussi engagé une réflexion incluant un zonage afin de lancer des appels d'offres pour des zones propices au flottant. Le potentiel est supérieur à 2 GW. Le lancement de ces appels d'offres pourrait intervenir d'ici 2020.

La France, en fixant des objectifs ambitieux dans sa nouvelle programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) 2019-2028, peut jouer un rôle majeur en se positionnant sur le marché international de l'éolien flottant.

L'éolien flottant est aujourd'hui un nouveau marché sur lequel la France s'est positionnée en leader via les quatre fermes pilotes. Dans le cadre du développement de ce marché sur un plan commercial, la prime au « premier arrivé » sera décisive. Des investissements dans des complexes industriels, portuaires et logistiques accompagneront nécessairement cette phase de développement.

## 2. Une Europe particulièrement dynamique sur l'éolien en mer

Le Vieux Continent est la « terre d'origine » de l'éolien en mer. Il comptait, à la fin de l'année 2019, 5 047 éoliennes en mer raccordées au système électrique européen, pour une puissance installée de 22 072 MW (dont 45 MW d'éolien en mer flottant), dans 12 pays. Le secteur connaît une croissance forte et continue : 502 nouvelles éoliennes en mer ont été connectées au réseau en 2019, représentant 3 627 MW de puissance additionnelle.

L'Asie (Chine, Taïwan) et les États-Unis constituent désormais des pôles de croissance majeurs.

Le Royaume-Uni tient le haut du pavé en matière de puissance installée, avec près de 50 % des capacités européennes, suivi par l'Allemagne (7,445 GW), le Danemark (1,703 GW) - pays pionnier de l'éolien en mer - la Belgique et les Pays-Bas.

Du fait de retards dans la mise en œuvre de ses premiers projets, la France ne dispose à ce jour que d'un prototype d'éolienne flottante (2 MW) - Floatgen - en service au large du Croisic.

La croissance de l'éolien en mer en Europe est soutenue et s'est particulièrement accrue depuis 2015. Ceci s'explique essentiellement par la baisse des coûts des projets, à l'œuvre depuis cette période. La tendance baissière trouve plusieurs causes : l'expérience acquise (effet apprentissage), l'augmentation des volumes sur le marché, la standardisation et l'industrialisation des processus, d'importantes innovations sur les technologies et l'optimisation des méthodes d'exploitation et de maintenance. Les prix des derniers appels d'offres attribués oscillaient entre 40 et 60 €/MWh (avec ou sans raccordement) en 2019. La France s'est inscrite dans cette dynamique, avec l'attribution d'un troisième appel d'offres d'éolien en mer (posé) au large de Dunkerque, pour un projet d'environ 600 MW, à 44 €/MWh hors raccordement, en juin 2019 (mise en service prévue en 2026 d'après la Commission de régulation de l'énergie). Il est attendu que l'éolien en mer flottant converge avec les prix du posé d'ici la fin de la décennie.

## Vue d'ensemble des parcs éoliens en mer raccordés à fin 2019 en Europe

Pays	Nombre de parcs raccordés	Puissances cumulées (MW)	Nombre de turbines raccordées	Puissance nette raccordée en 2019 (MW)	Nombre de turbines raccordées en 2019
Grande-Bretagne	40	9 945	2 225	1 760	252
Allemagne	28	7 445	1 469	1 111	160
Danemark	14	1 703	559	374	45
Belgique	8	1 556	318	370	44
Pays-Bas	6	1 118	365	0	0
Suède	5	192	80	0	0
Finlande	3	70,7	19	0	0
Irlande	1	25,2	7	0	0
Espagne	2	5	2	0	0
Portugal	1	8,4	1	8	1
Norvège	1	2,3	1	0	0
France	1	2	1	0	0
<b>Total</b>	<b>110</b>	<b>22 072</b>	<b>5 047</b>	<b>3 623</b>	<b>502</b>

Source : "Offshore wind in Europe, key trends and statistics 2019, Wind Europe, 2020"

En effet, une étude<sup>1</sup> de BVG Associates et d'Innosea pour le compte de l'ADEME a identifié les perspectives de réduction des coûts de l'éolien en mer en France d'une situation de référence en 2015 jusqu'à l'horizon 2030 sur tous les éléments constituant la chaîne de valeur de l'éolien. Cette étude montre que les réductions de coûts sur les turbines (augmentation des performances, augmentation de la taille et la puissance des machines, industrialisation) sont le moteur de la réduction des coûts. La maturité de la filière fait baisser les coûts de financement à partir des années 2015.

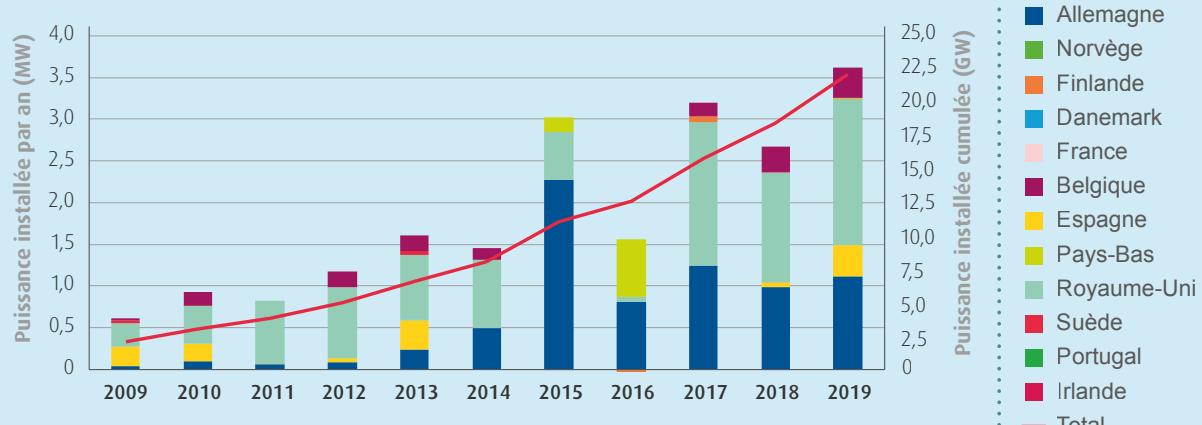
Ainsi plusieurs États européens ont-ils mis en œuvre des politiques publiques visant à soutenir le développement de l'éolien en mer. Considérant la chute des prix des projets, les retombées socio-économiques allant de pair, et les services rendus au système

électrique (production massive d'électricité décarbonée, régulière et prévisible), tous les pays ayant développé des capacités depuis plus de 10 ans, souhaitent accroître significativement leurs programmes de développement de l'éolien en mer.

Le Royaume-Uni vise ainsi près de 40 GW en service en 2030, l'Allemagne près de 20 GW, les Pays-Bas 11 GW. La Belgique étudie actuellement les modalités d'extension de son programme.

Le marché éolien en mer européen est quant à lui relativement concentré, si l'on observe les classements des opérateurs et constructeurs d'éoliennes en mer. Fin 2019, le constructeur d'éoliennes Siemens-Gamesa Renewable Energy détenait ainsi près de 70 % des parts de marché des capacités installées en Europe, suivi de MHI Vestas (23,5 %), Senvion, Bard Engineering, GE Renewable Energy.

### Installation annuelle d'éoliennes en mer, par pays et en capacité cumulée (MW)



Source : WindEurope.

1



<sup>1</sup> <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/innovations-dans-l-eolien-rapport-final.pdf>

Enfin, les capacités européennes d'éolien flottant sont les plus importantes dans le monde à ce jour (70 % des capacités mondiales), essentiellement par le biais de projets de démonstrateurs et pilotes pré commerciaux. L'Écosse, le Portugal, la Norvège et la France sont parmi les marchés les plus actifs sur cette technologie, en Europe. La concurrence mondiale est

toutefois forte, avec un intérêt particulier de pays comme le Japon, les États-Unis, la Corée du Sud. La France est le pays ayant engagé le plus de capacités pilotes pré commerciales, atout majeur dans les développements commerciaux futurs, à l'instar du projet d'éoliennes flottantes au sud de la Bretagne, puis en Méditerranée dans les années à venir.

### Les projets de fermes pilotes flottantes dont la mise en service interviendra d'ici trois ans en Europe

Pays	Parc éolien flottant en mer	Puissance (MW)	Type de flotteur	Nombre et modèle des turbines	Date prévisionnelle de mise en service
France	WindFloat Atlantic Phase 1	25,0	Semi-submersible	3 x V164-8,4MW (MHI Vestas)	2020
	EolMed	24,0	Barge	4 x 6,2M152 (Senvion)	2021-2022
	Provence Grand Large	28,5	Plateforme avec ancrage à lignes tendues	3 x V164-9,5MW (MHI Vestas)	2021
	Éoliennes flottantes du golfe du Lion	30,0	Semi-submersible	3 x V164-10MW (MHI Vestas)	2022
Grande-Bretagne	Éoliennes flottantes de Groix/Belle-Île	28,5 plate-forme avec ancrage à lignes tendues	Plateforme avec ancrage à lignes tendues	3 x V164-9,5MW (MHI Vestas)	2022
	Kincardine	50,0	Semi-submersible	5 x V164-9,5MW (MHI Vestas)	2021
Norvège	Hywind Tampen	88,0	Bouée crayon	11 x SG 8,0-167DD (SGRE)	2022

### 3. Une filière industrielle française en émergence

L'installation d'éoliennes en mer implique une structure de coûts et d'activités propices au développement d'une filière industrielle à proximité des sites d'implantation des parcs éoliens. À la concréétisation des six premiers parcs éoliens en mer engagés depuis 2012 sont ainsi associés le développement et la structuration d'une filière industrielle de l'éolien en mer, posé et flottant, en France.

Les engagements pris lors des procédures de mise en concurrence de ces premiers projets ont déjà abouti à la création, en 2014, de l'usine General Electric Renewable Energy de Saint-Nazaire, spécialisée dans la fabrication de nacelles et de générateurs, qui emploie plus de 450 personnes et exporte son savoir-faire en attendant la réalisation des parcs éoliens français. Le centre d'ingénierie pour l'éolien en mer emploie quant à lui environ 300 personnes à Nantes. Depuis 2013, General Electric Renewable Energy a réalisé des achats directs et indirects à hauteur de 200 M€ auprès de sous-traitants français pour ses projets aux États-Unis, en Chine et en Allemagne, créant plus de 1 200 emplois indirects. En 2018, la plus grande usine de fabrication de pales pour l'industrie éolienne a été conçue à Cherbourg par LM Wind Power. L'usine employait environ 300 personnes en 2019 et prévoit à terme 600 emplois directs et 2 000 emplois indirects.

D'autres déploiements industriels devraient se concrétiser prochainement avec :

- la création, au Havre, en 2021, d'une usine pour la fabrication de nacelles, de pales, les opérations logistiques et le pré-assemblage des éoliennes. Sa réalisation permettra de créer 750 emplois directs et indirects ;
- la mise en place de plateformes logistiques, à proximité des ports, nécessaires à la construction des parcs éoliens en mer, une partie de l'assemblage des composants et la préparation des travaux en mer ;
- la création des bases de maintenance à proximité des zones d'installation des parcs éoliens en mer.

L'activité de ces usines et sites industriels sera pérennisée par les marchés à l'export ainsi que par les futurs projets éoliens en mer en France. En effet, les sites se « spécialisent » car cela nécessite de forts investissements rendant difficile de tout faire partout.

Au-delà de ces nouvelles implantations industrielles, la filière industrielle de l'éolien en mer se développe également par la diversification des activités d'entreprises ou d'industries trouvant de nouveaux marchés pour la fabrication de composants des parcs éoliens en mer (par exemple Les Chantiers de l'Atlantique avec la construction de sous-stations électriques) ou pour les activités de construction de ces parcs (par exemple des acteurs du maritime ou de la logistique interviendront pour la construction en mer ou la manutention des composants à terre).

Anticipant les besoins de ces projets, de nombreux sous-traitants français ont investi pour se positionner sur ce marché, qu'il s'agisse de réaliser les fondations, les 3 600 composants de chaque machine, les travaux d'installation, ou encore les opérations d'exploitation et de maintenance.

Depuis 2014, plus de 600 millions d'euros ont été investis pour l'adaptation des infrastructures portuaires françaises pour permettre l'accueil des activités de construction et d'assemblage des composants (par exemple la production ou l'assemblage des fondations) des éoliennes en mer posées comme flottantes. En 2018, 2 085 emplois directs étaient recensés pour les énergies marines renouvelables en France selon l'Observatoire des énergies de la mer, consacrés à plus de 80 % à l'éolien en mer.

Au total, la structuration d'une filière française mobilisera environ 15 000 emplois directs et indirects en France, en particulier lors des phases de production des composants de ces parcs et de leur installation, à horizon 2030. Plus de 500 emplois seront créés pour la durée de maintenance des six premiers parcs en mer (éolien posé), soit environ 25 ans.

## 4. De fortes perspectives industrielles pour l'éolien flottant

Le développement de l'éolien flottant offre d'une part la perspective de nouveaux marchés pour les composants communs avec l'éolien posé (plus de 65 % de valeur ajoutée commune) et présente d'autre part l'opportunité de créer des activités industrielles propres à la technologie flottante.

En effet, contrairement à l'éolien posé, l'assemblage de l'éolienne sur sa fondation flottante s'effectue « à terre », c'est-à-dire au sein du port. Les éoliennes flottantes sont ensuite remorquées jusqu'au point où elles seront ancrées, ce qui limite le recours à des moyens nautiques coûteux et renforce le rôle des bases logistiques et portuaires terrestres.

De sa conception à son opération, un parc éolien flottant fait appel à de multiples activités et savoir-faire, ainsi qu'à une forte activité portuaire, qui pourront être structurés sur le territoire français dans le cadre de la construction d'une filière associée au développement de plusieurs projets commerciaux - par exemple :

- production et construction de flotteurs, en particulier pour les technologies de flotteurs béton ;
- fournitures des accessoires, des équipements et des systèmes mécaniques pour le système d'ancrage et le flotteur (connecteurs de chaînes, pièces forgées, système de ventilation, pour lesquels il y a des acteurs français reconnus tels que Naval Énergie, Eiffage Metal, etc.). La compétitivité de la technologie flottante nécessite le développement d'usines à même de construire en masse des flotteurs (alors que ces installations n'existent pour le moment nulle part, la France s'est positionnée pour développer de telles infrastructures, à destination du marché français et export) ;
- équipements électriques (contrôle, instrumentation, automatisation, détecteurs, mesure de tension des chaînes, mesure des mouvements du système, données météo) ;
- production et installation des turbines et de leurs composants (identiques à l'éolien en mer posé) ;
- système de contrôle et d'acquisition de données (*data center*) ; logiciels spécialisés ;
- création d'une structure industrielle pérenne pour la production de *jackets* et de flotteurs, en béton ou en acier, pour la production et l'assemblage ;
- savoir-faire en matière d'optimisation de la logistique portuaire spécifique au flottant (logistique de colis lourd et à grande cadence) ;

- importantes activités de logistique à terre et en mer pour le stockage et l'acheminement des outils et pièces détachées, associées à divers investissements tels que de nouveaux moyens de levage, de manutention lourde, de soudure, de systèmes de remorque modulaire autopropulsée ou d'échafaudages ;
- mise à disponibilité d'infrastructures portuaires dédiées à l'éolien flottant incluant des infrastructures d'assemblage, des systèmes de mise à l'eau des flotteurs et des postes d'installation des turbines, permettant de livrer à flot en bord à quai des flotteurs équipés de leur éolienne en série de façon standardisée et avec une forte cadence ;
- construction de navires spécialisés pour le transfert de personnels, pour l'installation et pour la maintenance ;
- installation des flotteurs et des câbles sous-marins ; production de câbles et d'accessoires ;
- création de bases de maintenance industrielles et aménagements de quais et de pontons ;
- équipements et services d'inspections sous-marines (véhicule sous-marin téléguidé, drone sous-marin, etc.), et leurs navires support.

La réalisation des fermes pilotes initie la création d'une filière industrielle de l'éolien flottant sur les territoires français, en permettant notamment de former et d'attirer des sous-traitants issus d'autres filières capables d'investir et de se déployer sur l'éolien flottant, d'abord en France, puis au niveau international.

Les ports français des façades atlantique et méditerranéenne ont l'opportunité de se positionner, chacun sur une zone distincte et complémentaire, comme complexes industrialo-portuaires dédiés à l'éolien flottant à l'export. C'est le cas aujourd'hui pour les ports du Havre, de Saint-Nazaire et du nord de l'Europe pour l'éolien en mer posé. Ainsi, un complexe industrialo-portuaire dédié à l'éolien flottant installé sur la façade atlantique alimenterait le marché domestique à construire entre 2023 et 2030, en augmentant progressivement la cadence annuelle puis le marché nord européen. De la même façon, un complexe industrialo-portuaire dédié à l'éolien flottant installé sur la façade méditerranéenne française est susceptible d'alimenter à la fois le marché domestique et le marché méditerranéen.

Au-delà du flotteur, les acteurs français pourraient exporter leurs produits et compétences sur l'ensemble des activités et composants (câbles, ancrages, connecteurs, bouées, système de connexion-déconnexion, etc.) autour du flotteur, sur des marchés beaucoup plus lointains. La filière française de l'éolien flottant s'articulerait ainsi également autour d'activités d'ingénierie à haute valeur ajoutée, concernant les études de sites (les standards pour le flottant restent à créer), les logiciels de calculs de charge, l'analyse des câbles dynamiques, la certification, la prédition des ressources et l'estimation des productibles, les systèmes d'instrumentation (enseurs de tout type pour la mesure de grandeurs physiques), l'ingénierie autour du couplage du flotteur avec l'éolienne, et l'ingénierie pour optimiser les méthodes de standardisation et d'industrialisation des flotteurs et pour l'installation des éoliennes en mer.