



FICHE N°7

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.

L'ÉOLIEN FLOTTANT AU NIVEAU MONDIAL

En matière d'éolien flottant, les marchés et potentiels les plus prometteurs sont les États-Unis, la Chine, Taiwan, la Corée du Sud, le Japon, le Royaume-Uni avec notamment l'Écosse, l'Irlande et la Norvège pour des puissances en service avant 2030. En Europe et dans le bassin méditerranéen, l'Espagne, le Portugal et la Grèce 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 à l'éolien flottant, sera très probablement un des leaders européens de l'éolien flottant. Les procédures en vue de l'attribution de 8 à 10 GW de puissance installée ont démarré à l'été 2020 avec le dépôt de candidatures par les développeurs intéressés. Une partie de ces volumes mettra en jeu des éoliennes flottantes.

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 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.



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.

Le Royaume-Uni tient le haut du pavé en matière de puissance installée, avec près de 50 % des capacités européennes, suivi par l'Allemagne (7,4 GW), le Danemark (1,7 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 fiche n°6 détaille l'état d'avancement de l'éolien en mer en France et en Europe.

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 les prix de l'éolien en mer flottant convergent avec ceux du posé d'ici la fin de la décennie.

Une étude¹ 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 de la puissance des machines, industrialisation) sont le moteur de la réduction des coûts. La maturité de la filière a permis de faire baisser les coûts de financement à partir des années 2015.

Ainsi plusieurs États européens ont 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 socioéconomiques 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.

Vue d'ensemble des parcs éoliens en mer raccordés 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	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	2,0	1	0	0
Total	110	22 072	5 047	3 623	502

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

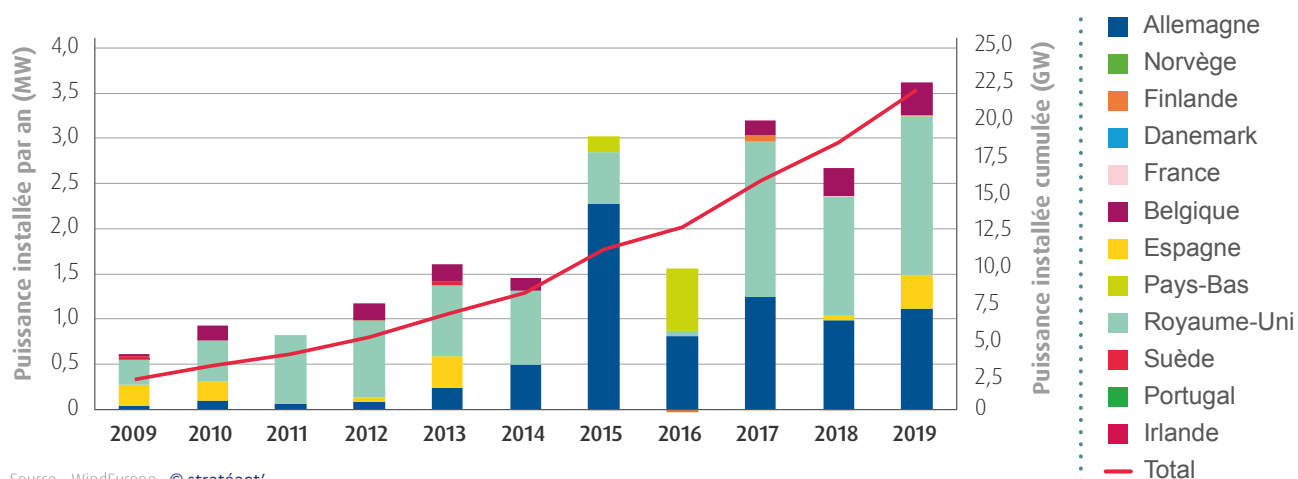
¹ <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/innovations-dans-l-eolien-rapport-final.pdf>

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 (qui a depuis été déclarée en défaut de paiement et a vu une part de ses actifs rachetés par Siemens-Gamesa Renewable Energy) et GE Renewable Energy.

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 en Europe sur cette technologie. La concurrence mondiale est toutefois forte, avec un intérêt particulier de pays comme le Japon, les États-Unis et 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 des projets d'éoliennes flottantes au sud de la Bretagne et en Méditerranée dans les années à venir.

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



Source : WindEurope. © stratéact'

Les projets de fermes flottantes dont la mise en service interviendra à horizon 2023

Pays	Parc éolien flottant en mer	Puissance (MW)	Type de flotteur	Nombre et modèle des turbines	Date prévisionnelle de mise en service
France	EolMed	30,0	Barge	3 x V164-10MW (MHI Vestas)	2023
	Provence Grand Large	25,2	Plateforme avec ancrage à lignes tendues	3 x 8,4MW (Siemens Gamesa RE)	2023
	Éoliennes flottantes du golfe du Lion	30,0	Semi-submersible	3 x V164-10MW (MHI Vestas)	2023
	Éoliennes flottantes de Groix/Belle-Île	28,5	Semi-submersible	3 x V164-9,5MW (MHI Vestas)	2023
Grande-Bretagne	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



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 concrétisation 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. Elle 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 novembre 2019, la plus grande usine de fabrication de pales pour l'industrie éolienne a été inaugurée à Cherbourg par LM Wind Power. L'usine compte à mi-2020 plus de 300 collaborateurs et a engagé le recrutement de 250 nouveaux employés d'ici début 2021. À terme, ce sont près de 600 emplois directs et 2 000 emplois indirects que l'entreprise envisage de créer.

D'autres déploiements industriels devraient se concrétiser prochainement avec :

- ~ la création, au Havre, d'ici fin 2021-début 2022, 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, d'une partie de l'assemblage des composants et à 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.

Au-delà de ces nouvelles implantations, 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).

Aussi bien en région Occitanie qu'en région Provence-Alpes-Côte d'Azur, l'éolien en mer flottant représente une opportunité économique et industrielle. De nombreuses entreprises du territoire ont déjà été mobilisées dans les phases amont des projets (bureaux d'études environnement, caractérisation de sites...). C'est aussi une opportunité pour des entreprises appartenant à des secteurs différents (aéronautique, automobile, ferroviaire, etc.) qui peuvent diversifier leur offre en s'appuyant sur des expertises et des savoir-faire reconnus et répondant aux besoins de la filière.

Anticipant les besoins des projets éoliens flottants, 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 des éoliennes en mer posées comme flottantes (par exemple, la production ou l'assemblage des fondations). En 2019, 3 064 emplois directs étaient recensés pour les énergies marines renouvelables en France, consacrés à plus de 87 % à l'éolien en mer, selon l'Observatoire des énergies de la mer.

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

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 quai, 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.

La compétitivité de la technologie flottante nécessite le développement d'usines à même de construire des flotteurs en masse. Ce type d'installation n'existe pour le moment nulle part dans le monde. La France s'est positionnée pour développer de telles infrastructures, à destination du marché français et export, mais la concurrence avec des pays comme la Corée du Sud, la Chine ou l'Espagne sera rude.

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 ;
- ~ production et installation des turbines et de leurs composants (identiques à l'éolien en mer posé) ;
- ~ fourniture 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 Energies ou Eiffage Metal).
- ~ fourniture d'équipements électriques (contrôle, instrumentation, automatisation, détecteurs, mesure de tension des chaînes, mesure des mouvements du système, données météo) ;
- ~ fourniture de systèmes de contrôle et d'acquisition de données (data center), logiciels spécialisés ;
- ~ 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, susceptibles d'alimenter à la fois le marché domestique et le marché 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. Des investissements conséquents ont notamment été alloués à ce titre au développement des capacités de Port-la-Nouvelle. La région Occitanie a investi 230 millions d'euros dans l'agrandissement du port et dans la réalisation d'infrastructures adaptées à la construction, l'assemblage, l'exploitation et la maintenance des futures fermes pilotes et commerciales. Le grand port maritime de Marseille (GPMM) prévoit un plan d'investissement de 100 à 120 M€ pour la création de 3 sites (site 1 : réception et stockage des composants, site 2 : hub d'assemblage lourd avec une plateforme comprenant un linéaire de quai de 700 m et d'une surface de 20 à 50 ha, site 3 : site d'assemblage et de fabrication des flotteurs – site qui comprendra a minima un quai de 200 m et une surface attenante de 20 à 50 ha).

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 prédiction des ressources et l'estimation des productibles, les systèmes d'instrumentation (senseurs 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.