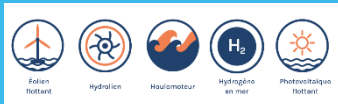




La Fondation OPEN-C est un organisme d'intérêt général sans but lucratif contribuant à l'accélération de la transition énergétique globale et au renforcement de la position de la France sur ces enjeux stratégiques. Cette fondation partenariale, créée en mars 2023, coordonne, développe et pilote les essais en mer des 5 sites de tests existants en France pour l'éolien en mer flottant et les autres technologies EMR (hydrolien, houlomoteur, solaire flottant...), étant ainsi le centre national d'essais en mer.

<https://fondation-open-c.org/>



Contact : Etienne POURCHER
1 Rue de la Noë, Bâtiment IM3
44300 NANTES
contact@fondation-open-c.org

Le rôle essentiel des sites d'essais en mer : transition énergétique et intégration dans l'espace maritime

La transition énergétique conduit à une accélération majeure du développement de l'éolien en mer posé et flottant et d'autres technologies d'Énergies Marines Renouvelables (EMR). **Les sites d'essais en mer participent à l'accélération de l'innovation technologique au service de la transition énergétique** et constituent l'étape intermédiaire entre le laboratoire et l'échelle pré-commerciale. Ils jouent un rôle majeur dans le développement technologique en permettant la validation en conditions réelles des démonstrateurs. Les essais, couplés à de l'acquisition de connaissances en mer et à la réalisation de suivis multi-critères permettent de mieux comprendre et caractériser les interactions des dispositifs avec l'environnement et ainsi réduire l'empreinte des technologies avant leur déploiement à plus grande échelle.

Grâce à ses cinq sites de tests en mer répartis sur trois façades maritimes, la Fondation OPEN-C peut accueillir de nombreux démonstrateurs pour les technologies EMR dans des conditions météoclimatiques et environnementales variées. La Fondation bénéficie d'infrastructures uniques ainsi que d'une expertise reconnue. Les sites OPEN-C ont notamment accueilli la 1^{ère} éolienne en mer flottante au large des côtes françaises, le 1^{er} pilote de production d'hydrogène en mer au monde, une hydrolienne à axe vertical ou encore un prototype houlomoteur hybride. Intégrés au sein de l'espace maritime, les sites répondent avec réactivité aux besoins de la filière et sont développés en concertation avec les autres usagers de la mer. En complément du renforcement du site SEM-REV et du développement du site Mistral, une étude est en cours afin **d'identifier les contours d'un potentiel site dont la France a besoin pour tester des éoliennes en mer flottantes de très grande puissance.**



LES ENERGIES MARINES RENOUVELABLES, UN PILIER DE LA TRANSITION ENERGETIQUE

La transition énergétique conduit à une accélération majeure du développement de l'éolien en mer, ainsi qu'à des initiatives nombreuses visant à faire émerger de nouvelles technologies EMR compétitives. L'éolien posé est la technologie la plus mature : 57,6 GW étaient installés dans le monde à fin 2022 (76 GW potentiellement installés à fin 2023) dont 37 GW en Europe (Royaume-Uni compris). La Commission européenne a fixé des objectifs de 60 GW d'éolien en mer à horizon 2030 et de 300 GW en 2050 au sein des Etats membres. **Les objectifs fixés par le Gouvernement français sont quant à eux de 18 GW installés à horizon 2035 et de 45 GW à horizon 2050 (éolien posé et flottant).**

Etat d'avancement des projets français :

- 3 démonstrateurs éolien flottant testés sur les sites de la Fondation OPEN-C depuis 2018
- 1 parc en service depuis 2022 (480 MW)
- 5 parcs en construction (2,4 GW) dont 2 partiellement en service (1 GW)
- 2 parcs en phase d'études et d'autorisations (1,6 GW)
- 3 fermes pilotes d'éoliennes en mer flottantes en cours d'installation (90 MW)
- 4 procédures de mise en concurrence en cours (2 GW) dont 2 pour de l'éolien en mer flottant (750 MW)

L'ÉOLIEN EN MER FLOTTANT, UNE TECHNOLOGIE À L'AUBE D'UNE NOUVELLE ÈRE

Complémentaire de l'éolien en mer posé, l'éolien flottant permet de s'affranchir de certaines des contraintes techniques que rencontre l'éolien posé à partir d'environ 50 mètres de profondeur (valeur indicative variant selon les conditions) et **d'exploiter ainsi des zones plus au large présentant des vents plus forts et réguliers.** L'important potentiel que représente l'éolien flottant, et les premiers retours d'expérience positifs sont à l'origine d'un véritable engouement autour du développement de nouveaux projets.

L'éolien en mer flottant connaît un fort dynamisme dans le monde et particulièrement en Europe, comme en témoigne l'évolution de la capacité installée (environ 200 MW installés à fin 2023 contre 60 MW en 2020). À ce jour, l'Europe compte ainsi 4 zones pilotes en service et la majorité des démonstrateurs éolien flottant. Les premiers parcs commerciaux attribués en Ecosse lors de l'appel d'offres ScotWind devraient être opérationnels à horizon similaire à la France : le lauréat du premier appel d'offres pour l'éolien flottant en France (Bretagne sud) sera désigné

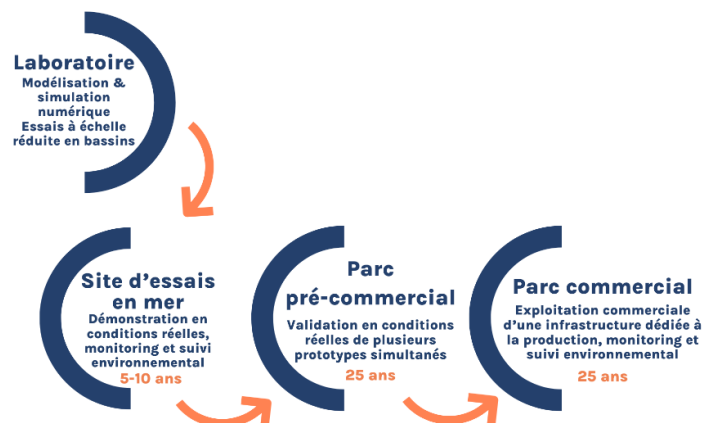
au premier semestre 2024 pour une mise en service du parc (250 MW) à horizon 2031. Deux parcs de 250 MW localisés en Méditerranée vont également être attribués pour une mise en service à horizon 2032/2033.

D'ici la première moitié des années 2030, **10 GW d'éolien en mer flottant pourraient ainsi être en service dans le monde** et 10 à 20 GW pourraient ensuite être installés annuellement entre 2035 et 2050. D'ici 2050, la capacité installée pour cette technologie en Europe pourrait atteindre entre 100 et 150 GW.

DE LA NÉCESSITÉ DE TESTER DE NOUVELLES TECHNOLOGIES

Aquérir **les premiers retours d'expérience sur ces technologies est possible** grâce aux sites d'essais : la France dispose d'une éolienne flottante raccordée au réseau (Floatgen) sur le site SEM-REV depuis 2018 et Centrale Nantes, puis la Fondation OPEN-C, qui opère désormais ce site, en monitorent les interactions avec l'environnement. Cependant, cette dernière est encore en quête de maturité et le futur de l'éolien en mer flottant s'écrit dès maintenant. Pas moins de huit prototypes d'éolienne flottante ont été mis à l'eau depuis 2020 dans le monde. Aussi, les industriels développent des éoliennes de plus en plus puissantes (de 15 jusqu'à 20 MW) et il existe une cinquantaine de concepts de flotteurs qui devront être testés avant d'être industrialisés. De nombreuses thématiques restent à optimiser au niveau de la R&D : flotteur, ancrage, câbles dynamiques, raccordement, sous-station, etc. Les parcs commerciaux bénéficieront des retours d'expérience technologiques, opérationnels et environnementaux associés.

Le déploiement de l'éolien flottant à grande échelle doit impérativement être soutenu par des **efforts massifs de recherche et d'innovation, afin d'améliorer la compétitivité de la filière et optimiser son intégration socio-environnementale.** Les autres filières EMR sont à des stades de développement plus amont, avec un spectre technologique encore très large. Des jalons intéressants ont cependant été franchis ces dernières années. C'est le cas de l'hydrolien dont le déploiement s'amorce en France avec le développement de deux fermes pilotes et l'annonce de prochains appels d'offres commerciaux.



DES INFRASTRUCTURES DE RECHERCHE ET D'INNOVATION INDISPENSABLES A LA RÉUSSITE DU DÉPLOIEMENT DES EMR

Les sites d'essais permettent l'accélération de l'innovation technologique au service de la transition énergétique et la possibilité de mener des essais en mer pour les projets tout au long du processus d'optimisation des différentes générations de ces technologies. Ils jouent un rôle majeur dans le développement et permettent la validation de manière indépendante, en conditions réelles, des prototypes ainsi que la réalisation **de tests pré-industriels pour des technologies qui seront déployées quelques années plus tard dans un cadre commercial, permettant ainsi de premiers retours d'expériences.** Un site d'essais se définit par sa capacité à accueillir des projets de démonstration technologiques **pour des durées courtes par rapport aux parcs commerciaux** (inférieures à 10 ans). Les sites d'essais sont « pré-autorisés » c'est-à-dire qu'ils disposent a priori d'une concession d'utilisation du domaine public maritime, d'une autorisation environnementale, pour la zone en mer et son raccordement électrique, de sorte que les procédures administratives sont simplifiées pour le développeur candidat à l'essai. La mutualisation d'une infrastructure pour une multiplicité de tests permet d'optimiser les coûts, d'être réactif pour réaliser des essais grâce au cadre existant, de capitaliser sur la connaissance et le retour d'expérience acquis. **Les sites sont de taille modeste, avec une emprise réduite sur l'espace maritime : 1 km² pour le SEM-REV et 1,7 km² pour Mistral.**

Autre intérêt, le projet d'essais s'insère dans **un contexte collaboratif plus large, avec des objectifs de meilleures performances des systèmes, de réduction des risques et d'évaluation des impacts en vue de leur réduction.**

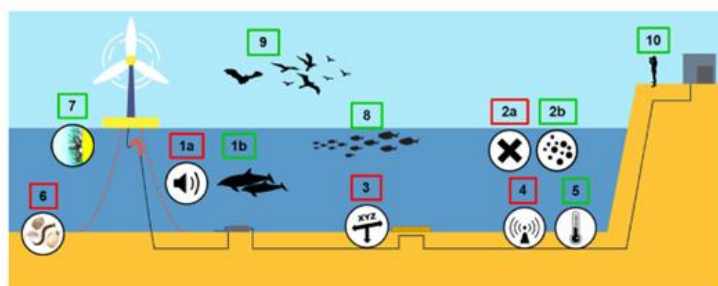
Exemple N°1 : Le déploiement du prototype à l'échelle 1:10ème de l'éolienne **Eolink** sur le site d'essais (à échelle réduite) de Sainte-Anne du Portzic a permis à la PME éponyme de faire la preuve d'un concept éolien flottant tout à fait innovant (point d'ancrage unique permettant à l'éolienne de se positionner face au vent). Cela lui a permis de passer une étape clé de son développement vers une éolienne à l'échelle 1:1.

Exemple N°2 : L'accueil sur le site SEM-REV de la première éolienne en mer en France, le prototype flottant **Floatgen** de la société BW Ideol, a servi de terreau fertile pour un panel de projets d'envergure en cours, et rassemblant des experts régionaux, français et européens sur des

thématiques variées. Un [rapport public de suivi environnemental](#) a notamment été publié afin de comprendre, caractériser et mesurer les potentiels impacts environnementaux de l'éolienne flottante.

Exemple N°3 : L'accueil sur le site d'essais MISTRAL du prototype innovant de la société X1 Wind dans le cadre du projet européen **Nextfloat** porté par Technip Energies, permettra de tester une technologie disruptive d'éolienne flottante (éolienne se positionnant sous le vent) avec pour objectif une réduction toujours plus importante des coûts de l'énergie produite en mer.

Les essais permettent une **amélioration des connaissances** qui sont encore extrêmement lacunaires en mer : fréquentation, densité et comportement de l'avifaune, des chiroptères et de la faune marine (halieutique, mammifères marins, tortues) ou benthique, caractérisation du bruit et des champs électromagnétiques, évaluation de leurs impacts sur les espèces en présences. Les études environnementales liées au milieu physique vont également permettre d'améliorer les connaissances liées aux dispositifs EMR et la caractérisation de leur performance technique, électrique et mécanique. Ces **études techniques et environnementales** sont indispensables pour étudier les impacts potentiels des technologies afin de les réduire lors de leur futur déploiement commercial. Grâce à leurs équipes opérationnelles, les sites d'essais mettent en commun des compétences clés pour le bon déroulé des essais. Cette interface permet de faire bénéficier aux projets accueillis d'une expertise de tierce partie indépendante souvent précieuse et de permettre une capitalisation des expériences passées. Aussi, ils contribuent à **faire émerger localement des écosystèmes** qui rassemblent les acteurs du monde académique et les institutionnels autour des acteurs économiques et industriels. Ils sont également **un facteur clé d'attractivité et de rayonnement européen et international.**



Exemple du suivi des interactions avec l'environnement en place sur SEM-REV depuis 10 ans

- | | |
|--|----------------------------|
| 1a. Acoustique sous-marine | 5. Température |
| 1b. Mammifères marins | 6. Communautés benthiques |
| 2a. Qualité de l'eau (chimique) | 7. Biocolonisation |
| 2b. Qualité de l'eau (biologique) | 8. Poissons et crustacés |
| 3. Localisation de matelas de protection de câbles | 9. Avifaune et chiroptères |
| 4. Champs électromagnétiques | 10. Paysage |



©Centrale Nantes

SITE D'ESSAIS POUR ÉOLIENNES FLOTTANTES DE TRÈS GRANDE PUISSANCE EN FRANCE

Afin d'anticiper les besoins futurs et de répondre aux questions que posent ces nouvelles technologies, il apparaît aujourd'hui indispensable d'imaginer les contours d'un nouveau site à même de réaliser des essais d'éoliennes en mer de très grande puissance. En effet, les capacités de tests pour des éoliennes flottantes sont limitées en Europe et les infrastructures actuelles ne permettent pas de tester des machines de très grande puissance. Par conséquent, il apparaît **nécessaire d'augmenter le nombre d'emplacements disponibles pour des démonstrateurs et de dimensionner les sites d'essais et les infrastructures dédiées en fonction des besoins et des évolutions technologiques.**

Afin de répondre aux besoins de la prochaine décennie de raccorder des technologies allant de 10 MW à 20 MW de puissance unitaire, la construction d'un site "Grande Puissance" est nécessaire. La construction de ce site sera un vecteur d'accélération très fort pour la filière nationale et contribuerait à **positionner la France comme un leader** dans ce domaine. Ce site devrait permettre de tester simultanément 2 à 3 éoliennes pouvant aller jusqu'à 20 MW chacune ainsi que leur interaction avec l'environnement. Ce site pourrait être mis en service entre 2029 et 2030. Dans le cadre de l'Appel à Projet DEMO-TASE opéré par l'ADEME **une étude de faisabilité portée par la Fondation OPEN-C est en cours de réalisation.** La mise en place d'un comité d'étude incluant des acteurs régionaux, scientifiques et usagers de la mer a permis de définir les différentes actions suivantes pour

étudier la pertinence du développement d'un tel site, :

- La réalisation d'une étude d'opportunité permettant d'identifier les futurs utilisateurs et les différentes stratégies déployées en Europe pour palier à l'absence de telles infrastructures.
- Des analyses techniques pour appréhender les caractéristiques nécessaires de ce type d'infrastructure (profondeur, hauteur, taille conditions d'environnement, distance à la côte, solutions d'évacuation de l'énergie, puissance...)
- Des études non-technologiques pour identifier les enjeux liés à l'implantation d'un tel site (réglementaires, économiques, géographiques, acceptation, intégration...)

A ce stade il apparaît intéressant de **rechercher la proximité des zones déjà identifiées comme propices au développement de l'éolien en mer flottant** sur les différentes façades maritimes françaises. La colocalisation d'un site Grande Puissance avec des sites d'essais, des zones pilotes ou des appels d'offres commerciaux (tels que l'AO5 en façade NAMO ou l'AO6 en Méditerranée) permettrait en effet de :

- Eviter l'augmentation du nombre de zones.
- Mutualiser un certain nombre de données et de moyens logistiques.
- D'assurer la représentativité des essais
- Obtenir un retour d'expérience en prévision des extensions des zones commerciales pour le flottant

La concertation peut aujourd'hui se poursuivre afin de réfléchir aux pré-localisations possibles de plusieurs sites propices. **Le respect de la coexistence des usages (notamment de la pêche) et de l'environnement sera au cœur de la démarche** qui s'appuie sur la méthodologie Eviter – Réduire – Compenser.

ADAPTATION DES SITES DE TESTS EN MER ET PLANIFICATION SPATIALE MARITIME

Les sites d'essais sont indispensables pour accélérer le déploiement des EMR car ils permettent l'amélioration des technologies et de leurs interactions avec l'environnement préalablement à un déploiement commercial. Du fait de leur taille modeste, de leur vocation à diffuser la connaissance acquise auprès d'une grande diversité d'acteurs, les sites s'intègrent dans l'espace maritime et permettent le développement de synergies. Afin de répondre aux besoins de la prochaine décennie de raccorder des éoliennes en mer flottantes de 10 à 20 MW, la construction d'un site "Grande Puissance" est nécessaire. Un tel projet gagnerait à être développé à proximité des zones de développement, optimiserait les futurs raccordements et contribuerait à l'accroissement des connaissances sur les EMR et leur intégration au sein des écosystèmes marins. Le respect de la coexistence des usages et de l'environnement est au cœur de la démarche de la Fondation OPEN-C.

ANNEXE 1 : SITES ET MISSIONS DE LA FONDATION

LES SITES DE LA FONDATION :

PAIMPOL-BREHAT

Situé au large de l'île de Bréhat dans les Côtes d'Armor, le site de Paimpol-Bréhat est un site d'essais en mer au profit du développement de la filière hydrolienne. Le site d'essais est exceptionnel du fait de ses caractéristiques exigeantes (turbulences, marées), l'expertise et les infrastructures de raccordement opérationnelles mises à disposition. 2 projets ont été accueillis depuis 2008 : les essais d'OpenHydro dont trois générations d'hydroliennes ont été testées jusqu'en juillet 2017, puis entre 2019 et 2021 ce fut au tour de l'hydrolienne HQ-OCEAN conçue par la start-up française HydroQuest.

SAINT-ANNE DU PORTZIC

Située en rade de Brest, cette station d'essai in situ, co-piloté par la Fondation OPEN-C et l'Ifremer, permet de tester différents types d'équipements innovants, notamment pour les énergies marines renouvelables, en se rapprochant des conditions réelles d'utilisation en mer. Les prototypes qui y sont testés sont à l'échelle 1/10ème et concernent des éoliennes flottantes, comme celle d'EOLINK testée en 2018, des plateformes hybrides, plateforme PH4S de GEPS Techno en 2015, ou encore des bouées d'instrumentation comme SONOFLASH (société THALES) en 2020. Le site permet aussi la réalisation de campagnes suivi environnemental, physico-chimique et biologique.

SEM-REV

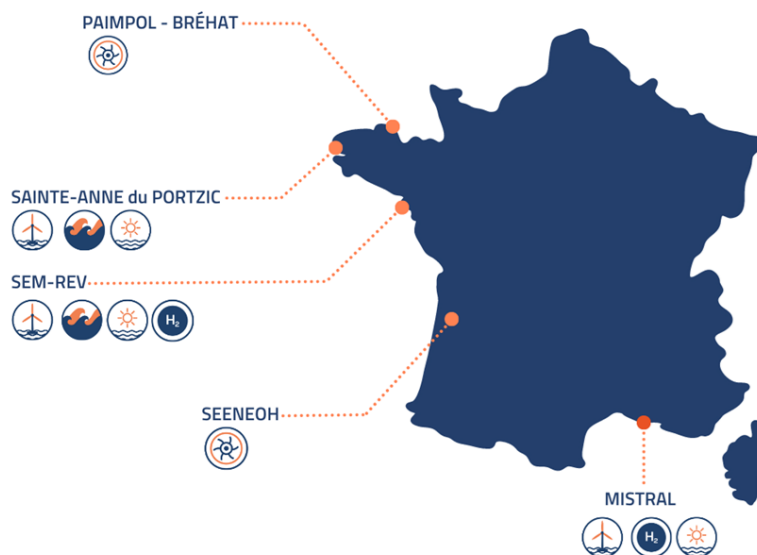
Créé il y a 10 ans par l'Ecole Centrale de Nantes, au large du Croisic en Loire Atlantique par l'Ecole Centrale de Nantes, ce site a accueilli les prototypes FLOATGEN (éolienne flottante développée par BW Ideol) depuis 2018 et WAVEGEM (plateforme hybride de GEPS Techno) de 2019 à 2021 et de nombreux projets de recherche. En 2022, de nouveaux investissements sont lancés pour développer le site (augmentation de la capacité d'injection du site sur le réseau à 10 MW, installation d'une sous-station flottante en mer, création d'un centre d'exposition sur les EMR et d'une pépinière d'entreprises) permettant ainsi à de nouveaux utilisateurs d'accéder à l'infrastructure. Depuis le 1er septembre 2023, le site d'essais est mis à disposition exclusive de la Fondation OPEN-C. La même année, le site a accueilli Sealhyfe, le 1^{er} pilote de production d'hydrogène en mer au monde. Le site s'apprête également à accueillir un démonstrateur innovant de 5 MW pour tester l'éolienne flottante Eolink en 2025.

MISTRAL

Ce site, localisé à 5 km de la côte, est actuellement en construction. La concession du site d'essais Mistral en Méditerranée (au large de Port-Saint-Louis-du-Rhône) a été attribuée il y a une dizaine d'années. Il bénéficie d'une autorisation pour l'installation de deux éoliennes flottantes et pour une capacité installée totale de 10 MW.

SEENEHOH

La Fondation dispose également d'un site dans la Garonne à Bordeaux, à 100 km de l'embouchure de l'estuaire de la Gironde. Le site est exposé à d'importants courants influencés par le cycle des marées du Golfe de Gascogne et dédié au test d'hydroliennes fluviales ou marines à échelle intermédiaire.



NOS MISSIONS

- Développer des infrastructures en mer : développement des sites existants et création de nouveaux sites
- Opérer et assurer la maintenance des sites en mer
- Accompagner les essais de prototypes et briques technologiques
- Favoriser les investissements sur les infrastructures via le mécénat
- Assurer le suivi environnemental et la caractérisation des sites
- Diffuser la connaissance auprès de la communauté scientifique et du grand public
- Former les personnels pour assurer le pilotage et la maintenance des sites
- Consolider la filière EMR nationale



ANNEXE 2 : exemples de projets accueillis sur les sites d'essais en mer

PROTOTYPES ACCUEILLIS À CE JOUR SUR LES SITES

