

Énergies marines renouvelables



Sources : Société Parc du Banc de Guérande ; EDF ; Observatoire des énergies de la mer ; Élysée

La direction interrégionale de la mer (DIRM NAMO) anime la stratégie de façade maritime (cf page 6). Elle inclut la planification pour la mise en œuvre des énergies marines renouvelables (EMR). Cette démarche est indispensable pour assurer leur développement, en cohabitation avec les autres usages et activités maritimes, dont l'activité de pêche, et dans le respect de l'environnement marin. Il s'agit également de donner de la visibilité aux professionnels de la filière.

L'essentiel en quelques lignes

- L'interrégion, leader de la filière nationale
- 3 sites d'essai en mer dans l'interrégion
- Vers trois parcs éoliens posés
- 1^{er} parc éolien en mer français en activité
- Des zones à haut potentiel hydrolien*
- Installation du conseil scientifique de façade pour l'éolien en mer
- Expertise académique de haut niveau
- Planification et concertation à l'échelle façade et des projets
- Filière française bien positionnée au niveau européen et mondial
- Opportunité de diversification d'activité des entreprises
- Neutralité carbone de la France d'ici 2050

La DIRM NAMO a mis le phare de la Jument, près de l'île d'Ouessant, à disposition de la recherche pour l'installation de différents instruments (caméras, radars, capteurs). Les mesures des tempêtes et des grosses vagues ainsi réalisées permettent de mieux déterminer les besoins des structures des éoliennes en mer.

Parc éolien du banc de Guérande au large de la Loire-Atlantique mis en service en 2022



Le parc se compose de 80 éoliennes en mer d'une capacité unitaire de 6 Megawatts (MW) pour une puissance totale de 480 MW. Il produit 20 % de la consommation de la Loire-Atlantique. En mars 2023, le parc a produit plus de 195 000 MWh, soit l'équivalent de la consommation de près de 900 000 personnes. Les éoliennes sont localisées entre 12 et 20 km au large de la Loire-Atlantique, sur une surface globale de 78 km², à des profondeurs variant entre 12 et 25 mètres.

3 041 emplois directs pour 111 entreprises : 37 % des emplois français

111 entreprises dans l'interrégion accueillent 3 041 emplois directs (équivalents temps-plein) du secteur des EMR. Ce chiffre augmente de 4 % par rapport au chiffre déclaré en 2022. Il représente 37 % des emplois directs français. Premier pôle régional français, les Pays de la Loire représentent 30 % des emplois. Cette région fait partie des deux régions qui accueillent les principales usines et les parcs en cours de construction, alors que la Bretagne, sans usine majeure, profite de la construction de projets sur son territoire. De nombreuses entreprises sont des TPE et des PME. Certaines sont regroupées au sein de Neopolia (cf page 59).

Le chiffre d'affaires déclaré par ces entreprises est proche de 1,5 milliard d'euros. Les investissements s'élèvent à plus de 1,9 milliard d'euros.

L'export poursuit son développement, avec un chiffre d'affaires global français de 1,4 milliard d'euros.



Contrôle de qualité effectué lors du processus d'assemblage du mât d'une éolienne

© Arnaud Bouissou Terra-2012

Source : *Observatoire des énergies de la mer - enquête annuelle 2023*

Jouer la carte de la collaboration et des partenariats

L'Ifremer et l'OFB (cf pages 86 et 10) apportent un appui scientifique à l'État pour le déploiement de projets d'énergies renouvelables en mer, en particulier autour des thématiques impliquant les ressources halieutiques, la qualité de l'eau et des sédiments et les habitats benthiques.

Les comités régionaux de l'énergie ont été installés en Bretagne et dans les Pays de la Loire. Co-présidés par les préfets de région et les présidents de chacun des deux conseils régionaux, les comités doivent favoriser la concertation, en particulier avec les collectivités territoriales, sur les questions relatives à l'énergie au sein des deux régions.

En parallèle, la Bretagne a officialisé son soutien à la technologie hydrolienne* en adhérant à Ocean Energy Europe, réseau qui promeut l'usage des énergies océaniques en Europe.

D'autres structures accompagnent les entreprises dans l'interrégion : l'association Bretagne ocean power est un outil de la Région Bretagne pour coordonner l'action de tous les chefs de file bretons sur le sujet des énergies marines. Les réseaux de Bretagne pôle naval (cf page 59), du Pôle mer Bretagne Atlantique (cf page 84) et de Neopolia dans les Pays

de la Loire (cf page 59) incluent, quant à eux, le domaine des EMR. À noter également la présence de France énergies marines dont le siège se trouve dans le Finistère (cf page 86).

Bretagne ocean power et Neopolia font partie des six clusters et groupements d'entreprises qui ont fondé France offshore renewables. Ce nouveau réseau regroupe plus de 500 entreprises pour offrir aux donneurs d'ordre internationaux un accès facilité aux entreprises françaises de la filière de l'éolien en mer.

WEAMEC (WEst Atlantic Marine Energy Community) fédère les nombreux acteurs académiques et entreprises engagés dans le domaine des EMR des Pays de la Loire, sur les axes recherche, innovation et formation.

Le développement des EMR est une opportunité de diversification, que ce soit par une activité directement liée au secteur ou par la création d'activités connexes, par exemple touristiques.

Environnement et sécurité, deux défis pour le développement des EMR

Le développement des énergies marines renouvelables participe à la décarbonation de la production d'énergie. Il vise à assurer la sécurité de l'approvisionnement électrique français. Il ne doit cependant pas se faire au détriment des écosystèmes en place. Des suivis environnementaux sont mis en place lors des travaux.

Aussi, pour accompagner la planification de l'éolien en mer, le référentiel technique de l'OFB, dont le tome 2 a été finalisé en 2023, évalue les risques d'impact concernant les habitats, compte tenu de leur sensibilité à ces pressions. Il qualifie les risques d'interactions vis-à-vis des espèces, compte tenu des connaissances disponibles à l'échelle des fa-

çades. Il recense et préconise des mesures de gestion pouvant assurer le maintien ou le rétablissement d'un bon état de conservation des habitats et des espèces, définis au titre de Natura 2000. Bien que focalisé sur les espèces marines et certaines espèces terrestres (avifaune terrestre et chiroptères) listées dans les directives « habitats-faune-flore » et « oiseaux », l'ensemble des habitats benthiques de métropole ont été considérés. Ce document peut ainsi servir au-delà des sites Natura 2000 marins.

L'expansion prévisible des EMR nécessite également anticipation et vigilance en matière de sécurité et de sûreté (accidents ou incidents, actes malveillants).

Cinq sites d'essai sous la tutelle de la fondation Open-C

Les sites d'expérimentation sont essentiels afin de faire évoluer des technologies aussi récentes que les EMR. Ils prennent la suite des essais en bassin qui permettent dans un premier temps de valider les simulations numériques.

Crée en mars 2023, la fondation Open-C (Offshore Power and Energy Network Center), basée à Nantes, coordonne, développe et pilote les essais en mer. Elle rassemble cinq sites, dont trois dans l'interrégion : Sem-Rev au large de la Loire-Atlantique, Paimpol-Bréhat en Bretagne-Nord, Sainte-Anne-de-Portzic dans le Finistère, auxquels il faut ajouter deux sites près de Bordeaux et en Méditerranée. Ils ont vocation à tester des prototypes intermédiaires entre la recherche et la commercialisation pour toute source d'EMR.

France 2030, ont été lancés pour développer le site permettant ainsi à de nouveaux utilisateurs d'accéder à l'infrastructure.



Bouée Wavegem et Éolienne flottante Floatgen.
Dugornay Olivier (2021). Ifremer. <https://image.ifremer.fr/data/00723/83468/>

Paimpol-Bréhat est un site d'essai dédié au développement de la filière hydrolienne. Deux projets y ont été accueillis : les essais d'OpenHydro jusqu'en juillet 2017, puis, entre 2019 et 2021, l'hydrolienne HQ-OCEAN conçue par la start-up française HydroQuest. Le site est exceptionnel de par ses caractéristiques exigeantes (turbulences, marées), l'expertise et les infrastructures de raccordement opérationnelles mises à disposition.

Sem-Rev était auparavant géré par l'École centrale de Nantes (cf page 85). Le site dispose de tous les équipements en mer et à terre permettant la mise au point, la validation et l'optimisation de systèmes de récupération de l'énergie issue principalement de la houle et du vent offshore. Il accueille notamment les prototypes Floatgen (éolienne flottante développée par BW Ideol) depuis 2018 et Sealhyfe depuis 2023. Il a accueilli Wavegem (plateforme hybride de Geps Techno) de 2019 à 2021. Des investissements, financés notamment par l'État via le plan

La station d'essais *in situ* de l'Ifremer à Sainte-Anne-du-Portzic dans la rade de Brest permet de tester différents types d'équipements innovants, notamment pour les EMR, en se rapprochant des conditions réelles d'utilisation en mer. Les prototypes qui y sont testés sont à l'échelle 1/10^{ème} et concernent des éoliennes flottantes, comme celle d'Eolink tes-

tée en 2018, des plateformes hybrides (plateforme PH4S de Geps Techno en 2015), ou encore des bouées d'instrumentation. Le site permet aussi la réalisation de campagnes de suivi environnemental, physico-chimique et biologique.

Deux parcs éoliens posés, un troisième en construction

Premier parc éolien marin français en activité, le parc du banc de Guérande du consortium EDF renouvelables est entré en service fin 2022. Il se compose de 80 éoliennes en mer posées, d'une capacité unitaire de 6 Megawatts (mW) pour une puissance totale de 480 MW. Les éoliennes sont localisées entre 12 et 20 km au large de la Loire-Atlantique, sur une surface globale de 78 km², à des profondeurs variant entre 12 et 25 m.

Les travaux du parc éolien posé de la baie de Saint-Brieuc, exploité par Ailes marines, se sont poursuivis en 2023, avec l'installation des éoliennes. La mise en service du parc, effective depuis juillet 2023, est intervenue progressivement jusqu'au printemps 2024.

Dans ces parcs, les activités maritimes, dont la pêche professionnelle, sont ré-autorisées dans les conditions fixées par le préfet maritime.

Les exploitants des parcs éoliens paient une taxe annuelle qui dépend du nombre de mégawatts installés dans chaque éolienne. Le produit de la taxe est répartie entre les communes littorales d'où les installations sont visibles, les comités des pêches maritimes et des élevages marins, l'OFB et la Société nationale de sauvetage en mer.

L'éolien flottant est la prochaine étape du développement de l'éolien. Outre l'aspect R&D, l'équipement des ports de la façade en infrastructures leur permettant d'accueillir les éoliennes flottantes beaucoup plus grandes que les éoliennes posées est un véritable enjeu dans les territoires. Le plan France 2030 soutient les études de faisabilité pour l'adaptation des infrastructures portuaires des ports de Brest et Lorient réunis dans le cadre du projet Inflow et du port de Nantes Saint-Nazaire qui se positionne comme base logistique et industrielle de l'éolien posé et flottant (projet Éole).

Le premier parc éolien flottant français sera situé au large de Groix et de Belle-Île-en-Mer (Morbihan). D'une puissance de 250 MW, il permettra de produire l'électricité nécessaire aux besoins de 450 000 habitants. Le lauréat de l'appel à projet a été désigné en 2024. Ce projet devrait générer environ 4,5 millions d'heures de travail pendant la phase de construction et plus de 30 emplois permanents pendant la phase d'opération au titre de la maintenance.

Le test de l'éolienne flottante Floatgen (2MW) sur le site d'essai Sem-Rev qui a débuté en 2018 est prolongée pour cinq années supplémentaires, jusqu'en 2027. Le démonstrateur a dépassé le seuil des 30 GWh de production.

Nantes a accueilli la manifestation Fowt en 2023. L'évènement dédié à l'éolien flottant a réuni 1 400 participants, soit 200 de plus que l'édition 2022 à Montpellier.



Les 62 éoliennes du parc de la baie de Saint-Brieuc produiront 496 MW © Arnaud Bouissou Terra 09/2023

Le parc éolien posé qui sera situé entre les îles d'Yeu et de Noirmoutier (consortium Éoliennes en mer îles d'Yeu et de Noirmoutier), produira 496 MW grâce à 62 éoliennes. Lancée en 2023, sa construction devrait aboutir à une mise en service au second semestre 2025.

L'hydriole* dans le mix énergétique français

Le président de la République a annoncé en 2023 que l'énergie hydriole serait intégrée dans le mix énergétique français.

Les hydrioles* peuvent alimenter des sites insulaires ou très isolés. Les sites présentant les caractéristiques nécessaires pour l'installation d'hydrioles* de grande puissance ne sont pas très nombreux.

Des travaux ont permis d'adapter les infrastructures du site d'essai Paimpol-Bréhat aux besoins des déve-

loppeurs. Des études environnementales ont également été menées pour caractériser la ressource hydro-cinétique et mieux éclairer les potentialités de la filière.

L'entreprise Entech (Quimper) a repris les équipes et d'une partie des actifs de Sabella, spécialiste de la filière hydriole. L'hydriole installée par Sabella dans le passage du Fromveur en 2022 fournit en électricité décarbonée l'île d'Ouessant.

Des vagues à la houle pour fournir l'énergie houlomotrice*

De petits systèmes houlomoteurs* développant de faibles puissances ont déjà pu être mis en œuvre. Les expérimentations se poursuivent avant une exploitation de ce système de fourniture d'énergie.

Initié par le Groupe Legendre et développé en partenariat avec la société Geps Techno et l'Ifrémer, Dikwe est un projet de digue qui, en plus de protéger le port et le littoral, intègre un système de production d'énergie renouvelable. Il repose sur un système houlomoteur* à volets oscillants. Un pro-

totype à l'échelle 1/4^e construit dans le Morbihan a subi des essais en mer concluant à la station de l'Ifrémer de Sainte-Anne-du-Portzic. La construction d'un démonstrateur à taille réelle est envisagée pour une mise à l'eau, sur un site souhaité en Bretagne, qui reste à préciser.

Le site d'essai de Sainte-Anne-du-Portzic accueille également depuis 2023 un démonstrateur du système houlomoteur* de la start-up bordelaise Sea-turns.

Hydrogène décarboné et photovoltaïque marin



Plateforme solaire flottante de 25kW déployée en 2023 dans le port de Brest par la société HelioRec basée en Nantes. © HelioRec

Sealhyfe, pilote de la société Lhyfe, a produit ses premiers kilos d'hydrogène vert au large.



Sur la gauche : Sealhyfe, pilote de production d'hydrogène offshore (Lhyfe), sur la plateforme Wavegem (Geps Techno). À droite : éolienne flottante Floatgen (BW Ideol). Sur le site d'essai en mer Sem-Rev (Centrale Nantes / Open-C) © Lhyfe