Les énergies renouvelables en mer

Messages clés :

- En France, la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (2015) fixe un objectif à 40 % la production d'électricité d'origine renouvelable d'ici à 2030
- La filière d'énergie renouvelable en mer la plus développée, en France comme à l'Étranger, est la filière éolienne en mer
- Depuis 2012, 4 fermes pilotes et 12 projets commerciaux éoliens en mer ont été lancés sur les quatre façades métropolitaines
- En 2021, selon les acteurs de la filière, l'éolien en mer en France représenterait déjà plus de 6 500 emplois et 1,3 Milliard d'euros.

En 2018, l'énergie nucléaire représentait 72 % de la production française et le thermique à combustible fossile 7% (bilan électrique RTE de 2018). 20 % de la production totale d'électricité en France était d'origine renouvelable : 57 % assurée par l'hydroélectricité, 25 % par l'éolien terrestre, 9 % par le solaire et 9 % par les bioénergies.

Le foisonnement des productions en utilisant plusieurs technologies permet d'assurer la sécurité d'approvisionnement. L'atteinte de l'objectif de 40 % d'électricité produite à partir d'énergies renouvelables nécessite de mobiliser l'ensemble des filières. En particulier, l'éolien en mer est une composante capitale de ce futur mix énergétique puisque le gisement est important, que le vent est plus fort et plus régulier qu'à terre, que les espaces en mer permettent d'installer un plus grand nombre d'éoliennes et de plus grande taille, et qu'il s'agit d'une filière compétitive.

Dans le cadre de la diversification de son système énergétique, la France s'est fixé des objectifs ambitieux en matière de développement des énergies renouvelables (EnR) en cohérence avec les objectifs européens. Les énergies renouvelables en mer, en particulier l'éolien en mer, sont une composante capitale de ce futur mix énergétique.

1 Échelle nationale

1.1 Description générale de l'activité

Plusieurs technologies permettent d'exploiter les énergies renouvelables en mer. Elles peuvent être classées en deux catégories :

- **Les énergies marines renouvelables (EMR)**

Ces énergies exploitent directement l'énergie des océans : L'**hydrolien** exploite l'énergie des courants marins, le **houlomoteur** capte l'énergie de la houle, le **marémoteur** exploitant l'énergie des marées, l'**énergie thermique des mers** exploite le différentiel de températures entre les eaux de surface et de profondeur pour produire de l'énergie ou faire fonctionner des systèmes de climatisation, l'**énergie osmotique** tire parti des différences de salinité entre l'eau douce et l'eau de mer. Chacune de ces filières a un degré de maturité et des perspectives de développement spécifiques à plus ou moins long terme. À l'échelle mondiale, on compte plusieurs centaines d'entreprises spécialisées développant des concepts d'EMR, réparties dans une trentaine de pays (Europe, Asie, Amériques principalement) dont plusieurs ont développé des centres d'essais en mer spécialisés permettant de tester le déploiement en mer des prototypes.

L'usine marémotrice de la Rance de 240 MW, mise en service en 1966, est aujourd'hui le seul projet commercial d'EMR en France, et le développement d'autres projets marémoteurs n'est pas envisagé

à court terme, notamment au regard des enjeux environnementaux importants présentés par cette technologie

- **Les énergies renouvelables en mer**

Elles sont également localisées en mer, mais elles captent d'autres sources d'énergie que celle des océans : l'**éolien en mer** et le **solaire photovoltaïque** pouvant être installé sur des supports flottants.

La filière la plus développée, en France comme à l'étranger, est celle de l'**éolien en mer** qui concentre la majeure partie des projets actuels ou à venir et des objectifs de production. L'**éolien posé en mer** est la technologie la plus mature et concerne les premiers projets attribués en Atlantique et en Manche. Les turbines éoliennes peuvent également être installées sur des structures flottantes, permettant une installation à des profondeurs plus importantes.

La filière de l'**éolien flottant**, moins mature que celle du posé, présente un potentiel de développement important en France. Il existe aujourd'hui plusieurs centrales solaires flottantes installées sur des lacs artificiels. En mer, plusieurs démonstrateurs ont été déployés en Méditerranée et recherche des synergies avec l'éolien en mer, notamment sur la mutualisation des raccordements électriques.

1.2 Objectifs et perspectives de développements

Au niveau européen

La directive énergies renouvelables de 2009 (2009/28/EC), révisée en 2018 (2018/2001) , fixe un objectif de **32 % d'énergies renouvelables dans le mix énergétique en 2030**.

La Commission européenne a récemment proposé de relever cet objectif à 40 % (Fit for 55 – 2021) puis à 45 % (REPowerEU – 2022). Un accord provisoire en mars 2023 fixe la cible à un minimum de 42,5 % d'énergies renouvelables dans le mix énergétique en 2030, et devrait conduire à une nouvelle législation européenne.

Concernant spécifiquement les énergies renouvelables en mer, la Commission Européenne a proposé en 2020 une stratégie (COM(2020) 741 final[11]) et des **objectifs de capacité installée de 60 GW en 2030 puis 300 GW en 2050 pour l'éolien en mer** à l'échelle européenne Fin 2022, la capacité cumulée d'éolien en mer s'élevait à 16 GW dans l'UE-27. Le Royaume-Uni, dont les capacités installées atteignent aujourd'hui 14 GW, dispose de son propre objectif de 50GW d'éolien en mer à 2030, dont 5 GW d'éolien flottant.

Au niveau français

En **France**, la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte, adoptée en 2015, fixe un objectif à **33% de la consommation énergétique d'origine renouvelable** d'ici à 2030**,** et **40 % concernant la production d'électricité**. De plus, la loi énergie-climat de 2019 fixe l'atteinte de la neutralité carbone à l'horizon 2050, ce qui implique de décarboner et diversifier le mix énergétique notamment via le développement des énergies renouvelables.

La **programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE)** est l'outil de pilotage de la politique énergétique et établit les priorités d'action du Gouvernement en matière d'énergie pour les 10 années à venir. La PPE actuelle, qui couvre les périodes 2019-2023, et 2024-2028.

1https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/offshore_renewable_energy_strategy.pdf

Pour l'éolien en mer, elle fixe un objectif de **2,4 GW de capacité installée en 2023, et entre 5,2 et 6,2GW en 2028**, tout en précisant le calendrier des appel d'offres et leur localisation.

En 2023, une **loi de programmation sur l'énergie et le climat (LPEC)** doit être adopté pour fixer les grands objectifs de la Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) et de la Stratégie nationale bas-carbone (SNBC). Cette nouvelle loi précisera notamment les objectifs de développement des énergies renouvelables pour l'électricité et de diversification du mix de production d'électricité pour deux périodes successives de 5 ans.

La programmation pluriannuelle de l'énergie sera ensuite révisée dans les 12 mois en cohérence avec la LPEC. Concernent les parcs éoliens en mer, les objectifs quantitatifs 2024-2028 et 2029-2033 pourront également être exprimés par façade maritime. Cette évolution a été introduite en 2021 par la loi climat-résilience.

1.3 Chiffres nationaux et tendances

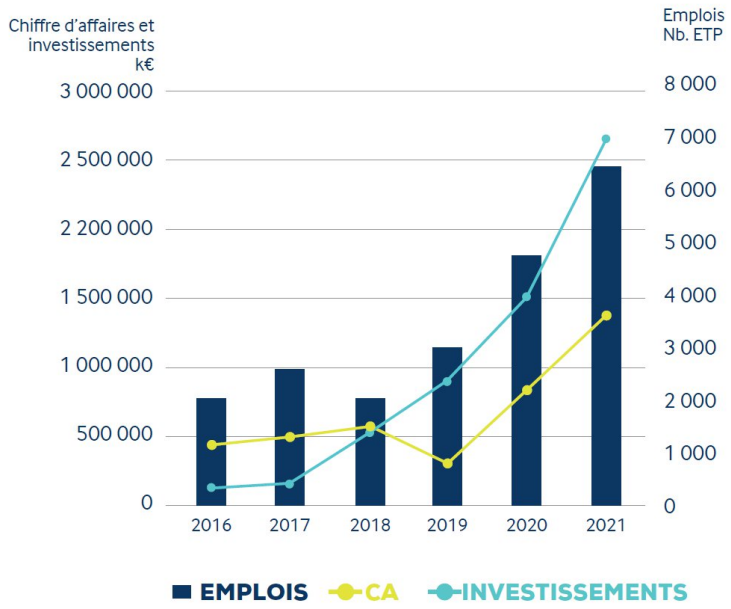
Essentiellement tournée vers la R&D et le marché à l'export jusqu'en 2019, la filière éolienne française a connu une forte croissance à partir de cette date avec le lancement des chantiers sur les premiers parcs commerciaux (Saint-Nazaire en 2019 ; Saint-Brieuc et Fécamp en 2020 ; Courseulles-sur-Mer en 2021) et pilotes mobilisant en partie des entreprises françaises sur des opérations de construction d'équipements (fondations, nacelles, pales…). Cette dynamique d'investissements massifs, créatrice d'emplois particulièrement dans les régions accueillant les nouveaux parcs, est également alimentée par les besoins de développement d'infrastructures de production et portuaires.

En 2021, selon les acteurs de la filière, **l'éolien en mer en France représenterait déjà plus de 6 500 emplois**[22], soit une augmentation de +59 % en 2020 et +36 % en 2021. Si la majeure partie de l'activité générée par la filière, et donc des emplois induits, est localisée au niveau des façades maritimes accueillant les projets de parcs, plus de 1 100 emplois sur les 6 500 recensés en 2021 sont localisés en Île-de-France et correspondent à l'activité des sièges sociaux des entreprises de la filière, principalement les développeurs exploitants. Cette dynamique est portée par des investissements massifs de plus de 2,5 Md€ en 2021 (+ 76 % par rapport à 2020, déjà une année record avec prés de 1,5 Md€ investis), principalement réalisés par les développeurs et exploitants dès 2017. **Le chiffre d'affaires est également en forte croissance (+ 173 % en 2020 et + 65 % en 2021) pour atteindre plus de 1,3 Md€ en 2021**, principalement réalisé par les prestataires fortement mobilisés sur les chantiers de construction des nouveaux parcs.

La volonté de l'État de planifier un développement soutenu et continu de la filière éolienne en mer, traduit notamment par l'objectif de 2GW d'attribution par an du pacte éolien en mer devrait permettre la croissance des investissements et des retombées en termes d'emplois et de chiffre d'affaires dans les années à venir.

Le marché à l'export reste une perspective pour la filière française pour certains composants. À ce jour, près d'un tiers des capacités de production européennes en composants (turbines, pales et sous-stations électriques) sont localisées en France[33].

2https://merenergies.fr/media/Synthese-OEM-2022-FR-A4.pdf
3https://merenergies.fr/media/Synthese-OEM-2022-FR-A4.pdf



Source : Observatoire des énergies de la mer

1.4 Structuration du secteur EMR

En 2021, selon les acteurs de la filière, 500 entreprises[44] et organisations ont été identifiées comme s'intéressant aux énergies de la mer[55] et représentent différents maillons de la chaîne de valeur :

- les organismes de recherche et de formation : Établissements publics ou semi-publics, conduisent des projets R&D permettant d'améliorer l'efficacité et la compétitivité de la filière, ainsi que les performances environnementales et sociétales des projets.
- les développeurs et exploitants : Maîtres d'ouvrage porteurs des projets de parc commerciaux et de raccordement, en réponse aux appels d'offres publiés par l'État.
- les prestataires et fournisseurs : Entreprises dont les activités industrielles ou de service sont très variées, de la réalisation d'études en amont des projets à la production et l'installation de composants.
- les acteurs institutionnels, collectivités et gestionnaires de port : acteurs accompagnant le développement et la structuration de la filière aux échelles nationale, régionale et locale et fournissant les infrastructures nécessaires au déploiement des projets.

4 Également comptabilisées au titre de l'Activité Travaux publics maritimes
5https://merenergies.fr/media/Rapport-OEM-2022.pdf

	Organismes de recherche et/ou formation	Développeurs Exploitants	Entreprises prestataires et/ou fournisseurs de la chaîne de valeur	Acteurs institutionnels et gestionnaires de port	TOTAL
Nombre d'ETP* *emplois équivalent temps plein 2021	264 (+14%*)	735 (+28%)	5 530 (+39%)	62 (+6%)	6 591 (+36%)
Chiffre d'affaires 2021 (k€)	11 009 (=)	705 (-92%)	1 346 486 (+67%)	24 900 (+286%)	1 383 100 (+65%)
Investissements 2021 (k€)	3 166 (-27%)	2 223 788 (+81%)	270 179 (+76%)	68 520 (+4%)	2 565 653 (+76%)
Répondants	20 (-17%)	17 (-15%)	201 (-7%)	27 (-13%)	265 (-9%)

*% d'évolution sur un an

Source : Observatoire des énergies de la mer

Les usines

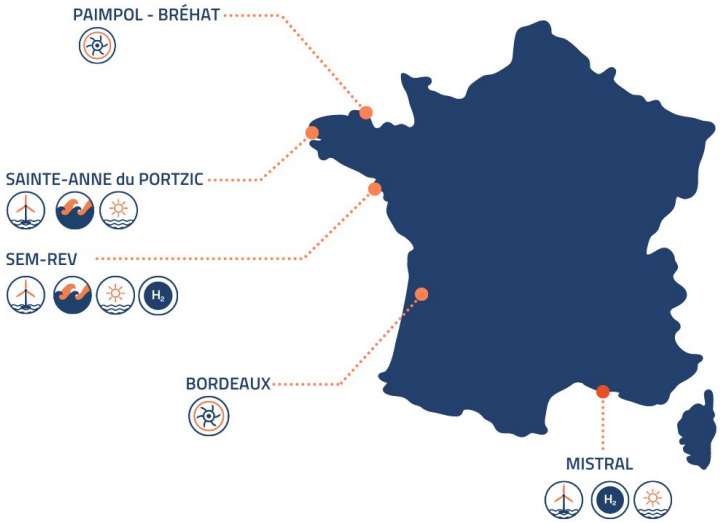
En France, la concrétisation des sept premiers parcs éoliens en mer engagés depuis 2012 a conduit au développement et à la structuration d'une filière industrielle nationale de l'éolien en mer. Ainsi, plusieurs déploiements industriels ont eu lieu sur le territoire :

- Création en 2014 de l'usine General Electric Renewable Energy de fabrication de nacelles et de générateurs à Saint-Nazaire. Avec le centre d'ingénierie à Nantes, cela représente plus de 700 emplois.
- Création en 2019 de l'usine de fabrication de pales LM Wind Power à Cherbourg. Elle compte aujourd'hui 600 salariés.
- Création début 2022 au Havre d'une usine de fabrication de nacelle et de pales Siemens Gamesa. Elle compte aujourd'hui 500 emplois.

- 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 la préparation des travaux en mer.
- Création des bases de maintenance à proximité des zones d'installation des parcs éoliens en mer. Chacune de ces bases représente une centaine d'emplois

Sites d'essais en mer

Créée en mars 2023, la Fondation OPEN-C fédère les ressources et infrastructures d'essais en mer dans les domaines de l'éolien flottant, l'hydrolien, le houlomoteur, l'hydrogène en mer et le photovoltaïque flottant, devenant ainsi le plus grand centre d'essais en mer européen. Elle regroupe un ensemble de cinq sites en mer sur l'ensemble des façades maritimes de l'hexagone, et prévoit de créer le premier site de « grande puissance » en France. Ces sites sont dédiés aux tests des prototypes les plus innovants et permettront à plusieurs innovations majeures mondiales de se fiabiliser dans les prochaines années, dont les essais d'éoliennes flottantes de seconde génération, la production d'hydrogène vert en mer ou encore les tests de systèmes photovoltaïques flottants.



Cartographie des sites d'essais en mer (Source : Cerema)

Les ports, acteurs incontournables du développement de la filière.

Le fret pétrolier constitue la première marchandise en tonnage pour certains ports français et contribuent aujourd'hui très largement à leurs budgets. Cependant, son déclin à moyen terme conduit les ports à chercher de nouveaux secteurs pour remplacer ces activités.

La stratégie nationale portuaire (SNP), adoptée en janvier 2021, met d'ailleurs en exergue l'impératif de développer de nouveaux relais de croissance portuaires en lien avec la transition énergétique. À ce titre, le développement de l'éolien en mer constitue une filière d'avenir et représente une bonne opportunité de reconversion pour plusieurs ports à même d'offrir les infrastructures nécessaires.

Certains ports français sont d'ailleurs déjà très actifs dans le transport d'éléments d'éolienne terrestre – comme les pales – dans les énergies marines renouvelables et en particulier l'hydrolien, ou depuis quelques années dans l'éolien en mer posé avec la construction des premiers parcs. Ces premiers chantiers ont démontré la capacité de la France à offrir les infrastructures adéquates et les usines nécessaires.

Qu'ils soient de compétence nationale (Grands Ports Maritimes) ou régionale (Ports décentralisés), ils occupent donc une place stratégique dans le développement de la filière. Ils peuvent héberger des usines de fabrication de composants comme à Cherbourg et au Havre (nacelles et pâles), jouer le rôle de hub logistique lors des chantiers de construction des parcs comme à Saint-Nazaire, la Rochelle ou Brest.

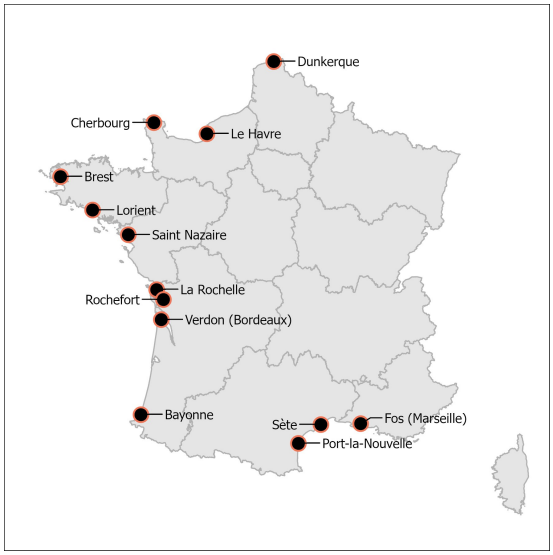
Les investissements pour positionner les ports sur le marché des EMR sont cependant extrêmement lourds, parfois supportés par les collectivités régionales. Les investissements réalisés ou engagés par les principaux ports depuis le début des années 2010, pour accueillir des activités liées à l'éolien en mer étaient estimés en 2020 à plus de 600 M€[66]. Ce chiffre est en progression et devrait dépasser 1 Md€ à l'horizon 2030.

Un enjeu important porte sur le développement de la coopération entre ports pour s'articuler autours des différentes phases et opérations d'un même projet (construction, assemblage, installation des éléments), en concertation avec les développeurs qui restent maîtres de leurs schémas logistiques.

---

6 Également comptabilisées au titre de l'Activité Travaux publics maritimes
http://www.port.fr/sites/default/files/fichiers/les_ports_francais_acteurs_du_deploiement_des_EMR-VF.pdf

Certains ports serviront également de base de maintenance des parcs en phase d'exploitation. Cette activité, bien que générant une activité moindre par rapport aux chantiers de construction des parcs, s'inscrit sur une durée plus longue et ne nécessite que peu d'infrastructures spécifiques.



Carte des ports métropolitains mobilisables pour l'éolien en mer (Source – Cerema)

Clusters et groupements d'entreprises en région

Les différentes régions maritimes ont soutenu l'émergence de cluster d'entreprises (ou branche de cluster existant) portant sur les énergies marines : la Bretagne (Bretagne Ocean Power), les Pays de la Loire (Neopolia), la Normandie (Normandie Maritime), la Nouvelle-Aquitaine (Aquitaine Blue Energies), l'Occitanie (Wind'Occ) et la Région Sud (Sudeole).

Ces clusters ont vocation à faire travailler ensemble les entreprises de la filière à l'échelle régionale et à les appuyer dans leur développement. Ils promeuvent également le développement des filières locales, avec notamment l'élaboration d'une charte pour l'engagement des développeurs exploitants à inclure les TPE-PME et ETI locaux dans le développement des projets industriel[77].

En avril 2023, ces clusters ont annoncé leur regroupement sous une bannière commune : **France Offshore Renewables**. Cette alliance regroupe plus de 500 entreprises françaises.

L'éolien flottant, opportunité de développement industriel en France.

Le développement de l'éolien en mer en Europe concernait jusqu'à présent exclusivement des technologies « posée » sur les fonds marins, essentiellement sur des fondations de type « monopieu » particulièrement adapté dans les zones où la profondeur est faible, généralement moins de 40 mètres, comme c'est le cas dans une large partie de la mer du Nord par exemple.

A l'inverse, les zones où la profondeur est inférieur à 40 ou 50 m sont relativement réduites sur la façade Atlantique et la Méditerranée, ce qui limite de développement de l'éolien « posé » pour des raisons techniques et économiques.

En s'affranchissant des contraintes liées à la profondeur des fondations, l'éolien flottant élargit les potentiels de gisements. C'est pourquoi la France a soutenu sa montée en puissance dès 2015 en

7 https://bretagneoceanpower.fr/charte-dengagement-du-contenu-local-industriel-pour-une-filiere-made-in-france/

lançant l'appel à projets EolFlo visant l'accompagnement du développement de fermes pilotes d'éoliennes flottantes à l'échelle 1.

L'éolien flottant étant une technologie moins mature et non encore déployée à l'échelle commerciale dans le monde, les opportunités industrielles sont importantes pour la France. Dans le monde, il n'existe aujourd'hui pas d'infrastructures de production à même de fournir le marché conséquent de l'éolien flottant à venir. Considérant son avance dans l'attribution de volumes éolien flottant à l'échelle commerciale, l'État souhaite que la France devienne une nation clef de la production de flotteurs et de l'intégration de turbines à quai. Cet objectif nécessite la construction d'infrastructures portuaires spécifiques (quais lourd, grues...) ainsi qu'un important foncier disponible.

La construction en cours de ces fermes flottantes pilotes offre un premier retour d'expérience. Toutefois, le développement de l'éolien en mer flottant doit encore relever le défi de l'industrialisation, et devrait être encore plus gourmand que le posé en termes d'espace et d'infrastructures dans les ports.

Les dimensions et poids des pièces et structures mises en œuvre dans la construction d'éoliennes en mer impose la fabrication et l'assemblage au niveau des ports. Les besoins en foncier et en infrastructures nécessaires à ce type d'activités sont importants (terre-pleins de plusieurs dizaines d'hectares dont une partie bord à quai, quais lourds pouvant supporter plusieurs dizaines de tonnes au mètre carré…).

Dès lors, l'État s'attache à favoriser l'émergence d'une offre de construction industrielle de flotteurs et d'installation de turbines sur des flotteurs à l'échelle des façades maritimes (Atlantique et Méditerranée) dans le but de fournir les parcs français et étrangers, de pérenniser des emplois dans les ports français tout en participant à leur reconversion écologique.

Des besoins important en main d'œuvre formée

En 2020 et 2021, plus d'un tiers des entreprises du secteur déclaraient avoir des difficultés à recruter de la main d'œuvre qualifiée sur leurs métiers spécifiques. Face à cet enjeu, les régions ont commencé à se mobiliser en créant des groupes de travail sur l'emploi et la formation dans le domaine des EMR.

Les industriels créent également par eux-mêmes des centres de formation.Par exemple :

- Union des Industries et Métiers de la Métallurgie (UIMM) / AFPA / Siemens Gamesa au Havre pour former des opérateurs usine
- UIMM / AFPA / GE renewable energy à Nantes-Saint Nazaire et à Cherbourg sur les métiers de mécaniciens et opérateurs de production)

Ils nouent également des partenariats avec des établissements scolaires professionnels (Lycées pro, IUT…).

1.5 Les politiques publiques et réglementations

La planification de l'éolien en mer

Pour les 6 premiers parcs, attribués entre 2012 et 2014, deux appels d'offres avaient été lancés par les ministres en charge de l'énergie après que les zones aient été identifiées et concertées localement sous l'égide des Préfets. Le lauréat de chaque appel d'offres était ensuite responsable, en tant que maître d'ouvrage, de la saisine de la Commission nationale du débat public (CNDP) et de la réalisation des études de caractérisation du site d'implantation.

Le processus de développement d'un projet éolien en mer a été profondément réformé par la loi du 10 août 2018 pour un État au service d'une société de confiance, dite loi ESSOC.

La consultation du public a maintenant lieu avant la mise en concurrence, sous l'égide de la CNDP saisie par l'État en tant que maître d'ouvrage. Désormais, la consultation ne porte pas sur un projet précis présenté par un lauréat, mais sur la localisation du projet qui sera décidée *in fine* par l'État. Ayant lieu très en amont, cette consultation permet d'envisager des options beaucoup plus ouvertes, sur la localisation du ou des parcs et sur leurs caractéristiques notamment. Entre 2019 et 2022, quatre débats publics et une concertation préalable ont ainsi été organisés concernant des projets de parcs éoliens en mer.

Depuis 2020, la loi d'accélération et simplification de l'action publique (ASAP) permet également la mutualisation des débats publics sur l'éolien en mer. Autrement dit, ces débats pourront porter sur plusieurs projets éoliens en mer sur une même façade maritime et sur plusieurs années. .

Avec la loi d'accélération de la production d'énergies renouvelables (APER) de 2023, il est désormais possible de mutualiser les débats publics sur le développement de l'éolien en mer et sur les documents stratégiques de façade (DSF), documents de référence sur la planification maritime. Cette disposition doit permettre d'améliorer la cohérence de la planification maritime et de donner une visibilité pluriannuelle du développement de l'éolien en mer.

La mise en concurrence

A la suite du débat public, le ministre chargé de l'énergie décide du lancement d'une procédure de mise en concurrence, généralement sous forme d'un dialogue concurrentiel mené avec des candidats sélectionnés sur la base de leurs capacités techniques et financières . Cette mise en concurrence s'appuie sur des études techniques et environnementales directement réalisées par l'État et RTE et non pas les porteurs de projet, comme prévue par la loi ESSOC qui permet à l'État de réaliser ces études pour la zone restreinte en amont de la mise en concurrence.

Le projet lauréat est ensuite soumis à étude d'impact environnementale puis à enquête publique, à l'image de tout autre projet d'aménagement.

Enfin, les demandes d'autorisation (occupation du Domaine Public Maritime, au regard des impacts environnementaux, au titre des prescriptions en matière d'urbanisme) sont soumises par le porteur de projet avant lancement des travaux. La loi ESSOC prévoit que les autorisations administratives relatives à un parc éolien en mer et son raccordement puissent présenter des caractéristiques variables, notamment en matière de puissance, de nombre et de gabarit des éoliennes, dans des limites maximales précisées par les autorisations. Ces nouvelles dispositions permettent aux porteurs de projet et à RTE d'adapter leurs ouvrages aux évolutions technologiques disponibles , sans avoir à modifier leurs autorisations ou à en solliciter de nouvelles.

Dispositifs de soutien

En France, un projet éolien en mer se voit attribué après une procédure de mise en concurrence. Le lauréat de cette procédure de mise en concurrence bénéficie alors d'un dispositif de soutien, qui permet au producteur de couvrir les coûts de son installation et d'assurer une rentabilité normale du projet.

Les 6 premiers parcs, attribués entre 2012 et 2014, bénéficient d'un dispositif d'obligation d'achat. La production est achetée par EDF Obligation d'Achat à un tarif d'achat fixé à l'avance, puis vendu sur le marché. L'Etat compense la différence de prix. Si le prix du marché est supérieur, les bénéfices reviennent au budget général de l'Etat.

Depuis 2018, un dispositif de complément de rémunération a été introduit. Le producteur commercialise son électricité directement sur les marchés. Si le tarif du marché de l'électricité est inférieur à un tarif cible fixé lors de l'appel d'offre, la différence est compensée au producteur par l'État. Si le tarif du marché est supérieur à ce tarif cible, la différence est reversée à l'État par le producteur.

Fiscalité

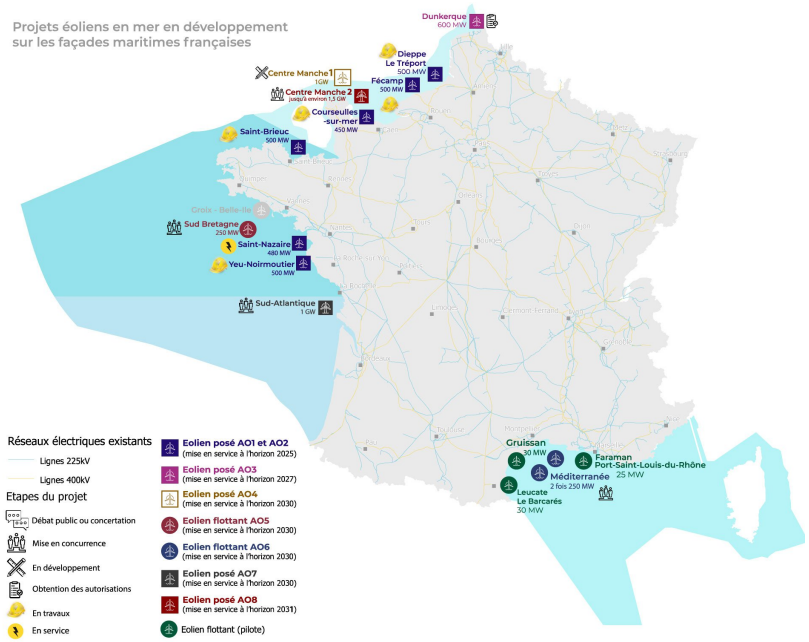
D'une part, les exploitant de parcs sont soumis à une redevance sur le Domaine public maritime (DPM) ou en zone économique exclusive (ZEE), calculée selon le nombre d'éoliennes implantées et la puissance du parc, et reversée au budget de l'État (DPM) ou directement à l'Office Français de la Biodiversité - OFB (ZEE).Une exonération de la redevance est toutefois possible sur la période du contrat de complément de rémunération.D'autre part, une taxe sur l'éolien en mer est instaurée, calculée par rapport à la puissance des parcs (18 605€/MW en 2022). Sur le DPM, cette taxe est reversée pour moitié aux communes littorales d'où les projets sont visibles, à 35 % aux commités des pêches, à 10 % à l'OFB et à 5 % aux organismes de secours et de sauvetage en mer. Pour un parc en ZEE, cette taxe est versée au budget général de l'État. L'exposé des motifs de l'amendement qui a instauré cette taxe en ZEE prévoit qu'elle soit affectée « à des actions relatives à la connaissance et la protection de la biodiversité marine, à l'exploitation et la transformation durable de produits halieutiques, au développement d'autres activités maritimes et à la sûreté maritime ».

Plans d'investissement

Dans l'objectif de développer une filière française de l'éolien flottant compétitive, le plan de relance « France 2030 », deux Appels à Manifestation d'Intérêt (AMI) ont été lancés par l'ADEME en 2022 concernant le développement des infrastructures portuaires et de la filière de l'éolien flottant. Ces deux AMI ont pour objectif d'identifier les projets se positionnant sur la filière (évolutions d'infrastructures portuaires et projets industriels de production d'équipements) et de les appuyer dans leur structuration. Ces AMI sont suivis en 2023 d'appels à projets pour le soutien opérationnel aux projets industriels de la filière.

2 État des lieux à l'échelle de la façade maritime

Depuis 2012, 4 fermes pilotes et 12 projets commerciaux ont été lancés sur les quatre façades métropolitaines.



Projets éoliens en mer en développement sur les façades maritimes françaises (source : Cerema)

La façade MEMN est particulièrement concernée par le développement de l'éolien en mer, avec plusieurs parcs en cours de construction ou de développement.

Les parcs attribués

	État en 2023	Technologie	Nombre d'éoliennes	Puissance totale	Appel d'offre dont le projet est issu	Date prévisionnelle de début des travaux	Date prévisionnelle de mise en service
Fécamp	Installation en mer	Posé	71	497 MW	AO1 (2012)	2020	2023
Courseulles-sur-Mer	Installation en mer	Posé	64	448 MW	AO1 (2012)	2021	2024
Dieppe-Le Treport	Composants en construction	Posé	62	496 MW	AO2 (2014)	2021	2025
Dunkerque	En cours d'autorisation	Posé	46	600 MW	AO3(2016)	2024	2027

Les projets en cours de développement

	État en 2023	Technologie	Puissance totale	Appel d'offre dont le projet est issu	Date prévisionnelle de mise en service
Centre Manche 1	Lauréat annoncé début 2023	Posé	1GW	AO4 (2021)	2030
Centre		Posé	1,5GW	AO8 (2023)	2031

manche 2	Mise en concurrence				

Outre l'éolien en mer, deux projets de fermes hydroliennes pilotes sont prévus au niveau du Raz Blanchard dans le Cotentin, pour une puissance installée de 17,5 MW et 12 MW à l'horizon 2025.

A l'échelle de la façade, les acteurs de la filière estiment à 2415 le nombre d'ETP en 2021[88], dont la majeure partie (2266) en Normandie, devenue la première région de France en termes d'emploi dans la filière, bénéficiant du lancement des chantiers des premiers parcs.

Les investissements réalisés sur la façade étaient de l'ordre de 960 M€ en 2021, essentiellement de la part des développeurs exploitants pour la mise en chantiers des premiers parcs. Le chiffre d'affaires était quant à lui principalement porté par les fournisseurs mobilisés sur les chantiers de construction et s'élevait à 205 M€ en 2021 (le chiffre d'affaires des exploitants ne se développant qu'à la mise en service des parcs).

Les principales infrastructures portuaires dédiées à l'éolien en mer sont localisées au Havre et à Cherbourg dont les ports disposent du foncier nécessaire et ont réalisé des investissements dédiés, notamment la construction de quais lourds. À noter que ces deux ports ne disposent pas encore d'infrastructures suffisantes pour se positionner sur le marché de l'éolien flottant, l'assemblage des turbines et flotteurs nécessitant des quais plus longs. Des investissements en ce sens sont envisagés à Cherbourg.

Les principales infrastructures de production industrielles sont logiquement situées sur ces deux ports, avec notamment l'usine de pales GE – LM Wind Power à Cherbourg et l'usine Siemens Gamesa au Havre pour les nacelles et pales. Ces deux usines sont positionnées aussi bien sur le marché des parcs français qu'à l'export. Le port du Havre accueille également en 2021/2022 le chantier des fondations gravitaires du parc de Fécamp. Concernant l'hydrolien, on peut noter l'usine CMN à Cherbourg qui a construit OpenHydro et investit dans Hydroquest.

En phase d'exploitation des parcs, plusieurs autres ports sont positionnés sur les opérations de maintenance : Fécamp, Caen-Ouistreham, Dieppe, Le Tréport, Dunkerque. Si le volume d'activité généré par la maintenance des parcs n'est pas comparable aux opérations de construction et d'installation, ces activités s'inscrivent sur le long terme.

3 Les interactions

3.1 Avec d'autres activités

- Développement portuaire

- Pêche professionnelle

- Trafic maritime

- Extraction de granulats

- Tourisme

La question des co-usages est à l'étude (pêche, aquaculture notamment).

8https://merenergies.fr/media/Rapport-OEM-2022.pdf

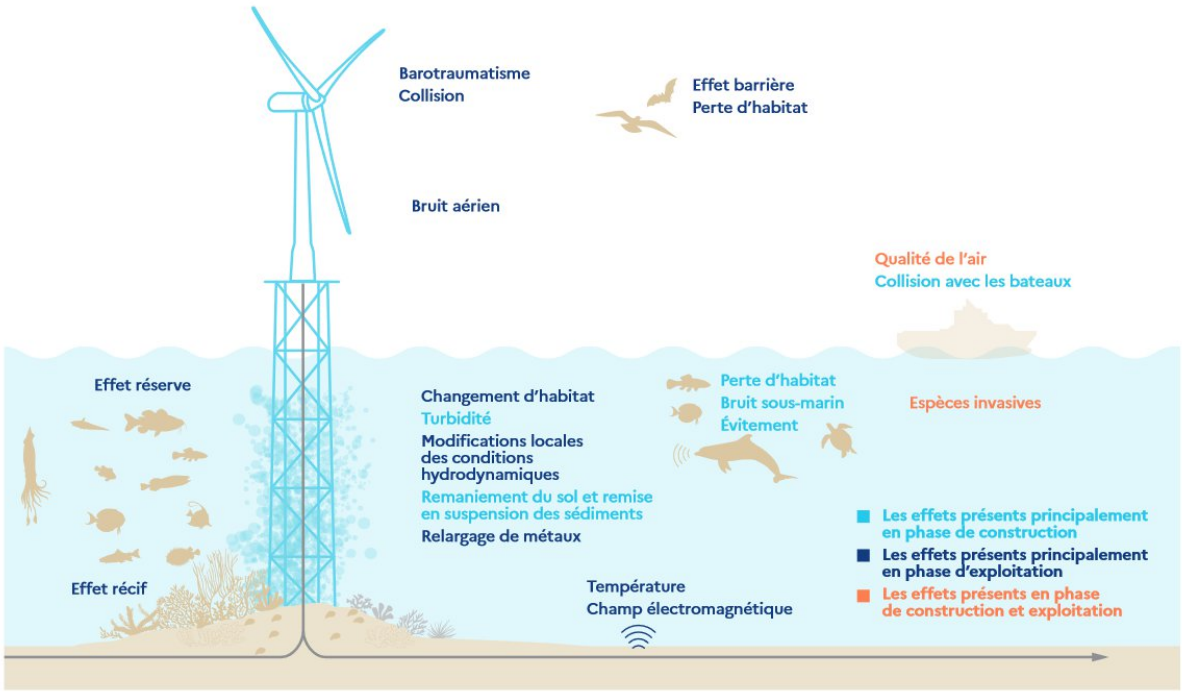
3.2 Avec le milieu marin

3.2.1 Pressions et impacts

Les pressions et les impacts sur l'environnement générés par les EMR varient sur la phase des projets (chantier, exploitation, démantèlement). L'éolien en mer posé étant la seule technologie développée commercialement, les pressions et impacts cités ci-après concerneront exclusivement ce mode de production d'électricité.

L'éolien en mer génère 3 pressions principales[99] illustrées par la :

- Bruit et vibrations durant la phase travaux, liés à l'installation des fondations (battage, forage) et aux trafics des navires (→ **Descripteur 11 du BEE**).
- Modification de l'habitat durant la phase travaux (modification des fonds, remise en suspension des matériaux) et durant la phase d'exploitation (perturbation des régimes hydrosédimentaires, introduction de produits chimiques, champs électromagnétiques, effet récif) (→ **Descripteur 6 du BEE** ; **Descripteur 7 du BEE ; Descripteur 8 du BEE**)
- Effet barrière et collisions pour l'avifaune et les chauves-souris



Effets de l'éolien en mer sur l'environnement marin[1010]

Le premier parc éolien en mer français venant tout juste d'être mis en service à la fin de l'année 2022 (Saint-Nazaire), il est encore trop tôt pour avoir des premières évaluations des effets et impacts générés par cette activité sur les écosystèmes marins en France métropolitaine. Il est toutefois possible de se référer aux suivis réalisés dans les parcs d'Europe du Nord même si ces retours d'expérience présentent des limites du fait des contextes environnementaux différents

9 UICN France (2014). Développement des énergies marines renouvelables et préservation de la biodiversité. Synthèse à l'usage des décideurs. Paris, France.

10 https://www.debatpublic.fr/sites/default/files/2021-09/2021-09_Eolien_mer_Sud_Atlantique_DMO_Fiche16-01.pdf

avec ceux présents en France. Les enseignements que l'on peut retirer après une décennie de suivi des parcs offshore en Belgique sont les suivants : (i) les effets varient selon les parcs ; (ii) 10 ans ont été nécessaires pour discriminer les effets des parcs des effets naturels ; (iii) des comportements d'adaptation de certaines espèces semblent avoir lieu mais sont à confirmer (fou de Bassan, guillemot de Troïl, pingouin torda) ; (iv) l'effet récif ne se limite pas à la fondation et s'étend au substrat meuble (> 200m) ; (v) l'effet récif est favorable aux espèces de poissons mais en densité moindre sur les zones des sédiments meubles sous influence de l'effet récif (à noter que la pêche est interdite dans les parcs belges) [1111].

3.2.2 Dépendance

Les énergies renouvelables marines ne sont pas dépendantes de la bonne santé du milieu marin.

11 Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B. & Vigin, L. (eds). 2021. Environmental Impacts of Offshore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea: Attraction, avoidance and habitat use at various spatial scales. Memoirs on the Marine Environment. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, 104 pp.