



# Quel est l'état d'avancement des énergies renouvelables en mer ?

## Principaux points abordés :

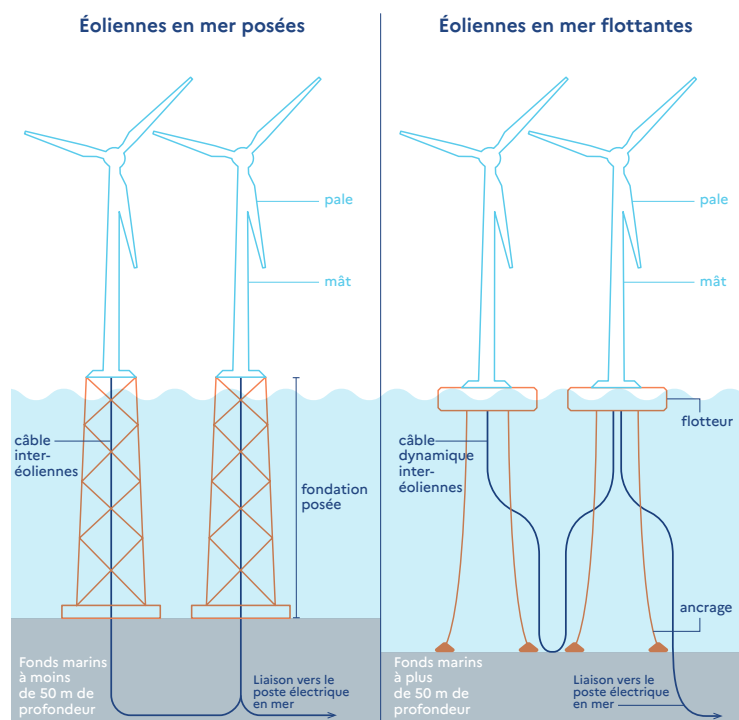
Cette fiche dresse l'état des lieux du développement de l'énergie éolienne en mer (technologie posée ou flottante) ainsi que des autres énergies marines renouvelables en France.

Le développement de l'éolien en mer est au cœur de la stratégie énergétique de la France visant à diversifier sa production électrique, améliorer sa sécurité d'approvisionnement et lutter contre le changement climatique. Les différentes technologies présentées dans cette fiche sont à des stades de développement divers, l'éolien en mer posé étant la plus avancée.

## 1. La technologie de l'éolien en mer

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

- Les éoliennes en mer posées sont des éoliennes qui reposent sur une fondation, elle-même fixée au plateau continental (le sol marin). Ce type de technologie est particulièrement adapté dans les zones où la profondeur est faible, généralement moins de 50 mètres. C'est le cas du projet éolien en Sud-Atlantique présenté en débat public ;
- Les éoliennes en mer flottantes reposent sur des flotteurs reliés au fond par des 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 1000 mètres.



L'énergie éolienne transforme l'énergie mécanique du vent en énergie électrique. Il est à noter qu'une éolienne en mer bénéficie de vents plus fréquents, plus forts et plus réguliers qu'une éolienne à terre. Compte tenu des atouts naturels de son territoire, la France dispose d'un fort potentiel pour le développement de l'éolien en mer : elle bénéficie du deuxième gisement de vent pour l'éolien en mer en Europe, après la Grande-Bretagne. Plusieurs méthodologies peuvent être utilisées pour estimer le potentiel exploitable au large de nos côtes.

Selon l'ADEME, les zones théoriquement exploitables en France 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>.

Par ailleurs, RTE a publié en janvier 2021 une consultation publique sur les scénarios énergétiques permettant d'atteindre la neutralité carbone en 2050. Après une première concertation achevée en juin 2021, le volume d'éolien en mer varierait entre 22 GW et 65 GW à cette échéance selon les scénarios<sup>2</sup>. RTE doit finaliser son étude à l'automne 2021.

À ce jour, le potentiel de développement de l'éolien en mer est concentré majoritairement au large de la Région Hauts-de-France, de la Normandie, de la Bretagne, des Pays de la Loire et au nord de la façade Sud-Atlantique 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.

La fiche 9 présente les caractéristiques techniques d'un parc éolien en mer. Les éoliennes du premier parc éolien en Sud-Atlantique seront posées compte tenu de la bathymétrie dans la zone d'étude. En effet, l'éolien en mer posé est une technologie mature qui existe depuis les années 1990 en Europe et permet de proposer une électricité à un coût compétitif (un prix cible de 60 €/MWh est déterminé pour le projet de parc en Sud-Atlantique). Au vu des rapides progrès technologiques de la filière, la puissance unitaire des turbines pourrait être de 15 MW (contre 6 à 8 MW pour les premières éoliennes en mer françaises).

## 2. Le développement des parcs éoliens en mer en France

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

Le parc éolien en mer de Saint-Nazaire sera le premier à être mis en service en France, en 2022.

De nouveaux projets sont prévus dans les années à venir :

- En Normandie, un parc posé de 1 GW fait l'objet d'une procédure de mise en concurrence pour attribution à un développeur éolien ; un débat public s'est déroulé entre novembre 2019 et août 2020.
- Au sud de la Bretagne, un parc flottant de 250 MW fait également l'objet d'une procédure de mise en concurrence ; un débat public s'est déroulé entre juillet et décembre 2020.

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 avec la PPE 2019-2028.

### 2.1 Première phase

En application 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 ainsi 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, d'une part, des consortiums menés 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

1 Trajectoires d'évolution du mix électrique à horizon 2020-2060 – ADEME : <https://bibliothèque.ademe.fr/energies-renouvelables-reseaux-et-stockage/1173-trajectoires-d-evolution-du-mix-electrique-a-horizon-2020-2060-9791029711732.html>

2 [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)

traduiront par la mise en service des parcs éoliens pour 3 GW entre 2022 et 2026. Les raccordements de ces six projets (hors poste électrique en mer) seront réalisés et financés par RTE.

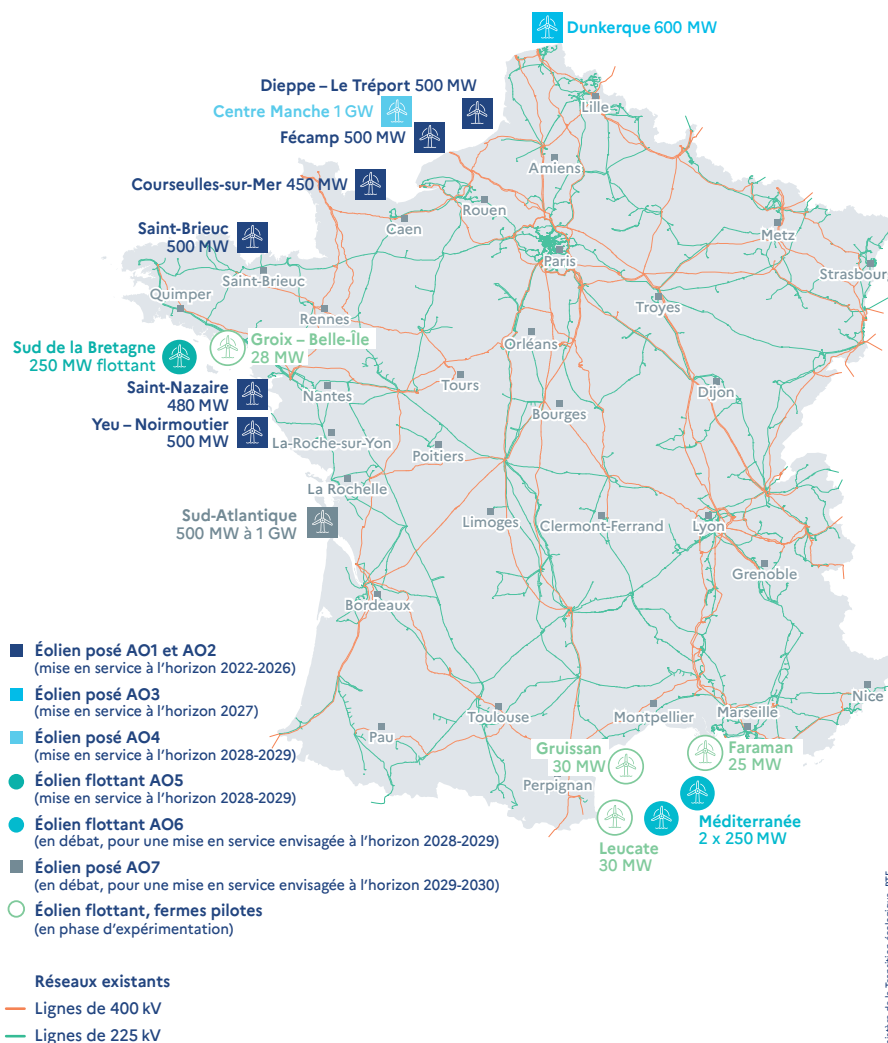
## 2.2 Deuxième phase

La PPE 2016-2023, publiée par le décret du 27 octobre 2016, prévoit sur cette période l'attribution de 500 MW à 6 GW d'éolien en mer posé attribués. Une troisième procédure de mise en concurrence a donc 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.

## 2.3 Troisième phase

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

### Projets éoliens en mer en développement sur les façades maritimes françaises



## Calendrier des projets éoliens en mer en France

Appel d'offres	Parc éolien	État actuel	Date prévisionnelle de mise en service du parc
Premier, attribué en 2012	Banc de Guérande – Saint-Nazaire	Travaux	Fin 2022
	Baie de Saint-Brieuc	Travaux	Fin 2023
	Hautes falaises – Fécamp	Travaux	Fin 2023
	Calvados – Courseulles-sur-mer	Travaux	2024
Deuxième, attribué en 2015	Dieppe – Le Tréport	Développement	2026
	Les deux Îles – Yeu – Noirmoutier	Développement	2026
Troisième, attribué en 2019	Dunkerque	Études et préparation du dossier de demande d'autorisations	2027
Quatrième, lancé en 2020	Centre Manche	Dialogue concurrentiel avec les candidats de la procédure de mise en concurrence	Horizon 2028-2029
Cinquième, lancé en 2021	Sud de la Bretagne	Lancement de la procédure de mise en concurrence avec la publication de l'appel public à la concurrence. Présélection des candidats en vue du dialogue concurrentiel	Horizon 2028-2029
Sixième, à lancer en 2022	Méditerranée	Débat public	Horizon 2028-2029
Septième, à lancer en 2022	Sud-Atlantique	Débat public	Horizon 2029-2030

## 3. Les autres énergies marines renouvelables en France

Au-delà des filières éoliennes en mer, d'autres énergies renouvelables peuvent être installées en milieu marin. Elles sont cependant à des stades de développement encore peu avancés. Leur maturité et leur gisement ne permettent pas une production électrique en quantité similaire à celle issue de l'éolien en mer. Elles ne peuvent donc pas encore faire l'objet de développement de parcs commerciaux comme pour l'éolien en mer.

### 3.1 Hydrolien

Disposant des courants parmi les plus forts au monde, la France présente un potentiel technique hydrolien (avant prise en compte des contraintes d'autres usages ou environnementales) estimé entre 3 et 5 GW<sup>3</sup>, soit 30 % de la ressource européenne, situé au Raz Blanchard en Normandie et au passage du Fromveur au large de l'île d'Ouessant. Plusieurs projets de démonstrateurs<sup>4</sup> d'hydrolienne marine ont été immergés et connectés au réseau électrique avec succès. Les zones propices à l'installation d'hydroliennes de grandes dimensions (bathymétrie adaptée et forts courants) sont cependant rares. Le potentiel technique est limité à l'échelle de la planète et les coûts relativement élevés font de l'hydrolien une technologie de niche.

Ces projets, s'ils sont intéressants pour une production d'électricité locale et pour développer la filière hydrolienne, sont toutefois très éloignés du potentiel que représente l'éolien en mer sur l'ensemble des façades maritimes françaises.

Aucune zone propice à l'hydrolien en mer n'a été identifiée en Nouvelle-Aquitaine.

### 3.2 Houlomoteur

Concernant l'énergie houlomotrice, l'ADEME évalue la capacité théorique du littoral français à 400 TWh, soit presque l'équivalent de la consommation électrique française. Toutefois, seul 10 % de ce potentiel serait exploitable, principalement sur la façade Atlantique, ce qui représenterait environ 10 GW de puissance installée. Cette technologie n'est cependant qu'au stade de la recherche et du développement.

<sup>3</sup> « Synthèse de l'étude stratégique de la filière hydrolien marin », ADEME, novembre 2018.

<sup>4</sup> Hydrolienne Sabella de 1 MW immergée à Ouessant en octobre 2018 et hydrolienne Ocean Quest de 1 MW immergée à Paimpol-Bréhat en avril 2019.

Actuellement, le site d'essais en mer de l'École centrale de Nantes (SEM-REV du Croisic) est le seul site accueillant une expérimentation de cette technologie. D'autres projets de recherche et développement sont en cours, comme le système S3 (structure flexible utilisant des polymères électro-actif) conçu par la société SBM et financé en partie par l'ADEME.

Au niveau mondial, aucun projet commercial de houlomoteur n'est envisagé à ce jour.

### 3.3 L'énergie thermique des mers (ETM)

Pour la production d'électricité, cette technologie a un potentiel dans les zones tropicales, mais pas en France métropolitaine. Plusieurs entreprises ligériennes (et notamment Naval Énergies à Indret) travaillent sur ce sujet et se positionnent sur des chantiers à l'étranger. Plusieurs démonstrateurs ont été financés dans les Outre-mer, mais cette technologie n'est pas adaptée aux caractéristiques des façades maritimes de France métropolitaine : la profondeur de la mer et les différences de température entre la surface et le fond ne sont pas assez importantes pour produire de l'électricité.

### 3.4 Autres

L'énergie osmotique (exploitation des différences de salinité), la biomasse marine et l'énergie marémotrice sont également des énergies renouvelables, mais encore en cours de développement. En raison des potentielles conséquences environnementales importantes, la France ne poursuit pas le développement de ce type d'énergie.

# Notes

Series of horizontal dotted lines for taking notes.

# Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

