

Projet d'éoliennes flottantes au sud de la Bretagne



Débat public

Dossier du maître d'ouvrage

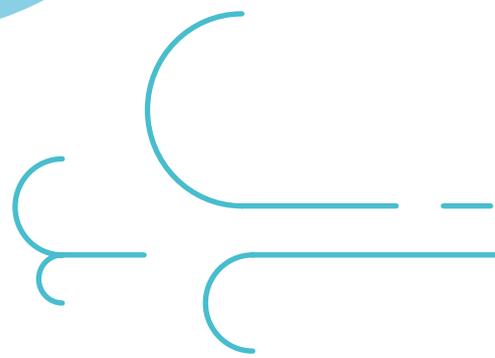
Juillet 2020



Sommaire

Glossaire des notions clés	3
Édito	6
Préambule	7
1 • Qui sont les porteurs du projet ?	7
a) Le ministère de la Transition écologique, maître d'ouvrage du projet d'appel d'offres pour la création d'éoliennes flottantes au sud de la Bretagne	
b) RTE, associé à la démarche du débat public et futur maître d'ouvrage de la réalisation de la partie raccordement du projet	
c) Le Conseil régional de Bretagne, associé à la démarche du débat public	
d) Le Conseil régional des Pays de la Loire, contributeur du dossier, dans le cadre du « contrat d'avenir pour les Pays de la Loire »	
2 • Dans quel cadre s'inscrit ce débat public ?	8
3 • Quelles sont les attentes du débat pour les maîtres d'ouvrage ?	9
I. Pourquoi envisager des projets d'éoliennes flottantes au sud de la Bretagne ?	12
1 • Les engagements de l'État sur la diversification du bouquet énergétique (PPE) et la réduction des émissions de gaz à effet de serre	12
2 • Le développement de l'éolien en mer en France	14
3 • L'éolien flottant, une filière innovante en développement	16
a) Le positionnement de la France sur le marché de l'éolien flottant	
b) Quelles sont les alternatives au développement de l'éolien flottant ?	
4 • Le choix du sud de la Bretagne pour le développement de deux parcs d'éoliennes flottantes	19
a) La démarche d'identification des zones propices au développement des énergies marines renouvelables	
b) Pourquoi le sud de la Bretagne est-il une zone propice pour accueillir un parc éolien flottant ?	
c) Un engagement fort des acteurs bretons et ligériens en faveur du développement des énergies marines renouvelables	
II. La zone du débat et ses enjeux	23
1 • Pourquoi cette zone du débat ?	23
2 • Présentation de la zone du débat	24
a) La zone d'étude en mer	
b) La zone d'étude pour le raccordement électrique au réseau public de transport	
3 • Les enjeux de la zone du débat	25
a) Comment sont identifiés les enjeux ?	
b) Les grands enjeux environnementaux et paysagers	
c) Les grands enjeux concernant les activités humaines et économiques	
III. Le projet éolien flottant et son raccordement	34
1 • Les caractéristiques techniques d'un parc éolien flottant	34
a) Les éoliennes : un mât, une nacelle et trois pales	
b) Les différentes techniques de supports flottants et d'ancrages permettant de s'adapter à l'environnement marin	
2 • Les caractéristiques techniques du raccordement d'un parc éolien flottant	36
3 • Le coût et le financement du projet	36
a) Quelles perspectives de développement économique pour l'éolien flottant ?	
b) Le mécanisme de soutien public pour permettre l'équilibre financier du projet et l'émergence d'une filière française	
4 • Les grandes étapes de réalisation et d'exploitation d'un parc éolien flottant	37
a) Les études environnementales et techniques menées par RTE et l'État pour mieux connaître l'état initial de l'environnement de la zone du projet	
b) Le dialogue concurrentiel : une procédure pour améliorer le cahier des charges permettant la sélection du constructeur et exploitant du projet	
c) Les autorisations administratives : une occasion pour l'expression des acteurs du territoire et du public sur un projet plus abouti	
d) La réalisation d'un parc éolien flottant et du raccordement associé	
e) L'exploitation et la maintenance du parc et des ouvrages de raccordement	
5 • Le démantèlement du parc et des ouvrages de raccordement	39
6 • Les impacts environnementaux d'un parc éolien en mer et de son raccordement	39
a) Phase de construction	
b) Phase d'exploitation	
7 • Les enjeux économiques du projet	41
a) Des aménagements industriels et portuaires nécessaires au développement des activités de construction du parc	
b) Une base logistique et un port de maintenance nécessaires à l'entretien et à l'exploitation des parcs	
c) Les perspectives économiques liées au développement de la filière industrielle	
d) Des perspectives de retombées fiscales substantielles pour les territoires	
IV. Le débat public et ses suites	45
1 • Les attentes du débat pour les maîtres d'ouvrage	45
2 • Le débat public organisé par la Commission nationale du débat public	46
a) Pourquoi un débat public sur ce projet ?	
b) Qu'est-ce qu'un débat public ?	
c) Quelle est la spécificité de ce débat public ?	
d) Qui est responsable de ce débat public ?	
3 • Les suites du débat public	46
Liste des fiches thématiques	48
Pour aller plus loin	49

Glossaire des notions clés



Assemblée régionale de la mer et du littoral : créée sur la proposition du Conseil régional des Pays de la Loire, son objectif est de porter la stratégie « Ambition maritime régionale » en mobilisant de front l'ensemble des compétences de la Région pour créer et accompagner les opportunités économiques, technologiques, démographiques et écologiques, clé du développement et du rayonnement de la Région pour les décennies à venir. Elle est aujourd'hui co-présidée par la présidente du Conseil régional des Pays de la Loire, le préfet de région Pays de la Loire et le préfet maritime.

Atterrage : la zone d'atterrage est la bande littorale où s'effectue la jonction nécessaire entre les liaisons électriques en mer et les liaisons terrestres, les deux technologies étant différentes.

Bouquet énergétique : proportion des différentes sources d'énergies primaires consommées (renouvelables, minérale, fossiles), dans la production globale d'énergie.

Cerema (Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement) : établissement public tourné vers l'appui aux politiques publiques. Il est placé sous la double tutelle du ministère de la Transition écologique et du ministère de la Cohésion des territoires et des Relations avec les collectivités territoriales. Il réalise des études techniques pour le compte de l'État, des collectivités locales et d'autres opérateurs.

Commission nationale du débat public (CNDP) : autorité administrative indépendante créée en 1995 par la loi Barnier pour veiller au respect de la participation du public au processus d'élaboration des projets, plans et programmes qui ont un impact sur l'environnement et présentent de forts enjeux socioéconomiques. La CNDP ne prend pas position sur le fond du projet, plan ou programme, elle veille à la bonne information du public, lui donne les moyens de s'exprimer puis en rend compte.

Commission particulière du débat public (CPDP) : lorsque la CNDP décide qu'un débat public doit être organisé, elle met en place une commission particulière chargée de le préparer et de l'animer : la CPDP. Celle-ci se compose d'un président et de deux à neuf autres membres venant d'horizons divers (art. R. 121-7 du code de l'environnement). Comme la CNDP, cette commission est neutre et indépendante à l'égard des porteurs du projet, elle ne se prononce donc pas sur le fond du projet. Elle veille à la qualité des informations en tenant compte de la diversité sociale des publics.

Conférence régionale de la mer et du littoral (CRML) : créée sur la proposition du Conseil régional de Bretagne, dans le cadre de la Charte des espaces côtiers bretons. Son objectif est d'être un lieu d'échanges, de réflexions et d'actions de l'ensemble des acteurs régionaux de la mer et du littoral. Officialisée par le décret n° 2012-219 du 16 février 2012, elle est aujourd'hui co-présidée par le président du Conseil régional de Bretagne, le préfet de région et le préfet maritime.

Courant alternatif : le courant électrique naît du déplacement d'électrons dans un conducteur, avec un mouvement continu (courant continu) ou avec un mouvement de va-et-vient (courant alternatif). Le courant le plus utilisé pour le transport et la distribution d'électricité est le courant alternatif (voir fiche 4 sur les notions clés de l'électricité).

Dialogue concurrentiel : le décret du 17 août 2016, codifié aux articles R. 311-25-1 à R. 311-25-15 du code de l'énergie, prévoit que la procédure de mise en concurrence pour les projets éoliens en mer peut désormais être menée sous la forme d'un « dialogue concurrentiel » préalable à l'envoi du cahier des charges et à la remise des offres. Cette procédure permet à l'État d'échanger avec les candidats sur le contenu du cahier des charges, qui tient compte des spécificités du projet, tout en garantissant les intérêts publics. Cette forme a été appliquée pour la première fois dans le cadre du projet éolien au large de Dunkerque et sera retenue pour la procédure relative au présent projet. Les précédentes procédures de mise en concurrence ne permettaient pas de dialogue avec les candidats, lesquels remettaient des offres sur la base d'un cahier des charges définitif, fixant notamment la localisation des projets et ses caractéristiques techniques.

Document stratégique de façade : document de planification qui vient préciser, pour chacune des quatre façades maritimes de métropole, les conditions de mise en œuvre de la stratégie nationale pour la mer et le littoral, en fonction des spécificités locales. Il comporte notamment une planification de l'espace maritime sous la forme d'une carte des vocations. Chacun de ces documents est élaboré par l'État en concertation avec les acteurs maritimes et littoraux de la façade concernée, réunis au sein du conseil maritime de façade.

Énergie carbonée : c'est l'énergie dégagée par la combustion d'un produit riche en carbone issu de la matière organique d'êtres vivants morts et enfouis dans le sol depuis plusieurs millions d'années. En brûlant, elles émettent de la vapeur d'eau et du dioxyde de carbone (CO₂), notamment. Il s'agit du pétrole, du charbon, de la tourbe et du gaz naturel pour l'essentiel. « Décarboner » le bouquet énergétique signifie utiliser d'autres sources d'énergie primaire, comme par exemple l'hydraulique, le nucléaire, le solaire, l'éolien ou la biomasse.

Énergie éolienne : c'est l'énergie du vent, ou plus exactement l'énergie cinétique des particules d'air en mouvement. Cette énergie peut être utilisée directement (déplacement de voiliers, etc.) ou transformée en une énergie mécanique par la rotation d'un axe : l'aérogénérateur (éolienne) entraîne un alternateur qui produit de l'électricité, quand un moulin à vent pompe de l'eau ou moule le grain. L'énergie éolienne est une énergie renouvelable. Les vents sont globalement provoqués par un réchauffement inégalement réparti à la surface de la Terre provenant du rayonnement solaire (énergie solaire), et par la rotation de la Terre. L'air chaud s'élève, provoquant localement une dépression attirant un air plus froid. Ce mouvement d'air ainsi créé s'appelle le vent.

Énergie finale : énergie utilisée en bout de chaîne de transformation, c'est-à-dire réellement utilisable par le consommateur. Par exemple : les carburants raffinés (essence, diesel, carburant d'avion, fioul lourd, etc.), issus du pétrole, de cultures énergétiques, ou éventuellement de gaz ou de charbon et qui seront utilisés par toute machine comportant un moteur à combustion. L'électricité fournie au consommateur est une énergie finale.

Énergie primaire : forme d'énergie disponible naturellement sans transformation. Par exemple : le pétrole brut, le gaz brut, le charbon brut, le bois, l'eau disponible en altitude ou dans un fleuve, le vent, le rayonnement solaire, la chaleur produite par la désintégration radioactive, etc. La production d'électricité nécessite une énergie primaire.

Énergie renouvelable : énergie primaire inépuisable à très long terme, car issue directement de phénomènes naturels, réguliers ou constants, liés à l'énergie du soleil, du vent, hydraulique, de l'eau ou de la terre, et de la mer.

Éolien en mer posé/flottant : une éolienne en mer peut être installée de deux façons, soit sur une fondation qui repose sur le fond ou dans le sous-sol marin (éolien posé), soit sur un support flottant relié aux fonds marins par des lignes d'ancrage (éolien flottant).

Façade Nord Atlantique – Manche Ouest (NAMO) : la façade maritime Nord Atlantique – Manche Ouest s'étend sur environ 3900 km¹, couvrant le littoral breton, celui de la Loire-Atlantique et celui de la Vendée. Elle compte six des 26 départements métropolitains de bord de mer² et deux des huit régions littorales : Bretagne et Pays de la Loire.

Filet de sécurité : c'est une composante du Pacte électrique breton mise en œuvre par RTE et visant à sécuriser l'alimentation électrique de la Bretagne. Elle intègre la réalisation de 76 km de liaison souterraine à 225000 volts entre Calan (Lorient) et Plaine-Haute (Saint-Brieuc) et l'installation de dispositifs complémentaires de gestion du réseau de transport d'électricité existant tels que des transformateurs déphaseurs, appareils qui permettent de réguler les transits d'énergie, ou des moyens de compensation, pour la tenue de la tension.

Gisement éolien : énergie du vent théoriquement disponible, sans prise en compte ni des limites techniques ni des conditions économiques de son extraction.

Loi énergie-climat : la loi n° 2019-1147 du 8 novembre 2019 relative à l'énergie et au climat, dite loi énergie-climat, actualise les objectifs de la politique de l'énergie pour tenir compte du « plan climat » adopté en 2017, de la stratégie nationale bas-carbone (SNBC) et de la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE). Ses objectifs sont, notamment, la neutralité carbone³ à l'horizon 2050, la réduction de la dépendance aux énergies fossiles et au nucléaire, l'accélération du développement des énergies renouvelables.

Maître d'ouvrage : personne (physique ou morale) pour laquelle le projet est réalisé. Elle est l'entité porteuse d'un besoin ; à ce titre elle définit l'objectif d'un projet, son calendrier et le budget consacré. Le résultat attendu du projet est la réalisation d'un produit, appelé ouvrage. Dans ce document, le maître d'ouvrage est l'État, représenté nationalement par la direction générale de l'énergie et du climat et localement par la préfète de région. Pour la partie raccordement du projet, la maîtrise d'ouvrage est assurée par RTE. Pour la partie raccordement du projet, la maîtrise d'ouvrage est assurée par RTE.

Mégawatt (MW) ou Gigawatt (GW) : unités de puissance électrique. Un mégawatt égale un million de watts ou mille kilowatts. Un gigawatt correspond à un milliard de watts ou un million de kilowatts.

Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) : c'est un outil de pilotage de la politique énergétique, créé par la loi de transition énergétique pour la croissance verte. Elle détaille, pour une période de 10 ans, les priorités d'actions des pouvoirs publics pour atteindre les objectifs de politique énergétique.

1 Calcul réalisé par le Cerema à partir de la base de données topographique de l'IGN.

2 Côtes-d'Armor, Finistère, Ille-et-Vilaine, Loire-Atlantique, Morbihan, Vendée.

3 En France, le ministère de la Transition écologique définit la neutralité carbone de manière assez similaire à celle du GIEC comme la situation dans laquelle les émissions nationales de gaz à effet de serre seraient « inférieures ou égales aux quantités de gaz absorbées par les écosystèmes anthropiques (c'est-à-dire les milieux naturels gérés par l'homme : forêt, sols agricoles, etc.) et certains procédés industriels (capture et stockage ou réutilisation du carbone) »

(<https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/en-finir-energies-fossiles-et-sengager-vers-neutralite-carbone#e3>).



Réseau de transport d'électricité (RTE) : gestionnaire et responsable du réseau public de transport d'électricité haute tension en France métropolitaine.

Séquence « éviter, réduire, compenser » (ERC) : conformément au droit de l'environnement, la démarche ERC, définie par le ministère de la Transition écologique, a pour objectif d'intégrer le plus tôt possible la prise en compte des enjeux environnementaux dans la vie d'un projet. Elle correspond à une mise en œuvre opérationnelle du principe de prévention et de correction des dommages à l'environnement (cf. article L.110-1 du code de l'environnement, II, 2°). Elle consiste tout d'abord à éviter les impacts, les réduire ensuite, et, en dernier lieu, à compenser les impacts résiduels du projet si les deux étapes précédentes n'ont pas permis de les supprimer. Elle s'applique en mer comme à terre.

Stratégie nationale pour la mer et le littoral¹ : stratégie adoptée par la France en février 2017 pour fixer son ambition maritime sur le long terme. Elle donne un cadre de référence aux politiques publiques concernant la mer et le littoral et, plus généralement, aux acteurs de l'économie maritime et des littoraux.

Tarifs d'utilisation des réseaux publics d'électricité (TURPE) : le TURPE est présent sur la facture de tous les consommateurs, particuliers ou industriels, et son montant est fixé par la Commission de régulation de l'énergie (CRE). Définis aux articles L. 341-2 et suivants du code de l'énergie, les TURPE permettent à la fois la couverture des coûts engagés par les gestionnaires du réseau ainsi que la rémunération des investissements des gestionnaires. Ils visent à assurer la neutralité du service rendu par les gestionnaires du réseau d'électricité pour tous les fournisseurs et à l'adresse de l'ensemble des particuliers et professionnels.

Wattheure (Wh) : unité d'énergie électrique. Un wattheure correspond à une puissance d'un watt consommé pendant une heure. Il existe des multiples de mille (kWh), d'un million (MWh) et d'un milliard (GWh). Par exemple, une ampoule basse consommation de 6 watts consomme 18 Wh pour trois heures d'utilisation, tandis qu'un radiateur électrique de 1000 watts consomme 10 kWh pour dix heures de fonctionnement. Un kWh électrique coûte environ 15 centimes d'euro pour l'utilisateur particulier (hors abonnement).

Zone préférentielle : zone dans laquelle les éventuels impacts négatifs des parcs éoliens sont les plus faibles possible sur les principales activités humaines et sur l'environnement. Dans le cadre du débat public, le grand public est invité à participer notamment à la définition de cette zone.

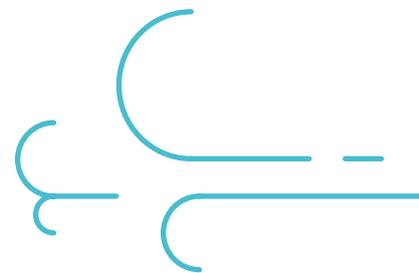
Précisions concernant la terminologie employée dans le cadre de ce débat

La zone proposée au débat est constituée :

- d'une zone d'étude en mer, propice à l'implantation de deux parcs d'éoliennes flottantes ;
- d'une zone d'étude pour le raccordement électrique, comprenant :
 - la zone d'étude pour le raccordement en mer,
 - la zone d'étude pour le raccordement à terre.

¹ <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/strategie-nationale-mer-et-littoral>





La France est engagée dans une double démarche ambitieuse : la diversification de son bouquet énergétique et la diminution de ses émissions de gaz à effet de serre, en cohérence avec les objectifs européens et les engagements pris dans le cadre de la Conférence de Paris de 2015 sur les changements climatiques (COP21). Le développement des énergies renouvelables en mer, et en particulier de l'éolien en mer, est au cœur de l'ensemble de ces objectifs. La programmation pluriannuelle de l'énergie 2019-2028 prévoit ainsi le lancement de six nouveaux appels d'offres. L'un d'eux portera sur la création d'un parc d'éoliennes flottantes au sud de la Bretagne.

L'engagement de la Région Bretagne et de la Région des Pays de la Loire pour le développement des énergies renouvelables et de filières industrielles innovantes rejoint pleinement la démarche proposée par l'État. Le ministère de la Transition écologique, le Conseil régional de Bretagne et RTE, en lien avec le Conseil régional des Pays de la Loire, sont donc fiers de porter ensemble le premier projet de parc éolien flottant en mer en France. Ce projet permettra à la France de prendre la tête du développement de cette technologie, à l'échelle mondiale.

Comme l'a montré une large démarche de concertation menée avec les acteurs locaux, le sud de la Bretagne apparaît comme une zone d'accueil particulièrement propice à l'implantation d'un parc éolien en mer. Ses conditions naturelles (vents, fonds marins, etc.) offrent un potentiel permettant une production d'énergie optimisée. Le développement d'un parc éolien en mer dans cette zone bénéficierait par ailleurs des infrastructures du réseau public de transport d'électricité développées et opérées par RTE, pour acheminer l'électricité produite en mer vers le continent afin qu'elle puisse être consommée partout en France, mais aussi en Europe. Un projet d'une telle envergure valoriserait la dynamique d'expansion de la filière industrielle bretonne et plus largement du Grand Ouest. Il permettrait par ailleurs au territoire de bénéficier de retombées économiques intéressantes en matière d'emplois et de formation. Enfin, le développement d'énergies renouvelables avec une forte capacité de production répond pleinement aux objectifs de réduction de la dépendance électrique de la région.

Aujourd'hui, l'État, la Région Bretagne et RTE souhaitent concrètement associer le public à ce projet dans le cadre de ce débat public, organisé par la Commission nationale du débat public (CNDP) et animé par une Commission particulière du débat public (CPDP). L'ensemble des parties prenantes – collectivités territoriales, acteurs économiques, grand public, associations, syndicats, etc. – est invité à s'engager. L'enjeu est notamment de faire émerger une zone préférentielle en mer pour accueillir deux parcs d'éoliennes flottantes en mer et leur raccordement mutualisé. Le premier, d'une puissance de 250 MW, sera attribué par un appel d'offres avec dialogue concurrentiel en 2021, quand le second, dont la puissance pourrait aller jusqu'à 500 MW, le sera à partir de 2024.

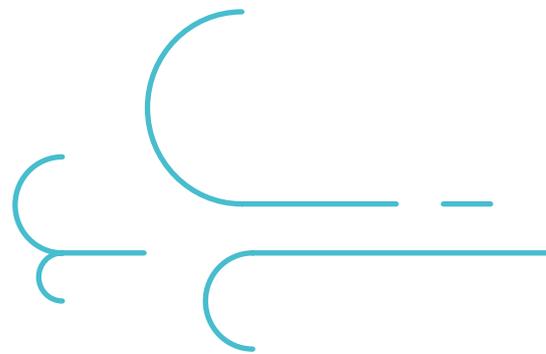
Ce débat public intervient très tôt dans la vie du projet, conformément aux nouvelles dispositions introduites par la loi du 10 août 2018 pour un État au service d'une société de confiance (ESSOC). Dans une approche systémique, cette démarche vise la construction d'un projet durable de territoire, respectueux de l'environnement, favorisant par ailleurs le partage des usages de la mer et la cohabitation des activités.

Nous sommes convaincus que la réussite du projet, c'est-à-dire la mise en service de parcs commerciaux d'éoliennes flottantes dans les meilleurs délais avec le développement d'une filière économique dédiée en Bretagne et dans le Grand Ouest, implique la pleine association du public et des différentes parties prenantes du territoire. Nos équipes s'engagent à être pleinement à l'écoute de vos remarques et propositions durant cette période d'échanges, mais aussi tout au long de la vie du projet.

Barbara Pompili,
Ministre de la Transition
écologique

Loïc Chesnais-Girard,
Président du Conseil régional
de Bretagne

François Brottes,
Président du Directoire
de RTE



1 • Qui sont les porteurs du projet ?

a) Le ministère de la Transition écologique, maître d'ouvrage du projet d'appel d'offres pour la création d'éoliennes flottantes au sud de la Bretagne

Le ministère de la Transition écologique prépare et met en œuvre la politique du Gouvernement dans les domaines du développement durable, de l'environnement, notamment de la protection et de la valorisation de la nature et de la biodiversité, de la transition énergétique et de l'énergie (en particulier en matière tarifaire), de climat, de la prévention des risques naturels et technologiques, de la sécurité industrielle, des transports et de leurs infrastructures, de l'équipement et de la mer. Il élabore et met en œuvre la politique de lutte contre le réchauffement climatique et la pollution atmosphérique. Il promeut une gestion durable des ressources rares.

Au sein du ministère de la Transition écologique, la direction générale de l'énergie et du climat (DGEC) a la charge de fournir les éléments nécessaires à ce débat public, pilote l'ensemble des études préalables et conduit la procédure de mise en concurrence. La préfète de la région Bretagne est chargée de la coordination des services de l'État pour conduire le projet et représente le maître d'ouvrage.

b) RTE, associé à la démarche du débat public et futur maître d'ouvrage de la réalisation de la partie raccordement du projet¹

Gestionnaire du réseau public de transport d'électricité, RTE est le garant du bon fonctionnement et de la sûreté du système électrique. À ce titre, il exploite, maintient et développe le réseau à haute et très haute tension, dans le cadre de la concession prévue par l'article L. 321-1 du code de l'énergie.

RTE a la charge du raccordement des parcs éoliens en mer sur son réseau ainsi que du développement du réseau et des interconnexions avec les pays voisins. RTE s'implique ainsi pleinement dans la transition énergétique.

Dans ce projet, RTE pilote les études préalables, conjointement avec la DGEC.

c) Le Conseil régional de Bretagne, associé à la démarche du débat public²

Depuis une douzaine d'années, la Région Bretagne mène une politique maritime ambitieuse qui s'est notamment traduite par l'adoption en 2007 de la charte des espaces côtiers bretons et par l'installation en 2009 de la Conférence régionale de la mer et du littoral (CRML), en lien avec l'État. Afin de poursuivre cet engagement, elle a, en 2016, proposé à l'État d'élaborer une stratégie régionale pour la mer et le littoral et adopté une stratégie en faveur du développement des énergies marines. La Région a été désignée comme cheffe de file de la transition énergétique et climatique par les lois de modernisation de l'action publique territoriale et d'affirmation des métropoles (MAPTAM) de 2014 et de transition énergétique pour la croissance verte (TECV) de 2015. À ce titre, elle porte une ambition, aux côtés de ses partenaires que sont l'État et l'ADEME, en assumant un rôle de coordination, d'animation et de territorialisation des politiques climat-énergie.

Le Conseil régional de Bretagne agit également sur le volet développement économique. Avec Bretagne Ocean Power, il anime et coordonne à l'échelle régionale les acteurs industriels de la filière des énergies marines renouvelables ainsi que l'ensemble de sa stratégie de valorisation.

Le « contrat d'action publique pour la Bretagne », signé le 8 février 2019 par le président du Conseil régional de Bretagne et la préfète de Bretagne, acte que le Conseil régional portera conjointement le projet de parc commercial d'éoliennes flottantes aux côtés de l'État.

d) Le Conseil régional des Pays de la Loire, contributeur du dossier, dans le cadre du « contrat d'avenir pour les Pays de la Loire »

La région des Pays de la Loire est la première région française en matière d'emploi pour la filière des énergies marines renouvelables et dispose d'une chaîne logistique complète tant pour l'éolien posé que l'éolien flottant et d'outils de production de premier plan.

Le Conseil régional des Pays de la Loire développe depuis de nombreuses années des solutions de financements spécifiques en faveur de l'innovation et de la performance technologique, du développement de son attractivité et de la conquête de marchés nationaux et internationaux.

Elle compte également de nombreuses entreprises et acteurs, publics ou privés, impliqués dans des projets de recherche et développement dédiés aux énergies marines renouvelables.

¹ Conformément à l'article R. 121-3-1 du code de l'environnement.

² *Ibid.*

Premier port de la façade atlantique française, le Grand port maritime de Nantes – Saint-Nazaire accueille un véritable pôle industriel au service des énergies marines renouvelables, avec des investissements majeurs tels que la construction d'une plateforme logistique de 15 ha et le projet de parc écotéchnologique de 100 ha au Carnet, dédié aux énergies renouvelables.

La Bretagne et les Pays de la Loire forment un territoire d'action pertinent qui regroupe toutes les compétences portuaires, industrielles, techniques et scientifiques

nécessaires à l'accueil et à l'accompagnement de projets industriels et au développement de la filière des énergies marines renouvelables.

Dans ces circonstances, le « contrat d'avenir pour les Pays de la Loire », signé le 8 février 2019 par la présidente du Conseil régional des Pays de la Loire et le préfet des Pays de la Loire, acte que « les Régions Pays de la Loire et Bretagne seront associées à la préparation des débats publics et des concertations préalables aux futurs appels d'offres ».

2 • Dans quel cadre s'inscrit ce débat public ?

Le débat public¹ intervient dans une phase très précoce du projet de développement de parcs éoliens flottants. En effet, les caractéristiques des parcs et de leur raccordement, tout comme les développeurs éoliens en charge de leur conception, n'ont pas encore été choisis. L'objectif est de pouvoir associer pleinement au projet l'ensemble des publics (citoyens, élus, professionnels de l'énergie, acteurs de la mer, associations, etc.), et cela à un stade où toutes les options sont encore possibles, qu'il s'agisse de décider de ne pas réaliser le projet, de la localisation de la zone d'implantation des éoliennes en mer, des conditions de raccordement à terre, du fonctionnement des parcs (maintenance), etc.

Cette démarche s'inscrit dans un nouveau cadre réglementaire défini par la loi du 10 août 2018 pour un État au service d'une société de confiance (ESSOC). Jusqu'alors, la consultation du public intervenait de façon beaucoup plus tardive dans la vie des projets.

Qu'est-ce qu'un débat public ?¹

Le débat public est un moment particulièrement important dans la vie d'un grand projet. C'est l'occasion, pour toutes les personnes qui se sentent concernées, de participer de façon précoce à la réflexion sur sa pertinence, ses caractéristiques et ses conséquences environnementales, économiques et sociales, et en matière d'aménagement du territoire.

Un débat public est organisé par la Commission nationale du débat public (CNDP) qui nomme une commission particulière du débat public (CPDP) pour préparer et animer les débats puis en rendre compte. Neutre et indépendante à l'égard des porteurs du projet, elle ne se prononce pas sur le fond du projet.

Fiche

19

Pourquoi est-ce l'État, et non le futur industriel, qui porte aujourd'hui le projet en débat ? Quel est l'intérêt pour le public ?

Présentation du cadre du débat public : les évolutions réglementaires de la loi ESSOC

Avant la loi ESSOC

Saisine de la CNDP par le développeur éolien, lauréat de l'appel d'offres organisé par l'État

- **Le débat public porte :**
 - sur un **projet aux caractéristiques définies**,
 - **sans modification** possible de la zone de projet,
 - une fois **le lauréat de l'appel d'offres désigné**.
- **Les études** sur la zone soumise au débat public et les études environnementales sont **réalisées par le lauréat**.
- L'autorisation est délivrée pour **un projet dont les caractéristiques sont figées**.
- Les mesures « **éviter, réduire, compenser** » (ERC) **sont en conséquence, non modifiables**.

Après la loi ESSOC

Saisine de la CNDP par l'État

- **Le débat public porte notamment :**
 - sur l'opportunité, le **choix de la localisation** de la ou des zones préférentielles d'implantation des projets,
 - sur **l'ensemble des enjeux** permettant la bonne intégration et mise en service des parcs,
 - avant que le lauréat de l'appel d'offres **ne soit désigné**.
- **Les études initiales** sur la zone soumise au débat public et les études environnementales préliminaires sont **réalisées par l'État et RTE** puis transmises aux candidats.
- À l'issue de l'enquête publique, l'autorisation délivrée est fondée sur des **caractéristiques variables** (puissance, nombre et gabarit des éoliennes, etc.) pour **permettre l'adaptation du projet aux évolutions technologiques**.
- La démarche d'évaluation environnementale produite par le lauréat et RTE étudiera globalement les différents scénarios et proposera **une série de mesures d'évitement**, à défaut de réduction voire de compensation **prenant en compte ces différentes caractéristiques variables**.

¹ Articles L. 121-8 à L. 121-15 du code de l'environnement.

Quelle est la zone d'étude proposée au débat public ?

Ainsi, pour les sept premiers parcs éoliens en mer, c'est le développeur éolien désigné par l'État à l'issue d'une procédure de mise en concurrence qui avait la charge de consulter le public sur le projet. À ce stade, la localisation et les caractéristiques du parc, étaient déjà définies.

Aujourd'hui, le projet est mis en discussion avant la désignation du développeur éolien. C'est donc l'État, en association avec le Conseil régional de Bretagne et RTE, qui porte la démarche présentée en débat public, et non le développeur éolien.

3 • Quelles sont les attentes du débat pour les maîtres d'ouvrage ?

Comme le prévoit la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE), l'État souhaite faire construire au sud de la Bretagne deux parcs commerciaux d'éoliennes flottantes et leur raccordement mutualisé, réalisé par RTE.

Ce projet global est soumis à débat public. Dans cette perspective, une zone présentée au débat a été définie, en concertation avec les acteurs du territoire¹. Celle-ci est composée :

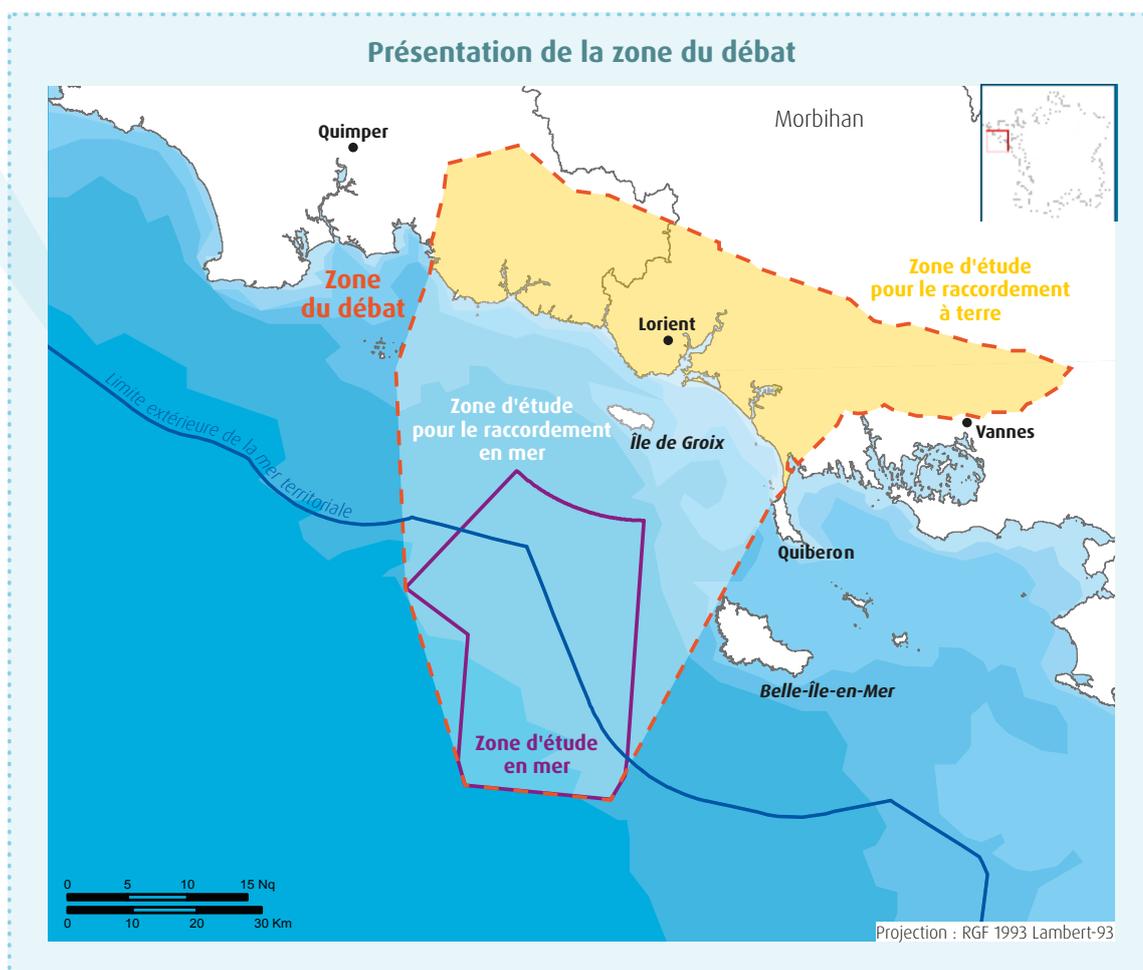
- d'une zone d'étude en mer, propice à l'implantation de deux parcs d'éoliennes flottantes ;
- d'une zone d'étude pour le raccordement électrique, comprenant :
 - la zone d'étude pour le raccordement en mer,
 - la zone d'étude pour le raccordement à terre.

Afin d'éclairer la décision du maître d'ouvrage, le débat public a notamment pour vocation d'identifier une zone préférentielle dans laquelle les effets négatifs des parcs éoliens seraient les plus faibles possible sur les principales

activités humaines et sur l'environnement, tout en permettant de maîtriser le coût du projet.

Le public est ainsi invité à s'exprimer sur plusieurs points :

- au sein de la zone d'étude en mer présentée, quelle zone préférentielle d'environ 600 km² serait la plus favorable à l'accueil des deux parcs d'éoliennes flottantes ?
- au sein de cette zone préférentielle de 600 km² :
 - quelle serait la zone de 200 km² environ destinée au parc éolien flottant de 250 MW qui sera attribué en 2021 à un développeur éolien ?
 - quelle serait la zone de 400 km² environ destinée au développement d'un second parc éolien flottant d'une puissance pouvant aller jusqu'à 500 MW, dont la réalisation serait attribuée à un développeur éolien à partir de 2024 ?
- quel corridor associé à la zone préférentielle de 600 km² serait à étudier pour le raccordement au réseau de transport électrique, afin d'engager ultérieurement la concertation dite « Fontaine » sur cette base ?

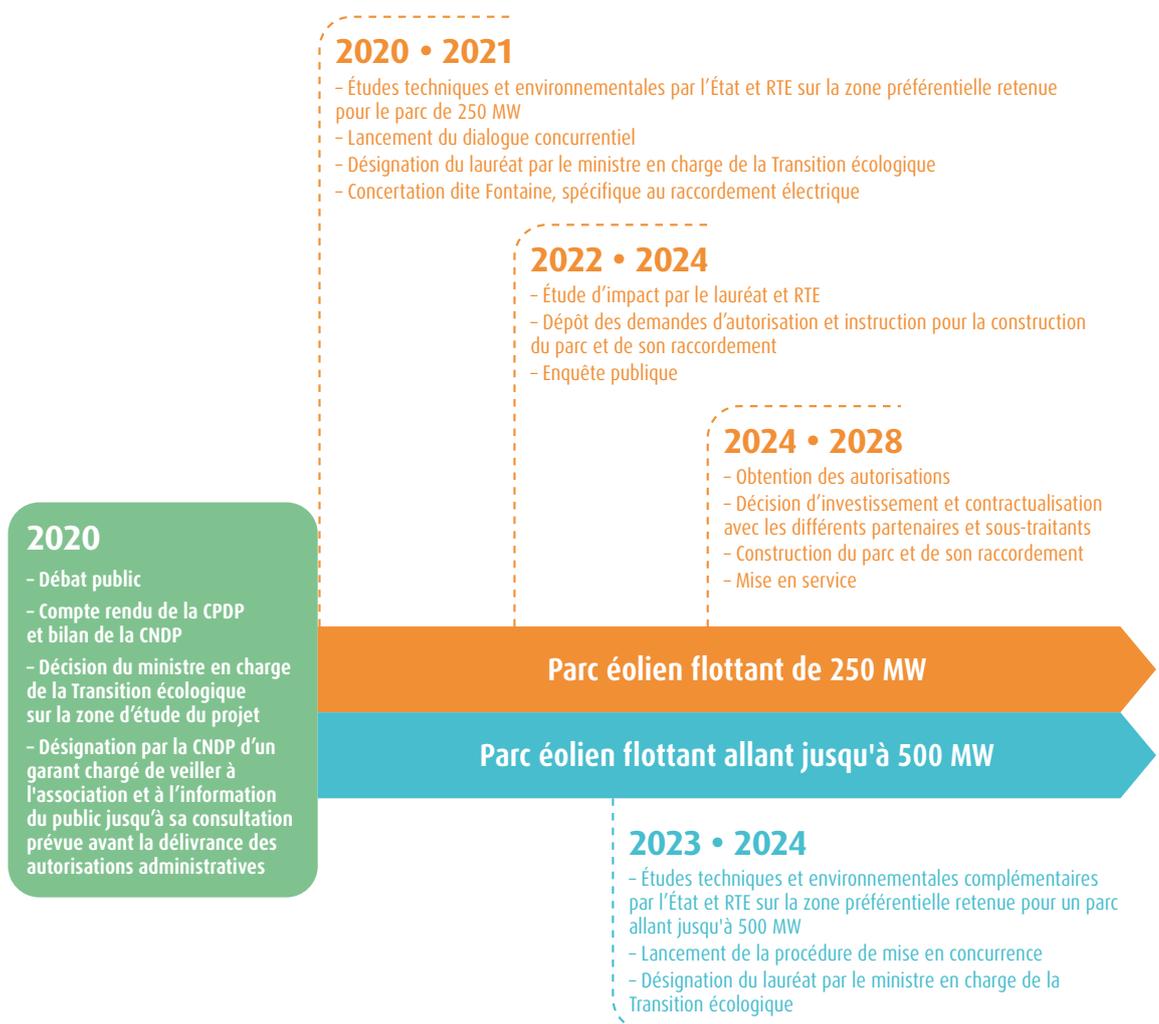


¹ La zone d'étude en mer proposée au débat a été définie au regard des enjeux techniques et réglementaires en tenant compte notamment des travaux du document stratégique de façade et de la concertation menée avec les acteurs réunis au sein du groupe « énergies marines renouvelables » de la Conférence régionale de la mer et du littoral.

Le débat public doit par ailleurs permettre :

- d'échanger avec le public pour apprécier l'opportunité du projet, identifier l'ensemble des enjeux de la zone du débat à terre comme en mer, à partir des données aujourd'hui disponibles et de l'expertise citoyenne, notamment pour améliorer la réalisation du projet ;
- de déterminer le corridor préférentiel pour le raccordement au réseau de transport électrique, mutualisé pour les deux parcs, afin d'engager ultérieurement la concertation dite « Fontaine¹ » sur cette base ;
- de mieux définir les modalités propices à la bonne intégration des parcs et de leur raccordement mutualisé dans leur écosystème, notamment en respectant les objectifs de développement durable² ;
- d'apporter des éléments sur le contenu du cahier des charges pour préparer l'attribution du premier parc éolien flottant commercial en 2021 à un développeur éolien chargé de sa réalisation ;
- d'échanger avec le public sur ses attentes concernant son information et sa participation aux différentes étapes d'élaboration du projet.

Calendrier prévisionnel du projet



¹ Pour en savoir plus sur la concertation Fontaine, voir la partie 3.12 : Les grandes étapes de réalisation d'un parc éolien en mer

² En particulier :

- Objectif 7. Énergies fiables, durables et modernes, à un coût abordable ;
- Objectif 8. Accès à des emplois décents ;
- Objectif 9. Bâtir une infrastructure résiliente, promouvoir une industrialisation durable qui profite à tous et encourager l'innovation ;
- Objectif 12. Consommation et production responsables ;
- Objectif 13. Lutte contre les changements climatiques ;
- Objectif 14. Conserver et exploiter de manière durable les océans et les mers aux fins du développement durable ;
- Objectif 17. Partenariats pour la réalisation des objectifs.

L'État met à disposition du public différents documents d'information et d'aide à la décision



- Le dossier du maître d'ouvrage (DMO) composé de deux parties :
 - le présent document socle, qui rassemble les principales informations sur la démarche présentée en débat public ;
 - les fiches thématiques complémentaires, jointes au document socle, qui permettent d'approfondir certains sujets en donnant un niveau de détail plus important.



- Une présentation synthétique permettant d'apporter les clés de compréhension du projet :
 - un dépliant ;
 - une vidéo pédagogique.



- Des outils permettant de visualiser les impacts paysagers du projet :
 - des photomontages pour illustrer des parcs éoliens théoriques fictifs ;
 - des cartes de visibilité¹ qui représentent la fraction visible des parcs fictifs ;
 - l'étude de visibilité de Météo France.



- Des rapports spécifiques :
 - un premier faisant un inventaire des enjeux environnementaux en présence dans la zone d'étude sur la base des études scientifiques et techniques disponibles à ce jour² ;
 - un second portant sur la pêche, réalisé par le Cerema.



- Un outil cartographique pour visualiser les données disponibles sur le portail Géolittoral <http://www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr/eolien-en-mer-sud-bretagne-r644.html>³



- Les documents de planification importants pour la compréhension du contexte du projet sont consultables en ligne :
 - le décret d'approbation et la programmation pluriannuelle de l'énergie, sur le site du ministère de la Transition écologique ;
 - le décret d'approbation de la stratégie nationale bas-carbone, sur le site du ministère de la Transition écologique ;
 - le document stratégique de façade Nord Atlantique – Manche Ouest.



Vous pouvez retrouver tous ces documents sur le site du débat public : <https://eolbretsud.debatpublic.fr/>⁴

¹ Les cartes de visibilité sont réalisées en prenant en compte la courbure de la terre, en condition de très bonne visibilité, et complètent l'étude de visibilité de Météo France.

² Ce rapport est réalisé à la demande de l'État et de RTE par deux bureaux d'études, assistés des organismes experts de l'État (Office français pour la biodiversité, Ifremer, etc.).

3



4



Pourquoi envisager des projets d'éoliennes flottantes au sud de la Bretagne ?

Fiche

1

Pourquoi un projet d'éoliennes flottantes en mer au sud de la Bretagne ? Les enjeux de la programmation pluriannuelle de l'énergie et de la stratégie nationale bas-carbone.

1 • Les engagements de l'État sur la diversification du bouquet énergétique (PPE) et la réduction des émissions de gaz à effet de serre

Le projet d'installation d'éoliennes flottantes au sud de la Bretagne s'inscrit dans le cadre d'une politique publique, encadrée par la loi sur la transition énergétique pour la croissance verte (2015) et la loi énergie-climat (2019). En cohérence avec les engagements du pacte vert européen, ces lois fixent des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre et de diversification du bouquet énergétique qui concernent l'ensemble des énergies, et pas seulement la production électrique.

Pour atteindre ces objectifs, deux feuilles de route sont définies par l'État :

- la stratégie nationale bas-carbone (SNBC) pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre, adoptée par le décret n° 2020-457 du 21 avril 2020 relatif aux budgets carbone nationaux et à la stratégie nationale bas-carbone¹ ;
- la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE), qui fixe les priorités d'actions dans le domaine de l'énergie pour la décennie à venir. La PPE 2019-2028 a été adoptée par le décret n° 2020-456 du 21 avril 2020 relatif à la programmation pluriannuelle de l'énergie². Pour mémoire, la PPE a fait l'objet d'un débat public du 19 mars au 30 juin 2018.

PPE et SNBC ont fait l'objet d'une consultation du public du 20 janvier au 19 février 2020.

Les objectifs de la France pour la transition énergétique fixés par la loi



-40 % d'émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2030

Neutralité carbone d'ici 2050



Baisse de 50 % de la consommation finale d'énergie entre 2012 et 2050 et -20 % d'ici 2030



-40 % de consommation d'énergie fossile d'ici 2030 par rapport à 2012



En 2030 : 33 % de renouvelable dans la consommation finale d'énergie

- 40 % pour la production d'électricité
- 38 % pour la consommation finale de chaleur
- 15 % pour consommation finale de carburant
- 10 % pour la consommation de gaz



Réduire la part du nucléaire à 50 % dans la production d'électricité d'ici 2035

Sources : Programmes pluriannuelles de l'énergie (PPE), Loi transition énergétique pour la croissance verte (LTECV), Loi énergie-climat (LEC).

1 Décret publié au *Journal officiel* le 23 avril 2020.
2 *Ibid.*

Afin de limiter les émissions de gaz à effet de serre et diminuer la part du nucléaire dans le bouquet énergétique national, la PPE définit des mesures destinées à développer les énergies renouvelables. Elle fixe également le calendrier des appels d'offres relatifs au développement d'installations d'énergies renouvelables électriques.

Au sein de ce calendrier figure l'attribution en 2021 d'un parc éolien flottant de 250 MW situé au sud de la Bretagne.

Les modalités d'attribution de ce parc font notamment l'objet du présent débat public.

À partir de 2024, la programmation pluriannuelle de l'énergie prévoit d'attribuer 1000 MW par an, posé et/ou flottant, selon les prix et le gisement. Le second parc d'une puissance allant jusqu'à 500 MW s'inscrit dans cette perspective.

Pourquoi diversifier le bouquet énergétique ?

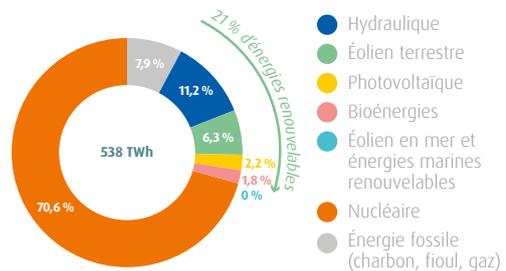
Avec la loi énergie-climat de 2019, la France s'est fixé le double objectif de réduire la part du nucléaire dans la production d'électricité d'ici à 2035 de 75 %¹ à 50 % et d'atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050. Il s'agit donc de diversifier le bouquet électrique tout en maintenant la décarbonation. Pour cela, un objectif intermédiaire est de porter la part des énergies renouvelables dans la consommation finale brute d'électricité à 33 % en 2030.

Historiquement, la France fait figure d'exception en Europe par la puissance de son parc de centrales nucléaires, qui représente aujourd'hui environ 72 %² de la production d'électricité. Cette forte proportion est cependant une faiblesse en matière de robustesse du système électrique, par exemple s'il survenait un défaut générique nécessitant l'arrêt conjoint de plusieurs réacteurs. La diminution de la part du nucléaire doit donc s'accompagner d'une augmentation des autres productions d'énergies, lesquelles doivent être décarbonées pour atteindre les objectifs de réduction des gaz à effet de serre. De plus, pour atteindre ces mêmes objectifs, le Gouvernement s'est engagé à fermer les quatre dernières centrales à charbon d'ici 2022. Dans ce contexte, le développement des énergies renouvelables permettra de garantir un haut niveau de sécurité d'approvisionnement.

Le développement de l'éolien en mer s'inscrit ainsi dans le renforcement d'un bouquet énergétique décarboné et diversifié, l'objectif étant d'attribuer des projets à hauteur de 1 GW/an à partir de 2024. Les énergies renouvelables à développer doivent en outre être diversifiées, pour obtenir un mix énergétique équilibré, indispensable au foisonnement de la production d'énergie renouvelable : par exemple, les courbes de production du solaire et de l'éolien ne suivant pas la même structure temporelle, les productions électriques de ces technologies ne sont pas

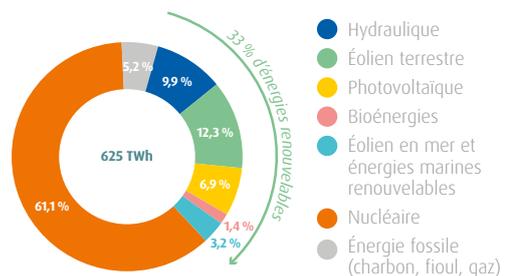
Focus sur les perspectives du bouquet électrique

Production d'électricité en France en 2019



Source : RTE - Bilan électrique 2019.

Production d'électricité en France en 2028



Source : Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE).

corrélées. Le développement d'une seule filière, par exemple de la filière solaire, aurait moins de bénéfices pour la sécurité d'approvisionnement (pas de production la nuit et moins de production en hiver) et générerait des coûts massifs pour le système électrique (coûts réseaux, coûts de stockage, etc.). C'est, au contraire, le foisonnement des productions aléatoires en utilisant plusieurs technologies qui permet d'assurer la sécurité d'approvisionnement.

¹ Part en 2012, source RTE
<https://bilan-electrique-2018.rte-france.com/production-totale/#>
² Moyenne 2016-2018, source RTE
<https://bilan-electrique-2018.rte-france.com/production-totale/#>

1



2



Quel est l'état d'avancement des énergies renouvelables en mer en France ? Quelles sont les alternatives à l'éolien flottant ?

2 • Le développement de l'éolien en mer en France

L'éolien en mer, posé et flottant, fait partie des principales filières à développer pour atteindre l'objectif, défini par la loi énergie-climat, de 40 % d'électricité d'origine renouvelable en 2030. Il offre de nombreux potentiels :

- son gisement est important car le vent est plus fort et plus régulier qu'à terre ;
- les espaces en mer permettent d'installer un plus grand nombre d'éoliennes, de plus grande taille, avec un impact paysager plus limité qu'à terre.

Les zones maritimes sous juridiction française couvrent 11 millions de km² (Pacifique, océan Indien, Atlantique, Manche, Méditerranée). La façade Nord Atlantique-Manche

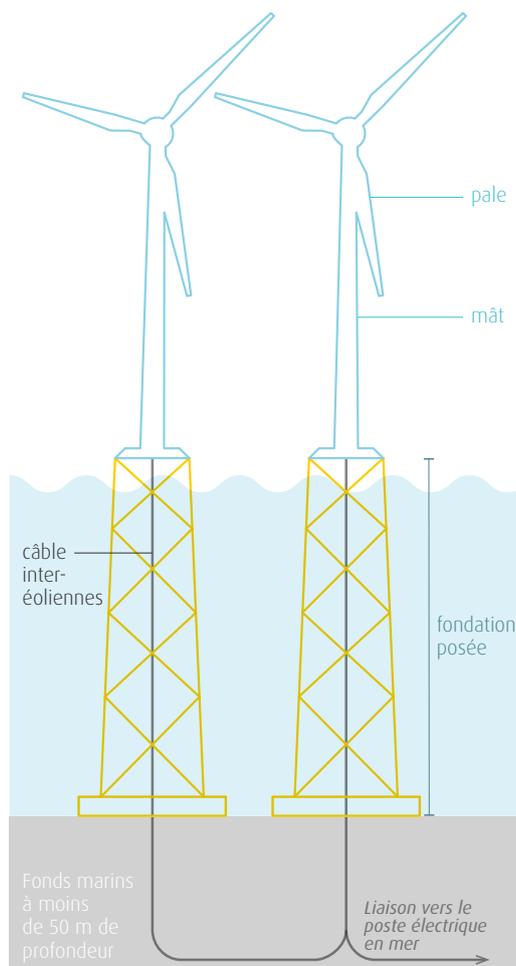
Ouest couvre une surface de 143 000 km² environ. La France continentale dispose d'une façade maritime étendue et bien ventée. Les zones théoriquement exploitables avec les technologies actuelles pour l'éolien marin ont un potentiel énergétique d'environ 30 000 MW¹, à moduler en fonction des contraintes locales (environnement, conflits d'usage, restrictions réglementaires). En Europe, la France bénéficie du deuxième gisement de vent pour l'éolien en mer après la Grande-Bretagne.

Ainsi, l'éolien en mer représente pour la France le plus fort potentiel de développement d'énergie renouvelable en mer dans la décennie à venir.

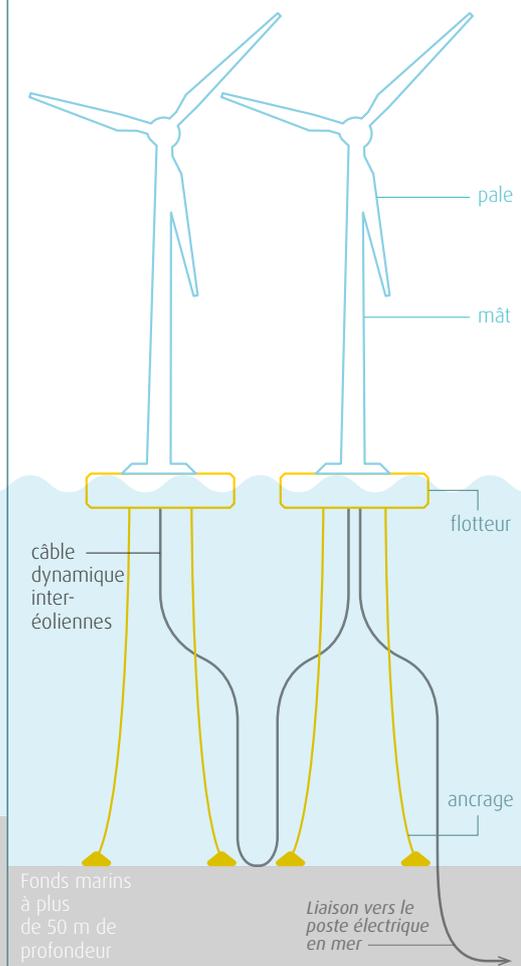
Qu'est-ce que l'éolien en mer ?

L'énergie éolienne transforme l'énergie mécanique du vent en énergie électrique. Une éolienne en mer, posée sur le fond marin ou installée sur un flotteur ancré au fond de la mer, utilise la force du vent pour produire de l'électricité.

Éoliennes en mer posées



Éoliennes en mer flottantes



1 ADEME, « Dans l'air du temps, l'énergie éolienne », 2013.

Quel est l'état des lieux de la filière industrielle de l'éolien en mer ?

Quel est l'état des lieux de l'éolien en mer posé en France ?

Depuis 10 ans, la France a appuyé le développement de l'énergie éolienne en mer en lançant trois procédures de mise en concurrence pour des parcs éoliens en mer posés en 2011, 2013 et 2016. Ils totalisent 3,6 GW et sont répartis en sept projets sur la façade Manche Est - Mer du Nord (Courseulles-sur-Mer, Fécamp, Dieppe - Le Tréport et Dunkerque¹) et sur la façade Nord Atlantique - Manche Ouest (Saint-Brieuc, Saint-Nazaire et Yeu - Noirmoutier).

Du 15 novembre 2019 à fin août 2020, un débat public (<https://eolmnormandie.debatpublic.fr/>²) est en cours sur des projets éoliens posés en mer au large de la Normandie, la procédure de mise en concurrence devant être lancée en 2020.

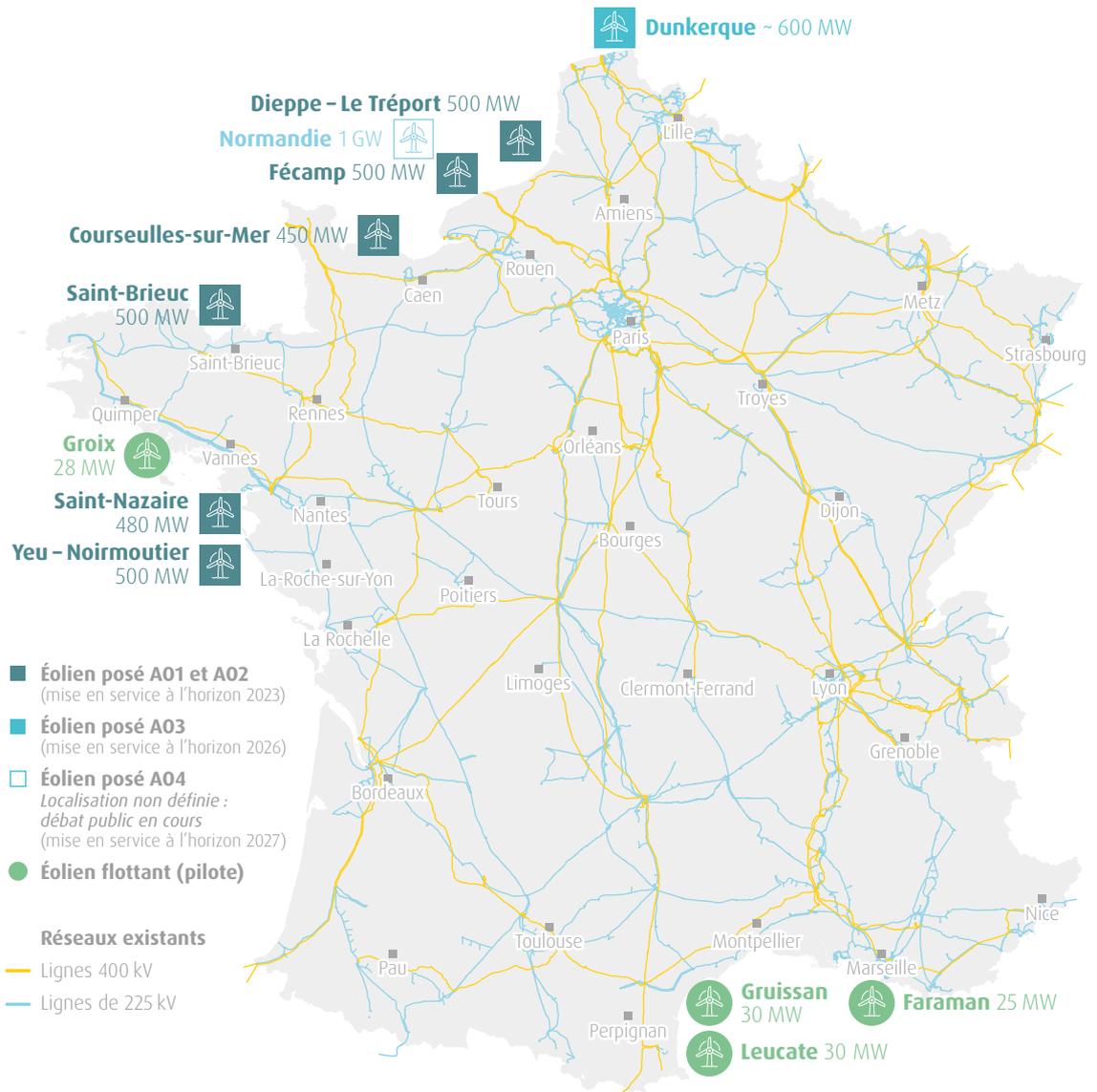
2

1 Un débat public va très prochainement être lancé pour ce projet. Il va se dérouler selon le processus antérieur à la loi ESSOC dans des conditions définies par la CNDP. Le lauréat, EDF Renouvelables a donc déjà été désigné.

2 Le débat devait initialement se dérouler du 15 novembre 2019 au 15 mai 2020. Le délai a été allongé en raison de l'épidémie de Covid-19. Ces dispositions ont été prises dans le cadre de l'ordonnance n° 2020-306 du 25 mars 2020 relative à la prorogation des délais échus pendant la période d'urgence sanitaire et à l'adaptation des procédures pendant cette même période.



L'emplacement des projets éoliens en mer issus des précédents appels d'offres en France



Quel serait l'impact si le projet ne se faisait pas ? Quelles sont les variantes et alternatives ?

Que se passerait-il si aucun nouveau parc éolien en mer n'était réalisé en France ?

Si la France ne poursuivait pas le développement de nouveaux parcs éoliens en mer, posés ou flottants, il y aurait un manque de production d'électricité renouvelable, qui rendrait plus difficile l'atteinte des objectifs européens et nationaux de transition énergétique, ralentissant ainsi le développement des énergies renouvelables et la diversification des sources d'approvisionnement électrique.

Il y aurait, en outre, des impacts négatifs sur les filières de l'éolien en mer, avec des pertes d'emplois et des fermetures d'usines, notamment dans les Pays de la Loire et en Bretagne, ou l'absence de développement des usines prévues, notamment à Saint-Nazaire et à Brest.

Les potentiels impacts négatifs liés à la construction et à l'exploitation des parcs et de leurs raccordements, tels que les impacts potentiels sur l'environnement ou sur les usages existants, seraient cependant évités.

Quel est l'état des lieux de la filière industrielle de l'éolien en mer ?

3 • L'éolien flottant, une filière innovante en développement

a) Le positionnement de la France sur le marché de l'éolien flottant

L'éolien en mer est un marché relativement jeune et en forte expansion à l'échelle mondiale. Si le marché de l'éolien posé commence à être bien structuré, le marché de l'éolien flottant commercial en est à ses débuts.

Ainsi, le premier parc commercial d'éoliennes flottantes mis en service offrira à son exploitant une vitrine décisive pour le développement ultérieur de la filière et du marché associé. L'émergence d'une telle filière technico-économique représente donc un enjeu fort pour le Grand Ouest, notamment en Bretagne et Pays de la Loire.

La technologie de l'éolien flottant représente un potentiel de développement car il rend possible l'installation des éoliennes plus loin des côtes, indépendamment de la qualité et de la profondeur du fond océanique. Cela permet d'exploiter des vents plus forts et plus réguliers. La France a donc initié assez tôt la montée en puissance de cette filière en lançant en 2015 un appel à projets baptisé EolFlo¹ pour accompagner la création de fermes pilotes d'éoliennes flottantes. Piloté par l'ADEME, son objectif est double. À court terme, il s'agit de valider les concepts technico-économiques de l'éolien flottant. À plus long terme, il s'agit de positionner la France et ses industriels comme pionniers et leaders de cette technologie naissante.

Zoom sur les fermes pilotes issues de l'appel à projets de l'ADEME de 2015

Qu'est-ce qu'une ferme pilote ?

Une ferme pilote d'éoliennes flottantes correspond à l'installation, en conditions réelles d'exploitation mais en nombre réduit, d'éoliennes flottantes et de leur raccordement au réseau de transport d'électricité.

La réalisation de fermes pilotes est essentielle, car elle amorce le passage de cette filière innovante vers un développement à l'échelle commerciale. La ferme pilote vise à valider des performances, tester la fiabilité et apporter un retour d'expérience.

Une ferme pilote constitue la dernière étape de maturation des technologies et contribue à définir les politiques industrielles avant le déploiement commercial.



Projection du projet Éoliennes flottantes de Groix et Belle-Île
© FEEGBI - Naval Energies

En 2016, quatre projets ont été désignés lauréats de l'appel à projets : trois sont situés en Méditerranée et le quatrième, au sud de la Bretagne.

Le projet « Éoliennes flottantes de Groix et Belle-Île » (EFGBI) développé par un consortium d'entreprises mené par EOLFI. Il vise une mise en service, à horizon 2022, de trois éoliennes offrant chacune une puissance de 9,5 MW et son raccordement par RTE au réseau public de transport

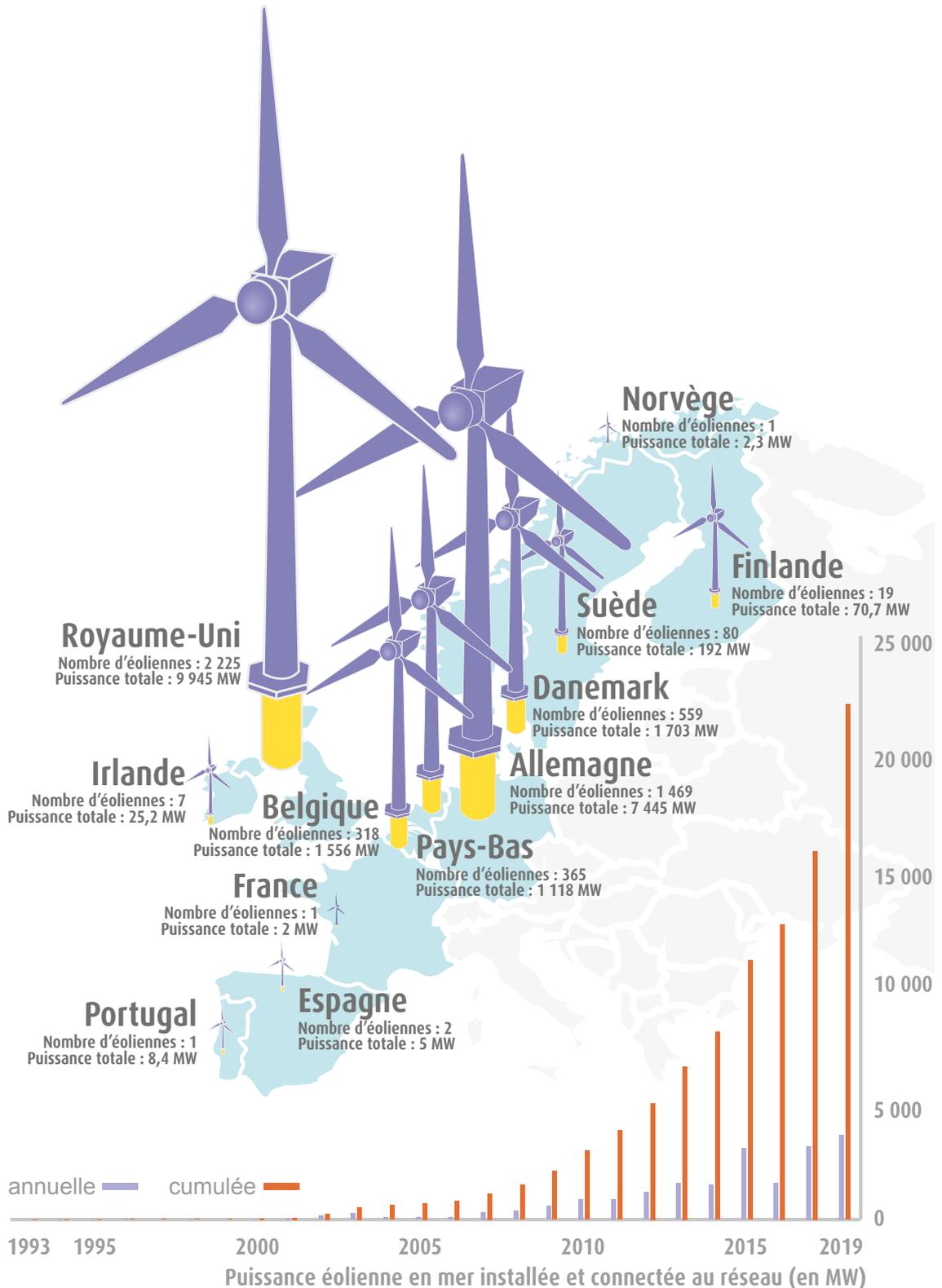
par une liaison électrique 63000 volts. La société « Ferme éolienne flottante de Groix et Belle-Île » exploitera la ferme pilote pendant une durée de 20 ans. La production d'électricité estimée est de 100 GWh par an, ce qui correspond à l'équivalent de la consommation électrique d'environ 20000 foyers (47000 habitants), soit les deux tiers de la consommation domestique de la ville de Lorient.

1 À ce titre, les projets lauréats d'EolFlo bénéficient de subventions et d'avances remboursables de la part du programme d'investissements d'avenir au titre de l'action « Démonstrateurs de la transition écologique et énergétique », mais également d'un tarif d'achat de l'électricité garanti pendant une durée de 20 ans.

Les enseignements tirés de cette expérimentation permettront d'améliorer les conditions de réalisation actuellement en débat des deux parcs commerciaux d'éoliennes flottantes au sud de la Bretagne. En effet, les travaux de construction du premier parc débuteront après

la mise en service de la ferme pilote. En revanche, cette mise en service interviendra trop tard pour permettre aux candidats de bénéficier d'un retour d'expérience en matière d'exploitation pour la préparation de leur offre commerciale pour le premier parc éolien flottant.

L'éolien en mer en Europe (fin 2019)



Source : WindEurope.

© 2020 – connaissance-des-energies.org

Quel est l'état des lieux du marché de l'éolien flottant au niveau mondial ?

L'éolien flottant est un marché en expansion au niveau mondial. Il n'existe pour le moment aucun parc commercial en service. Les marchés potentiels les plus prometteurs à l'étranger pour la décennie 2020-2030 sont les États-Unis (6 GW), la Chine (5 GW), Taïwan (1,5 GW), l'Écosse (4 GW) et le Japon (4 GW). En Europe et dans le bassin méditerranéen, l'Espagne, le Portugal et la Turquie sont également des marchés prometteurs.

L'Écosse, notamment, cherche à prendre le leadership européen et a lancé, début 2018, un processus de concertation avec les développeurs. Son objectif est de lancer un appel d'offres pour déployer un parc éolien commercial sur des zones propices au flottant. La Turquie a aussi engagé une réflexion pour lancer des appels d'offres concernant des zones propices à l'éolien flottant, pour un potentiel supérieur à 2 GW. Ces appels d'offres pourraient être lancés courant 2020.

La plus grande ferme pilote actuellement en opération est WindFloat, au Portugal (25 MW) et la plus grande en développement est celle de Hywind Tampen en Norvège (88 MW). Les deux sont raccordées en 66 kV. Dans ce contexte, la France a pour ambition de se positionner comme un acteur pionnier du marché, avec l'attribution d'un premier parc éolien flottant commercial au sud de la Bretagne en 2021. La programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) prévoit la mise en service de 2,4 GW d'éolien en mer (posé et flottant confondu) à l'horizon 2023 pour atteindre entre 5,2 et 6,2 GW à l'horizon 2028.

Fiche

6

Quel est l'état d'avancement des énergies renouvelables en mer en France ? Quelles sont les alternatives à l'éolien flottant ?

Fiche

3

Quel serait l'impact si le projet ne se faisait pas ? Quelles sont les variantes et alternatives ?

b) Quelles sont les alternatives au développement de l'éolien flottant ?

Pourquoi ne pas développer d'autres énergies renouvelables en mer que l'éolien ?

Il existe d'autres énergies renouvelables en mer : hydrolien, houlomoteur, énergie thermique des mers, marémotrice¹. Celles-ci ont un degré de maturité variable et leurs perspectives de développement s'échelonnent à plus ou moins long terme. De nombreux projets de recherche et développement sur ces énergies sont financés par l'ADEME, via le programme d'investissements d'avenir².

Aujourd'hui, ces projets sont moins avancés que l'éolien en mer. Leur gisement (courants marins, houle, etc.) et les technologies actuelles ne permettent pas une production électrique en quantité similaire à celle issue de l'éolien (vents marins).

De plus, certaines technologies comme l'électricité produite à partir de l'énergie thermique des mers, ont un potentiel dans les zones tropicales mais pas en France métropolitaine. L'éolien apparaît donc comme l'énergie renouvelable en mer dont le développement est le plus pertinent en métropole à ce jour.

Pourquoi ne pas installer des éoliennes posées ?

L'éolien posé est privilégié lorsque le fond marin se situe à une profondeur maximale d'environ 50 m ; au-delà, le coût des fondations et du mât devient très élevé. L'éolien flottant peut être installé au-delà d'une telle profondeur, et jusqu'à 200 m. Au sud de la Bretagne, les fonds sont principalement supérieurs à 50 m, ce qui en fait un terrain propice à l'éolien flottant.

L'éolien posé est une filière techniquement plus ancienne et éprouvée que le flottant. Cependant, la technologie flottante est en plein développement et atteint actuellement un stade commercial.

Pourquoi ne pas développer plutôt l'éolien terrestre, le photovoltaïque ou la biomasse ?

La programmation pluriannuelle de l'énergie prévoit un développement équilibré des différentes filières d'énergie renouvelable, y compris l'éolien terrestre et le photovoltaïque, qui ont également vocation à se développer en Bretagne. Cette région dispose cependant d'un potentiel particulièrement favorable pour l'éolien en mer flottant.

En mer, le vent étant plus fort et plus régulier qu'à terre, les éoliennes fonctionnent en moyenne deux fois plus de temps qu'à terre. De plus, en mer, les éoliennes sont deux à quatre fois plus puissantes que les éoliennes terrestres, ce qui permet d'installer des parcs de grande puissance et de produire plus d'électricité par éolienne et par parc.

Pour obtenir la même production d'électricité qu'un parc éolien flottant de 250 MW, il faut développer environ 400 MW d'éolien terrestre, soit environ 150 éoliennes terrestres (contre une vingtaine d'éoliennes en mer), ou environ 850 MW de photovoltaïque, correspondant à environ 850 ha de foncier, l'équivalent de 121 terrains de football.

Les différentes énergies renouvelables électriques (éolien en mer et à terre, photovoltaïque, hydroélectricité, etc.) sont complémentaires entre elles et ne doivent pas être opposées : chacune apporte une contribution spécifique au fonctionnement du système électrique, elles ne présentent pas les mêmes coûts, ni les mêmes impacts environnementaux ou en matière d'emprise au sol. Il est nécessaire d'avoir une diversité des sources de production électrique. La complémentarité de l'éolien terrestre et de l'éolien maritime (où les régimes de vents sont différents) ou celle de l'éolien et du photovoltaïque (complémentarité entre les régimes de vent et les cycles du soleil) permettent d'obtenir une production électrique plus régulière.

2



¹ La plus importante utilisation est en Bretagne, avec l'usine de la Rance.

² Exemple d'appel à projets du programme d'investissements d'avenir : <https://appelsaprojets.ademe.fr/aap/ENR2019-12>

Le développement d'une seule filière, par exemple de la filière solaire, aurait pour conséquence de générer des coûts massifs pour le système électrique (coûts réseaux, coûts de stockage, etc.).

C'est, au contraire, le foisonnement grâce aux réseaux de productions variées, utilisant plusieurs technologies, qui permet d'assurer la sécurité d'approvisionnement.

La Bretagne, région agricole, dispose d'importantes ressources en biomasse (résidus de cultures, déjections animales, déchets liés à l'industrie agroalimentaire, biodéchets...). Ces ressources sont susceptibles de produire du biogaz grâce à leur transformation dans des unités de méthanisation. Le réseau de distribution de gaz naturel dessert environ 30 % des communes bretonnes, ce qui correspond à une couverture de 71 % de la population.

Afin de répondre aux objectifs nationaux et régionaux de développement du biogaz dans la consommation de gaz, l'élaboration d'un Pacte biogazier breton engage une démarche locale pour favoriser le développement de cette filière.

En tout état de cause, le développement de toutes les filières renouvelables (y compris les énergies non électriques comme la méthanisation ou le bois) est nécessaire pour atteindre les objectifs ambitieux que la France s'est fixés en matière de développement des énergies renouvelables et de diversification du mix électrique. Plus largement, et au-delà des questions du mix énergétique, la stratégie française énergétique a également pour objectif de réaliser des efforts en faveur des économies d'énergie et de l'efficacité énergétique.

Pourquoi un projet d'éoliennes flottantes en mer au sud de la Bretagne ? Les enjeux de la programmation pluriannuelle de l'énergie et de la stratégie nationale bas-carbone

4 • Le choix du sud de la Bretagne pour le développement de deux parcs d'éoliennes flottantes

Le choix du sud de la Bretagne pour accueillir le premier parc éolien flottant commercial s'appuie à la fois sur une volonté politique partagée par la Région Bretagne et l'État, ainsi que sur l'identification de zones propices sur les plans technique et économique.

a) La démarche d'identification des zones propices au développement des énergies marines renouvelables

Le littoral métropolitain est découpé en quatre façades administratives. En concertation avec les acteurs maritimes et littoraux, l'État a défini un document stratégique de façade (DSF) pour chacune de ces façades, en vue de :

- garantir la protection de l'environnement ;
- résorber et prévenir les conflits d'usage ;
- dynamiser et optimiser l'exploitation du potentiel maritime français.

Ce document constitue une déclinaison locale de la stratégie nationale pour la mer et le littoral (SNML)¹. Le DSF Nord Atlantique - Manche Ouest (NAMO) identifie de grandes orientations stratégiques à horizon 2030 pour l'avenir de la façade, dont l'objectif est de développer les énergies renouvelables en mer, en utilisant principalement l'énergie du vent et, de façon marginale, celle des courants marins (annexe 6B de la stratégie de façade maritime).

Le DSF comporte également une planification de l'espace maritime sous la forme d'une carte des vocations, qui identifie notamment des zones propices au développement d'énergies marines renouvelables.

La zone de vocation 3b (plateau continental central) du DSF donne priorité à l'éolien flottant et aux pêches professionnelles durables. Cette zone est identifiée comme la première à étudier pour le développement de l'éolien flottant en tenant compte des travaux menés au niveau régional, avec la possibilité de dépasser le périmètre si nécessaire. La zone 5e (Bretagne Sud) a pour vocation première les pêches et les aquacultures durables, tout en veillant à la cohabitation avec les autres usages, en premier lieu les énergies marines renouvelables.

La zone d'étude proposée au débat public se situe à cheval sur ces deux zones.

Comment les acteurs maritimes et littoraux ont-ils été associés à l'élaboration du document stratégique de façade ?

Chaque document stratégique de façade est élaboré par l'État en concertation avec le Conseil maritime de façade (CMF), qui réunit tous les acteurs maritimes et littoraux à l'échelle de la façade concernée.

Par ailleurs, les Conseils régionaux de Bretagne et des Pays de la Loire ont contribué au DSF. En Bretagne, la Conférence régionale de la mer et du littoral (CRML) a également été force de proposition pour l'élaboration du DSF et l'identification de la zone d'étude en mer aujourd'hui présentée au débat public.

Le DSF de la façade NAMO a par ailleurs fait l'objet d'une concertation préalable, qui s'est déroulée entre le 4 mars et le 4 juin 2019 (<http://www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr>). L'objectif était de partager le diagnostic initial et d'échanger sur les objectifs stratégiques généraux. Ainsi, à l'issue de la consultation du public et des instances maritimes, la stratégie de façade maritime, première partie du document stratégique de façade a été adoptée par les préfets coordonnateurs de façade le 24 septembre 2019. Un plan d'action et son dispositif de suivi seront ensuite élaborés, pour une adoption à l'horizon 2021.

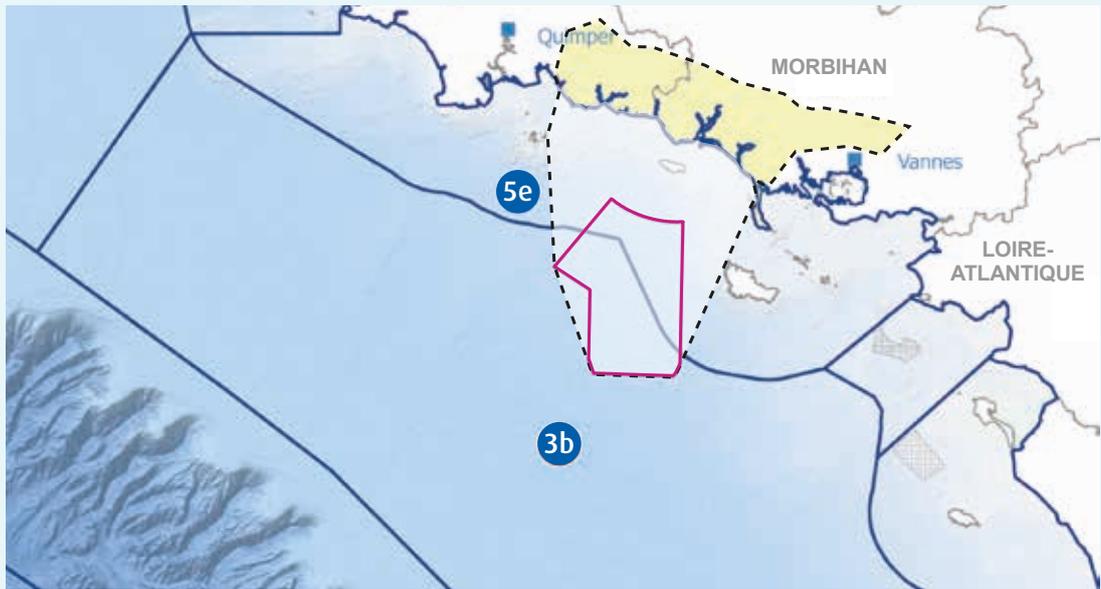
2



1 Pour fixer son ambition maritime sur le long terme, la France s'est dotée, en février 2017, d'une stratégie nationale pour la mer et le littoral. Cette stratégie donne un cadre de référence pour les politiques publiques concernant la mer et le littoral et, plus généralement, pour tous les acteurs de l'économie maritime et des littoraux.

Les enjeux techniques relatifs au choix de la localisation, à la construction et l'exploitation d'un parc éolien en mer

La zone du débat en regard des zones de vocation du document stratégique de façade



5e

Bretagne sud

Priorité aux pêches et aux aquacultures durables ; en veillant à la cohabitation, par ordre d'importance, avec les énergies marines renouvelables, le nautisme et le tourisme durables ; en prenant en compte la préservation du massif dunaire, des habitats à fort enjeu écologique et des oiseaux marins. Cette zone inclut le périmètre du schéma de mise en valeur de la mer (SMVM) du golfe du Morbihan, lequel définit des zones de vocations dans le cadre d'une gouvernance spécifique, ainsi qu'une partie de la circonscription du grand port maritime*.

3b

Plateau continental central

Priorité au développement de l'éolien flottant et aux pêches professionnelles durables ; en veillant à la cohabitation, par ordre d'importance, avec le transport maritime et l'extraction de granulats marins ; en préservant les habitats et espèces à forts enjeux écologiques*.

Zone du débat

Zone d'étude pour le raccordement électrique à terre

Zone d'étude pour le raccordement électrique en mer

Zone d'étude en mer

Éolien posé : site attribué

* Source : Extrait du document stratégique de la façade Nord Atlantique - Manche Ouest.

La zone du débat et ses enjeux

Quelle alimentation électrique pour la Bretagne ?

b) Pourquoi le sud de la Bretagne est-il une zone propice pour accueillir un parc éolien flottant ?

Des atouts naturels

Avec environ 3811 km de côtes¹ parcourues de vents forts et réguliers, longées par de puissants courants, la Bretagne dispose d'atouts naturels pour contribuer au développement des énergies renouvelables en mer. Le Cerema a cartographié en 2015, puis actualisé en 2018, le potentiel de l'éolien en mer en France métropolitaine, à partir de critères conditionnant la faisabilité technique et économique d'un parc éolien en mer. La zone de l'océan Atlantique située au sud de la Bretagne et au droit des Pays de la Loire apparaît particulièrement favorable à l'éolien flottant.

Cette évaluation étudie les critères suivants : vitesse du vent, bathymétrie (mesure des profondeurs et du relief de la mer), houle (vagues générées ailleurs et qui se sont propagées), marnage (différence de hauteur d'eau entre pleine mer et basse mer successives) et vitesses des courants de marée. Ces critères influent directement sur la production électrique générée par des éoliennes sur leur coût d'implantation et d'exploitation et, par conséquent, sur le coût final de l'énergie.

Des infrastructures existantes

En Bretagne, les infrastructures existantes de transport d'électricité (225 et 400 kV) ont la capacité nécessaire pour raccorder la puissance cible envisagée pour les deux parcs éoliens en mer, soit jusqu'à 750 MW. Le coût pour la collectivité des aménagements à réaliser par RTE s'en trouvera ainsi réduit.

Un potentiel économique

Le Grand Ouest et sa façade maritime disposent de filières industrielles en pleine expansion et d'infrastructures portuaires adaptées au développement de l'éolien flottant. Ce point est développé en partie 3.7.

¹ D'après le calcul du Cerema à partir de la BD Topo de l'IGN pour un pas de 100 km.

c) Un engagement fort des acteurs bretons et ligériens en faveur du développement des énergies marines renouvelables

Régions maritimes, la Bretagne et les Pays de la Loire ont fait le pari des énergies marines renouvelables pour assurer leur avenir à la fois énergétique et industriel. Ensemble, les deux régions forment un territoire d'action pertinent offrant toutes les compétences portuaires, industrielles, techniques et scientifiques nécessaires à l'accueil et à l'accompagnement de projets industriels et au développement de la filière des énergies marines renouvelables. L'éolien flottant, dont le potentiel est considérable, constitue la nouvelle frontière de cette filière en devenir. Dans un esprit de concertation avec l'ensemble des usagers de la mer et des acteurs de la filière, le Conseil régional de Bretagne mène une politique favorable au développement des énergies marines. Celle-ci se concrétise depuis plusieurs années à travers :

- le Pacte électrique breton (2010)¹ ;
- la stratégie régionale pour la mer et le littoral (2016) ;
- la stratégie régionale en faveur du développement des énergies marines (2016) ;
- la démarche de la Breizh Cop (2018) ;
- le contrat d'action publique pour la Bretagne, signé entre l'État et le Conseil régional le 8 février 2019.

Le développement de l'éolien flottant est au centre de cette politique de diversification du bouquet énergétique régional.

Parallèlement à cette politique favorable au développement des énergies marines, le groupe de travail énergies marines renouvelable de la Conférence régionale de la mer et du littoral (CRML) a mené de 2015 à 2018 un travail d'identification d'une ou plusieurs zones propices

à l'implantation d'éoliennes en mer et présentant les conditions d'un consensus régional. Le groupe s'est notamment appuyé sur une étude portant sur le potentiel technico-économique des énergies marines renouvelables au large de la Bretagne, menée en 2014 sous l'autorité du Conseil régional et de son agence de développement et d'innovation (Bretagne Développement Innovation). Les propositions de la CRML ont ainsi pu être pleinement intégrées dans la démarche d'identification par l'État de zones propices à l'implantation d'un parc éolien en mer.

Depuis de nombreuses années, la Région des Pays de la Loire apporte également un soutien important en faveur de la construction d'une filière industrielle pérenne des énergies marines renouvelables. Dès aujourd'hui les résultats obtenus sont tangibles grâce à une batterie complète de financements spécifiques en faveur de l'innovation et de la performance technologique, du développement de l'attractivité et de la conquête de marchés nationaux et internationaux. Les Pays de la Loire sont ainsi devenus la première région française en matière d'emploi et dispose d'une chaîne de valeur complète tant pour l'éolien posé que l'éolien flottant.

Quelles sont les instances locales de concertation des acteurs maritimes et littoraux ?

En Bretagne, la CRML

La Conférence régionale de la mer et du littoral (CRML) est une instance créée en 2009 sur proposition du Conseil régional de Bretagne, dans le cadre de la charte des espaces côtiers bretons. Elle a l'ambition d'être un lieu d'échanges, de réflexions et d'actions de l'ensemble des acteurs bretons de la mer et du littoral. Co-présidée par la préfète de la région Bretagne, le président du Conseil régional de Bretagne et le préfet maritime, elle est constituée de membres représentatifs de l'ensemble des acteurs de la zone côtière bretonne, publics et privés. La CRML se décompose en plusieurs groupes de travail thématiques, dont le groupe de travail énergies marines, qui a étudié des zones propices à l'implantation de parcs d'éoliennes flottantes.

Dans les Pays de la Loire, l'ARML

L'Assemblée régionale de la mer et du littoral (ARML), installée en juin 2017 et coprésidée avec l'État réunit toutes les forces vives maritimes ligériennes. La Région des Pays de la Loire s'est appuyée sur les travaux de cette Assemblée pour bâtir sa stratégie « Ambition maritime régionale », qui confirme sa détermination à poursuivre la construction d'une filière industrielle pérenne des énergies marines renouvelables. Quatre séances de travail en 2018 et 2019 ont été intégralement consacrées aux énergies marines renouvelables pour dresser un panorama complet de l'état d'avancement des technologies, des contraintes environnementales à prendre en compte et des conditions de cohabitation avec les activités de pêche maritime. Ces échanges approfondis ont permis d'éclairer tous les acteurs maritimes de la région en préparation du débat à venir.

¹ Pour faire face à une situation de fragilité électrique, la Bretagne, s'est dotée le mardi 14 décembre 2010 d'un « pacte électrique » dont l'ambition est de répondre durablement aux défis auxquels elle se trouve confrontée en matière de sécurisation de son alimentation électrique pour les années à venir. Ce point est développé dans l'encart de la page suivante.

Quelle alimentation électrique pour la Bretagne ?

Quels sont les enjeux du projet vis-à-vis de l'alimentation électrique de la Bretagne ?

Produisant environ 17 % de l'électricité qu'elle consomme¹, la Bretagne est directement concernée par la question de la dépendance énergétique. La production d'électricité renouvelable est un objectif de la loi de la transition écologique et énergétique et une nécessité pour la Bretagne qui importe donc plus de 80 % de l'électricité qu'elle consomme.

Historiquement, la Bretagne est caractérisée par une situation de fragilité d'alimentation électrique liée à une faible capacité de production installée dans la région et à son caractère de péninsule électrique. L'électricité consommée est en effet acheminée depuis des sites de production éloignés, situés principalement dans la vallée de la Loire et en Normandie.

Cette fragilité électrique de la Bretagne et le besoin de sécurisation associé sont attestés depuis les années 2000. Ils ont conduit à la signature, en 2010, d'un « Pacte électrique breton » rassemblant l'État, la Région Bretagne, RTE, l'ADEME et l'ANAH (Agence nationale de l'habitat).

Si la situation est aujourd'hui considérée comme stabilisée, avec notamment la mise en service en 2017 par RTE du « filet de sécurité », c'est bien la concrétisation des trois piliers du Pacte électrique breton qui permettra de lever efficacement cette fragilité à moyen terme, à savoir :

- la maîtrise de la consommation d'électricité (MDE – maîtrise de la demande d'électricité) ;
- le développement d'énergies renouvelables avec la contribution attendue de l'éolien en mer ;
- la sécurisation de l'approvisionnement l'alimentation électrique, avec la mise en service de la centrale à cycle combiné gaz de Landivisiau (446 MW) et les aménagements réalisés sur le réseau de transport d'électricité.

Il est nécessaire de sécuriser, par ces actions et de manière pérenne, l'alimentation électrique de la Bretagne et de la rendre ainsi résiliente vis-à-vis des incertitudes qui pèsent sur le parc de production aujourd'hui utile pour approvisionner la région. Le développement de nouvelles sources de production, en mer, en Bretagne, en baie de Saint-Brieuc (496 MW) ainsi qu'au large de la Bretagne Sud (250 MW et à terme jusqu'à 750 MW), permettra de contribuer à l'approvisionnement en électricité et de répondre pleinement au deuxième pilier du Pacte électrique breton.

¹ Bilan électrique régional RTE 2018.

Quel serait l'impact si le projet ne se faisait pas ? Quelles sont les variantes et alternatives ?

Pourquoi ne pas développer des parcs d'éoliennes flottantes ailleurs qu'en Bretagne ?

La Bretagne est une zone particulièrement favorable à l'éolien flottant sur le plan technico-économique, du fait des vents forts et réguliers au large et de la profondeur des fonds marins. Elle n'est cependant pas la seule : d'après une étude réalisée par le Cerema en 2014 et actualisée en 2018, prenant notamment en compte le critère vent et la profondeur des fonds, les secteurs propices à l'éolien flottant sont principalement situés en Méditerranée et au large de la Bretagne et des Pays de la Loire.

La programmation pluriannuelle de l'énergie 2019-2028 (PPE) prévoit que les premiers parcs éoliens en mer flottants soient attribués au sud de la Bretagne et en Méditerranée : le débat public en cours porte sur un projet de 250 MW au sud de la Bretagne à attribuer en 2021, le prochain portera sur deux fois 250 MW en Méditerranée¹ à attribuer en 2022. Les projets suivants seront en priorité des extensions des parcs éoliens attribués précédemment, puis la création de nouveaux parcs sur d'autres zones encore non définies sera envisagée en fonction des prix et des gisements éoliens.

Au vu des critères technico-économiques et de la PPE, la Bretagne et la Méditerranée sont donc les deux zones au sein desquelles l'éolien flottant est appelé à se développer dans les prochaines années.

Enfin, le développement de l'éolien posé est en cours depuis plusieurs années sur la façade Nord Atlantique – Manche Ouest et au large des Pays de la Loire, et va se poursuivre dans les années à venir. Les trois premières procédures de mise en concurrence ont permis d'attribuer en 2012, 2014 et 2019, sept projets de parcs éoliens posés de 500 à 600 MW chacun, qui en sont à des stades d'avancement différents. La PPE prévoit le lancement de la procédure de mise en concurrence pour un nouveau parc éolien posé au large de la Normandie d'ici fin 2021, et au large de la façade Sud-Atlantique en 2021-2022.

La PPE prévoit ainsi le développement de parcs éoliens posés et flottants sur l'ensemble des façades maritimes de France métropolitaine. Le choix de la technologie utilisée est déterminé par des critères technico-économiques.

¹ <https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/energie-eolienne-mer>



La zone du débat et ses enjeux

Fiche

2

Quelle est la zone d'étude proposée au débat public ?

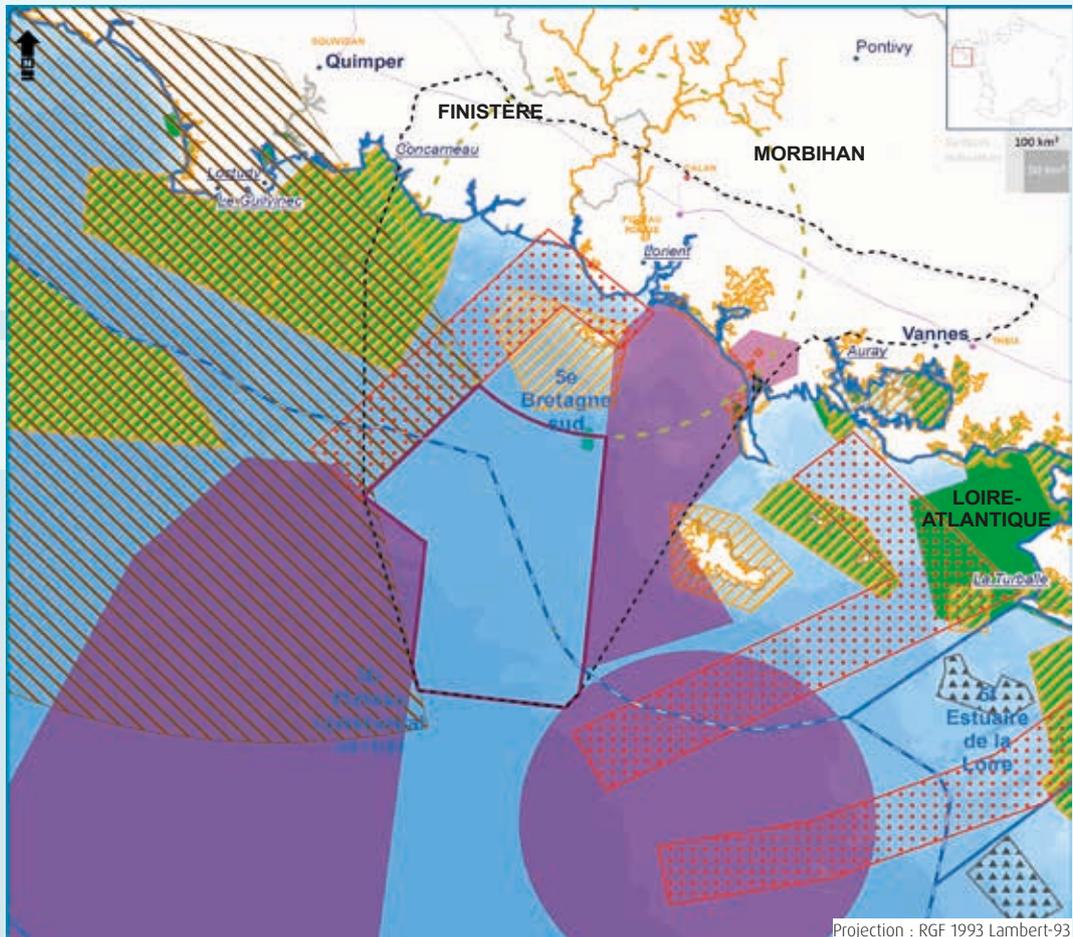
1 • Pourquoi cette zone du débat ?

La zone proposée au débat public répond à des critères de faisabilité technique et économique et vise à limiter les effets des éoliennes flottantes et de leur raccordement sur l'environnement et les activités socioéconomiques existantes.

Depuis plusieurs années, le travail d'identification de zones propices à l'implantation de projets éoliens en mer a fait l'objet d'un dialogue avec les acteurs locaux (CRML, élus, comité des pêches, associations, etc.). L'objectif est de

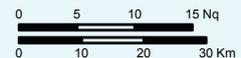
concilier au mieux le développement des énergies marines renouvelables avec les usages actuels de la mer tels que le trafic et la sécurité maritimes, les activités portuaires, la pêche, les activités de défense nationale, etc. La zone d'étude en mer présentée est le fruit de ces échanges. Afin de pouvoir raccorder les futurs parcs éoliens au réseau électrique, une zone d'étude pour le raccordement a été définie en mer et à terre. Elle s'insère entre le réseau électrique existant et la zone d'étude en mer.

Les enjeux autour de la zone d'étude en mer



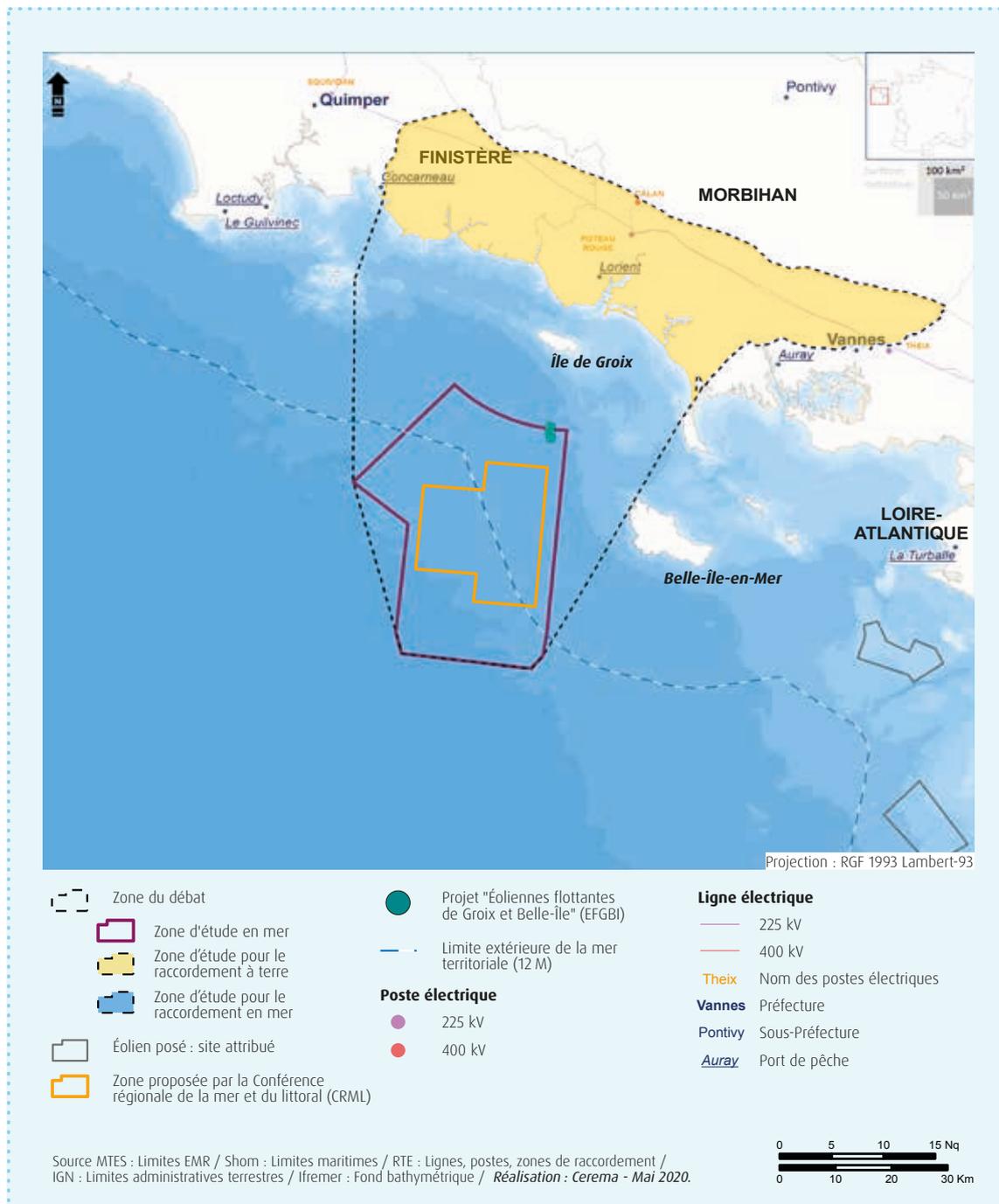
- | | | |
|---|--|--|
| Zone du débat | Poste électrique
● 225 kV
● 400 kV | Zone de vocation DSF |
| Zone d'étude en mer | Ligne électrique
— 225 kV
— 400 kV | Enjeux Défense |
| Zone d'étude pour le raccordement à terre | Theix Nom des postes électriques | Zone de coordination radar basse altitude de Lorient/Lann Bihoué |
| Zone d'étude pour le raccordement en mer | Vannes Préfecture | Zone de tir d'essais missiles |
| Éolien posé : site attribué | Pontivy Sous-Préfecture | Zone de tirs |
| Projet "Éoliennes flottantes de Groix et Belle-Ile" (EFGBI) | Auray Port de pêche | Voie dédiée à l'accès aux ports |
| Limite extérieure de la mer territoriale (12 M) | | Enjeux Environnement |
| | | Natura 2000 Habitats (SIC et ZSC) |
| | | Natura 2000 Oiseaux (ZPS) |

Source MTES : Limites EMR, environnement / Préfecture Maritime : Défense / Shom : Limites maritimes / RTE : Lignes, postes, zones de raccordement / IGN : Limites administratives terrestres / Ifremer : Fond bathymétrique / Réalisation : Cerema - Mai 2020.



Quels sont les points sensibles à préserver dans la zone du débat ? Avec quels usages l'activité éolienne devra-t-elle cohabiter ?

2 • Présentation de la zone du débat



a) La zone d'étude en mer

La zone d'étude en mer recouvre une superficie de 1330 km². À l'est et à l'ouest, elle est contrainte par des zones d'exercices de tir de la Marine nationale.

Le débat public doit aboutir à l'identification d'une zone préférentielle d'environ 600 km² au sein de cette zone d'étude afin d'accueillir d'abord un premier parc éolien de 250 mégawatts (MW) puis un second parc d'une puissance pouvant aller jusqu'à 500 MW. Cette zone préférentielle sera ainsi découpée en deux parties : l'une de 200 km² pour 250 MW et 400 km² pour 500 MW au maximum.

Dans un second temps, la zone de 200 km² fera l'objet d'échanges complémentaires avec les parties prenantes (lauréat de l'appel d'offres, RTE, les acteurs de la mer,

préfecture maritime, préfectures, élus, associations, citoyens, etc.), jusqu'à la détermination de l'emplacement exact des éoliennes. Celles-ci occuperont *in fine* une surface d'environ 50 km² pour le premier parc attribué à un développeur éolien en 2021. Une procédure similaire sera engagée pour le second parc, le cas échéant attribué à partir de 2024, pour aboutir à une emprise de l'ordre de 100 km².

Au sein de la zone d'étude, la Conférence régionale de la mer et du littoral (CRML) a identifié une zone d'implantation plus précise de 516 km² qu'elle propose de retenir comme zone préférentielle dans le cadre de ce débat.

Comment raccorder les parcs éoliens flottants au réseau électrique ?

b) La zone d'étude pour le raccordement électrique au réseau public de transport

Le raccordement électrique des deux parcs éoliens flottants a vocation à être mutualisé, comme le prévoit la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE). La localisation des deux parcs en mer a une incidence sur celle du raccordement, et inversement. En effet, la définition du binôme optimal des zones en mer et de la zone à terre s'obtient en mettant en regard les contraintes et les opportunités terrestres et maritimes. Dans la perspective du débat public, une zone d'étude pour le raccordement a été définie par RTE. Pendant le débat, RTE pourra apporter des éléments complémentaires sur les scénarios de raccordements susceptibles de minimiser l'empreinte environnementale et les coûts pour la collectivité.

À la suite du débat public, les zones plus précises d'implantation possibles du raccordement électrique au réseau public de transport ainsi que du ou des postes électriques à terre, seront concertées avec les parties prenantes (lauréat de l'appel d'offres, RTE, les acteurs de la mer, préfecture maritime, préfectures, services de l'État, acteurs agricoles, élus, associations, citoyens, etc.). La concertation prendra en compte les enseignements du débat public pour aboutir à un fuseau et ouvrages de moindre impact sur l'environnement et les usages. Elle permettra également d'alimenter les réflexions pour la localisation plus précise des ouvrages.

Compte tenu des caractéristiques de la zone d'étude en mer soumise au débat public, la zone d'étude terrestre pour le raccordement électrique mutualisé a été définie pour identifier :

- les points de raccordement envisagés au réseau public de transport d'électricité à terre : des lignes électriques 400 kV ou 225 kV disposant d'une capacité d'accueil suffisante avec création d'un nouveau poste électrique ;
- la bande littorale envisageable pour l'atterrissage (la jonction entre le câble électrique sous-marin et le câble souterrain).

Au regard du linéaire des liaisons sous-marines et terrestres et des modes de pose des câbles à terre envisagés, un poste de compensation électrique intermédiaire proche du littoral (entre l'atterrissage et le poste de raccordement) pourra être nécessaire.

Les études menées par RTE ont montré que les postes électriques existants sur le territoire (Calan, Poteau-Rouge) ne disposent pas, a priori, de foncier disponible pour une extension capable d'accueillir la production issue des nouveaux parcs éoliens flottants. L'hypothèse privilégiée consiste en la création d'un nouveau poste électrique, à proximité immédiate des lignes 225 kV ou 400 kV. Le poste de raccordement et le poste de compensation nécessitent une emprise totale de l'ordre de 10 hectares.

Qui a la charge du raccordement ?

La responsabilité du raccordement des installations de production en mer, depuis le poste électrique en mer inclus jusqu'au réseau public de transport d'électricité à terre, incombe à RTE (Réseau de transport d'électricité).

Quels sont les points sensibles à préserver dans la zone du débat ? Avec quels usages l'activité éolienne devra-t-elle cohabiter ?

3 • Les enjeux de la zone du débat

La zone d'étude en mer présentée au débat public se caractérise par un espace hébergeant de nombreuses activités maritimes. Les enjeux de la zone sont liés à ses usages actuels et à son environnement naturel. La zone de raccordement située en mer présente des enjeux analogues.

La zone d'étude pour le raccordement à terre concentre des activités variées (agriculture, tourisme, service, industrie, etc.) avec une densité de population moyenne de 235 hab./km².

L'ensemble des enjeux, maritimes et terrestres, sera pris en compte pour définir la localisation des futurs parcs éoliens flottants et de leur raccordement au réseau de transport d'électricité. Les effets du projet sur l'environnement, le paysage, le patrimoine culturel et les activités humaines préexistantes (pêche, trafic maritime, plaisance, agriculture, etc.) seront analysés à chaque étape du projet. La logique suivie est en premier lieu l'évitement, puis la réduction et enfin, si besoin, la compensation des impacts, en visant la cohabitation des usages et le respect de l'environnement.

a) Comment sont identifiés les enjeux ?

Le ministère de la Transition écologique et RTE ont mandaté conjointement des bureaux d'études (TBM environnement et Géonomie) pour définir les enjeux environnementaux de la zone de débat comprenant la zone d'étude en mer et la zone d'étude pour le raccordement électrique. Les résultats, qui ont été validés par les établissements publics compétents, en particulier l'Office français pour la biodiversité et l'Ifremer, sont présentés ici de manière synthétique. Les fiches thématiques apportent une information plus détaillée. L'étude complète est accessible sur le portail Géolittoral : <http://www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr/eolien-en-mer-sud-bretagne-r644.html>¹

Ces travaux ont été complétés sur les aspects paysagers et socioéconomiques par les établissements publics et les services de l'État compétents :

- la DIRM (Direction interrégionale de la Mer) Nord Atlantique – Manche Ouest pour les aspects pêche et transport maritime ;
- la DDTM du Morbihan pour les activités relatives à la pêche et au littoral ;
- la Direction des pêches maritimes et de l'aquaculture ;
- la DREAL (Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement) Bretagne sur les enjeux paysagers ;
- la préfecture maritime sur les aspects sécurité maritime ;
- la Marine nationale sur les aspects défense ;
- le Cerema a appuyé les services de l'État dans ses analyses.

Les études de définition des enjeux sont en rapport avec la taille importante de la zone du débat. Elles ne constituent pas des mesures *in situ* ou un état initial de l'environnement à l'échelle du projet. L'état initial sera mené par l'État et par RTE sur les zones maritimes et terrestres retenues à l'issue du débat public.

L'objet du présent débat est notamment de préciser l'ensemble des enjeux de la zone du débat, afin que l'État prenne une décision éclairée concernant l'implantation du projet.

b) Les grands enjeux environnementaux et paysagers

Les enjeux environnementaux

> Diagnostic

La zone d'étude en mer pour l'implantation de deux parcs d'éoliennes flottantes

La zone d'étude en mer s'étend principalement sur la grande vasière et en extrême limite sud du secteur de Groix – Belle-Île et ouest du secteur Mor Braz, identifiés dans le document stratégique de façade. Elle ne fait pas l'objet de protection réglementaire spécifique.

La faune et la flore qui l'habitent sont toutefois remarquables : avifaune (oiseaux), chiroptères (chauve-souris), mammifères marins, ichtyofaune (poissons, crustacés, mollusques, etc.), habitats benthiques (relatifs au fond des mers – algues, vie du fond marin, etc.).

La zone d'étude pour le raccordement électrique (en mer et à terre)

Concernant le tracé du raccordement électrique en mer, des protections réglementaires ainsi que des inventaires couvrent en partie la zone maritime pouvant être traversée, à savoir :

- Natura 2000 – Directive « Habitats, faune, flore » : Rivière Laita-Pointe du Talud-étang de Loch et de Lannelech ;
- Natura 2000 – Directive « Oiseaux » : Rade de Lorient ;
- zone importante pour la conservation des oiseaux (ZICO) : rade de Lorient ;
- zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique – type 1 : côte rocheuse de Merrien à Doëlan ;
- zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique – type 2 : vallée de l'Aven et du Ster Goz ; arrêté préfectoral de protection de biotope : rives du Scorff.

La zone d'étude terrestre pour le raccordement du parc au réseau de transport d'électricité présente également des enjeux naturels importants. Ces derniers concernent essentiellement la partie littorale et les vallées des principaux cours d'eau et fleuves présents dans la zone (ria d'Étel, vallées et rives du Scorff, du Blavet, Laita, Belon, etc.). Des protections réglementaires (Natura 2000, arrêté préfectoral de protection de biotope) ainsi que des inventaires (types ZICO et ZNIEFF) témoignent de ces enjeux de biodiversité. Par ailleurs, d'autres protections réglementaires telles que les sites classés et inscrits, les sites du Conservatoire du littoral, les espaces naturels sensibles, etc., contribuent également à l'identification des enjeux liés à la biodiversité. D'autres enjeux, par exemple ceux relatifs aux tourbières, seront également intégrés à la définition du projet de raccordement terrestre.

En périphérie de la zone du débat

Par ailleurs, les zones périphériques de la zone d'étude en mer ou de la zone d'étude pour le raccordement électrique, présentent des enjeux environnementaux significatifs. À titre d'illustration, on peut citer l'exemple de la zone Natura 2000 - Directive « Habitats, faune, flore » : Mers Celtiques - Talus du golfe de Gascogne.

1

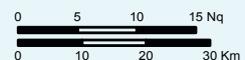


Les enjeux environnementaux autour de la zone du débat



Zone du débat	Poste électrique	Arrêté de protection de biotope
Zone d'étude en mer	225 kV	Zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique – type 1
Zone d'étude pour le raccordement à terre	400 kV	Zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique – type 2
Zone d'étude pour le raccordement en mer	Ligne électrique	Natura2000 – Directive « Habitats, faune, flore »
Éolien posé : site attribué	225 kV	Natura2000 – Directive « Oiseaux »
Projet "Éoliennes flottantes de Groix et Belle-Île" (EFGBI)	400 kV	Zone importante pour la conservation des oiseaux (ZICO)
Limite extérieure de la mer territoriale (12 M)	Theix Nom des postes électriques	
	Vannes Préfecture	
	Pontivy Sous-Préfecture	
	Auray Port de pêche	

Source MTEs : Limites EMR, Environnement / Shom : Limites maritimes / RTE : Lignes, postes, zones de raccordement
IGN : Limites administratives terrestres / Ifremer : Fond bathymétrique / Réalisation : Cerema - Mai 2020.



> Évaluation des risques d'effets du projet

Les caractéristiques du projet n'étant pas connues au niveau actuel d'avancement, il est impossible d'évaluer ses impacts réels. En revanche, il est possible de définir un risque d'effets, c'est-à-dire le risque que le projet affecte une espèce présente. Seuls les effets présentant un intérêt en matière de spatialisation à ce niveau d'avancement ont été considérés.

TBM a spatialisé le risque d'effets pour la faune et la flore présente au sein de la zone d'étude en mer, en découpant la biodiversité suivant quatre compartiments : l'avifaune, les habitats du fond marin, les poissons et les mammifères marins. Le risque d'effets pour les chauves-souris n'a pas pu être spatialisé en raison de l'indisponibilité des données.

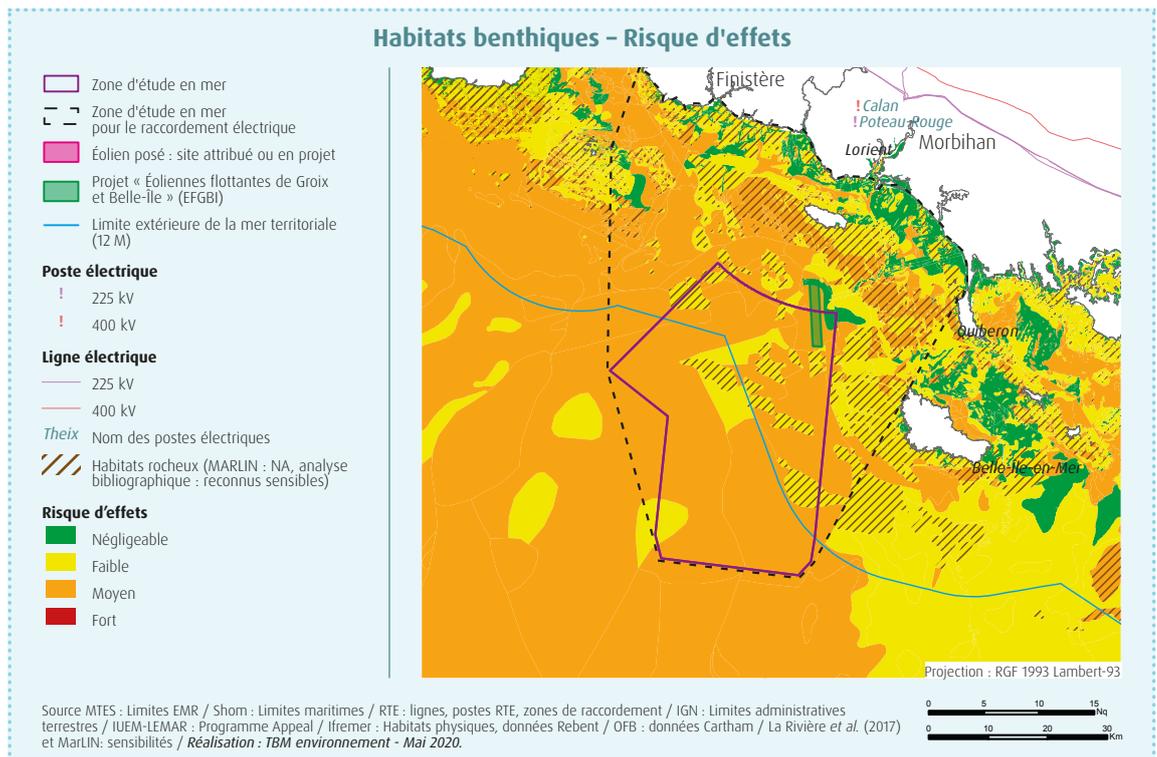
Pour définir le risque d'effets à partir des données bibliographiques disponibles, trois étapes sont nécessaires :

- évaluer l'enjeu : il s'agit, pour une portion de territoire, de traduire les préoccupations patrimoniales concernant les espèces et habitats en présence, permettant ainsi d'attribuer une valeur d'enjeu. Par exemple, pour définir l'enjeu, la vulnérabilité de l'espèce ou de l'habitat est prise en compte. Si l'espèce ou l'habitat est très vulnérable, c'est-à-dire en danger ou en état critique, la préoccupation patrimoniale est forte car sa destruction par un parc éolien peut conduire à la disparition de cette espèce. Une valeur d'enjeu a ainsi été déterminée ;
- évaluer la sensibilité à un parc éolien et son raccordement. Pour les effets d'un parc éolien, la sensibilité des espèces présentes au sein de la zone d'étude en mer peut être définie notamment grâce au retour d'expérience des parcs déjà construits en mer du Nord et dans la Manche. Une valeur de sensibilité a ainsi été déterminée ;
- évaluer le risque d'effets qui découle d'un calcul tenant compte de l'enjeu et de la sensibilité.

Le tableau suivant résume les principaux effets étudiés par TBM environnement pour les quatre compartiments à partir des données aujourd'hui existantes :

Effet	Habitats	Mammifères marins	Poissons	Avifaune
Phase de construction				
Abrasion				
Bruit				
Modifications hydrodynamiques				
Remise en suspension				
Phase d'exploitation				
Abrasion				
Collision				
Modification du substrat				
Perte d'habitat				
Remise en suspension				

À titre d'exemple, la carte du risque d'effets obtenus pour les habitats est la suivante :



Les cartes de risque d'effets pour l'avifaune, les mammifères marins et les poissons sont disponibles dans la fiche 9.1

> La prise en compte des enjeux

En application de la réglementation environnementale et afin de mettre en œuvre de façon opérationnelle le principe de prévention, des mesures seront mises en œuvre à chaque étape pour éviter, réduire, voire compenser (ERC) les effets des éoliennes flottantes et de leur raccordement sur les écosystèmes marins, littoraux et terrestres. À titre d'illustration, le choix de retenir une zone d'étude

en mer située à cheval sur les zones de vocation 3b et 5e du document stratégique de façade (DSF), identifiées comme plus propices au développement de l'éolien en mer, constitue une première mesure d'évitement. En effet, les autres zones propices du DSF n'ont pas été retenues, notamment pour des raisons environnementales ou d'usages.

En quoi consiste la démarche « éviter, réduire, compenser » ?

Qu'est-ce que la séquence « éviter, réduire, compenser », outil de l'évaluation environnementale ?

La démarche ERC, conformément au droit de l'environnement et telle que définie par le ministère de la Transition écologique, a pour objectif d'intégrer la prise en compte des enjeux environnementaux au sens large le plus tôt possible dans la vie d'un projet. Il s'agit d'un outil au service de l'évaluation environnementale. Cette doctrine s'applique lors de la conception d'un projet éolien en mer. Elle correspond à une mise en œuvre opérationnelle des principes de prévention et de précaution. Elle consiste tout d'abord à éviter les impacts du projet, les réduire ensuite, et, en dernier lieu, compenser les impacts résiduels si les deux étapes précédentes n'ont pas permis de les supprimer. La démarche s'applique à toutes les thématiques de l'environnement (pas uniquement à la biodiversité), et consiste à mettre en place des mesures qui ciblent un enjeu

(www.ecologie-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/Th%C3%A9matique%20-%20Classification%20des%20mesures%20ERC.pdf 1).

Les futurs maîtres d'ouvrage en charge de la réalisation du projet (le lauréat de l'appel d'offres et RTE) seront tenus d'assurer le suivi, pour vérifier que ces actions de réduction et de compensation sont mises en œuvre, mesurées dans le temps et produisent les effets escomptés.

Les enjeux patrimoniaux et paysagers

Le risque d'effets évalue la conséquence potentielle de la construction d'un parc sur l'environnement. Cette évaluation est obtenue à partir des données existantes en matière d'enjeux et de sensibilité de la biodiversité relatives aux parcs posés déjà construits à l'étranger et pour lesquels un retour d'expérience est disponible.

La spatialisation du risque d'effets permet d'éviter les zones où il est le plus fort. Cela constitue une mesure d'évitement s'il n'y a pas du tout d'enjeu environnemental dans le secteur retenu pour le projet.

La prise en compte du risque d'effets pour la biodiversité contribuera à éviter les zones pour lesquelles les plus forts impacts sont prévisibles. À l'étape actuelle du projet, la connaissance de la biodiversité se fonde sur les données disponibles, celle-ci pouvant être anciennes et ponctuelles.

Des mesures *in situ* précises seront ensuite réalisées par l'État et RTE, au sein de la zone préférentielle retenue à l'issue du débat public, pour en définir précisément les enjeux.

Le(s) lauréat(s) des procédures de mises en concurrence et RTE conduiront conjointement l'évaluation environnementale pour l'ensemble de la démarche de construction de chacun des parcs et de leur raccordement. Cette évaluation sera ensuite soumise à une enquête publique et à l'analyse de l'Autorité environnementale dans sa formation nationale (Conseil général de l'environnement et du développement durable), compte tenu de la spécificité du projet et du fait que RTE est sous la tutelle du ministère de la Transition écologique.

Sur cette base, le(s) développeur(s) éolien(s) lauréat(s) et RTE seront tenus de chercher, en le justifiant, à éviter, puis à réduire, et en dernier recours à compenser les effets probables sur l'environnement des parcs et de leur raccordement. La présence ou la proximité de sites Natura 2000 les conduira à intégrer dans l'étude d'impact une évaluation des incidences sur les habitats et espèces fréquentant ces sites.

Les enjeux patrimoniaux et paysagers

> Diagnostic

La zone d'étude en mer, en tant que telle, ne présente pas directement de paysage ou de patrimoine culturel à préserver identifié à ce jour. En revanche, les côtes visibles depuis les futurs parcs et d'où ces derniers seraient potentiellement susceptibles d'être aperçus, ainsi que la zone d'étude terrestre associée au raccordement et aux opérations de maintenance, présentent plusieurs enjeux remarquables :

- aires de mise en valeur de l'architecture et du patrimoine :
 - la bande côtière allant de la pointe de Kerhermen au Pouldu ainsi que les rives de la Laita et de la rivière de Belon,
 - Port-Louis, Concarneau et Pont-l'Abbé,
 - les dunes sauvages de Gâvres à Quiberon qui font l'objet d'une opération Grand Site depuis 2018 portée par un syndicat mixte (label pour une durée de six ans) ;
- périmètres de protection des monuments historiques : plusieurs sites sont concernés à Groix et Belle-Île, mais aussi en zone côtière et sur le continent (églises, croix, calvaires, châteaux) ;
- sites classés et sites inscrits, à titre d'exemple :
 - les îles de Groix et Belle-Île,
 - la bande littorale entre Étrel et Gâvres,
 - la zone côtière de Moëlan-sur-Mer,
 - les embouchures de l'Aven et du Belon,
 - la Côte sauvage qui occupe la façade occidentale de la presqu'île de Quiberon ;
- sites archéologiques très présents sur la zone d'étude terrestre ou à proximité, à titre d'exemple :
 - Grand Arc mégalithique Kerzerho Crucuno à Erdeven,
 - alignements de Carnac,
 - tumulus du Moustoir,
 - Dolmen du Conguel à Quiberon,
 - menhir de la Pointe-de-Guéritte à Quiberon.

1



> La prise en compte des enjeux

Pour limiter l'impact visuel depuis certains points de vue, la localisation des sites culturels et des paysages à préserver est examinée pour déterminer le choix des zones des parcs et de celle du raccordement. Une attention particulière est portée aux paysages ayant fait l'objet d'une protection au niveau national (sites classés ou inscrits) ou susceptibles d'être inscrits sur la liste du patrimoine mondial. L'éloignement des parcs par rapport à la côte est un paramètre important pour limiter l'impact visuel. Toutefois, plus les parcs sont éloignés, plus l'installation d'un ou plusieurs postes de compensation (à terre ou en mer) sera nécessaire pour transporter l'électricité produite.

Les photomontages, un outil d'aide à la décision

Pour que le public puisse se représenter la visibilité des futurs parcs envisagés, l'État met à disposition des photomontages. Ils figurent les deux temps du projet, c'est-à-dire l'effet visuel potentiel, à terme, des deux parcs d'éoliennes flottantes avec le poste électrique en mer. Quatre zones d'implantation ont été simulées : nord, ouest, est et sud-est.

Ces photomontages sont disponibles sur : www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr³. Ils sont théoriques et ne présagent pas de l'implantation finale des futurs parcs et ne sont pas des zones préférentielles de l'État.

Lors de la définition précise de chaque parc par le développeur éolien lauréat, la perception visuelle permettra de déterminer la disposition, la hauteur, ainsi que l'emprise des éoliennes. En cas de covisibilité avec un parc en cours de développement ou existant, une cohérence sera recherchée pour alléger la perception depuis la côte.

Un autre enjeu est à considérer : les épaves, véritable patrimoine archéologique en mer. Aujourd'hui, elles sont au nombre de sept au sein de la zone d'étude en mer. Les connaissances seront actualisées lorsque le service hydrographique et océanographique de la Marine procédera à l'établissement précis de la topographie des fonds (levé bathymétrique). Selon le choix du tracé du raccordement à terre, une dizaine d'autres épaves pourraient être concernées. Le schéma précis d'implantation des éoliennes évitera la (ou les) partie(s) de la zone comprenant une épave.

Concernant l'archéologie préventive, le département des recherches archéologiques subaquatiques et sous-marines sera consulté, conformément à l'article R. 181-21 du code de l'environnement et l'article R. 523-1 du code du patrimoine pour la partie maritime.

Pour la partie terrestre, c'est la direction régionale des affaires culturelles qui sera consultée. Les recherches à mener seront définies en collaboration avec les développeurs éoliens des deux parcs et RTE.

c) Les grands enjeux concernant les activités humaines et économiques

Les zones à terre comme en mer soumises au débat public comportent des enjeux socioéconomiques importants, qui tiennent tout d'abord à leur place dans l'économie locale et nationale. Les activités humaines actuelles de la zone du débat sont principalement tournées vers la pêche et le tourisme. La bonne coexistence entre les activités de pêche, plaisance, etc., et les nouveaux usages comme la production électrique des éoliennes flottantes par éoliennes est un enjeu particulièrement important.

Le trafic et la sécurité maritimes

> Diagnostic

La navigation maritime représente un poids important dans l'économie locale : trafic de commerce, de pêche, de plaisance, de transport de passagers, etc. Toutefois, la zone d'étude en mer reste à l'écart des grandes routes de navigation de la façade, situées à proximité du rail d'Ouessant et en Manche.

La zone est placée sous la surveillance du CROSS d'Étel¹ et de sémaphores qui utilisent des radars et des moyens radioélectriques de communication. Leur champ de propagation doit demeurer libre de tout obstacle susceptible de perturber leurs missions de coordination des opérations de sauvetage, de surveillance de la navigation ou bien de veille des activités civiles et militaires en mer.

> La prise en compte des enjeux

En accord avec la préfecture maritime, les développeurs éoliens assureront la mise en place de mesures compensatoires (radars supplémentaires, système d'identification automatique², etc.) au sein du parc pour assurer la continuité des missions de sauvetage, de surveillance, d'informations et de veille de toutes les activités en mer.

Les éoliennes constituent un obstacle au trafic maritime et aux différents usages en mer, ce qui peut engendrer des accidents supplémentaires. Pour assurer la pleine sécurité maritime, la préfecture maritime travaillera avec les développeurs éoliens et RTE à la définition des conditions et des règles de navigation. Celles-ci concerneront les zones des parcs, celles autour du poste électrique en mer et au-dessus des câbles, à la fois en phase de travaux et en phase d'exploitation.

1 Compétent de la pointe de Penmarch (Finistère) à la frontière espagnole, le CROSS Étel couvre huit départements littoraux et l'ensemble du golfe de Gascogne. Il assure la coordination du sauvetage en mer, la surveillance de la navigation maritime et la sûreté des navires, ainsi que le recueil et la diffusion de l'information nautique, dont les bulletins météo en radio VHF notamment.

2 Le « système d'identification automatique » (SIA) ou *automatic identification system (AIS)* en anglais est un système d'échanges automatisés de messages entre navires par radio VHF qui permet aux navires et aux systèmes de surveillance de trafic (CROSS en France) de connaître l'identité, le statut, la position et la route des navires se situant dans la zone de navigation.



La défense nationale

Les activités de la Marine nationale s'inscrivent dans une mission générale de sauvegarde maritime, de défense et de protection des intérêts de la France en mer. Ces activités relèvent à la fois de la défense maritime du territoire et des missions civiles de l'État en mer. L'implantation d'éoliennes en mer étant susceptible d'avoir des effets sur les activités de défense, le ministère des Armées applique un système de zonage pour évaluer la possibilité d'installer de futurs parcs.

L'implantation d'éoliennes est possible sur l'ensemble de la zone d'étude en mer¹, celle-ci ayant été définie en tenant compte des contraintes réglementaires imposées par les enjeux de la défense nationale : zone d'exercice de tir, entraînement de la marine et de l'aéronavale.

Pour ce qui concerne le raccordement électrique, la présence des liaisons souterraines et sous-marines est compatible avec les périmètres de protection dédiés aux activités militaires.

Lors de la construction, puis lors des phases de maintenance, les prérogatives de la défense nationale s'imposeront.

Les activités portuaires et industrielles

> Diagnostic

Trafic de conteneurs, de marchandises, pêche, transport de passagers, plaisance, etc. : toutes les activités portuaires sont présentes sur la façade Nord Atlantique-Manche Ouest. Les ports maritimes secondaires de Bretagne Sud génèrent un trafic maritime essentiellement côtier, mais le grand port maritime de Nantes-Saint-Nazaire, situé plus au sud, conduit à la fréquentation régulière de la zone d'étude en mer par de grands navires de commerce.

> Les impacts anticipés

Les enjeux économiques du projet sont présentés dans la partie 3.

La pêche

> Diagnostic

La Bretagne est la première région de pêche française, Lorient est le premier port de pêche français en valeur et deuxième en tonnage (plus de 22 000 tonnes par an dont Merlu, Lotte et Langoustines). Les Pays de la Loire sont aussi l'une des principales régions de pêche française avec les Sables-d'Olonne, quatrième port de pêche français en valeur.

La zone d'étude en mer est attractive pour la pêche professionnelle et présente des pratiques de pêche très diversifiées. Par exemple, l'activité du chalut est soutenue durant toute l'année avec un pic au printemps (pêche à la Langoustine) et un autre d'août à septembre (pêche à l'Anchois). D'autres activités sont également pratiquées : fileyeurs, métiers de la ligne (ligneurs et palangriers).

La partie nord de la zone d'étude en mer comprend des secteurs d'importance pour la pêche. L'origine des navires de pêche fréquentant la zone est diverse : ports bretons mais aussi ligériens (la Turballe) et de Vendée (les Sables-d'Olonne, l'île d'Yeu), plus marginalement pavillons étrangers².

> Les impacts possibles anticipés

Les perturbations du milieu marin peuvent provenir d'une dégradation de la qualité de l'eau, à la fois lors de la phase de travaux, *via* la remise en suspension de particules fines, et en phase d'exploitation, *via* la présence des anodes sacrificielles. Il est cependant possible par exemple de se passer de ces anodes – qui permettent d'éviter la corrosion des colonnes en acier ou béton des flotteurs – en utilisant un courant imposé qui s'oppose à la réaction chimique naturelle de corrosion et protège ainsi la structure.

> La prise en compte des enjeux

Le(s) lauréat(s) de la procédure de mise en concurrence et RTE travailleront en concertation avec les professionnels de la pêche afin de limiter l'impact des parcs et du raccordement sur leurs activités. L'autorisation du maintien de la pêche au sein du parc dépendra des risques identifiés suite à une analyse détaillée de l'impact potentiel du projet sur les activités.

La Direction des affaires maritimes du ministère de la Transition écologique et solidaire a publié le 28 juillet 2017 une note technique établissant les principes permettant d'assurer l'organisation des usages maritimes et leur sécurité dans et aux abords immédiats d'un champ éolien en mer³.

La France a pour objectif de favoriser autant que possible la compatibilité des usages en mer, y compris au sein des parcs éoliens en mer en phase d'exploitation, dans les limites permises par la sécurité de la navigation maritime. Ainsi, la préservation des secteurs les plus fréquentés par les navires ou présentant une grande richesse halieutique sera recherchée.

La définition de la zone d'implantation du projet devra prendre en compte ce paramètre de préservation, essentiel pour l'activité de pêche.

Fiche

9.5

Activités économiques, portuaires, touristiques, loisirs, aquaculture et granulats

Partie

III.7

Le projet éolien flottant et son raccordement

Fiche

9.4

La pêche

¹ Avec les tailles d'éoliennes actuellement en service.

² D'après l'étude menée par le Cerema à partir des données VMS, la zone d'étude est principalement fréquentée par des navires ayant un port d'attache en Bretagne puis en Pays de la Loire, marginalement à l'étranger (quelques unités).

³ NOR : TRAT1721160N.

L'aquaculture et la pêche à pied professionnelles

> Diagnostic

Les principales zones d'aquaculture se situent dans la baie de Quiberon, dans la ria d'Étel et à proximité de Groix, toutes à l'extérieur de la zone d'étude en mer. L'implantation des parcs éoliens en mer dans la zone d'étude ne perturberait donc pas d'exploitations d'aquaculture majeures. Le choix des tracés pour le raccordement devra prendre en compte ces enjeux. L'activité de pêche à pied professionnelle est présente sur la grande majorité du littoral du Morbihan. La pêche à pied à la telline est réglementée sur une portion du littoral qui s'étend de la ria d'Étel à l'isthme de Penthièvre. En revanche, les travaux de raccordement à l'atterrage pourraient temporairement interférer avec ces deux activités.

> La prise en compte des enjeux

Le tracé du raccordement et la zone d'atterrage tiendront compte des zones à enjeux pour ces deux activités.

En phase de travaux, la zone d'implantation du projet à l'atterrage sera interdite à la pratique de la pêche à pied.

L'agriculture

> Diagnostic

L'agriculture est très présente dans la zone d'étude pour le raccordement terrestre. Les principales activités sont la production laitière, l'aviculture et les bovins de boucherie pour l'élevage et les céréales fourragères, les pommes de terre et les légumes de plein champ pour les productions végétales.

> La prise en compte des enjeux

Le tracé du raccordement entre la chambre d'atterrage et le poste de raccordement au réseau sera enterré. Il pourra emprunter des voiries existantes mais également le milieu agricole sans obérer les fonctionnalités des espaces traversés. La création d'un poste électrique de raccordement à proximité immédiate des lignes 225 kV ou 400 kV et d'un éventuel poste intermédiaire de compensation électrique nécessiteront une emprise totale de l'ordre de 10 hectares de foncier agricole ou de terrain situé en zone industrielle.

Le tourisme, les loisirs nautiques et la course au large

> Diagnostic

La mer, la présence des îles, le littoral et l'arrière-pays de la zone du débat offrent des paysages naturels diversifiés et un patrimoine culturel riche, contribuant à l'attractivité touristique du territoire. Le Pays d'Auray représente ainsi le premier pôle touristique breton. L'offre touristique et les activités qui découlent de la fréquentation des sites sont très diversifiées. Les capacités d'accueil, équipements touristiques et les événements sportifs et culturels contribuent à faire du littoral de ce territoire l'un des plus fréquentés par les touristes en été. L'économie touristique est donc fondamentale pour ce territoire, porteuse d'identité et d'emplois.

Le secteur de la plaisance, avec une forte diversification des activités pratiquées (voilier, bateau à moteur, kitesurf, kayak, *stand up paddle*, surf, etc.), contribue également à l'identité maritime de la façade et à la valorisation de son image touristique. Une progression continue du nombre de navires de plaisance sur tout le littoral français est constatée depuis les années 1960. Cependant, le nombre de premières immatriculations diminue depuis 2006. En effet, malgré une offre importante en infrastructures portuaires de plaisance (57 dans le Finistère, 30 dans le Morbihan, 11 en Loire-Atlantique), les ports et leurs extensions sont progressivement saturés.

Les activités récréatives et de plaisance concernent majoritairement les zones côtières. Or, la zone d'étude en mer est relativement éloignée : une vingtaine de kilomètres du continent et une douzaine des îles, Belle-Île étant la plus proche. La distance entre la côte et les deux parcs sera de plus de 6 milles marins (11,11 km), donc au-delà de la limite du permis côtier en navigation de plaisance à moteur, fixée à 6 milles marins. Au-delà, la navigation motorisée nécessite un permis hauturier et, pour tout navire, un équipement en matériel de sécurité beaucoup plus important. En dehors de l'augmentation du trafic lié à la maintenance des parcs, l'impact du projet sur ce type d'activités devrait être faible.

> Les impacts anticipés

La création du parc éolien aurait une incidence sur la navigation maritime voire sur les épreuves sportives de courses au large (Vendée Globe, Solitaire du Figaro, Volvo Ocean Race, Atlantique - Le Télégramme, Défi Azimut, Transat Lorient - Les Bermudes - Lorient, etc.), affectant ainsi les activités du « Pôle course au large » de Lorient.

Par ailleurs, les expériences européennes montrent que la création d'éoliennes en mer ne détourne pas les visiteurs potentiels d'un site touristique. À l'inverse, un parc éolien peut constituer un nouveau centre d'intérêt touristique industriel, par exemple à travers la visite du parc en bateau. Les parcs éoliens en mer de Nysted au Danemark et Riffgat en Allemagne relèvent ainsi une fréquentation accrue des itinéraires maritimes à proximité.

L'extraction de granulats marins

> Diagnostic

La zone d'étude en mer n'accueille pas de sites d'extraction autorisée de granulats marins. Le potentiel extractible connu représente une surface en mer importante au nord de la zone d'étude, avec un gisement potentiel jugé moyen.

> La prise en compte des enjeux

Le choix des zones pour l'installation de futurs parcs éoliens en mer tiendra compte de la préservation de ce potentiel extractible.

Zoom sur les fermes pilotes issues de l'appel à projets de l'ADEME de 2015

Le projet pilote de Groix et Belle-Île¹

> Diagnostic

Développé par un consortium d'entreprises mené par EOLFI, le projet « Éoliennes flottantes de Groix et Belle-Île » (EFGBI) porte sur l'implantation d'une ferme pilote d'éoliennes flottantes d'une puissance de 28,5 MW. Celle-ci se situe en périphérie de la zone d'étude en mer présentée au débat public. Le raccordement de la ferme pilote au réseau d'électricité public doit être réalisé par RTE.

Ce projet est bien distinct des projets commerciaux, objet du présent débat.

> La prise en compte des enjeux

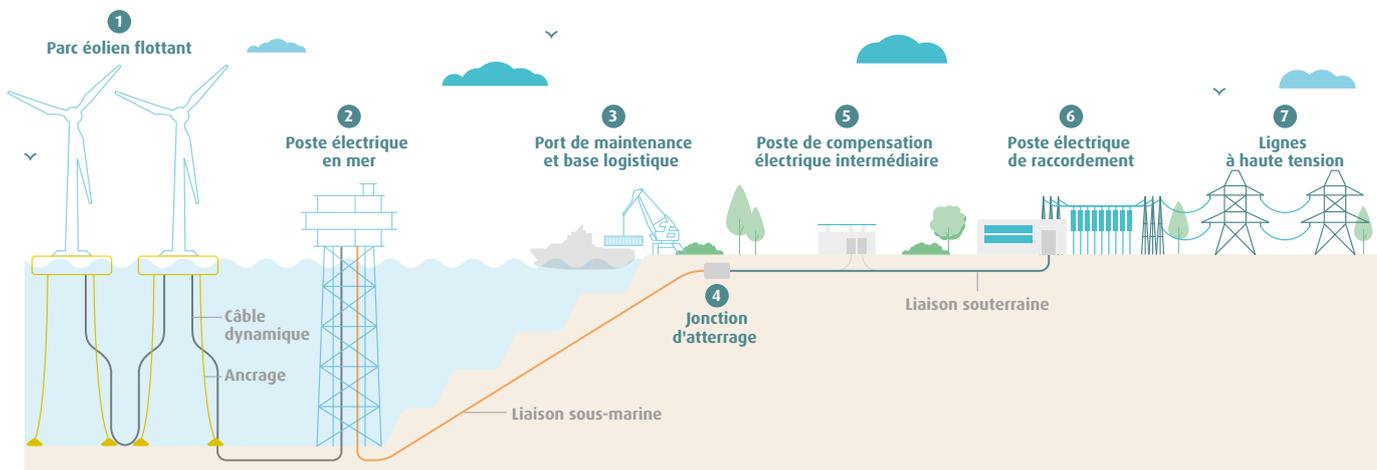
L'implantation du projet devra prendre en compte les activités liées à la ferme pilote et son raccordement afin d'éviter les risques d'interférences.

Le débat permettra en outre de définir des orientations pour limiter les impacts cumulés sur l'environnement des divers parcs éoliens autorisés (projet pilote et parcs commerciaux) avec ceux envisagés pour le sud de la Bretagne.



¹ Informations issues du résumé non technique de l'étude d'impact.

Le projet éolien flottant et son raccordement



- 1 Il est composé d'éoliennes qui sont reliées entre elles par des câbles dynamiques. L'énergie qu'elles produiront sera acheminée au poste électrique de raccordement (6) par l'intermédiaire d'un poste électrique en mer (2). Leur maintenance sera assurée à partir du port de maintenance (3).
- 2 Il comprend des équipements de transformation et de comptage de l'énergie produite par les éoliennes en mer (1).
- 3 Ils assurent les opérations logistiques liées aux systèmes d'ancrage et aux câbles sous-marins, ainsi que les activités d'exploitation et de maintenance du parc éolien en mer.
- 4 Elle correspond à la connexion entre la partie sous-marine et la partie souterraine du raccordement, réalisée à l'atterrage.
- 5 Lorsque la longueur totale du raccordement est importante, la construction d'un poste de compensation électrique intermédiaire est nécessaire entre l'atterrage (4) et le poste de raccordement (6).
- 6 Il sert à la réception de l'énergie produite par le(s) parc(s) et à sa répartition sur le réseau électrique existant. Il est relié au poste électrique en mer (2) par des liaisons souterraine et sous-marine à haute tension. Il peut se situer à plusieurs dizaines de kilomètres à l'intérieur des terres.
- 7 Elles permettent d'acheminer l'énergie électrique des centres de production vers les consommateurs.

Quelles seraient les grandes caractéristiques d'un parc éolien flottant en mer de 250 MW au sud de la Bretagne ?

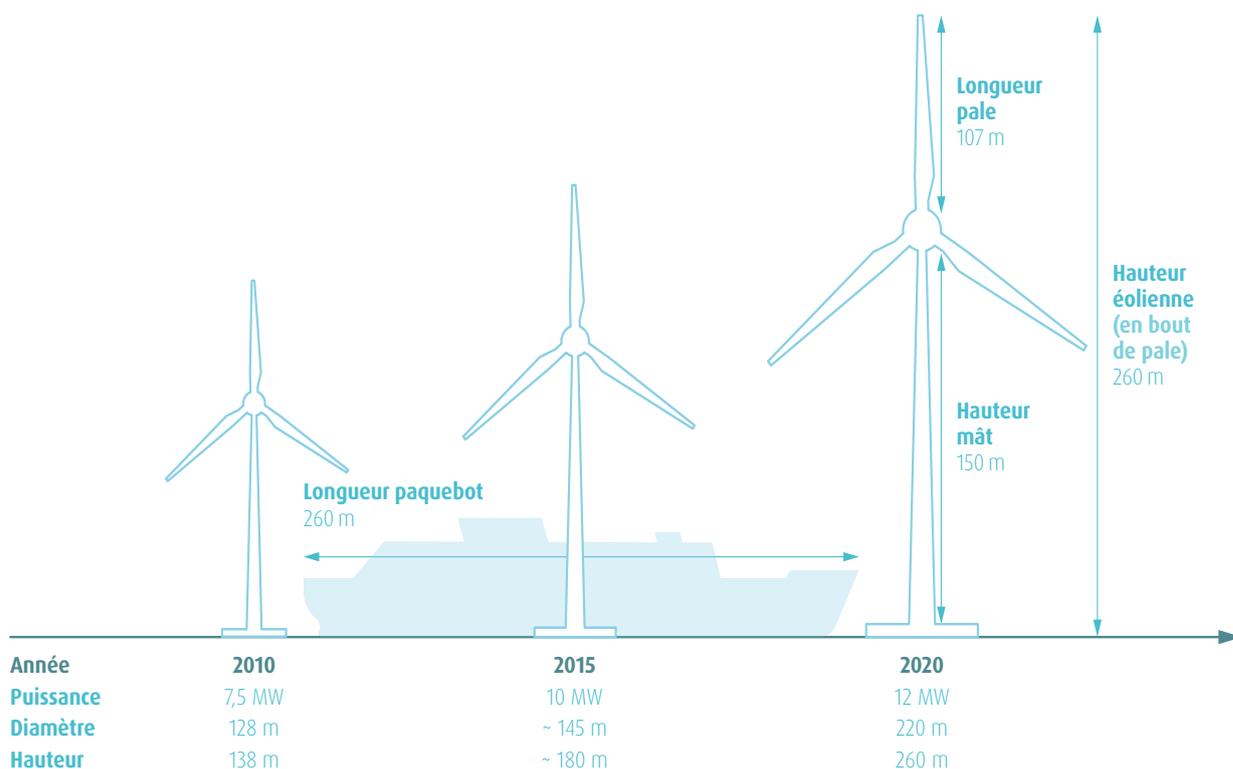
1 • Les caractéristiques techniques d'un parc éolien flottant

a) Les éoliennes : un mât, une nacelle et trois pales

Une éolienne est constituée d'un mât, d'une nacelle et de pales. En mer, elle peut être posée sur le fond marin on parle alors de technologie posée ou bien reposer sur un support flottant, ancré au fond. Il s'agit de la technologie flottante, adaptée aux fonds marins dépassant 50 m de profondeur. Les parcs éoliens en mer au sud de la Bretagne utiliseront cette technologie, du fait de la profondeur des fonds.

La puissance d'une éolienne est proportionnelle à la surface balayée par ses pales : plus le diamètre de l'éolienne est grand, plus elle peut produire d'électricité. Par conséquent, pour une puissance totale donnée, plus les éoliennes sont grandes et moins elles sont nombreuses. Par exemple, pour réaliser un parc d'environ 250 MW, 42 éoliennes sont nécessaires avec des modèles produisant 6 MW, alors que 25 éoliennes sont nécessaires avec des modèles de 10 MW et 19 avec des modèles de 13 MW.

Pour le premier parc de 250 MW envisagé à l'issue du débat public, les éoliennes pourraient disposer d'une puissance de 12 MW et seraient 21 au maximum. Cela correspond au modèle d'éolienne la plus puissante construite à ce jour, par General Electric. Si, avec les progrès technologiques, une éolienne plus puissante était commercialisée entre-temps, le parc envisagé compterait moins d'éoliennes. Celles-ci seraient alors de plus grande taille, sous réserve de conformité avec les contraintes de défense, notamment.



Les dimensions représentées correspondent à celles de l'éolienne la plus grande construite à ce jour : l'éolienne de GE Haliade-X 12 MW. Les perspectives d'évolution de puissance et de taille des éoliennes dans les années à venir restent difficilement prévisibles.

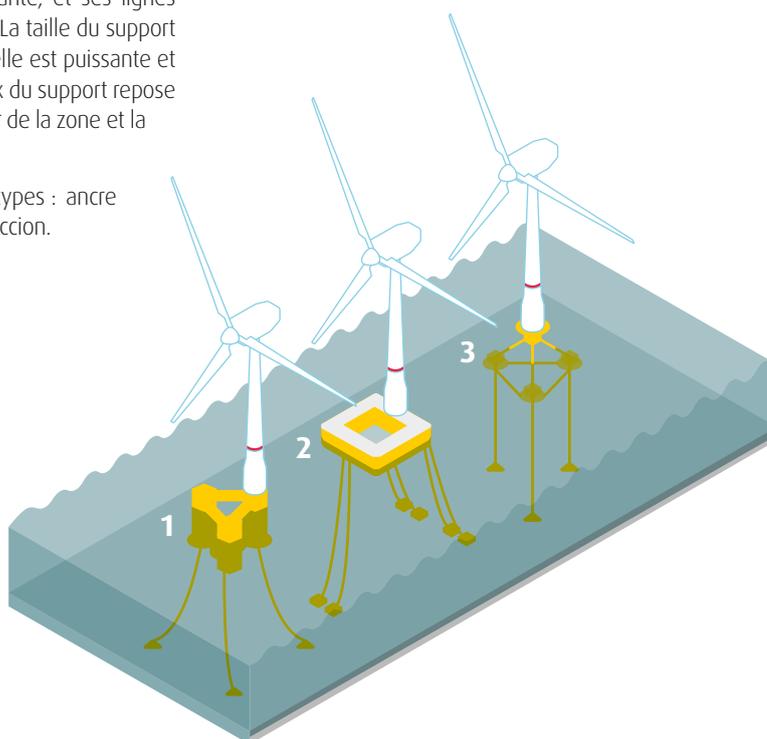
b) Les différentes techniques de supports flottants et d'ancrages permettant de s'adapter à l'environnement marin

Les éoliennes flottantes sont montées sur des flotteurs maintenus par des lignes d'ancrages reliées au fond marin. À ce jour, trois technologies différentes pourraient être envisagées pour le projet : les supports semi-submersibles, les supports barges et les supports avec ancrage à lignes tendues (TLP). En fonction de la technologie utilisée, le flotteur est immergé en totalité ou en partie, son emprise à la surface est plus ou moins importante, et ses lignes d'ancrages sont plus ou moins tendues. La taille du support est adaptée à celle de l'éolienne : plus elle est puissante et haute, plus le support est grand. Le choix du support repose sur différents critères, dont la profondeur de la zone et la nature du fond (roche, sable, vase, etc.).

Les ancres peuvent être de plusieurs types : ancre marine, corps-mort, pieux ou ancre à suction.

Dans le cadre de l'appel d'offres organisé pour l'attribution du premier parc à la suite du débat public, les différents candidats proposeront un type de flotteur et d'ancrage. Ils devront justifier ce choix, en matière d'impacts sur les autres usages et d'impacts environnementaux notamment. Les choix effectués par le lauréat de l'appel d'offres seront ensuite, comme le reste de leur projet ainsi que le raccordement de RTE, soumis à évaluation environnementale.

1. Support semi-submersible à lignes d'ancrage libres
2. Support barge à lignes d'ancrage libres
3. Support flottant à lignes d'ancrage tendues (TLP)



Comment raccorder les parcs éoliens flottants au réseau électrique ?

Quelques notions sur l'énergie électrique

2 • Les caractéristiques techniques du raccordement d'un parc éolien flottant

Les éoliennes sont reliées entre elles par des câbles électriques en partie dynamiques, constamment en mouvement puisqu'ils subissent les mouvements du flotteur, de la houle, de la marée et du courant. Elles sont raccordées au réseau public de transport d'électricité par l'intermédiaire d'un poste électrique en mer.

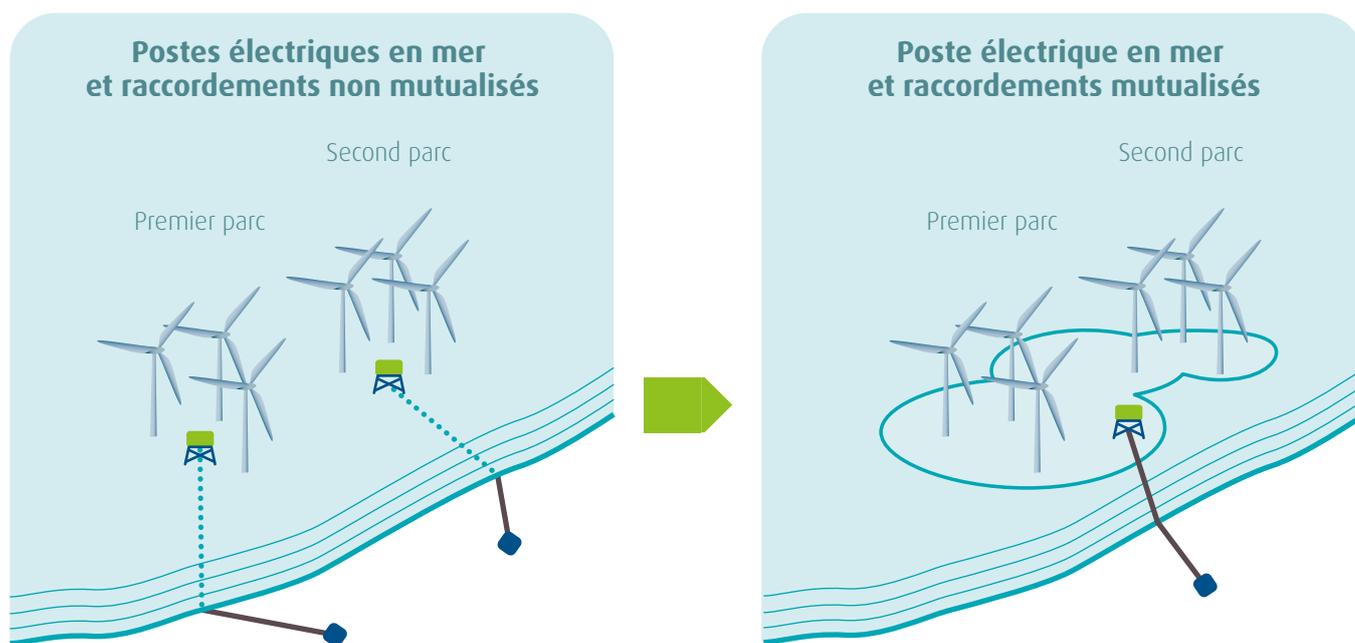
Celui-ci comprend les équipements de transformation, de protection, de comptage de l'énergie et, le cas échéant, de compensation de l'énergie réactive.

Par ailleurs, le futur poste électrique en mer pourrait être « multi-usages ». Dans cette perspective, elles pourraient être co-conçues avec les acteurs du territoire pour favoriser les usages partagés en mer, mieux connaître les milieux marins et les effets des énergies marines renouvelables sur les écosystèmes.

Enfin, le poste électrique en mer est relié, par des câbles électriques à très haute tension, à un poste électrique à terre, qui peut se situer à plusieurs dizaines de kilomètres à l'intérieur des terres. Ces câbles sont prioritairement enfouis dans le sol, mais ils peuvent aussi être déposés

au fond de la mer et protégés par des enrochements, des matelas en béton ou bien des coquilles en fonte. La jonction entre la partie sous-marine et la partie terrestre du raccordement est réalisée à l'atterrage. En fonction du choix retenu pour le positionnement du poste électrique en mer et de la distance à parcourir, l'installation d'un poste de compensation intermédiaire pourra être nécessaire. Le cas échéant, plus le parc éolien sera proche de la côte, et moins la surface nécessaire sera importante.

Le projet présenté au débat public consiste en la définition des conditions de création de deux parcs éoliens flottants dont le raccordement serait mutualisé. Cette mutualisation permet de réduire les coûts économiques et environnementaux : un seul poste électrique en mer et des possibilités de mutualisation du tracé en mer, à l'atterrage et à terre. Pour accueillir la puissance combinée des deux parcs (jusqu'à 750 MW), et compte tenu des distances envisagées, le raccordement de référence est en courant alternatif.



3 • Le coût et le financement du projet

Le coût d'un projet de parc éolien flottant comprend :

- les dépenses d'investissement, liées au développement du projet, aux études, à la construction des éoliennes, des supports et des ancrages, à l'installation du parc et à son raccordement ;
- les dépenses de fonctionnement, relatives à son exploitation et à sa maintenance ;
- et, enfin, les dépenses de démantèlement du parc.

Ces coûts dépendent notamment de la distance entre le parc et la côte, de la nature des fonds marins et de la bathymétrie, ainsi que des choix technologiques. Les ouvrages construits par RTE sont financés par le tarif d'utilisation du réseau public de transport d'électricité (TURPE).

Combien coûte un parc éolien flottant en France ?

Pourquoi et comment l'État a-t-il choisi de soutenir le développement de l'éolien en mer en France ?

a) Quelles perspectives de développement économique pour l'éolien flottant ?

Pour l'éolien flottant, il n'existe pas encore de retour d'expérience sur le coût d'un parc commercial en France.

Toutefois, les perspectives de développement prévoient que les coûts du projet permettront de stabiliser le prix de l'électricité vendue à 120 €/MWh pour ce premier projet éolien flottant commercial.

Pour comparaison, le dernier parc éolien posé attribué, à Dunkerque, vendra son électricité au tarif de 44 €/MWh. Au terme du développement de la filière, les coûts des projets éoliens flottants vont converger vers ceux de l'éolien posé, comme l'a identifié une étude effectuée par l'ADEME (<https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/innovations-dans-l-eolien-rapport-final.pdf>²). Cette étude montre que les réductions de coûts sur les turbines (augmentation des performances, augmentation de la taille et la puissance des machines, industrialisation) sont le moteur de la réduction des coûts.

Pour l'éolien flottant, les dernières estimations issues de travaux de recherche² montrent qu'un parc de 250 MW représente un coût d'investissement de l'ordre de 750 M€ hors raccordement.

À titre illustratif, le coût total d'un parc éolien posé de 1000 MW est estimé entre 1,5 et 4 milliards d'euros, répartis ainsi :

- développement du projet (environ 8 %) ;
- investissement (mise en œuvre du projet, construction du parc, environ 70 %) ;
- exploitation et maintenance (environ 18 %) ;
- démantèlement (environ 4 %).

b) Le mécanisme de soutien public pour permettre l'équilibre financier du projet et l'émergence d'une filière française

À l'heure actuelle, les coûts de la plupart des énergies renouvelables sont encore supérieurs aux prix de marché, bien qu'ils aient fortement diminué. Pour cette raison, les

industriels n'investissent pas encore dans ces installations, ne prenant pas le risque que leurs revenus ne couvrent pas les coûts de construction et d'exploitation.

Face à ce contexte, l'État a fait le choix de soutenir financièrement le développement des énergies renouvelables, notamment en mer, pour contribuer à la transition énergétique. Cette aide prend la forme d'un complément de rémunération : l'État complète la rémunération perçue par le producteur en vendant son électricité sur le marché, pour atteindre le tarif fixé lors de la procédure de mise en concurrence. Le complément de rémunération est symétrique : dans le cas où les prix de marché de l'électricité sont supérieurs au tarif fixé lors de la procédure de mise en concurrence, le producteur rembourse la différence à l'État.

Aujourd'hui, l'éolien en mer posé reste l'énergie renouvelable en mer la moins coûteuse, grâce notamment au développement récent de la filière, avec en conséquence un coût de soutien public qui décroît fortement.

Pour le premier parc du présent projet d'éoliennes flottantes en mer, faisant l'objet de la mise en concurrence en 2021, le prix cible de rachat par l'État de l'électricité produite, fixé dans la programmation annuelle de l'énergie, est de 120 €/MWh. En partant de l'hypothèse d'un contrat de 20 ans, avec un taux de charge des éoliennes de 50 % et un tarif de marché de 40 €/MWh, le soutien public s'élèverait à environ 1,6 milliard d'euros, soit un peu moins de 80 millions d'euros par an, hors taux d'actualisation.

Pour l'éolien flottant, les acteurs prévoient une baisse rapide des coûts, convergeant vers ceux de l'éolien posé. En effet, à l'émergence d'une filière, l'incertitude et donc le risque se paient en police d'assurance, ce qui augmente les coûts. La fiabilisation, puis la construction en série, permettent de réduire le risque et entraînent une baisse de ces coûts. Pour repère, les premiers parcs éoliens posés en mer affichaient des tarifs de soutien public de l'ordre de 150 €/MWh. Or, en juin 2019, le parc de Dunkerque a été attribué à un tarif de 44 €/MWh, soit dans les prix de marché qui se situaient à 40-50 €/MWh début 2020.

4 • Les grandes étapes de réalisation et d'exploitation d'un parc éolien flottant

a) Les études environnementales et techniques menées par RTE et l'État pour mieux connaître l'état initial de l'environnement de la zone du projet

Des études techniques (bathymétrie, sols marins, etc.) et un état initial de l'environnement seront réalisés par l'État et RTE à l'issue du débat public, une fois la décision prise de lancer une procédure de mise en concurrence sur une zone d'implantation en mer et à terre. Les mesures de vent, de houle et de courant, ont été lancées à l'été 2020 pour caractériser l'ensemble de la zone d'étude en mer.

Ces études seront remises aux candidats dans le cadre de la procédure de mise en concurrence.

Elles leur permettront de proposer une offre :

- la plus adaptée possible aux caractéristiques de la zone ;
- limitant les effets du projet sur l'environnement ;
- réduisant les risques pour le candidat et donc le montant du soutien public.

Par ailleurs, une fois le lauréat sélectionné, ces études permettront à l'État de disposer d'un socle pour bien encadrer la réalisation du projet par le consortium d'entreprises retenu.

Quelles sont les étapes à venir après le débat public ?

² Source : *L'éolien en mer flottant dans sa dimension industrielle et technologique*, Michel Cruciani, IFRI, juillet 2019 (ISBN / ISSN : 979-10-373-0047-8).



Fiche

21

Comment contribuer au cahier des charges du projet ?

Fiche

14

Quelques notions sur le droit applicable en mer : quelle différence entre domaine public maritime et zone économique exclusive ?

Comment le public peut-il contribuer à la définition du cahier des charges ?

Le débat public a notamment pour objectif de recueillir les observations et les requêtes formulées par le public concernant le contenu du cahier des charges. Celles-ci seront étudiées par l'État, qui pourra en tenir compte au moment de la rédaction.

Cependant, le contenu du cahier des charges est encadré par la loi. Ainsi, par exemple :



il peut être imposé au lauréat d'avoir recours à des PME pour une partie des travaux, de favoriser l'insertion économique locale et le tourisme autour du projet, ou encore de tenir compte et de limiter l'effet de son projet sur les activités existantes ;



à l'inverse, le droit ne permet pas de sélectionner un lauréat en fonction de sa nationalité, de ses fournisseurs ou du nombre d'emplois locaux qu'il prévoit.

b) Le dialogue concurrentiel : une procédure pour améliorer le cahier des charges permettant la sélection du constructeur et exploitant du projet

Après le débat public, le développement de chaque parc éolien en mer sera attribué à l'issue d'une procédure de mise en concurrence. Menée dans le cadre du calendrier fixé par la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE), elle prendra la forme d'un « dialogue concurrentiel ». L'État sera ainsi en mesure d'échanger avec les candidats présélectionnés sur le contenu du cahier des charges en tenant compte des spécificités du projet, tout en garantissant les intérêts publics.

Le cahier des charges du projet fixera les principales caractéristiques du premier parc d'éoliennes flottantes (250 MW, 2021) et de son raccordement en intégrant la perspective du second parc, mais également les critères de notation des futures offres. Il précisera les zones terrestres et maritimes au sein desquelles l'implantation du projet est possible compte tenu des enseignements tirés du débat public.

c) Les autorisations administratives : une occasion pour l'expression des acteurs du territoire et du public sur un projet plus abouti

La construction de deux parcs éoliens flottants et de leurs ouvrages de raccordement nécessite l'obtention d'autorisations administratives, d'une part par les lauréats

pour les parcs éoliens, d'autre part par RTE, pour la partie raccordement.

La nature de ces autorisations dépend de l'espace maritime dans lequel le projet est situé. Sur le domaine public maritime, c'est-à-dire jusqu'à 12 milles de la côte, soit environ 22 km, une autorisation environnementale¹ et une concession d'utilisation du domaine public maritime (CUDPM) sont nécessaires.

En zone économique exclusive, au-delà de 12 milles, une autorisation unique est nécessaire pour le parc d'une part, et pour le poste en mer, d'autre part.

Des autorisations complémentaires devront être sollicitées pour le raccordement, notamment des déclarations d'utilité publique. Celles-ci porteront d'une part sur l'ensemble de la liaison sous-marine et souterraine et, d'autre part, sur le poste électrique à terre.

À la suite du débat public et préalablement à l'obtention des autorisations, RTE organisera une concertation dite Fontaine². Cette concertation, menée sous l'égide du préfet de département, associe les élus, les administrations, les représentants d'autres acteurs du système électrique (autorités concédantes de la distribution publique, gestionnaires de réseaux de distribution, producteurs, etc.), les responsables socioéconomiques régionaux concernés et les associations représentatives. Elle permet d'échanger à propos de la zone d'étude, puis de faire le choix d'un fuseau de moindre impact pour le passage de la liaison électrique et d'un périmètre pour l'implantation de postes électriques.

Le projet est-il complètement figé après l'obtention des autorisations administratives ?

La loi pour un État au service d'une société de confiance (ESSOC) du 10 août 2018 prévoit que ces autorisations puissent porter sur des caractéristiques variables, notamment en matière de technologie, de puissance, notamment en matière de technologie, de puissance, de nombre et de gabarit des éoliennes, et de raccordement. Des limites maximales sont alors prévues dans ces autorisations. Cette disposition permet d'adapter le projet aux évolutions techniques tout en prévoyant les mesures de la séquence « éviter, réduire, compenser » (ERC) en conséquence. Avant cette évolution du cadre réglementaire, les autorisations étaient délivrées pour un projet figé tout comme les mesures « éviter, réduire, compenser ».

Fiche

10

En quoi consiste la démarche « éviter, réduire, compenser » ?

Fiche

23

À quelles procédures et autorisations administratives sont soumis un parc éolien en mer et son raccordement ?

¹ Pour le raccordement, l'autorisation environnementale couvrira également le cas échéant la partie terrestre.

² Conformément à la circulaire ministérielle du 9 septembre 2002 Fontaine, relative au développement des réseaux publics de transport et de distribution d'électricité

Fiche

15

Quelles seraient les grandes caractéristiques d'un parc éolien flottant en mer de 250 MW et de son extension de 500 MW au sud de la Bretagne ?

Fiche

16

Comment raccorder les parcs éoliens flottants au réseau électrique ?

Fiche

17

Comment se fait le démantèlement d'un parc éolien flottant ?

Fiche

10

En quoi consiste la démarche « éviter, réduire, compenser » ?

d) La réalisation d'un parc éolien flottant et du raccordement associé

L'assemblage des différents éléments qui composent une éolienne en mer flottante (supports, mât, nacelle et pales) est essentiellement réalisé à terre. Les supports sont généralement construits ou pré-assemblés dans des usines situées sur des ports, puis ils sont mis à l'eau, à quai. On y ajoute le mât, la nacelle et les pales puis l'ensemble est remorqué sur son site de production, pour être arrimé à son système d'ancrage.

Le poste électrique en mer (plateforme et équipements) est fabriqué à terre et installé sur une structure en mer. Les câbles sont également produits à terre et déroulés par section. Ils sont déposés sur le fond marin avant d'être ensouillés ou protégés *via* des techniques qui dépendent de la nature des sols.

Les travaux d'installation du parc et du raccordement sont susceptibles de générer des effets temporaires : bruit, relargage éventuel de substances contaminantes, modification du fond marin et de la turbidité - teneur de l'eau en matières qui la trouble. L'ensemble du processus de construction fera l'objet d'une évaluation environnementale¹ qui précisera en particulier les mesures d'évitement, de réduction et le cas échéant de compensation. Pour cela, il sera possible de bénéficier du retour d'expérience des

parcs éoliens posés et de leur raccordement déjà construits ailleurs en Europe, mais aussi des fermes pilotes d'éoliennes flottantes ayant fait l'objet d'un soutien public dans le cadre d'un appel à projets de l'ADEME² ou, pour les câbles en mer, des interconnexions réalisées par RTE.

e) L'exploitation et la maintenance du parc et des ouvrages de raccordement

L'exploitation et la maintenance d'un parc éolien s'effectue de sa mise en service jusqu'à son démantèlement, soit pendant environ 25 à 30 ans. Les équipes en charge de ces activités s'assurent également de la sécurisation du parc.

Exploitation et maintenance sont généralement menées depuis une base portuaire située à proximité du parc mais, lorsque le parc éolien est très éloigné de la côte, elles peuvent s'effectuer à partir de navires-bases.

Plusieurs ports de la façade atlantique (Lorient, la Turballe, Saint-Nazaire notamment) présentent les caractéristiques adéquates pour accueillir ces activités.

Les équipes en charge de l'exploitation et la maintenance s'assurent notamment de la sécurisation du parc.

Quant au raccordement, la maintenance en mer et à terre sera assurée par RTE.

5 • Le démantèlement du parc et des ouvrages de raccordement

Lorsque la durée d'exploitation d'un parc arrive à son terme, le développeur éolien est contraint de le démanteler afin de restituer le site dans un état comparable à l'état initial. L'occupation du domaine public maritime a pour objet exclusif l'implantation, l'exploitation et la maintenance de l'installation, ainsi que son démantèlement, étant précisé que la dépendance ne pourra être utilisée pour un autre usage. Il n'est pas prévu de rééquipement des parcs à ce jour comme ce peut être le cas pour l'éolien terrestre. Avant la construction du parc, il devra présenter les techniques envisagées pour procéder à son démantèlement. Il est également contraint par l'État de constituer des garanties financières dédiées et ce, dès le début de l'exploitation.

De même, RTE s'engage à remettre le site en état et à démanteler le poste en mer à l'issue de la phase

d'exploitation. Une étude remise à l'État avant l'expiration de la concession permettra de préciser le périmètre du démantèlement et de déterminer ses conditions de mise en œuvre. Cela, en tenant compte des enjeux liés à l'environnement, aux activités et à la sécurité maritime.

Cependant, pour des raisons environnementales, il pourrait s'avérer plus favorable de maintenir certains ouvrages. Par exemple, l'enlèvement des câbles sous les fonds marins peut davantage affecter l'environnement que leur maintien. Des études d'impacts plus précises, réalisées avant la mise en œuvre du démantèlement, permettront à l'État d'en décider.

Le processus de démantèlement fera l'objet d'une évaluation environnementale dédiée.

6 • Les impacts environnementaux d'un parc éolien en mer et de son raccordement

Lorsque les caractéristiques du projet sont connues, il est possible d'évaluer les impacts des parcs et de définir les mesures ERC (« éviter, réduire, compenser ») que le porteur de projet doit mettre en œuvre.

Pour étudier ces impacts, il convient d'engager une démarche globale, transversale et systémique d'évaluation environnementale qui englobe la conception, la construction, l'exploitation et le démantèlement.

Chaque phase génère des impacts différents, mais imbriqués, que les maîtres d'ouvrage et le futur développeur éolien prendront en compte dans l'élaboration générale du projet, selon la démarche « éviter, réduire, compenser » portant bien sur toutes les phases de la conception au démantèlement.

1 Cf. l'article L.122-1 du code de l'environnement. L'autorité environnementale compétente sera le Conseil général de l'environnement et du développement durable.

2 Pour en savoir plus sur les fermes pilotes, voir la partie 1.

Au stade actuel et jusqu'à la réalisation de l'évaluation environnementale de l'intégralité du projet, il n'est pas possible d'être exhaustif concernant les impacts à considérer et les mesures à déployer. L'analyse des impacts du projet sur l'environnement sera possible grâce à la réalisation de l'état initial de l'environnement à l'issue du débat public¹.

Dès à présent, il est toutefois possible d'identifier certains effets attendus aux différentes phases ainsi que les solutions envisageables.

a) Phase de construction

Durant la phase de construction, les deux principaux impacts sont ceux induits par le bruit et l'augmentation de la turbidité (teneur de l'eau en matières qui la troublent). Pour un parc d'éoliennes flottantes, l'intensité de ces impacts est moindre que pour un parc d'éoliennes posées.

Le bruit sous-marin

Durant les travaux, le bruit provient principalement de l'installation des ancrs, des fondations du poste en mer, puis des opérations d'ensouillage ou de protection des câbles. Le choix de la forme des ancrs et des fondations du poste en mer dépend de nombreuses données d'entrée intrinsèquement liées au site d'implantation.

Les mammifères marins sont les plus impactés par ce bruit. Dans une moindre mesure, certaines espèces de poissons sont également impactées, particulièrement celles possédant une vessie natatoire. L'intensité de l'impact dépendra de la technique retenue pour installer les ancrs.

Les développeurs éoliens retenus et RTE éviteront les périodes de présence des mammifères, détectées lors des mesures *in situ*. De plus, ils chercheront systématiquement à minimiser la durée des travaux et mettront en place les mesures de réduction existantes pour assurer une protection efficace des mammifères marins.

La turbidité, la modification des sédiments et la remobilisation de substances polluantes contenues dans les sédiments

Les travaux de pose des ancrs pour fixer les éoliennes, l'installation des fondations du poste électrique en mer, l'ensouillage (notamment pour l'atterrissage) ou la protection des câbles électriques en mer peuvent générer :

- une augmentation temporaire et localisée de la turbidité de l'eau due à la présence de particules en suspension ;
- une modification des sédiments ;
- la remobilisation de substances polluantes contenues dans les sédiments.

Le milieu vivant peut être impacté, et plus particulièrement les habitats situés au fond des eaux (benthiques) qui peuvent être colmatés voire détruits. Cela peut concerner, par exemple, les macroalgues se développant sur les fonds marins rocheux, qui ont besoin de lumière pour croître. Dans une moindre mesure, en fonction de leur mobilité, certains poissons peuvent être gênés. L'intensité de l'impact dépendra de la technique retenue pour installer les ancrs.

L'implantation des parcs éoliens en mer et du raccordement sera définie sur la base d'une cartographie précise des habitats benthiques. Ce choix tiendra également compte des campagnes halieutiques menées sur la zone préférentielle. Ainsi, les espaces les plus sensibles seront évités.

b) Phase d'exploitation

En phase d'exploitation, les effets concernent particulièrement l'avifaune, les chiroptères et l'augmentation de la turbidité, liée au frottement des câbles sur les fonds. Les éoliennes peuvent également avoir un impact positif en favorisant l'augmentation de la ressource en poissons.

Les impacts sur les espèces volantes : oiseaux et chauves-souris²

Les oiseaux sont les plus impactés par la présence et la rotation des éoliennes. Celles-ci génèrent un dérangement visuel et des obstacles physiques, qui peuvent occasionner des contournements du parc ou des collisions avec les pales.

Des effets similaires seront engendrés sur les chauves-souris. Les espèces migratrices, parcourant de longues distances en milieux ouverts, sont les plus susceptibles d'être impactées. Bien qu'elles soient en constante évolution, les connaissances sur la présence en pleine mer des chauves-souris sont encore lacunaires. La sensibilité de ces espèces aux éoliennes en mer a été peu étudiée à ce jour, mais pourrait exister du fait de leur caractère migratoire et de certaines observations d'individus en mer.

Pour réduire la collision avec les oiseaux, les développeurs éoliens retenus après la mise en concurrence devront définir les caractéristiques des parcs (altitude des pales, espacement entre les éoliennes, surface balayée par le rotor) en tenant compte des altitudes de vol et du comportement des oiseaux relevés durant l'état initial.

Les effets cumulés des parcs éoliens en mer sur la biodiversité seront considérés par le porteur de projet dans son étude d'impact. Ces effets cumulés sont mal connus et encore difficiles à évaluer. Cependant, des travaux sont en cours sur ce sujet (groupe de travail ECUME piloté par la Direction générale de l'énergie et du climat et la Direction de l'eau et de la biodiversité, notamment).

Le ragage des câbles dynamiques et des lignes d'ancrage

Le ragage est un terme marin désignant le frottement, l'usure de cordages ou de câbles. Le ragage des câbles reliant les éoliennes entre elles et des lignes d'ancrage peut provoquer une remise en suspension de particules proches du fond, voire une destruction d'habitats.

L'implantation du parc éolien en mer sera définie sur la base d'une cartographie précise des habitats benthiques. Cette cartographie sera établie après des mesures sur site. Le choix de la localisation tiendra également compte des campagnes halieutiques menées sur la zone préférentielle. Ainsi, les espaces les plus sensibles seront évités.

¹ Cf. rapport annuel de l'Autorité environnementale, http://www.cgedd.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/raae-2018-v5-web_de1e82fe.pdf

² Bien qu'elles soient en constante évolution, les connaissances sur la présence en pleine mer des chauves-souris sont encore lacunaires. La sensibilité de ces espèces aux éoliennes en mer a été peu étudiée à ce jour, mais pourrait exister du fait de leur caractère migratoire et de certaines observations d'individus en mer.



Les effets dits « de récif » et « de réserve »

Les infrastructures introduites dans le milieu constituent des récifs artificiels. Les organismes peuplant les fonds marins vont coloniser les fondations : c'est l'effet récif. Dans les zones d'implantation des parcs, cette colonisation est susceptible de modifier la chaîne trophique, c'est-à-dire les relations qui s'établissent entre des organismes en fonction de leurs habitudes alimentaires. Si leurs proies sont présentes, certains poissons et mammifères marins pourraient être attirés par ce nouveau récif artificiel : c'est l'effet réserve.

7 • Les enjeux économiques du projet

Le développement d'éoliennes flottantes au sud de la Bretagne et l'utilisation des ports pour la construction puis pour l'exploitation des parcs représentent une opportunité économique. Le projet ouvre ainsi la possibilité de développer et moderniser les ports, mais aussi de créer des emplois.

Les règles de mise en concurrence ne permettent pas au cahier des charges d'être prescripteur et ce sera aux lauréats de chacun des appels d'offres de choisir les conditions de construction des éoliennes.

a) Des aménagements industriels et portuaires nécessaires au développement des activités de construction du parc**Les atouts industriels et portuaires du port de commerce de Brest**

Le Conseil régional de Bretagne construit actuellement le terminal énergies marines renouvelables du port de Brest. Ce terminal de 40 ha représente un investissement de plus de 220 M€ et sera mis en service à l'horizon 2024. Il pourrait accueillir la construction des futures éoliennes flottantes.

Les structures des éoliennes flottantes sont en effet beaucoup plus imposantes que les éoliennes posées, du fait de leurs flotteurs : environ 100 m de large, 4000 à 5000 tonnes d'acier ou de béton selon la technologie, surmontés d'un mât de plus de 140 m et d'un rotor de plus de 180 m de diamètre. Ces structures doivent être remorquées une par une vers le site d'exploitation dans des conditions météorologiques très favorables et à faible vitesse. Ces contraintes réduisent le rayon d'action à quelques centaines de milles marins des sites de construction. Le port qui accueillera les activités d'assemblage des éoliennes flottantes doit donc se trouver à proximité des futurs parcs et disposer d'un accès libre à la pleine mer pour des structures de plus de 250 m de haut.

Par ailleurs, les travaux d'assemblage des supports d'éoliennes flottantes peuvent tout particulièrement se réaliser en chantier forain, c'est-à-dire sur terre-plein. Le port de Brest, du fait de ses linéaires de quai disponibles offrant des conditions d'accès en bord à quai, est particulièrement adapté aux besoins d'une filière gourmande en surfaces portuaires. Sur la façade atlantique européenne, aucun autre port ne présente ces caractéristiques techniques dédiées à l'industrialisation de l'éolien flottant. Par ailleurs, les pôles industriels de la mer du Nord sont trop éloignés pour permettre d'alimenter les zones atlantiques.

Les champs électromagnétiques à 50 Hz

Les liaisons souterraines et sous-marines émettent un champ magnétique, qui décroît rapidement avec la distance, et génèrent un champ électrique de très faible amplitude. Sur la santé humaine, les autorités sanitaires, nationales, européennes et mondiales, affirment qu'aucun effet lié à leur exposition n'a été démontré. Une étude bibliographique de l'Ifremer de 2019 conclut que les expériences *in situ* n'identifient pas d'effet significatif des câbles sur la faune benthique et halieutique. Toutefois, le niveau d'incertitude scientifique étant jugé moyen, des études complémentaires sont nécessaires.

Ainsi, le port de Brest pourrait devenir la base d'assemblage de référence pour les projets éoliens flottants de la façade atlantique française et britannique.

Contrairement à l'éolien posé, les éoliennes flottantes sont assemblées au port, bord à quai, renforçant ainsi le rôle de la base logistique terrestre. Ainsi, ces activités seront le principal pourvoyeur d'emplois directs. À ces derniers s'ajoutent les emplois de services et d'ingénierie, ainsi que ceux liés à la conception et la fabrication de sous-ensembles facilement exportables : équipements pour les câbles dynamiques, pour les systèmes d'ancrage, connecteurs sous-marins, véhicules sous-marins téléguidés, drones, etc.

En outre, la construction des éoliennes permettrait au port de Brest et aux industriels présents de diversifier les trafics et leurs activités.

Les atouts industriels et portuaires du grand port maritime de Nantes-Saint-Nazaire

Premier port de la façade atlantique française, le grand port maritime de Nantes-Saint-Nazaire est un véritable pôle industriel au service des énergies marines renouvelable, avec des investissements majeurs tels que la construction d'une plateforme logistique de 15 ha et le projet de parc éco-technologique de 100 ha au Carnet, dédié aux énergies renouvelables.

Les Pays de la Loire sont la première région française en matière d'emploi pour la filière d'énergies marines renouvelables disposant d'une chaîne logistique complète tant pour l'éolien posé que l'éolien flottant. L'estuaire de la Loire accueille des outils de production de premier plan en bord à quai : l'usine de fabrication de sous-stations électriques Atlantique Offshore Energy des Chantiers de l'Atlantique et l'usine de construction de turbines et de nacelles de General Electric, tandis que le regroupement d'entreprises dédié aux énergies marines renouvelables de NEOPOLIA structure l'activité de 115 entreprises de sous-traitance.

Les entreprises et les acteurs de la recherche privée et publique des Pays de la Loire sont impliqués dans de nombreux projets de recherche et développement animés par l'IRT Jules Verne, France énergie marine, les pôles de compétitivité EMC2, S2E2, Pôle mer Bretagne Atlantique et en particulier le centre de recherche et développement de General Electric implanté à Nantes, et les équipes de recherche et développement de Naval Énergies qui ont travaillé sur le flotteur retenu pour le projet de ferme pilote de Groix.

Le West Atlantic Marine Energy Center (WEAMEC) reconnu au niveau européen, assure la structuration des forces régionales de recherche et développement sur les énergies marines renouvelables. La région dispose en particulier d'un réseau d'équipements et de sites d'expérimentation remarquables :

- les bassins d'essais des carènes et de houle de l'École Centrale Nantes ;
- la soufflerie climatique du Centre scientifique et technique du bâtiment unique en Europe ;
- la centrifugeuse géotechnique de l'IFSTAR ;
- la plateforme des systèmes énergétiques marins du CEA Tech Pays de la Loire uniques en France ;
- SEM-REV, premier site d'essai multitechnologies raccordé au réseau électrique pour les énergies de la mer, qui accueille depuis 2018 la première éolienne flottante française Floatgen.

L'histoire industrielle de la région des Pays de la Loire et en particulier de l'estuaire de la Loire de Nantes à Saint-Nazaire et la présence de nombreux acteurs économiques d'ores et déjà engagés dans des activités de sous-traitance pour la filière éolienne en mer sera un réel avantage pour l'articulation des briques technologiques à l'échelle de la façade.

b) Une base logistique et un port de maintenance nécessaires à l'entretien et à l'exploitation des parcs

Le choix de la localisation des activités logistiques et de maintenance dépend à la fois de la zone retenue pour les parcs éoliens en mer, des conditions d'accès maritime, des espaces disponibles pour construire la base, ainsi que des besoins en aménagements.

Le port de Lorient réunit les caractéristiques requises pour à la fois accueillir les activités de logistique en phase d'installation, assurer les opérations logistiques liées aux systèmes d'ancrage et aux câbles sous-marins, ainsi que les activités d'exploitation et de maintenance. Par ailleurs, Lorient est l'un des pôles bretons pouvant contribuer à l'émergence et au développement d'un port de services pour la filière de l'éolien flottant. Cela tient à son tissu industriel, à la présence de grandes entreprises et d'un nombre important de sous-traitants orientés sur la construction-réparation navale.

Pour limiter les impacts de l'installation d'une base de maintenance, plusieurs pistes peuvent être étudiées. Il est par exemple possible de mutualiser les aménagements déjà construits pour les premiers parcs éoliens en mer, avec possible réutilisation de bases de maintenance, comme celle du port de la Turballe ou encore de mettre en commun des infrastructures portuaires. Il peut également être envisagé d'utiliser une alternative en mer comme un bateau base.

La base de maintenance fera l'objet d'une évaluation environnementale qui permettra d'en identifier les impacts.

Quelles perspectives en matière d'emplois ?

Le cas de base utilisé pour la modélisation des perspectives s'appuie sur la fabrication ou l'assemblage final du flotteur et une intégration de l'éolienne dans un ou plusieurs ports proches du site. Ceci engendrerait de l'emploi local que l'on peut estimer à 200-300 équivalents temps plein (ETP) pendant deux ans pour une ferme de 500 MW.

Pour la préfabrication des éléments du flotteur, tout ou partie de l'activité peut être réalisée en France ou en Europe, en fonction des capacités des industriels à fournir les sous-ensembles. Cela représente environ 2 000 ETP pendant deux ans. L'installation et le démantèlement engendrerait environ 70-150 ETP pour la période d'activité.

Enfin, la maintenance des fermes créerait environ 100-125 ETP pour un parc de 500 MW. C'est une activité locale et de long terme puisqu'elle correspond à la durée de vie des parcs, entre 25 et 30 ans.

c) Les perspectives économiques liées au développement de la filière industrielle

Pour la filière industrielle française en général, et en particulier pour le Grand Ouest, les enjeux économiques en matière de développement d'une filière industrielle de production d'électricité d'origine renouvelable sont considérables. Un fort impact est attendu sur la création d'emplois dans les territoires de Bretagne et, plus globalement, sur la façade atlantique. D'ores et déjà, en 2018, l'Observatoire des énergies de la mer (<http://merenergies.fr/media/Rapport-OEM-2019.pdf>) dénombrait en France 2085 emplois en équivalent temps plein (ETP), dont 773 en Pays de la Loire (37 %), 203 en Bretagne (10 %) et 250 en Normandie (12 %). Pour autant, il reste particulièrement difficile de mesurer l'effet réel du déploiement de ces filières sur l'emploi en régions tant que la dynamique industrielle n'est pas véritablement lancée.

De la main-d'œuvre sera nécessaire pour concevoir, produire puis installer et exploiter de nouvelles machines plus performantes, qui pourront ensuite être déployées dans le monde entier. La réalisation du raccordement terrestre bénéficiera aux entreprises ayant déjà des compétences éprouvées.

De petites et moyennes entreprises, sous-traitants locaux, etc., seront fortement mobilisés par les industries présentes dans les deux régions et bénéficieront des retombées économiques des futurs parcs.

1



Aujourd'hui, près de 120 entreprises bretonnes, essentiellement des PME et TPE peuvent se positionner sur toute la chaîne de valeur des projets éoliens :

- développement de projet (études environnementales, océano-météo, etc.) ;
- fabrication d'éléments (structures métalliques, mécano-soudés, pièces composites, équipements électriques, etc.) ;
- installation/logistique (logistique portuaire, services maritimes, génie côtier, etc.) ;
- génie civil pour la construction des postes électriques à terre et la réalisation des liaisons souterraines ;
- exploitation et maintenance (instrumentation, maintenance en mer, transport maritime, navires, etc.).

Pour nombre d'entre elles, le secteur des énergies marines renouvelables représente un relais de croissance par rapport à leur activité historique dans la construction navale ou les hydrocarbures. D'autres entreprises ont développé des produits et des services uniques qu'elles exportent déjà sur des projets éoliens en mer à l'international.

De plus, la spécificité des supports flottants va générer des besoins en ingénierie de recherche et développement, en maintenance, ainsi qu'en formation.

L'Agence nationale pour la formation professionnelle des adultes (Afp) Lorient a lancé en 2018 un nouveau dispositif de formation dédié à l'éolien en mer et aux métiers de la maintenance¹. Il est piloté par le ministère du Travail et de l'Emploi et animé par les professionnels du secteur. L'estimation du besoin en professionnels d'ici trois ans est d'environ 2000 techniciens de maintenance d'éoliennes en mer.

À cette croissance d'emplois s'ajoute le développement des emplois d'exploitation et de maintenance des parcs plus anciens, estimés à 4000 emplois en 2020. Plus globalement, tous les acteurs industriels, développeurs et énergéticiens présents aujourd'hui sur la filière (RTE, EDF renouvelables, ENGIE Green, Principle power, Quadran, EOLFI, WPD, IDEOL, SBM en mer, Naval Énergies, SAIPEM, MHI-Vestas, Siemens, etc.), sont en contact avec les acteurs économiques régionaux sur des questions industrielles ou portuaires, parfois *via* des accords de partenariat. Les perspectives industrielles sur une filière en émergence, pour peu que l'on accorde une grande vigilance aux conditions de son intégration territoriale, sont considérables.

En effet, la filière est créatrice d'emplois. Par exemple, la Normandie a battu en 2018 le record de France dans la création des emplois issus des énergies renouvelables en mer, grâce à l'émergence des parcs de Courseulles-sur-Mer, Fécamp et Dieppe - Le Tréport. Cette dynamique est appelée à se poursuivre : des usines de fabrication de pales et de génératrice se sont installées en Normandie pour satisfaire la demande.

D'autres usines et d'autres industriels de l'éolien en mer sont également présents en France, notamment l'usine d'éoliennes de General Electric et les Chantiers de l'Atlantique (anciennement STX) qui produisent des sous-stations électriques, à Saint-Nazaire. À terme, la filière pourrait créer 15000 emplois sur le territoire national.

Quel accompagnement des acteurs industriels par le Conseil régional de Bretagne ?

La Bretagne bénéficie de la présence de leaders mondiaux de la construction (militaire et civile) et de la réparation navale, de la maintenance en mer, d'entreprises innovantes dans le domaine des matériaux composites, d'entreprises de prestations et d'études performantes, de savoir-faire en mécanique de précision pour les turbines, ainsi que de sociétés de chaudronnerie et fonderie pour la production de pièces métalliques.

Cette diversité peut être une force pour attirer une filière industrielle aux besoins technologiques très segmentés. Cependant, cette réponse économique et industrielle des acteurs régionaux ne peut se concevoir et s'organiser sans une mission de coordination et d'animation régionales fortes.

Le Conseil régional a donc renforcé le rôle de son agence de développement économique (BDI) pour porter les priorités d'orientations stratégiques sur ce volet. Son rôle en matière d'animation et de coordination régionales des acteurs industriels de la filière énergies marines renouvelables a été réaffirmé. La création de l'association Bretagne Ocean Power participe d'une même dynamique. Cet outil, unique et opérationnel, doit coordonner l'action de tous les acteurs économiques bretons liés aux énergies marines renouvelables et accélérer ainsi le développement industriel de la filière.

¹ Source : Afpa Lorient, juin 2018.

Quelles retombées économiques attendues pour le Grand Ouest ?

Quelques notions sur le droit applicable en mer : quelle différence entre domaine public maritime et zone économique exclusive ?

Quel accompagnement des acteurs industriels par le Conseil régional des Pays de la Loire ?

La Région des Pays de la Loire développe depuis de nombreuses années une batterie complète de financements spécifiques en faveur de l'innovation et de la performance technologique, du développement de son attractivité et de la conquête de marchés nationaux et internationaux. Les Pays de la Loire sont ainsi la première région française en matière d'emploi pour la filière d'énergie marines renouvelables disposant d'une chaîne logistique complète tant pour l'éolien posé que l'éolien flottant. L'estuaire de la Loire accueille des outils de production de premier plan en bord à quai. Les Pays de la Loire comptent un écosystème développé, constitué notamment du regroupement d'entreprises dédié aux énergies marines renouvelables de NEOPOLIA qui structure l'activité de 115 entreprises de sous-traitance. La structuration des forces régionales de recherche et développement sur les énergies marines renouvelables au sein du West Atlantic Marine Energy Center (WEAMEC) est également une composante importante de cet écosystème.

Enfin, le projet Floatgen a permis d'installer en mer un démonstrateur d'éolien flottant au large du Croisic (Loire-Atlantique) sur le site d'essai d'énergies marines renouvelables SEM-REV. Cette éolienne est opérationnelle depuis septembre 2018. Le projet est porté par un consortium rassemblant sept partenaires dont l'École centrale de Nantes, l'université de Stuttgart et des industriels. Il doit permettre de démontrer la faisabilité technique, économique et environnementale d'un système éolien flottant européen en eaux profondes.

d) Des perspectives de retombées fiscales substantielles pour les territoires

L'installation d'éoliennes en mer et leur raccordement constituent des sources de retombées fiscales spécifiques. La taxe sur les éoliennes maritimes situées sur le domaine public maritime, bénéficiant aux collectivités locales, aux comités des pêches, à la société nationale de sauvetage en mer (SNSM) ou encore à l'Office français de la biodiversité (OFB). Ils sont aussi source de retombées fiscales générales, par exemple à travers les taxes foncières. À titre d'illustration, pour un parc éolien de 250 MW installé sur le domaine public maritime, le montant annuel de la taxe acquittée par l'exploitant de l'unité de production serait d'environ 4 millions d'euros en 2019.

Le choix du site d'implantation des parcs d'éoliennes flottantes aura une incidence sur les retombées fiscales.

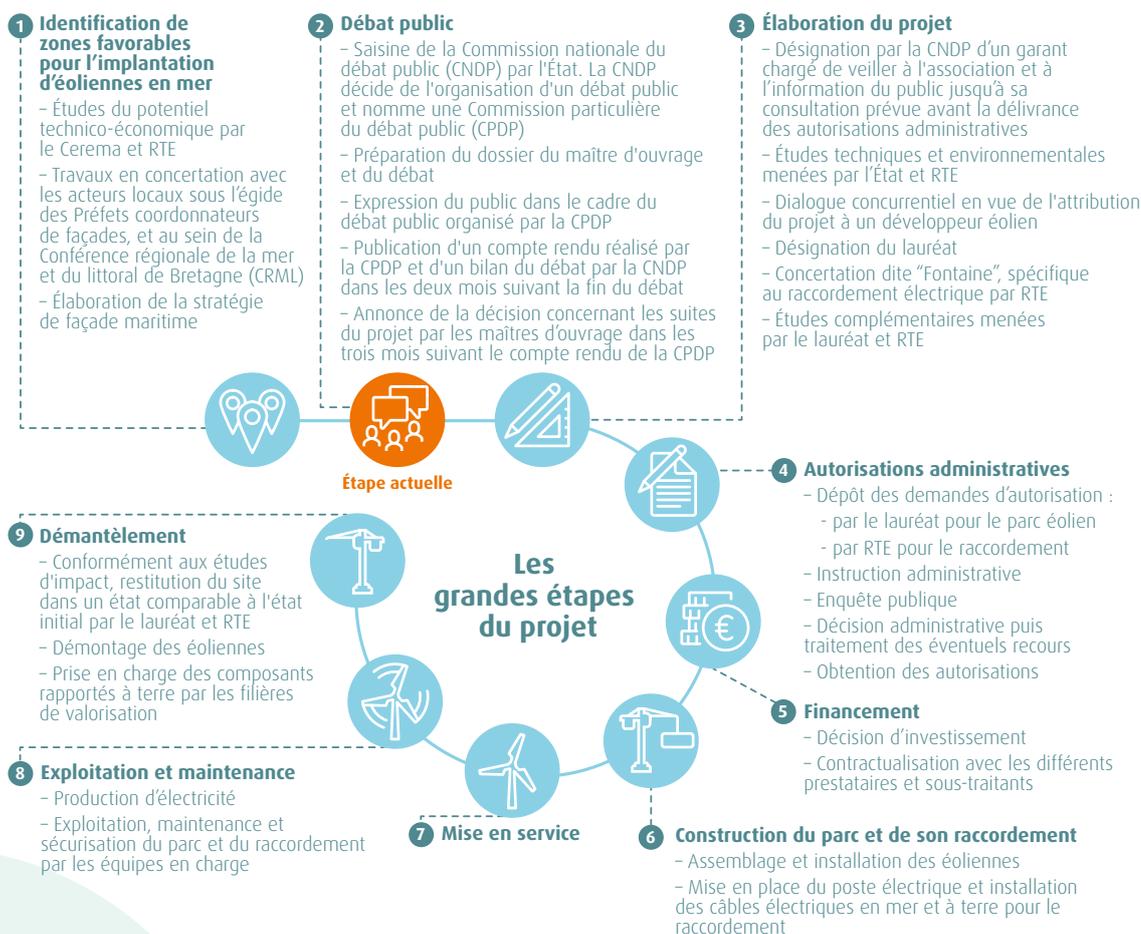
En effet, la mer est divisée en plusieurs espaces maritimes, chacun soumis à des régimes juridiques différents.

Selon les orientations retenues, les futurs parcs pourront se situer dans la mer territoriale ou en zone économique exclusive.

À ce jour, la taxe éolienne en mer n'est pas applicable dans la zone économique exclusive (ZEE). Si une zone préférentielle située en ZEE émergeait dans le cadre du débat public, des réflexions sur la fiscalité applicable pourraient être menées.

Dans la zone d'étude en mer de 1330 km², 528 km² sont dans le DPM (~40 %) et 802 km² en ZEE (~60 %).

Le débat public et ses suites



1 • Les attentes du débat pour les maîtres d'ouvrage

Comme indiqué précédemment, le débat public doit notamment éclairer le choix d'une zone préférentielle de 600 km² au sein de la zone du débat en mer associée à un corridor préférentiel pour le raccordement au réseau électrique. Cela, en vue d'attribuer le développement d'un premier parc commercial d'éoliennes flottantes en mer en 2021, dans une zone préférentielle d'environ 200 km² puis d'un second parc pouvant aller jusqu'à 500 MW, à attribuer à partir de 2024. Ainsi, le débat public doit permettre :

- d'échanger avec le public à propos de la pertinence du projet et du diagnostic des enjeux de la zone d'étude en mer tel qu'il ressort de l'analyse des données aujourd'hui disponibles ;
- de déterminer le corridor préférentiel pour le raccordement mutualisé pour les deux parcs, afin d'engager ultérieurement la concertation dite « Fontaine¹ » sur cette base ;

- de mieux définir les modalités propices à la bonne intégration des parcs et de leur raccordement mutualisé dans leur écosystème, en respectant les objectifs de développement durable² ;
- d'échanger avec le public sur ses attentes concernant l'information et la participation aux différentes étapes d'élaboration du projet ;
- d'apporter des éléments sur le contenu du cahier des charges, socle des dialogues concurrentiels menés en 2021 puis à partir de 2024 pour désigner, pour chaque parc, un lauréat chargé de son développement.

À noter que la superficie de la zone préférentielle issue du débat public sera ensuite réduite. Cette zone fera l'objet d'une étude plus fine des contraintes techniques et environnementales, et des usages préexistants. L'objectif sera d'éviter les endroits les plus sensibles ou les moins propices. Ainsi, le premier parc de 250 MW occupera environ 50 km².

1 Pour en savoir plus sur la concertation Fontaine, voir la Partie 3.12 : Les grandes étapes de réalisation d'un parc éolien en mer

2 En particulier :

- Objectif 7. Énergies fiables, durables et modernes, à un coût abordable ;
- Objectif 8. Accès à des emplois décents ;
- Objectif 9. Bâti une infrastructure résiliente, promouvoir une industrialisation durable qui profite à tous et encourager l'innovation ;
- Objectif 12. Consommation et production responsables ;
- Objectif 13. Lutte contre les changements climatiques ;
- Objectif 14. Conserver et exploiter de manière durable les océans et les mers aux fins du développement durable ;
- Objectif 17. Partenariats pour la réalisation des objectifs.

Quelle est la place du débat public dans le processus de décision ?

2 • Le débat public organisé par la Commission nationale du débat public



a) Pourquoi un débat public sur ce projet ?

Comme pour tout projet d'infrastructures d'une certaine importance, la loi prévoit des procédures d'information et de concertation des populations sur l'opportunité du projet et sur ses conséquences socioéconomiques et environnementales.

b) Qu'est-ce qu'un débat public ?

Le débat public est une procédure du Code de l'environnement qui permet la participation de tous au processus d'élaboration d'un projet à forts enjeux socioéconomiques ou environnementaux. C'est un dispositif de démocratie participative et délibérative qui précède les décisions d'investissement majeures.

Chaque citoyen devra être en mesure de participer à ce débat, en tenant compte du contexte actuel de crise sanitaire majeure que nous connaissons.

c) Quelle est la spécificité de ce débat public ?

Le présent débat intervient dans une phase très précoce, puisque les caractéristiques des deux parcs ne sont pas encore définies. En effet, depuis la loi de 2018 pour un État au service d'une société de confiance (loi ESSOC), le cadre réglementaire a évolué afin d'associer le plus tôt possible aux échanges l'ensemble des publics concernés.

Précédemment, c'était le développeur éolien qui saisissait la CNDP et le débat portait sur un projet aux caractéristiques définies, sans qu'il soit possible de modifier la zone d'implantation. Désormais, c'est l'État qui saisit la CNDP pour organiser le débat, à un stade où toutes les options sont encore envisageables : réalisation ou abandon du projet, localisation de la zone d'implantation, conditions de raccordement à terre, maintenance des parcs, identification des enjeux, etc. Tous ces points peuvent ainsi être abordés avec les publics, avant que le lauréat de l'appel d'offres – le développeur éolien qui aura la charge de réaliser le projet soit désigné.

d) Qui est responsable de ce débat public ?

La Commission nationale du débat public (CNDP) est une autorité administrative indépendante dont le rôle est de faire respecter et d'assurer la correcte mise en place des procédures de démocratie participative prévues par la loi.

Saisie par le ministre de la Transition écologique, la CNDP a décidé d'organiser ce débat et en a confié l'animation à une Commission particulière du débat public « Éoliennes flottantes au sud de la Bretagne », composée de cinq membres indépendants : Laurent Pavard (président), Karine Besses, Jean-Pierre Bompard, Jérôme Laurent, Michèle Philippe (membres), assistés de : Marc Di Felice (secrétaire général, contact : eolbretsud@debat-cndp.fr).

3 • Les suites du débat public

Dans les deux mois suivant la clôture du débat public, conformément au code de l'environnement (article R.121-7), deux documents seront publiés sur le site internet de la Commission nationale du débat public :

- un compte rendu, établi par le président de la Commission particulière du débat public (CPDP) ;
- un bilan, dressé par la présidente de la Commission nationale du débat public (CNDP).

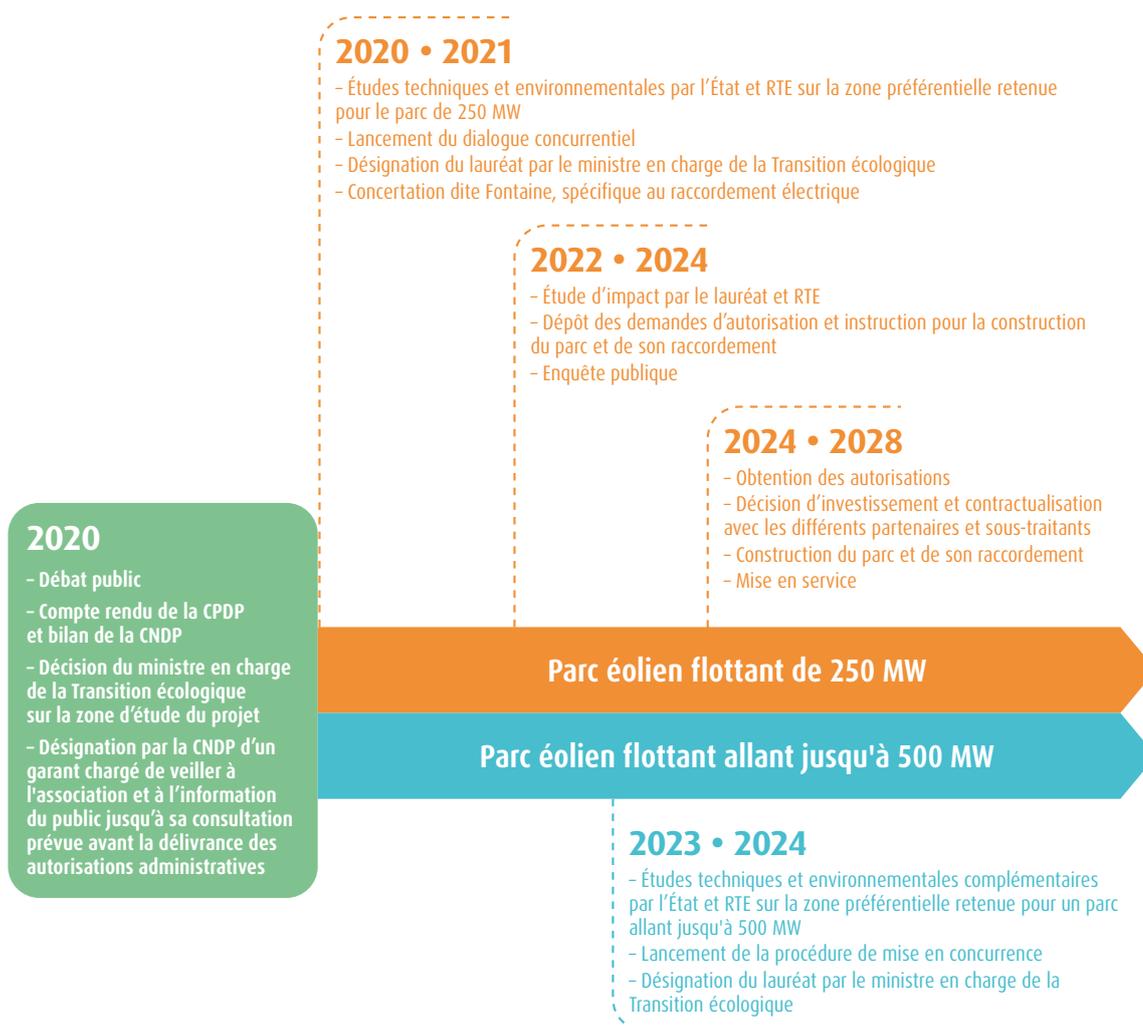
L'État et RTE, co-maîtres d'ouvrage, disposeront ensuite de trois mois pour rendre publique leur décision relative au projet, en précisant notamment la zone préférentielle retenue pour l'implantation des parcs et le corridor de raccordement correspondant.

À cette occasion, ils présenteront les enseignements qu'ils tirent du débat public et la façon dont ils seront pris en compte pour les suites du projet.

L'État et RTE affineront ensuite leurs études préliminaires. Dans le cadre du dialogue concurrentiel, le ministère de la Transition écologique précisera la rédaction du cahier des charges de l'appel d'offres. L'information et la participation du public se poursuivront pour l'ensemble des procédures.

Quelles sont les étapes à venir après le débat public ?

Calendrier prévisionnel du projet



L'association du public à toutes les étapes de la démarche

À l'issue du débat public, la concertation se poursuivra sous l'égide d'un garant désigné par la CNDP. Il sera chargé de veiller à l'information et à la participation du public jusqu'à l'ouverture de l'enquête publique sur les autorisations administratives. Ainsi, le public continuera à être informé à toutes les étapes du projet, et en premier lieu par l'État au cours de la procédure de mise en concurrence.

Pour chacun des deux parcs, une fois le lauréat de la procédure de mise en concurrence désigné, l'État engagera un dialogue avec les parties prenantes. Le cahier des charges pourra prévoir la mise en place d'une instance de concertation et de suivi du projet, pilotée par l'État et rassemblant les parties prenantes. Par ailleurs, les modalités de concertation avec le grand public seront définies par le/les garants désigné(s) par la CNDP.

D'autre part, RTE mènera une concertation dite « Fontaine » à la suite du débat public et préalablement à l'obtention des autorisations. Celle-ci, menée sous l'égide du préfet de département, associe les élus et les représentants des parties prenantes. Elle permet d'échanger sur les zones d'étude pour le raccordement, puis de faire le choix d'un fuseau de moindre impact pour le passage de la liaison électrique et de l'implantation de postes électriques.

L'enquête publique sur les autorisations constituera une nouvelle étape décisive de l'association du public à la définition du projet.

Le présent débat public est, par ailleurs, l'occasion d'échanger sur les attentes du territoire concernant participation du public aux différentes étapes d'élaboration du projet.

Liste des fiches thématiques

L'opportunité du projet

1. Pourquoi un projet d'éoliennes flottantes en mer au sud de la Bretagne ? Les enjeux de la programmation pluriannuelle de l'énergie et de la stratégie nationale bas-carbone
2. Quelle est la zone d'étude proposée au débat public ?
3. Quel serait l'impact si le projet ne se faisait pas ? Quelles sont les variantes et alternatives ?

Les énergies renouvelables en mer

4. Quelques notions sur l'énergie électrique
5. Quelle alimentation électrique pour la Bretagne ?
6. Quel est l'état d'avancement des énergies renouvelables en mer en France ? Quelles sont les alternatives à l'éolien flottant ?
7. Quel est l'état des lieux de la filière industrielle de l'éolien en mer ?
 - 7.1. Zoom sur les fermes pilotes issues de l'appel à projets de l'ADEME de 2015
8. Pourquoi et comment l'État a-t-il choisi de soutenir le développement de l'éolien en mer en France ?

Les enjeux du projet

9. Quels sont les points sensibles à préserver dans la zone du débat ? Avec quels usages l'activité éolienne devra-t-elle cohabiter ?
 - 9.1. L'environnement
 - 9.2. Les enjeux patrimoniaux et paysagers
 - 9.3. Le trafic et la sécurité maritimes
 - 9.4. La pêche
 - 9.5. Les activités économiques, portuaires, touristiques, les loisirs, l'aquaculture et les granulats
 - 9.6. La défense nationale
 - 9.7. Les enjeux techniques relatifs au choix de la localisation, à la construction et l'exploitation d'un parc éolien en mer

10. En quoi consiste la démarche « éviter, réduire, compenser » ?

- 10.1. Focus sur les impacts pour le parc et le raccordement au réseau public de transport d'électricité et mesures « éviter, réduire, compenser » associées

11. Quel est le bilan carbone d'un parc éolien flottant ?
12. Quelles retombées économiques attendues pour le Grand Ouest ?
13. Combien coûte un parc éolien flottant en France ?
14. Quelques notions sur le droit applicable en mer : quelle différence entre domaine public maritime et zone économique exclusive ?

Le fonctionnement d'un parc éolien

15. Quelles seraient les grandes caractéristiques des deux parcs éoliens flottants au sud de la Bretagne ?
16. Comment raccorder les parcs éoliens flottants au réseau électrique ?
17. Comment se fait le démantèlement d'un parc éolien flottant ?
18. Quelle sécurité pour l'ancrage des éoliennes en cas de tempête ou de collision avec un navire ou une épave ?

Le débat et ses suites

19. Pourquoi est-ce l'État, et non le futur industriel, qui porte aujourd'hui le projet en débat ? Quel est l'intérêt pour le public ?
20. Quelle est la place du débat public dans le processus de décision ?
21. Comment contribuer au cahier des charges du projet ?
22. Quelles sont les étapes à venir après le débat public ?
23. À quelles procédures et autorisations administratives sont soumis un parc éolien en mer et son raccordement ?

Pour aller plus loin

L'État met à disposition du public différents documents d'information et d'aide à la décision



- Le dossier du maître d'ouvrage (DMO) composé de deux parties :
 - le présent document socle, qui rassemble les principales informations sur la démarche présentée en débat public ;
 - les fiches thématiques complémentaires, jointes au document socle, qui permettent d'approfondir certains sujets en donnant un niveau de détail plus important.



- Une présentation synthétique permettant d'apporter les clés de compréhension du projet :
 - un dépliant ;
 - une vidéo pédagogique.



- Des outils permettant de visualiser les impacts paysagers du projet :
 - des photomontages pour illustrer des parcs éoliens théoriques fictifs ;
 - des cartes de visibilité¹ qui représentent la fraction visible des parcs fictifs ;
 - l'étude de visibilité de Météo France.



- Des rapports spécifiques :
 - un premier faisant un inventaire des enjeux environnementaux en présence dans la zone d'étude sur la base des études scientifiques et techniques disponibles à ce jour² ;
 - un second portant sur la pêche, réalisé par le Cerema.



- Un outil cartographique pour visualiser les données disponibles sur le portail Géolittoral <http://www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr/eolien-en-mer-sud-bretagne-r644.html>³



- Les documents de planification importants pour la compréhension du contexte du projet sont consultables en ligne :
 - le décret d'approbation et la programmation pluriannuelle de l'énergie, sur le site du ministère de la Transition écologique ;
 - le décret d'approbation de la stratégie nationale bas-carbone, sur le site du ministère de la Transition écologique ;
 - le document stratégique de façade Nord Atlantique – Manche Ouest.



Vous pouvez retrouver tous ces documents sur le site du débat public : <https://eolbretsud.debatpublic.fr>⁴

¹ Les cartes de visibilité sont réalisées en prenant en compte la courbure de la terre, en condition de très bonne visibilité, et complètent l'étude de visibilité de Météo France.

² Ce rapport est réalisé à la demande de l'État et de RTE par deux bureaux d'études, assistés des organismes experts de l'État (Office français pour la biodiversité, Ifremer, etc.).

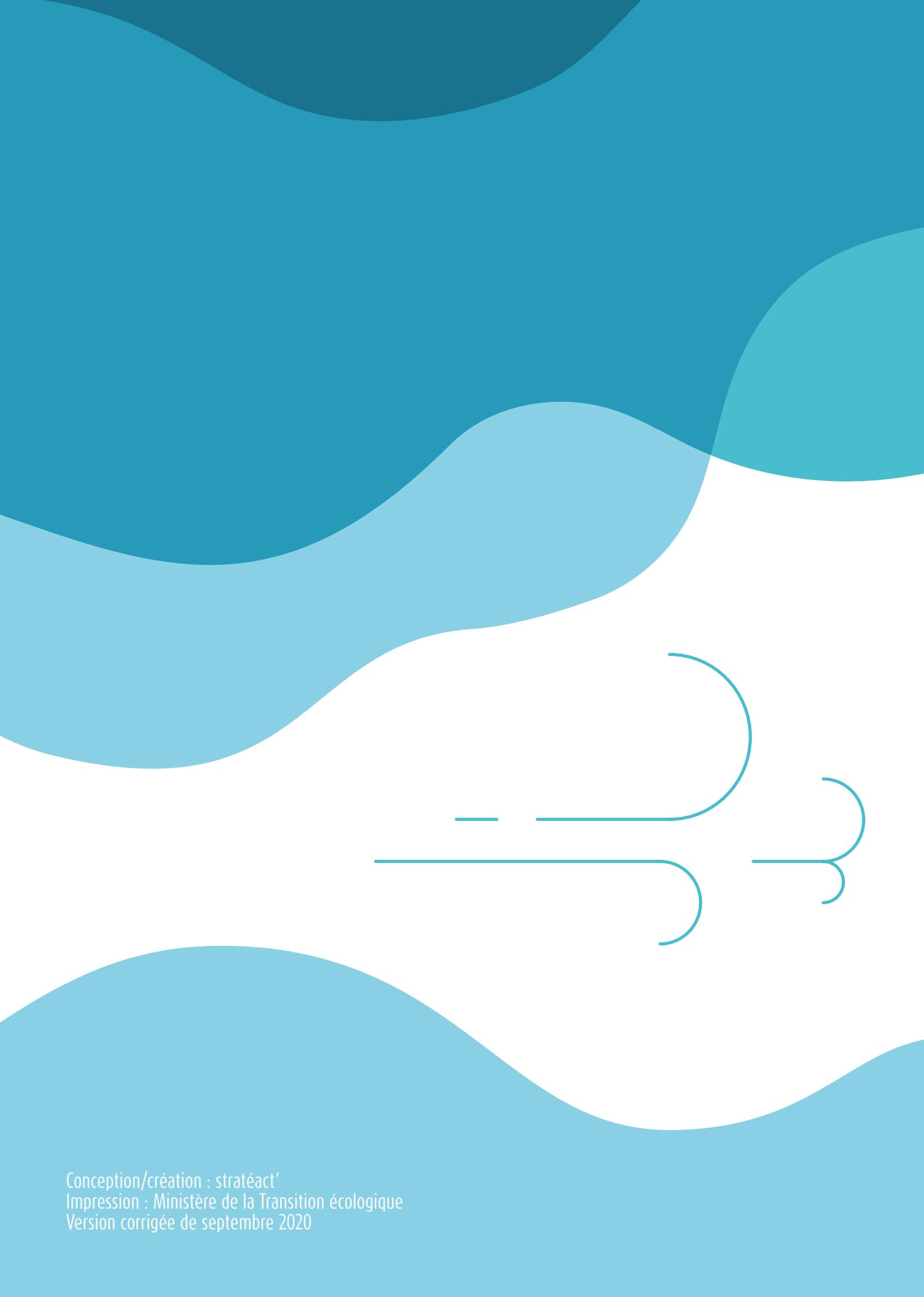
3

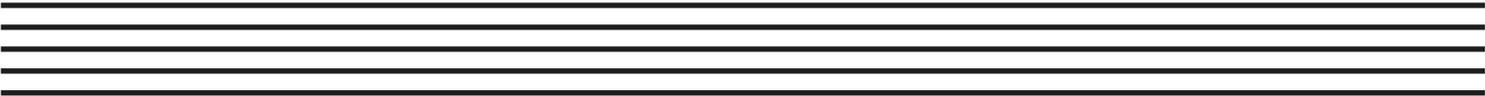
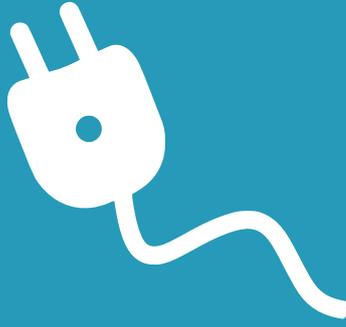


4









Pourquoi un projet d'éoliennes flottantes en mer au sud de la Bretagne ? Les enjeux de la programmation pluriannuelle de l'énergie et de la stratégie nationale bas-carbone

Les principaux points abordés

Cette fiche présente :

- la stratégie nationale bas-carbone, ses grandes orientations et l'objectif de neutralité carbone fixé par la France en 2050 dans lequel s'inscrit le développement de la part des énergies renouvelables dans la production et la consommation d'énergie en France ;
- le cadre législatif français et européen qui traduit cette volonté de développer les énergies renouvelables et en particulier l'éolien en mer, notamment :
 - la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) de 2015,
 - la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) qui fixe les priorités d'action du Gouvernement en matière d'énergie pour les dix années à venir.
- l'opportunité de développement de l'éolien en mer au sud de la Bretagne reposant sur :
 - un objectif commun de partage des usages maritimes,
 - une volonté partagée d'assurer la transition et la sécurité énergétique de la Bretagne,
 - des conditions techniques et naturelles propices au développement de l'éolien en mer.

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 en cohérence avec les objectifs européens. Il s'agit de porter leur part de 16 % en 2016 à 33 % en 2030 dans la consommation finale brute d'énergie (total de l'énergie consommée par les utilisateurs finaux tels que les ménages, l'industrie et l'agriculture). Pour la seule production d'électricité, cette part est fixée à 40 % en 2030.

Par ailleurs, ce projet de développement des énergies renouvelables s'inscrit dans plusieurs des objectifs de développement durable comme :

- le développement de sources d'énergies fiables, durables et modernes, à un coût abordable ;
- la lutte contre le changement climatique ;
- l'exploitation durable des océans et des mers aux fins du développement durable.

1. La stratégie nationale bas carbone : une feuille de route pour lutter contre le changement climatique

Introduite par la loi de transition énergétique pour la croissance verte de 2015 (LTECV), la stratégie nationale bas-carbone (SNBC) est la feuille de route de la France pour lutter contre le changement climatique¹. Elle donne des orientations pour mettre en œuvre, dans tous les secteurs d'activité, la transition vers une économie bas-carbone, circulaire et durable. Elle définit une trajectoire de réduction des émissions de gaz à effet de serre jusqu'à 2050 et fixe des objectifs à court et moyen termes : les budgets carbone. Elle a deux ambitions : atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050 (émissions nationales) et réduire l'empreinte carbone de la consommation des Français (émissions à l'étranger). Les décideurs publics, à l'échelle nationale comme territoriale, doivent la prendre en compte.

Ce projet de SNBC révisée a fait l'objet d'une consultation du public du 20 janvier au 19 février 2020 et a été adopté par décret le 21 avril 2020².

a. Pourquoi viser la neutralité carbone à l'horizon 2050 ?

En signant l'Accord de Paris en décembre 2015, les pays se sont engagés à limiter l'augmentation de la température moyenne

à 2°C, et si possible 1,5°C. Pour cela, ils se sont engagés, conformément aux recommandations du Groupe international pour l'énergie et le climat (GIEC), à atteindre la neutralité carbone au cours de la seconde moitié du XXI^e siècle au niveau mondial. Les pays développés sont appelés à atteindre la neutralité le plus rapidement possible. La France s'était engagée, avec la première stratégie nationale bas-carbone adoptée en 2015, à diviser par quatre ses émissions de gaz à effet de serre (GES) à l'horizon 2050 par rapport à 1990.

Dès juillet 2017, le ministère de la Transition écologique et solidaire a présenté le plan climat de la France, qui a pour objectif de faire de l'Accord de Paris une réalité pour les Français, pour l'Europe et pour notre action diplomatique. Le plan climat a fixé de nouveaux objectifs plus ambitieux pour le pays, dont l'atteinte de la neutralité carbone à l'horizon 2050.

Depuis la loi du 8 novembre 2019 relative à l'énergie et au climat, cet objectif est désormais inscrit dans la loi.



¹ En savoir plus : <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone-snbc>
² Décret n° 2020-457 du 21 avril 2020 relatif aux budgets carbone nationaux et à la stratégie nationale bas-carbone (NOR : TRER2008021D), <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/decree/2020/4/21/TRER2008021D/JO/texte>

La définition de la neutralité carbone

La neutralité carbone est définie par la loi énergie-climat comme « un équilibre, sur le territoire national, entre les émissions anthropiques par les sources et les absorptions anthropiques par les puits de gaz à effet de serre ». En France, atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050 implique une division par six des émissions de gaz à effet de serre sur son territoire par rapport à 1990.

Concrètement, cela suppose de réduire les émissions de la France à 80 Mt eqCO_2^3 contre 458 Mt eqCO_2 en 2015 et 445 en 2018.

La stratégie nationale bas-carbone donne les orientations de politiques publiques à suivre pour réussir la transition vers cette nouvelle économie.

b. Les orientations de la SNBC pour décarboner complètement l'énergie à l'horizon 2050

Les enseignements tirés de l'exercice de modélisation prospective montrent que réussir la transition bas-carbone vers la neutralité carbone à l'horizon 2050, sans avoir recours à des crédits internationaux, implique, à l'échelle du territoire français, de :

- décarboner complètement l'énergie utilisée à l'horizon 2050 (à l'exception du transport aérien) ;
- réduire de moitié les consommations d'énergie dans tous les secteurs d'activité, en développant des équipements plus performants et en adoptant des modes de vie plus sobres et plus circulaires ;
- réduire au maximum les émissions non énergétiques, issues très majoritairement du secteur agricole et des procédés industriels : protoxyde d'azote issu des engrais, minéralisation de la matière organique des sols, méthane des ruminants, fluorocarbures industriels, etc. ;
- augmenter et sécuriser les puits de carbone, c'est-à-dire les écosystèmes naturels et les procédés et les matériaux capables de capter une quantité significative de CO_2 : sols, forêts, produits issus de la bioéconomie (paille, bois pour la construction, etc.), technologies de capture et stockage du carbone.

Pour cela, la SNBC formule 45 orientations de politiques publiques à traduire dès à présent en mesures concrètes par tous les acteurs, en particulier les décideurs publics :

- orientations de gouvernance et de mise en œuvre : à l'échelle nationale et locale ;
- orientations transversales : empreinte carbone des produits, politique économique ; politique de recherche et d'innovation ; urbanisme et aménagement ; éducation ; sensibilisation et appropriation des enjeux et des solutions par les citoyens ; emploi, compétences, qualifications et formation professionnelle ;
- orientations sectorielles : les transports ; les bâtiments ; l'agriculture ; la forêt et le bois ; l'industrie ; la production d'énergie ; les déchets.

Parmi les orientations sectorielles relatives à la production d'énergie, on trouve :

- orientation E1 : décarboner et diversifier le bouquet énergétique notamment *via* le développement des énergies renouvelables (chaleur décarbonée, biomasse et électricité décarbonée) ;
- orientation E2 : maîtriser la demande *via* l'efficacité énergétique et la sobriété et lisser la courbe de demande électrique en atténuant les pointes de consommation saisonnières et journalières ;
- orientation E3 : préciser les options pour mieux éclairer les choix structurants de long terme, notamment le devenir des réseaux de gaz et de chaleur.

c. La SNBC mise en œuvre par les décideurs publics à tous les échelons

La stratégie nationale bas-carbone, si elle est engageante pour toutes les entreprises et tous les citoyens, s'adresse toutefois en priorité aux décideurs publics, qui doivent la prendre en compte à l'échelle nationale, régionale et intercommunale.

La déclinaison des orientations de la SNBC se traduit par des mesures opérationnelles de politique publique : investissements, subventions, normes, instruments de marchés, instruments fiscaux, information et sensibilisation. En résumé, tous les instruments permettant de modifier les façons d'agir, de travailler, de consommer, de produire et d'accompagner ces évolutions.

d. Un processus régulier de révision permettant des adaptations

Tous les cinq ans, la stratégie nationale bas-carbone fait l'objet d'un cycle complet de révision. Il comprend :

- à partir du prochain cycle de révision, l'adoption avant le 1^{er} juillet 2023, puis tous les cinq ans, d'une loi quinquennale fixant les objectifs et les priorités d'action en matière d'énergie et de climat après débat parlementaire ;
- la révision du scénario de référence de la stratégie et la définition d'un nouveau budget carbone ;
- la révision de la stratégie et de ses orientations ;
- la réalisation de consultations formelles en vue d'une adoption de la stratégie dans les 12 mois suivant l'adoption de la loi quinquennale.

La révision de la stratégie permet l'adaptation du scénario de référence aux évolutions, notamment des connaissances (techniques, économiques, sociales et géopolitiques).

Cette révision est basée sur une évaluation rétrospective de la mise en œuvre de la stratégie nationale bas-carbone. S'appuyant sur un ensemble d'indicateurs régulièrement actualisés, elle

3 Tel que défini par la Commission d'enrichissement de la langue française en 2019, l'expression « équivalent en dioxyde de carbone » (en abrégé : équivalent CO_2 , ou eqCO_2 , et ses multiples) est définie comme la « masse de dioxyde de carbone (CO_2) qui aurait le même potentiel de réchauffement climatique qu'une quantité donnée d'un autre gaz à effet de serre » Cela permet de comptabiliser l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre dans une unité commune.

porte sur le respect des tranches annuelles indicatives du budget carbone de la période en cours, le respect des trajectoires du scénario de référence de la stratégie et le niveau d'intégration des orientations dans les politiques publiques. Cette évaluation permet d'identifier les éventuels écarts à la trajectoire et aux objectifs cibles et d'analyser leurs causes.

En proposant une source de production électrique à faible contenu carbone comparativement aux sources d'origine fossile, le développement de parcs d'éoliennes flottantes en mer au sud de la Bretagne participe à l'effort national de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

2. Le cadre législatif français et européen en faveur de la diversification du mix énergétique dans lequel s'inscrit le développement de l'éolien en mer

a. La loi du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV)

La loi du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) vise à permettre à la France de contribuer plus efficacement à la lutte contre le changement climatique et à la préservation de l'environnement, ainsi qu'à renforcer son indépendance énergétique tout en offrant à ses entreprises et ses citoyens l'accès à l'énergie à un coût compétitif.

Cette loi fixe le cadre de la politique de l'énergie. Cette dernière doit⁴ :

- favoriser l'émergence d'une économie compétitive et riche en emplois grâce à la mobilisation de toutes les filières industrielles, notamment celles de la croissance verte ;
- assurer la sécurité d'approvisionnement et réduire la dépendance aux importations ;
- maintenir un prix de l'énergie compétitif et attractif au plan international et permettre de maîtriser les dépenses en énergie des consommateurs ;
- préserver la santé humaine et l'environnement, en particulier en luttant contre l'aggravation de l'effet de serre et contre les risques industriels majeurs, en réduisant l'exposition des citoyens à la pollution de l'air et en garantissant la sûreté nucléaire ;
- garantir la cohésion sociale et territoriale en assurant un droit d'accès de tous à l'énergie sans coût excessif au regard des ressources des ménages ;
- lutter contre la précarité énergétique ;
- contribuer à la mise en place d'une Union européenne de l'énergie.

Depuis le vote de cette loi, les échanges entre les États membres ont permis un renforcement de l'ambition de l'Union européenne. La directive (UE) 2018/2001 du Parlement européen et du Conseil du 11 décembre 2018 a ainsi fixé à 32 % la part de l'énergie produite à partir de sources renouvelables dans la consommation d'énergie finale brute de l'Union d'ici à 2030.

En cohérence avec cette ambition, le cadre législatif français fixe des objectifs nationaux ambitieux sur le plan énergétique, dont notamment celui d'atteindre 33 % de la consommation énergétique d'origine renouvelable toutes énergies confondues. Pour la seule production d'électricité, cette part est fixée à 40 % en 2030.

b. La programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) prévoyant un parc d'éoliennes flottantes de 250 MW au sud de la Bretagne, attribué fin 2021

Élaborée par le ministère de la Transition écologique et solidaire en concertation avec l'ensemble des parties prenantes, la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) est l'outil de pilotage de la politique énergétique créé par la loi de transition énergétique pour la croissance verte. Elle établit les priorités d'action du Gouvernement en matière d'énergie pour les 10 années à venir afin d'atteindre les objectifs de cette loi. Elle est révisée tous les cinq ans.

Pour réviser la PPE, conformément au Code de l'environnement, l'État a saisi la Commission nationale du débat public (CNDP) et un débat public, organisé sous l'égide de la CNDP, s'est déroulé du 19 mars au 30 juin 2018. Le 30 novembre 2018, soit trois mois après la publication du compte rendu de la CPDP, l'État a décidé de poursuivre la révision de la programmation pluriannuelle de l'énergie en tenant compte des enseignements du débat public. Cette décision a été publiée au Journal officiel le 4 décembre 2018.

Le projet de PPE a fait l'objet d'une évaluation environnementale stratégique, qui a été soumise à l'autorité environnementale (AE) et à la consultation de plusieurs instances impliquant des parties prenantes variées. À la suite de ces consultations, une consultation du public a été organisée du 20 janvier au 19 février 2020, puis, la PPE 2019-2028 a été adoptée par décret le 21 avril 2020⁵.

Le projet de PPE (2019-2028), présenté par le Président de la République et le ministre de la Transition écologique et solidaire le 27 novembre 2018 et publié sur le site du ministère de la Transition écologique et solidaire le 25 janvier 2019, prévoyait (confirmée par le décret de publication du 21 avril 2020), qu'un parc d'éoliennes flottantes de 250 MW situé au sud de la Bretagne soit attribué en 2021. La ministre de la Transition écologique et solidaire a donc saisi la CNDP en novembre 2019 pour la conduite de ce débat.

⁴ Article L. 100-1 du code de l'énergie

⁵ Décret n° 2020-456 du 21 avril 2020 relatif à la programmation pluriannuelle de l'énergie (NOR : TRER2006667D), <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/decret/2020/4/21/TRER2006667D/jo/texte>



c. La nécessaire progression de la place de l'éolien en mer dans le mix énergétique national pour atteindre une part de 40 % de sources renouvelables dans la production d'électricité

La politique énergétique française prévoit de réduire la consommation d'énergie finale de 20 % d'ici à 2030 par rapport à la référence 2012 et de porter à 33 % la part des énergies renouvelables d'ici à 2030, dont 40 % dans la production d'électricité. Il est également prévu de réduire en parallèle, de manière progressive, pilotée, économiquement et socialement viable, la part du nucléaire à 50 % d'ici à 2035.

En 2018, 20 % de la production totale d'électricité en France était d'origine renouvelable (111 TWh sur 549 TWh), tandis que l'énergie nucléaire représentait 72 % de cette production et le thermique à combustible fossile 7 % (bilan électrique RTE de 2018). La production d'énergie renouvelable était assurée par l'hydroélectricité (57 % de la production d'énergie renouvelable), l'éolien terrestre (25 %), le solaire (9 %) et les bioénergies (9 %).

Les principales filières de production d'électricité renouvelable : coûts et impacts potentiels

	Coûts de production actuels en €/MWh (notamment observés lors des procédures de mise en concurrence)	Impacts potentiels
Solaire Photovoltaïque au sol	40-70	Consommation d'espace Changement d'affectation des sols
Solaire Photovoltaïque sur toiture	80-130	
Éolien terrestre	60 – 70	Biodiversité et paysage
Éolien en mer	40-80 (éolien posé) 120-150 (éolien flottant)*	Biodiversité et conflits d'usage avec les activités existantes en mer
Hydroélectricité	30 – 160 en fonction de la taille	Biodiversité et paysage
Hydrolien	>200	Biodiversité
Géothermie profonde	>200	Micro-sismicité
Biomasse	100-150	Qualité de l'air et biodiversité
Biogaz	120-145 (STEP**, ISDND***) 180 -190 (agriculture)	Qualité de l'air et biodiversité

* Les coûts de l'éolien en mer sont en forte diminution. En ce qui concerne l'éolien flottant, cette technologie atteint le stade commercial et un consensus se dégage sur une convergence des tarifs vers ceux de l'éolien posé d'ici une dizaine d'années.

** Station de transfert d'énergie par pompage

*** Installation de stockage de déchets non dangereux

Source : ministère de la Transition écologique et solidaire

Les principales filières permettant d'atteindre l'objectif de 40 % d'électricité d'origine renouvelable seront l'hydroélectricité, le solaire photovoltaïque et l'éolien, terrestre et en mer. Ces filières disposent d'avantages et d'inconvénients propres explicités dans le tableau ci-dessus. En particulier, l'éolien en mer est une composante capitale de ce futur bouquet 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.

Un bouquet énergétique équilibré est également indispensable au foisonnement de la production d'énergie renouvelable : par exemple, les courbes de production du solaire et de l'éolien ne suivant pas la même structure temporelle, les productions

électriques de ces technologies ne sont pas corrélées. Le développement d'une seule filière, par exemple de la filière solaire, aurait pour conséquence de générer des coûts massifs pour le système électrique (coûts réseaux, coûts de stockage, etc.). C'est, au contraire, le foisonnement des productions aléatoires en utilisant plusieurs technologies qui permet d'assurer la sécurité d'approvisionnement.

L'atteinte de l'objectif de 40 % d'électricité produite à partir d'énergies renouvelables nécessite donc de mobiliser l'ensemble des filières. Ainsi l'éolien en mer pourrait représenter environ 10 % de la production d'électricité renouvelable en 2030, l'hydroélectricité 30 %, l'éolien terrestre 38 % et le solaire photovoltaïque 20 %.

L'éolien en mer dans la PPE

L'éolien est une composante majeure de la transition énergétique, et doit contribuer à l'atteinte de l'objectif de 33 % d'énergie renouvelable et 40 % d'électricité renouvelable à l'horizon 2030.

La PPE 2019-2028, prévoit l'attribution de projets éoliens (posés et flottants) pour une puissance cumulée de 3,35 GW entre 2019 et 2023, puis 1 GW par an ensuite, conformément à la loi « énergie et climat » du 8 novembre 2019, qui prévoit qu'1 GW d'éolien en mer sera attribué chaque année à partir de 2024.

La PPE fixe pour la première fois des objectifs quantitatifs annuels pour le lancement de procédures de mise en concurrence pour l'éolien en mer et indique les régions qui accueilleront les prochains parcs, selon le calendrier suivant. L'éolien flottant bénéficie d'objectifs quantitatifs ambitieux avec un projet de 250 MW au sud de la Bretagne à attribuer en 2021, et deux projets de 250 MW chacun en Méditerranée à attribuer en 2022. À partir de 2024, l'éolien flottant pourra contribuer aux objectifs nationaux d'attribution d'1 GW d'éolien en mer par an.

Calendrier des procédures de mise en concurrence pour l'éolien en mer

Date d'attribution de l'AO	2019	2020	2021	2022	2023	à partir de 2024
Éolien flottant			250 MW Bretagne Sud (120 €/MWh)	2 x 250 MW Méditerranée (110 €/MWh)		1 000 MW par an, posé et/ou flottant, selon les prix et le gisement, avec des tarifs cibles convergeant vers les prix de marché sur le posé
Éolien posé	600 MW Dunkerque (45 €/MWh)	1 000 MW Manche Est Mer du Nord (60 €/MWh)*	500 - 1 000 MW Sud-Atlantique** (60 €/MWh)		1 000 MW (50 €/MWh)	

* Pour ce projet, la date de 2020 est la date de lancement de la procédure de mise en concurrence.

** Dans ce cadre, un projet éolien en mer au large d'Oléron pourrait être attribué.

Les dates indiquées sont les dates auxquelles un lauréat sera sélectionné, en fin de procédure de dialogue concurrentiel ; les prix indiqués sont les prix cibles des appels d'offres sur la base desquels seront fixés les prix plafonds des appels d'offres. Les projets attribués à partir de 2024 portent notamment sur des extensions des parcs éoliens en mer précédents, avec un raccordement mutualisé.

Source : décret n°2020-456 du 21 avril 2020 relatif à la programmation pluriannuelle de l'énergie

d. La place de l'éolien en mer dans le mix énergétique à l'échelle de la façade maritime

Les principales sources actuelles de production électrique de la façade Nord Atlantique - Manche Ouest (NAMO) sont la centrale à cycle combiné gaz de Montoir-de-Bretagne, la centrale thermique de Cordemais, les turbines à combustion de Brennilis et Dirinon, l'usine marémotrice de la Rance, les cogénérations ou encore l'éolien terrestre. Une centrale à cycle combiné au gaz est en cours de construction à Landivisiau et le projet de connexion Celtic Interconnector permettra de transporter de l'électricité, le rattachement au réseau s'effectuant en Bretagne, entre la France et l'Irlande.

La façade Nord Atlantique - Manche Ouest sera également concernée par le développement de l'éolien terrestre ou photovoltaïque. Toutefois, possédant de réels atouts pour y contribuer, la façade a vocation à devenir pionnière dans la production d'énergies renouvelables en mer, en utilisant principalement l'énergie du vent. Concernant les projets d'éoliennes en mer, trois parcs, deux en Pays de la Loire et un en Bretagne, totalisant une puissance de près de 1,45 GW, sont en cours de développement, les premières mises en service étant attendues pour 2022. Toutefois, le projet éolien en mer flottant de 250 MW à attribuer en 2021 tel que prévu par la PPE serait la première ferme commerciale flottante de l'Union européenne.

3. Pourquoi implanter des éoliennes flottantes au sud de la Bretagne ?

Le choix du sud de la Bretagne pour accueillir de nouveaux parcs éoliens en mer, dont le premier parc éolien en mer flottant commercial, s'appuie à la fois sur une vision stratégique nationale⁶ et locale partagée et sur l'identification d'un potentiel technico-économique.

a. Une ambition maritime partagée pour faire cohabiter les usages et les enjeux de préservation et de connaissance des milieux marins

L'enjeu majeur de la stratégie nationale pour la mer et le littoral, adoptée en février 2017, est de faire cohabiter les usages « traditionnels » de la mer (pêche, conchyliculture, défense, transport, pêche récréative, etc.) avec les activités plus récentes (énergies marines renouvelables, algoculture et aquaculture au large, loisirs et sports nautiques, exploitation minière et extraction de granulats marins, etc.). Elle vise également la préservation et l'accroissement de la connaissance des milieux marins (protection des écosystèmes marins et recherche scientifique).

Ce document de référence définit une politique maritime intégrée pour préserver le milieu marin, favoriser le développement économique des activités maritimes et littorales.

Cette stratégie est déclinée, pour chaque façade, dans un document stratégique de façade (DSF). Le document stratégique de chaque façade est élaboré par l'État en concertation avec les acteurs maritimes et littoraux réunis au sein du Conseil maritime de façade (CMF). Chaque DSF vise plus précisément, à l'échelle de chaque territoire et en concertation avec les acteurs, à garantir la protection de l'environnement, à résorber et à prévenir les

conflits d'usage ainsi qu'à dynamiser et optimiser l'exploitation du potentiel maritime français. Il comporte une planification de l'espace maritime sous la forme d'une carte des vocations.

Parallèlement, le groupe de travail énergies marines renouvelables de la Conférence régionale pour la mer et le littoral (CRML), composé de plus de 80 acteurs régionaux, a mené de 2015 à 2018 des travaux dans l'objectif d'aboutir à une ou des zones propices à l'implantation d'éoliennes en mer, présentant les conditions d'un consensus régional quant à leur acceptabilité. Ces travaux se sont notamment appuyés sur une étude au sujet du potentiel technico-économique des énergies marines renouvelables au large de la Bretagne, menée en 2014 sous l'autorité du Conseil régional et de son agence de développement et d'innovation (Bretagne Développement Innovation). En juin 2018, la CRML a validé, à l'unanimité de ses membres, les propositions pour deux zones d'implantation pour de futures fermes commerciales en éolien flottant, dont une de 516 km² au sud de la Bretagne. Cette zone « CRML » est intégrée dans la zone d'étude en mer soumise au débat public.

Avant 2018, en l'absence de planification maritime, les politiques relatives à la mer étaient menées de façon sectorielle. Pour déployer les énergies renouvelables en mer, des travaux techniques et des consultations ont été menés par les préfets coordonnateurs de façade sur demande du ministre en charge de l'Énergie. Les dernières consultations de 2015 pour l'identification des zones de projet éolien en mer et leurs études associées ont été intégrées à la planification des espaces maritimes.

Le développement des énergies renouvelables en mer dans le document stratégique de façade (DSF) Nord Atlantique – Manche Ouest

La vision à l'horizon 2030 identifie de grandes orientations stratégiques à long terme pour l'avenir de la façade, structurées autour de quatre piliers conformément aux objectifs de long terme de la SNML qui fixe quatre grands objectifs de long terme, complémentaires et indissociables :

- la reconquête du bon état écologique du milieu marin et la préservation d'un littoral attractif ;
- le développement d'une économie bleue durable ;
- la transition écologique pour la mer et le littoral ;
- le rayonnement de la France.

Le développement des énergies marines renouvelables est l'un des objectifs socio-économiques partagés dans le DSF.

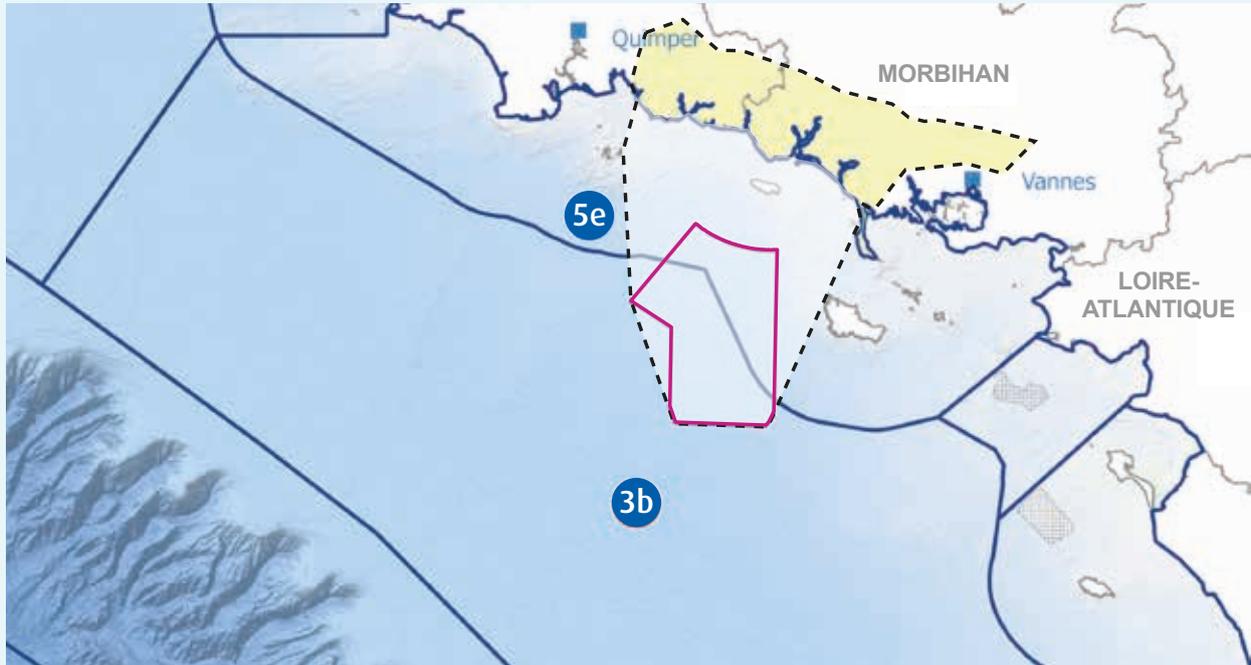
Une stratégie concertée et partagée

Les DSF ont fait l'objet de plusieurs étapes de concertation, au niveau national et de la façade maritime. Du 26 janvier au 25 mars 2018, sous l'égide de garants désignés par la Commission nationale du débat public (CNDP), le diagnostic initial a été partagé et les échanges ont été engagés sur les objectifs stratégiques généraux.

À l'issue de la consultation du public et des instances conduites du 4 mars au 4 juin 2019, les deux premières parties du DSF ont été adoptées par les préfets coordonnateurs de façade (préfet maritime de l'Atlantique et préfet des Pays de la Loire) le 24 septembre 2019. Les deux autres parties du DSF (plan d'action et dispositif de suivi) seront ensuite élaborées pour une adoption à l'horizon 2021.

⁶ Comme on l'a vu, la programmation pluriannuelle de l'énergie prévoit une transition énergétique incluant le développement des énergies marines et notamment l'éolien flottant en mer.

La zone du débat en regard des zones de vocation du document stratégique de façade



5e Bretagne sud

Priorité aux pêches et aux aquacultures durables ; en veillant à la cohabitation, par ordre d'importance, avec les énergies marines renouvelables, le nautisme et le tourisme durables ; en prenant en compte la préservation du massif dunaire, des habitats à fort enjeu écologique et des oiseaux marins. Cette zone inclut le périmètre du schéma de mise en valeur de la mer (SMVM) du golfe du Morbihan, lequel définit des zones de vocations dans le cadre d'une gouvernance spécifique, ainsi qu'une partie de la circonscription du grand port maritime*.

3b Plateau continental central

Priorité au développement de l'éolien flottant et aux pêches professionnelles durables ; en veillant à la cohabitation, par ordre d'importance, avec le transport maritime et l'extraction de granulats marins ; en préservant les habitats et espèces à forts enjeux écologiques*.

* Source : Extrait du document stratégique de la façade Nord Atlantique - Manche Ouest.

Zone du débat

 Zone d'étude pour le raccordement électrique à terre

 Zone d'étude pour le raccordement électrique en mer

 Zone d'étude en mer

 Éolien posé : site attribué



Retrouvez la carte des vocations complète de la façade Nord Atlantique - Manche Ouest : www.dirm.nord-atlantique-manche-ouest.developpement-durable.gouv.fr/IMG/png/carte_des_vocations_cle0c83bb.png

b. L'implantation d'énergies renouvelables en mer en Bretagne : une volonté politique pour assurer la transition énergétique et une contribution attendue pour l'alimentation électrique de la Bretagne

Fragilité et dépendance de l'alimentation électrique de la Bretagne

Produisant environ 17 % de l'électricité qu'elle consomme⁷, la Bretagne est directement concernée par la question de la dépendance énergétique. La production d'électricité renouvelable est un objectif de la loi de la transition écologique et énergétique et une nécessité pour la Bretagne qui importe donc plus de 80 % de l'électricité qu'elle consomme.

Historiquement, la Bretagne est caractérisée par une situation de fragilité d'alimentation électrique liée à une faible capacité de production installée dans la région et à son caractère de péninsule électrique. L'électricité consommée est en effet acheminée depuis des sites de production éloignés, situés principalement dans la vallée de la Loire et en Normandie.

Cette fragilité électrique de la Bretagne et le besoin de sécurisation associé sont attestés depuis les années 2000. Ils ont conduit à la signature, en 2010, du Pacte électrique breton rassemblant l'État, la région Bretagne, RTE, l'ADEME et l'ANAH (Agence nationale de l'habitat).

Si la situation est aujourd'hui considérée comme stabilisée, avec notamment la mise en service en 2017 par RTE du « filet de sécurité », c'est bien la concrétisation des trois piliers du Pacte électrique breton qui permettra de lever efficacement cette fragilité à moyen terme, à savoir :

- la maîtrise de la consommation d'électricité (MDE - maîtrise de la demande d'électricité) ;

- le développement d'énergies renouvelables avec la contribution attendue de l'éolien en mer ;
- la sécurisation de l'approvisionnement l'alimentation électrique avec la mise en service de la centrale à cycle combiné gaz de Landivisiau (440 MW) et les aménagements réalisés sur le réseau de transport d'électricité.

Il est nécessaire de sécuriser, par ces actions et de manière pérenne, l'alimentation électrique de la Bretagne et de rendre ainsi résiliente aux incertitudes qui pèsent sur le parc de production aujourd'hui utile pour approvisionner la région. Le développement de nouvelles sources de production, en mer, en Bretagne, à Saint-Brieuc (496 MW) ainsi qu'au sud de la Bretagne (250 MW et à terme jusqu'à 750 MW), permettra de contribuer à l'approvisionnement en électricité et de répondre pleinement au deuxième pilier du Pacte électrique breton.

Une volonté politique forte de la Région Bretagne et de la Région des Pays de la Loire

Depuis la signature en 2010 du Pacte électrique breton, puis l'adoption d'une feuille de route ambitieuse en juin 2016, la Région Bretagne impulse et met en œuvre une politique très volontariste en faveur du développement des énergies marines, dans un esprit de concertation avec l'ensemble des usagers de la mer et des acteurs de la filière. La démarche de la Breizh Cop conforte en 2018 cet objectif politique.

La Breizh COP, qu'est-ce que c'est ?

L'ambition régionale est de maîtriser et accélérer la mise en œuvre de toutes les transitions en Bretagne : transition écologique, transition climatique, transition économique, transition sociétale mais aussi transition méthodologique. Pour parvenir à fédérer et construire ce grand projet régional, la méthode retenue est celle de la COP 21, il s'agit d'associer toutes les parties prenantes autour d'un projet de développement durable et d'aller chercher une large participation citoyenne. La Région souhaite porter un projet pour toute la Bretagne et pour tous ses habitants.

La Breizh COP s'inspire largement de la méthode et du fonctionnement des COP internationales. Pour cela, plusieurs pistes de réflexion sont à déterminer, à partir des principes initiaux de la COP, tels que :

- la COP, c'est d'abord un espace de dialogue ouvert et permanent ;
- la COP, ce sont des objectifs chiffrés et une ambition commune, avec un principe de responsabilité commune mais différenciée ;
- la COP, ce sont des dispositifs de solidarité à l'égard des acteurs les plus vulnérables dans la transition.

Parallèlement, la région des Pays de la Loire compte de nombreuses entreprises et acteurs, publics ou privés, impliqués dans des projets de recherche et développement dédiés aux énergies marines renouvelables.

Les Pays de la Loire sont la première région française en matière d'emplois pour la filière d'énergies marines renouvelables disposant d'une chaîne logistique complète tant pour l'éolien posé que l'éolien flottant. L'estuaire de la Loire accueille des outils de production de premier plan en bord à quai : l'usine de fabrication

de sous-stations électriques Atlantique Offshore Energy des Chantiers de l'Atlantique et l'usine de construction de turbines et de nacelles de General Electric, tandis que le regroupement d'entreprises dédié aux énergies marines renouvelables de NEOPOLIA structure l'activité de 115 entreprises de sous-traitance.

Les entreprises et les acteurs de la recherche privée et publique des Pays de la Loire sont impliqués dans de nombreux projets de

⁷ Bilan électrique régional RTE 2018 : <https://www.rte-france.com/actualites/bilan-electrique-regional-bretagne>



recherche et développement animés par l'IRT Jules Verne, France énergie marine, les pôles de compétitivité EMC2, S2E2, Pôle mer Bretagne Atlantique et en particulier le centre de recherche et développement de General Electric implanté à Nantes, les équipes de recherche et développement de Naval énergies qui ont travaillé sur le flotteur retenu pour le projet de ferme pilote de Groix. Le West Atlantic Marine Energy Center (WEAMEC) reconnu au niveau européen, assure la structuration des forces régionales de recherche et développement sur les énergies marines renouvelables.

c. Un potentiel naturel et des infrastructures bretonnes propices au développement de parcs d'éoliennes flottantes

Des conditions météorologiques, bathymétriques et hydrographiques très favorables en Bretagne

Avec 3 811 km de côtes⁸, le plus grand littoral de France, des courants puissants, des vents réguliers et les plus grandes marées d'Europe, la Bretagne dispose d'un potentiel d'exception pour tester, expérimenter et exploiter les différentes sources d'énergie marine.

L'éolien flottant, en s'affranchissant des contraintes liées à la profondeur des fondations, élargit les potentiels de gisements.

Sur la base d'une première étude réalisée en 2010, le Cerema⁹ a cartographié en 2015, puis actualisé en 2018, le potentiel de l'éolien en mer (posé ou flottant) en France métropolitaine, à partir de critères conditionnant la faisabilité technique et économique d'un parc éolien flottant en mer.

Les critères pris en compte sont :

- une vitesse de vent supérieure à 7 m/s ;
- une bathymétrie (mesure des profondeurs et des reliefs sous-marins) supérieure à 50 m ;
- la hauteur significative de houle ;
- le marnage (différence de niveau entre la marée haute et la marée basse d'une marée) ;
- la vitesse des courants de marée.

Ces critères influent directement sur la production d'électricité générée par des éoliennes, sur leur coût d'implantation et par conséquent sur le coût du soutien public qui leur est accordé. La zone d'étude en mer soumise au débat public a été identifiée comme étant techniquement et économiquement favorable à l'implantation de parcs éoliens en mer au regard de chacun des critères techniques étudiés.

Il est important de rappeler que la nature des fonds sera également prise en compte lors du choix des techniques d'ancrage afin qu'elles soient adaptées au sol voire au sous-sol marin en présence.

Des équipements territoriaux adaptés au développement de parcs éoliens flottants en mer et à leur raccordement

En Bretagne, les infrastructures existantes de transport d'électricité (225 et 400 kV) ont la capacité nécessaire pour raccorder la puissance cible envisagée pour les deux parcs éoliens en mer, soit 750 MW.

Par ailleurs, les ports de Bretagne disposent de capacités foncières pour accueillir ces nouvelles activités, en particulier le port de Brest et son nouveau terminal colis lourds. Enfin les ports régionaux ou départementaux pourront diversifier leurs activités en intégrant, dans leur domaine portuaire, des bases de maintenance à destination des parcs éoliens.

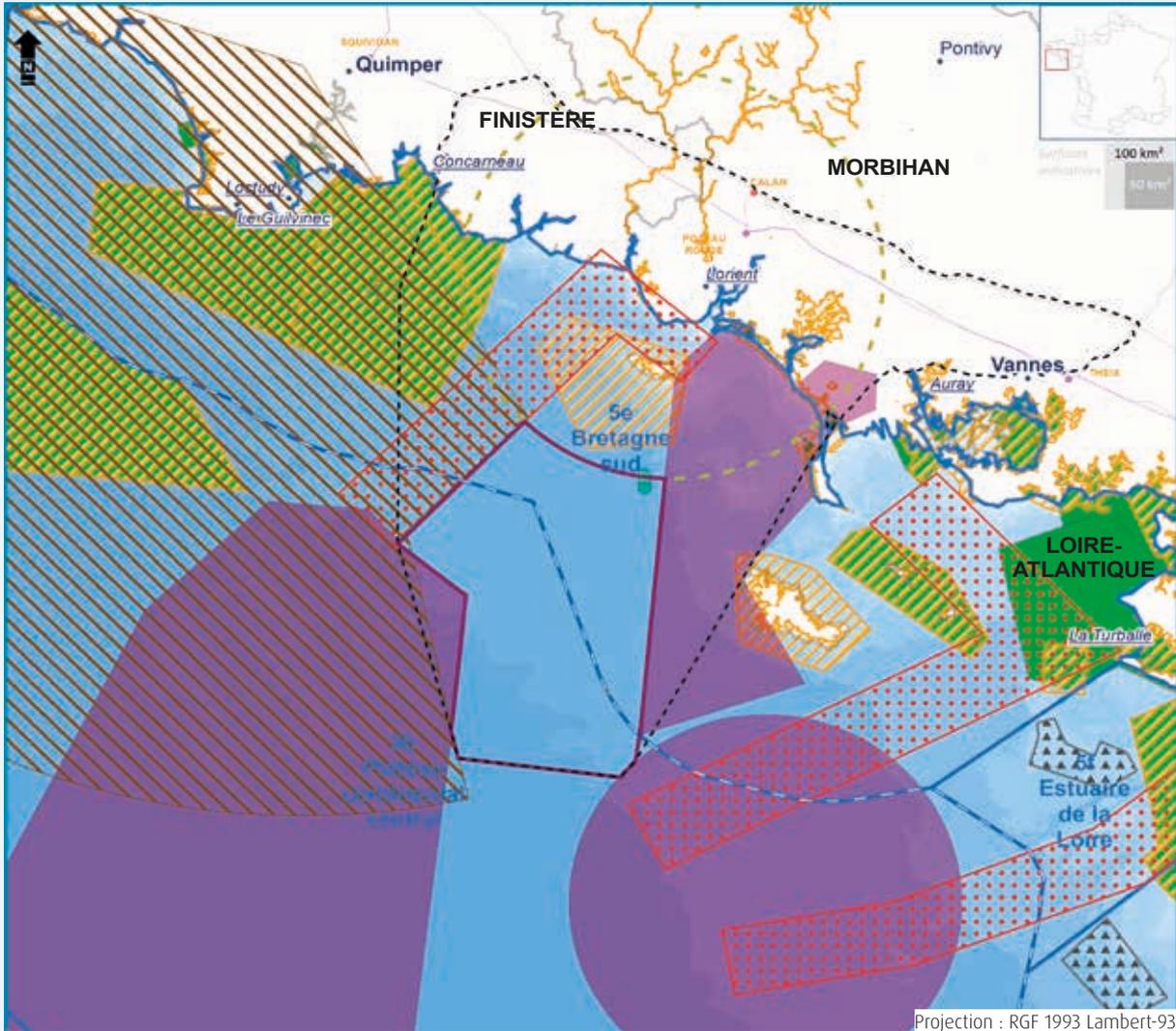
En conclusion, au regard de ces aspects techniques, des consultations menées en amont et lors des travaux de planification, des zones propices au développement des énergies renouvelables en mer ont été identifiées. Définie en cohérence avec les concertations précédentes menées sur le territoire, la zone d'étude en mer présentée au débat public se situe à cheval sur deux zones identifiées dans le document stratégique de façade : la zone 3b (« Plateau continental central ») et la zone 5e (« Bretagne Sud »). La zone d'étude en mer proposée recouvre une superficie de 1 330 km² qui intègre la zone préférentielle issue des travaux de la Conférence régionale pour la mer et le littoral. Cette zone d'étude en mer répond à des critères de faisabilité technico-économique, et vise également à limiter les effets d'un parc éolien en mer sur l'environnement et les activités socio-économiques existantes.

De la même façon, la zone d'étude pour le raccordement tant dans sa partie maritime que terrestre offre des possibilités d'écoulement de la production du parc. Ainsi, RTE, en choisissant une zone d'étude pour l'atterrissage et le raccordement au réseau public de transport d'électricité, de plus de 1 900 km² à terre, entre Concarneau et Vannes, se laisse de larges marges de manœuvre pour identifier les meilleures façons de raccorder les futurs parcs quelle que soit leur position au sein de la zone d'étude en mer.

8 D'après un calcul du Cerema selon la BD Topo de l'IGN avec un pas de 100 km environ.

9 Cerema : Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement

Les enjeux autour de la zone d'étude en mer



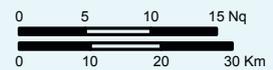
Projection : RGF 1993 Lambert-93

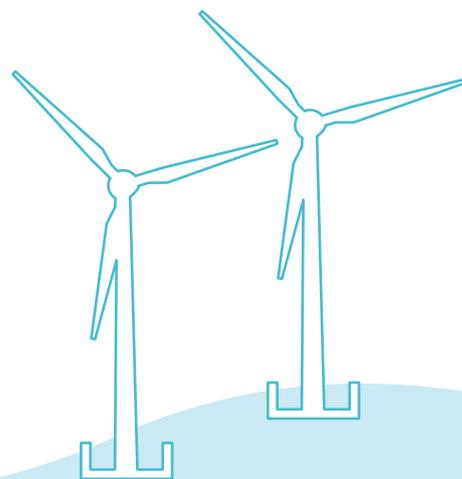
- Zone du débat
- Zone d'étude en mer
- Zone d'étude pour le raccordement à terre
- Zone d'étude pour le raccordement en mer
- Éolien posé : site attribué
- Projet "Éoliennes flottantes de Groix et Belle-Île" (EFGBI)
- Limite extérieure de la mer territoriale (12 M)

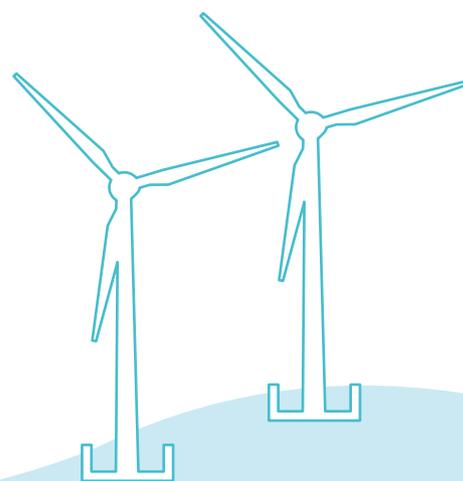
- Poste électrique**
- 225 kV
 - 400 kV
- Ligne électrique**
- 225 kV
 - 400 kV
- Theix** Nom des postes électriques
- Vannes** Préfecture
- Pontivy** Sous-Préfecture
- Auray** Port de pêche

- Zone de vocation DSF
- Enjeux Défense**
- Zone de coordination radar basse altitude de Lorient/Lann Bihoué
 - Zone de tir d'essais missiles
 - Zone de tirs
 - Voie dédiée à l'accès aux ports
- Enjeux Environnement**
- Natura 2000 Habitats (SIC et ZSC)
 - Natura 2000 Oiseaux (ZPS)

Source MTES : Limites EMR, environnement / Préfecture Maritime : Défense / Shom : Limites maritimes / RTE : Lignes, postes, zones de raccordement / IGN : Limites administratives terrestres / Ifremer : Fond bathymétrique / Réalisation : Cerema - Mai 2020.







Quelle est la zone d'étude proposée au débat public ?

1. La zone d'étude en mer

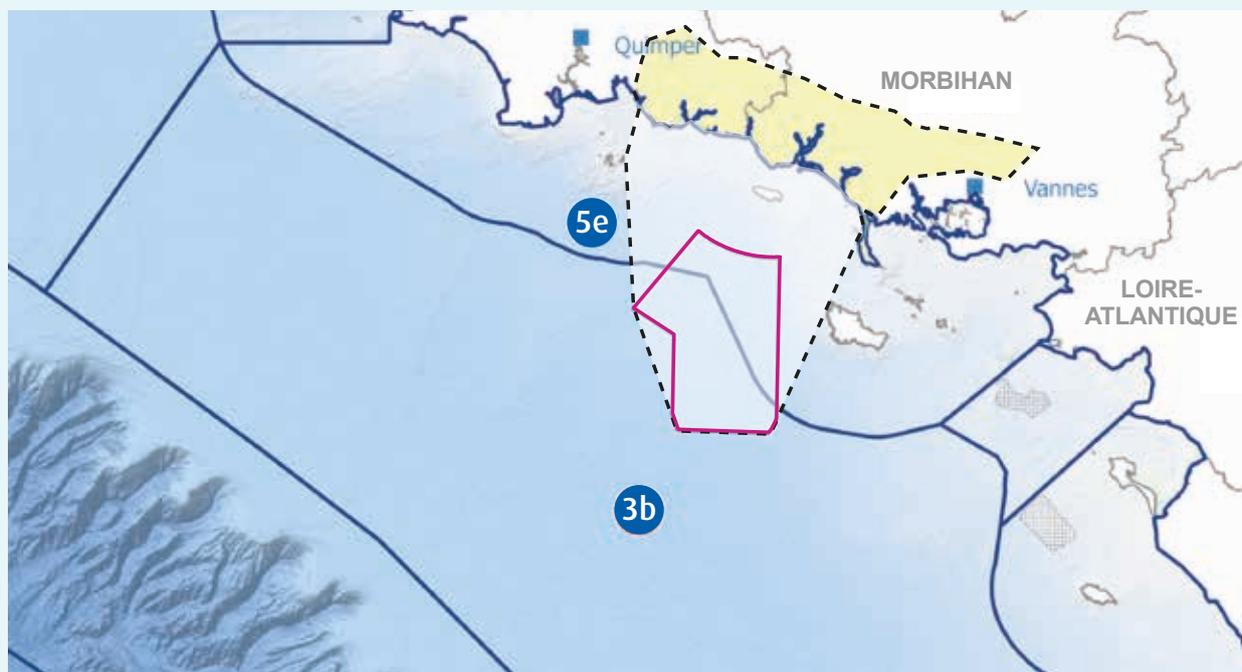
a. Le document stratégique de façade

Le document stratégique de façade comporte une planification de l'espace maritime synthétisée par une carte des vocations. Cette planification s'appuie sur la description des enjeux de la zone concernée et identifie les objectifs de développement économique et de préservation de l'environnement.

Sur la façade Nord Atlantique - Manche Ouest, trois zones ont vocation à accueillir des projets éoliens :

- la zone 3b Plateau continental central : « Cette zone sera la première à étudier pour le développement de l'éolien flottant en tenant compte des travaux menés au niveau régional, et en débordant du périmètre de la zone 3b si nécessaire » ;
- la zone 5e Bretagne Sud : « Priorité aux pêches et aux aquacultures durables ; en veillant à la cohabitation, par ordre d'importance, avec les énergies marines renouvelables... » ;
- la zone 4 Manche Occidentale : « Priorité au transport maritime ; en veillant à la cohabitation, par ordre d'importance, avec [...] les énergies marines renouvelables, etc. ».

La zone du débat en regard des zones de vocation du document stratégique de façade



5e Bretagne sud

Priorité aux pêches et aux aquacultures durables ; en veillant à la cohabitation, par ordre d'importance, avec les énergies marines renouvelables, le nautisme et le tourisme durables ; en prenant en compte la préservation du massif dunaire, des habitats à fort enjeu écologique et des oiseaux marins. Cette zone inclut le périmètre du schéma de mise en valeur de la mer (SMVM) du golfe du Morbihan, lequel définit des zones de vocations dans le cadre d'une gouvernance spécifique, ainsi qu'une partie de la circonscription du grand port maritime*.

3b Plateau continental central

Priorité au développement de l'éolien flottant et aux pêches professionnelles durables ; en veillant à la cohabitation, par ordre d'importance, avec le transport maritime et l'extraction de granulats marins ; en préservant les habitats et espèces à forts enjeux écologiques*.

Zone du débat

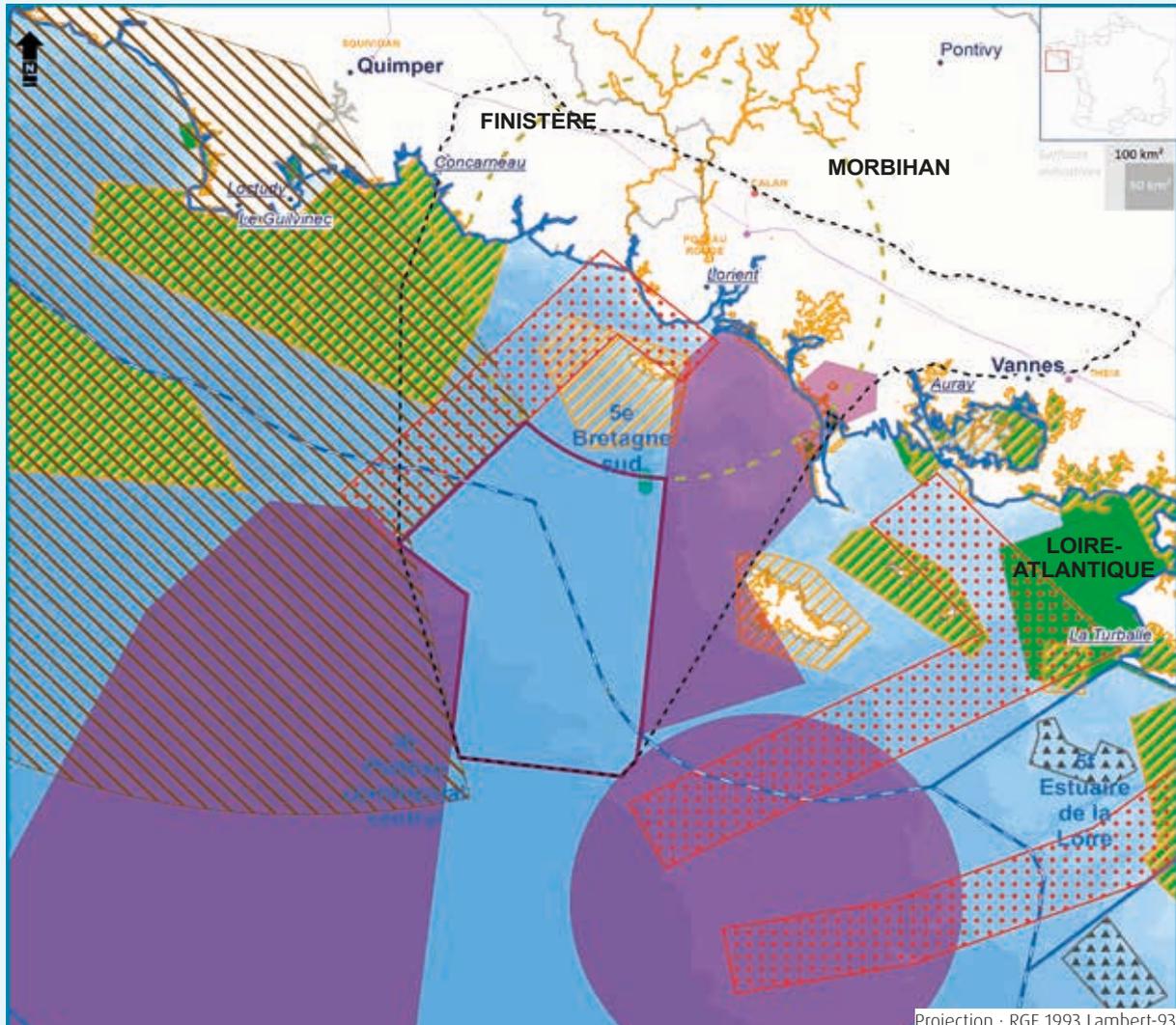
- Zone d'étude pour le raccordement électrique à terre
- Zone d'étude pour le raccordement électrique en mer
- Zone d'étude en mer
- Éolien posé : site attribué

* Source : Extrait du document stratégique de la façade Nord Atlantique - Manche Ouest.

Le choix de la zone d'étude en mer présentée au débat public s'appuie sur ce document de planification : elle se situe à cheval entre la zone 3b et 5e.

Si le potentiel technique du nord Bretagne (zone 4) est avéré, le contexte du Brexit a rendu cette zone moins consensuelle. L'ouest de la Bretagne est quant à lui pénalisé par des houles trop fortes et un trafic maritime intense.

Les enjeux autour de la zone d'étude en mer



Projection : RGF 1993 Lambert-93

- | | | |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Zone du débat Zone d'étude en mer Zone d'étude pour le raccordement à terre Zone d'étude pour le raccordement en mer Éolien posé : site attribué Projet "Éoliennes flottantes de Groix et Belle-Île" (EFGBI) Limite extérieure de la mer territoriale (12 M) | <p>Poste électrique</p> <ul style="list-style-type: none"> 225 kV 400 kV <p>Ligne électrique</p> <ul style="list-style-type: none"> 225 kV 400 kV <p>Theix Nom des postes électriques</p> <p>Vannes Préfecture</p> <p>Pontivy Sous-Préfecture</p> <p>Auray Port de pêche</p> | <ul style="list-style-type: none"> Zone de vocation DSF <p>Enjeux Défense</p> <ul style="list-style-type: none"> Zone de coordination radar basse altitude de Lorient/Lann Bihoué Zone de tir d'essais missiles Zone de tirs Voie dédiée à l'accès aux ports <p>Enjeux Environnement</p> <ul style="list-style-type: none"> Natura 2000 Habitats (SIC et ZSC) Natura 2000 Oiseaux (ZPS) |
|---|--|---|

Source MTEs : Limites EMR, environnement / Préfecture Maritime : Défense / Shom : Limites maritimes / RTE : Lignes, postes, zones de raccordement / IGN : Limites administratives terrestres / Ifremer : Fond bathymétrique / Réalisation : Cerema - Mai 2020.



b. L'intégration des contraintes et servitudes réglementaires

Les concertations menées dans le cadre du DSF ont été l'occasion d'actualiser les servitudes militaires.

Cela a permis de mettre en évidence, sur la zone 3b, des contraintes à l'installation de parc éolien en mer, notamment en matière de défense et sécurité maritime :

- au nord, la zone d'approche de l'aéroport de Lorient ;
- à l'est et à l'ouest, des zones d'exercice de tir (ministère des Armées).

Ces zones d'exclusion sont considérées comme intangibles à ce stade par le Commandant maritime de zone.

c. La mobilisation des acteurs du territoire et l'état des lieux des études menées ont contribué à la définition de la zone soumise au débat

Les travaux menés depuis 2013 par le groupe de travail « énergies marines renouvelables » (GT EMR) de la Conférence régionale de la mer et du littoral de Bretagne (CRML) ont permis d'associer très en amont tous les acteurs régionaux.

La Conférence régionale pour la mer et le littoral, qu'est-ce que c'est ?

Créée par l'article 3 du décret n° 2012-219 du 16 février 2012 relatif à la stratégie nationale pour la mer et le littoral et aux documents stratégiques de façade, la Conférence régionale pour la mer et le littoral, co-présidée par le président du Conseil régional de Bretagne, le préfet de la région Bretagne et le préfet maritime de l'Atlantique, a l'ambition d'être un lieu d'échanges, de réflexions et d'actions de l'ensemble des acteurs bretons de la mer et du littoral.

La Conférence régionale de la mer et du littoral est le lieu d'information et de débat pour proposer, définir et évaluer les actions stratégiques à mettre en œuvre pour la réalisation des chantiers phares proposés dans la charte. Elle est un lieu de réflexion et de proposition pour promouvoir la gestion durable de la zone côtière bretonne, et pour définir de nouvelles actions. Elle est garante d'une meilleure coordination de l'action publique en zone côtière. Son action couvre ainsi l'ensemble des dispositifs d'action publique : actions volontaires, incitations, réglementations.

Elle se réunit trois fois dans l'année en séance plénière et se décline en groupes de travail thématiques.

La Conférence régionale de la mer et du littoral est constituée de membres représentatifs de l'ensemble des acteurs de la zone côtière bretonne, répartis selon cinq collèges :

- les collectivités territoriales et leurs groupements ;
- l'État et les établissements publics ;
- les organisations socioprofessionnelles ;
- le milieu associatif ;
- les syndicats.

Dès 2013, la CRML a établi un groupe de travail dédié aux énergies marines renouvelables (GT EMR). Le GT EMR est composé de représentants :

- des services de l'État : secrétariat général aux affaires régionales, direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement, direction inter régionale de la mer de la façade Nord Atlantique - Manche Ouest, préfecture maritime, directions départementales des territoires et de la mer ;
- des pêcheurs : comités départementaux des pêches maritimes et des élevages marins (CDPMEM) ;
- des professionnels des filières des énergies marines renouvelables : syndicat des énergies renouvelables, Sabella, etc. ;
- du réseau de transport d'électricité (RTE) ;
- de collectivités territoriales : conseils départementaux, etc. ;
- d'organismes scientifiques compétents et experts : Cerema (centre d'étude et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité, et l'aménagement), SHOM (Service hydrographique et océanographique de la marine), Ifremer (Institut de recherche pour l'exploitation de la mer), etc. ;
- d'associations environnementales : Bretagne vivante, Eau et rivières de Bretagne.

Le mandat du GT EMR est de contribuer à préciser le potentiel des eaux situées au large de la Bretagne pour les différentes filières en cours de développement, afin de permettre la cohabitation des usages en favorisant la mise à disposition d'informations de qualité sur ces sujets complexes, et en organisant le recueil des avis des membres de la CRML.

Le GT EMR, et plus largement la CRML, sont des lieux de partage et d'échange d'information, de concertation réunissant les principaux acteurs intéressés par le développement des énergies marines renouvelables : professionnels de la mer, professionnels de l'énergie, élus locaux, experts et scientifiques, associations.

Les travaux du GT EMR, basés sur l'identification du potentiel technico-économique menée par le Cerema et sur l'étude de raccordement menée par RTE, ont dans un premier temps permis d'identifier en 2015 une zone entre Groix et Belle-Île, au sud de la Bretagne. Ce site a ainsi été retenu pour l'appel à projets d'août 2015 pour l'implantation d'une ferme pilote éolienne flottante, et pour lequel le projet porté par EOLFI a été désigné lauréat en avril 2016. Ce projet pilote n'a fait l'objet d'aucun recours, à ce jour.

Les études technico-économiques du Cerema

Le Cerema a réalisé à la demande la Direction générale de l'énergie et du climat plusieurs études pour identifier le potentiel technico-économique de l'éolien en mer à partir des critères des organisations de professionnels (Syndicats des énergies renouvelables et France énergie éolienne).

Une première étude a été menée en 2014. Elle a permis d'identifier les principaux gisements pour des parcs commerciaux, l'éolien en mer posé et des fermes pilotes éoliennes en mer flottantes. Des analyses complémentaires ont été menées en 2016. Ces analyses avaient pour objectif d'identifier le potentiel éolien en mer flottant pour des parcs commerciaux. Les critères ont été mis à jour par les organisations de professionnels (Syndicat des énergies renouvelables et France énergie éolienne). Ces critères sont moins restrictifs que ceux pris en compte en 2014 pour identifier le gisement pour des fermes pilotes éoliennes flottantes :

- la vitesse moyenne du vent à 100 m ;
- la bathymétrie ;
- le marnage ;
- la hauteur significative de houle médiane ;
- la hauteur significative de houle cinquantennale.

L'ensemble de ces travaux a permis d'évaluer les gisements pour l'implantation de parcs éoliens en mer à partir des critères technico-économiques fournis par les organisations de professionnels.

Ces études, ainsi que les études du potentiel de raccordement réalisées par RTE, ont ensuite servi de base aux concertations locales menées par les préfets de régions coordonnateurs de façade et les préfets maritimes et associant l'ensemble des parties prenantes. En Bretagne, ces travaux ont été menés au sein de la Conférence régionale pour la mer et le littoral. Les zones ont été affinées au cours des réunions de concertation en intégrant d'autres paramètres tels que les données relatives aux servitudes maritimes et militaires, aux enjeux environnementaux et aux usages. Des éléments de réflexion sur le coût ont également été introduits à partir d'une étude de l'agence économique régionale « Bretagne développement innovation ».

De nombreuses contributions, identifiant en particulier les enjeux relatifs à la protection de la biodiversité, aux activités de pêche professionnelle et d'aquaculture, et au développement industriel des parcs éoliens ont permis d'enrichir le travail.

L'Agence française de biodiversité (AFB), aujourd'hui Office français de la biodiversité (OFB), a fait des propositions pour éviter les secteurs les plus sensibles au regard des enjeux habitats, mammifères marins et oiseaux. Des travaux spécifiques avec le comité régional des pêches maritimes et des élevages marins de Bretagne ont également permis de définir des zones de moindres contraintes.

La visualisation de l'ensemble des données de la mer et du littoral en rapport avec les énergies marines, notamment dans le cadre du travail de concertation que mènent les différents préfets de région et maritimes pour l'établissement de zones propices est accessible sur le « SIG EMR¹ ».

Actuellement le SIG EMR comporte plus d'une centaine de données réparties dans les thématiques suivantes : environnement, paysage et patrimoine, pêche, socio-économie, défense, radar, navigation maritime, navigation aérienne, technique.

d. Cartographie de la zone d'étude en mer pour l'implantation des futurs parcs d'éoliennes flottantes

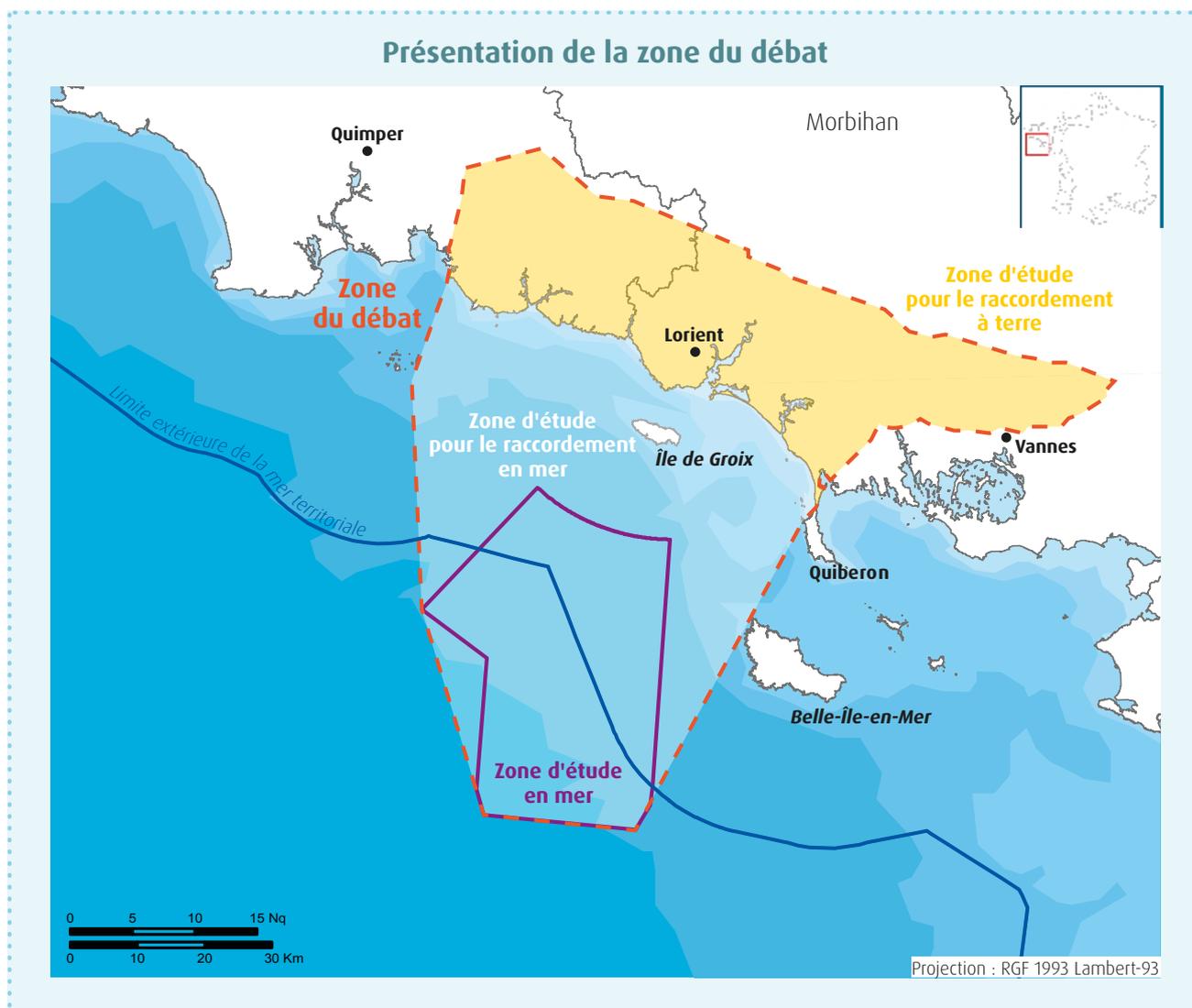
Issue des consultations menées sur le territoire, la zone d'étude en mer de 1 330 km² soumise au débat public se situe sur deux zones de vocation du document stratégique de façade (DSF) : la zone 3b (« Plateau continental central ») et la zone 5e (« Bretagne sud »).

Cette zone d'étude répond à des critères de moindre contrainte environnementale, de partage des usages et de faisabilité technico-économique.

Évitant les secteurs les plus sensibles au regard des enjeux habitats, mammifères marins et oiseaux, la zone est contrainte par plusieurs zones d'exclusion et de servitudes : au nord par la zone d'approche de l'aéroport de Lorient, à l'ouest et à l'est par des zones d'exercice de tir (ministère des Armées).



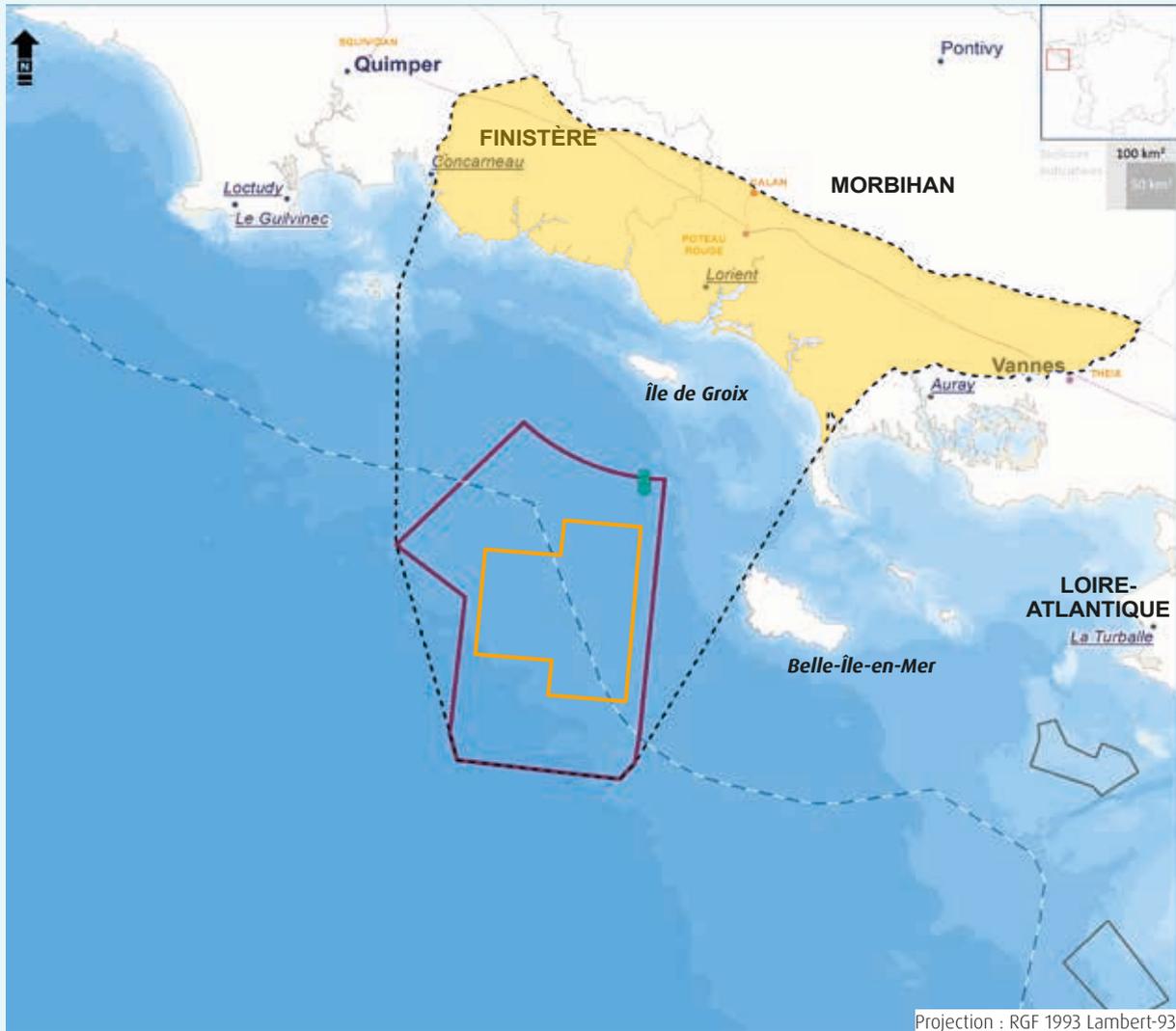
¹ <http://www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr/le-projet-emr-r154.html>



e. Proposition de la Conférence régionale de la mer et du littoral

Par ailleurs, après plusieurs années de travaux, et une quinzaine de réunions, les différentes contributions des acteurs du GT EMR de la CRML ont convergé pour proposer en 2018 une zone préférentielle propice au lancement des appels d'offres sur une surface de 516 km² permettant d'accueillir jusqu'à 1 GW à horizon 2030.

La zone d'étude présentée au débat public intègre cette proposition de zone préférentielle issue des travaux et jouxte l'emprise du parc pilote d'éoliennes flottantes de Groix et Belle-Île.



Projection : RGF 1993 Lambert-93

- Zone du débat
- Zone d'étude en mer
- Zone d'étude pour le raccordement à terre
- Zone d'étude pour le raccordement en mer

- Éolien posé : site attribué
- Zone proposée par la Conférence régionale de la mer et du littoral (CRML)

- Projet "Éoliennes flottantes de Groix et Belle-Île" (EFGBI)
- Limite extérieure de la mer territoriale (12 M)

Poste électrique

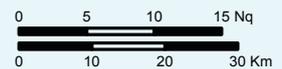
- 225 kV
- 400 kV

Ligne électrique

- 225 kV
- 400 kV
- Theix Nom des postes électriques

- Vannes** Préfecture
- Pontivy** Sous-Préfecture
- Auray** Port de pêche

Source MTES : Limites EMR / Shom : Limites maritimes / RTE : Lignes, postes, zones de raccordement / IGN : Limites administratives terrestres / Ifremer : Fond bathymétrique / Réalisation : Cerema - Mai 2020.



2. La zone d'étude du raccordement mutualisé

Compte tenu de la zone d'étude en mer soumise au débat, la zone d'étude pour le raccordement électrique a été définie pour identifier :

- les points de raccordement possibles au réseau public de transport d'électricité à terre, c'est-à-dire des postes électriques 400 kV ou 225 kV existants qui sont des points d'injection naturels sur le réseau, ou des lignes électriques 400 kV ou 225 kV disposant d'une capacité d'accueil suffisante avec la création d'un nouveau poste électrique ;
- la bande littorale envisageable pour l'atterrissage ;
- une aire d'étude en mer pour le fuseau de raccordement, et la construction d'un poste électrique en mer permettant le raccordement mutualisé des futurs parcs.

Dans les hypothèses actuelles de transition énergétique, les études de réseaux menées par RTE ont montré que le réseau 225 kV ou 400 kV, plus éloigné de la côte, aurait la capacité d'accueillir une puissance de 750 MW.

Du fait des puissances et des distances envisagées, le raccordement en courant alternatif est privilégié.

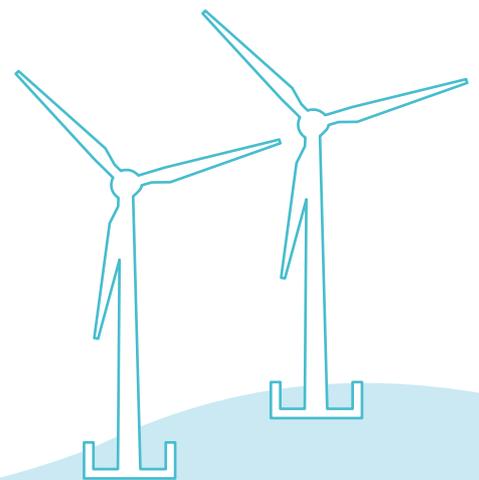
La zone d'étude terrestre proposée pour le raccordement est indiquée sur la carte ci-dessous et encadrée par le réseau électrique existant.

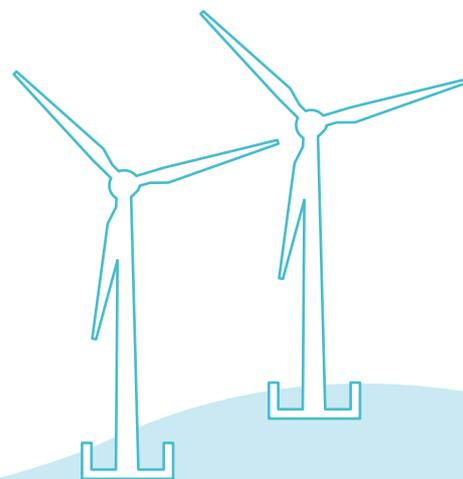
Au nord, cette zone d'étude intègre les postes existants de Calan et Poteau-Rouge ainsi que les réseaux électriques 225 kV et 400 kV en capacité d'accueillir la production à venir et à proximité desquels devra être positionné un futur poste électrique.

À l'ouest, la zone d'étude est délimitée par le poste de Concarneau et par la ligne électrique à 225 kV reliant ce poste de transformation au réseau électrique 225 kV.

À l'est, la zone d'étude s'appuie sur le poste de Theix, sur la ligne électrique à 225 kV reliant ce poste de transformation au réseau électrique 225 kV et sur le réseau 63 kV reliant Quiberon à Theix.

Les possibilités d'atterrissage entre Concarneau et Penthièvre, par l'ouest ou l'est de Groix seront étudiées au regard des contraintes et enjeux techniques et environnementaux d'atterrissage, des tracés en mer et terrestres et en fonction de la zone cible pour l'implantation d'un nouveau poste de raccordement à terre.





Quel serait l'impact si le projet ne se faisait pas ?

Quelles sont les variantes et alternatives ?

Les principaux points abordés

Cette fiche aborde les différentes alternatives et variantes possibles si le projet de parc d'éoliennes flottantes en mer n'est pas réalisé. Ainsi, elle présente plusieurs hypothèses :

- la non-réalisation d'un nouveau parc éolien en mer et ses conséquences sur l'atteinte des objectifs français de développement des énergies renouvelables ;
- le développement d'autres énergies renouvelables comme l'éolien terrestre, le solaire photovoltaïque ou la biomasse ;
- le développement d'autres énergies renouvelables en mer notamment l'énergie hydrolienne, houlomotrice ou marémotrice ;
- l'installation d'éoliennes posées plutôt que flottantes ;
- la construction d'un parc éolien flottant ailleurs qu'au sud de la Bretagne.

La démarche présentée en débat public est le fruit de nombreux échanges avec le public et les acteurs, au niveau national et en Bretagne. Le débat public est un prolongement de ces échanges ; il vise notamment à aboutir à une zone préférentielle au sein de la zone d'étude en mer, pour l'implantation d'un premier parc éolien flottant de 250 MW, puis d'un second de maximum 500 MW. Plus globalement, le débat public permettra à l'État d'affiner les principales caractéristiques du projet de 250 MW, qui sera le premier à faire l'objet d'une procédure de mise en concurrence.

La question de la réalisation même d'un ou plusieurs parcs éoliens en mer flottants au sud de la Bretagne peut cependant également se poser. Autrement dit, que se passerait-il si tout ou partie du projet n'était pas réalisé ?

1. Ne réaliser aucun nouveau parc éolien en mer ?

Si la France ne poursuivait pas le développement de nouveaux parcs éoliens en mer, posés ou flottants, il y aurait un manque de production d'électricité renouvelable, qui rendrait plus difficile l'atteinte des objectifs européens et nationaux de transition énergétique, ralentissant ainsi le développement des énergies renouvelables et la diversification des sources d'approvisionnement électrique.

Il y aurait, en outre, des impacts négatifs sur les filières de l'éolien en mer, avec des pertes d'emplois et des fermetures d'usines, notamment dans les Pays de la Loire et en Bretagne, ou l'absence de développement des usines prévues, notamment à Saint-Nazaire et à Brest.

Les potentiels impacts négatifs liés à la construction et à l'exploitation des parcs et de leurs raccordements, tels que les impacts potentiels sur l'environnement ou sur les usages existants, seraient cependant évités.

2. Développer d'autres énergies renouvelables comme l'éolien terrestre, le photovoltaïque ou la biomasse ?

La programmation pluriannuelle de l'énergie prévoit un développement équilibré des différentes filières d'énergie renouvelable, y compris l'éolien terrestre et le photovoltaïque, qui ont également vocation à se développer en Bretagne. Cette région dispose cependant d'un potentiel particulièrement favorable pour l'éolien en mer flottant.

En mer, le vent étant plus fort et plus régulier qu'à terre, les éoliennes fonctionnent en moyenne deux fois plus de temps qu'à terre. De plus, en mer, les éoliennes sont deux à quatre fois plus puissantes que les éoliennes terrestres, ce qui permet d'installer des parcs de grande puissance et de produire plus d'électricité par éolienne et par parc.

Pour obtenir la même production d'électricité qu'un parc éolien flottant de 250 MW, il faut développer environ 400 MW d'éolien terrestre, soit environ 150 éoliennes terrestres (contre une vingtaine d'éoliennes en mer), ou environ 850 MW de photovoltaïque, correspondant à environ 850 ha de foncier, l'équivalent de 121 terrains de football.

Les différentes énergies renouvelables électriques (éolien en mer et à terre, photovoltaïque, hydroélectricité, etc.) sont complémentaires entre elles et ne doivent pas être opposées : chacune apporte une contribution spécifique au fonctionnement du système électrique, elles ne présentent pas les mêmes coûts, ni les mêmes impacts environnementaux ou en matière d'emprise au sol. Il est nécessaire d'avoir une diversité des sources de production électrique. La complémentarité de l'éolien terrestre et de l'éolien maritime (où les régimes de vents sont différents) ou celle de l'éolien et du photovoltaïque (complémentarité entre les régimes de vent et les cycles du soleil) permettent d'obtenir une production électrique plus régulière. Le développement d'une seule filière, par exemple de la filière solaire, aurait pour conséquence de générer des coûts massifs pour le système électrique (coûts réseaux, coûts de stockage, etc.).

C'est, au contraire, le foisonnement grâce aux réseaux de productions variées, utilisant plusieurs technologies, qui permet d'assurer la sécurité d'approvisionnement.

La Bretagne, région agricole, dispose d'importantes ressources en biomasse (résidus de cultures, déjections animales, déchets liés à l'industrie agroalimentaire, biodéchets, etc.). Ces ressources sont susceptibles de produire du biogaz grâce à leur transformation dans des unités de méthanisation. Le réseau de distribution de gaz naturel dessert environ 30 % des communes bretonnes, ce qui correspond à une couverture de 71 % de la population.

Au 1^{er} janvier 2019, la Bretagne compte 97 unités de méthanisation. La majorité de ces installations sont des investissements agricoles : 72 sont des unités à la ferme, cinq unités centralisées, six collectifs agricoles, six stations de traitement des eaux usées, cinq installations industrielles et deux installations de stockage des déchets non dangereux.

Afin de répondre aux objectifs nationaux et régionaux de développement du biogaz dans la consommation de gaz, l'élaboration d'un Pacte biogazier breton engage une démarche locale pour favoriser le développement de cette filière.

En tout état de cause, le développement de toutes les filières renouvelables (y compris les énergies non électriques comme la méthanisation ou le bois) est nécessaire pour atteindre les objectifs ambitieux que la France s'est fixés en matière de développement des énergies renouvelables et de diversification du mix électrique. Plus largement, et au-delà des questions du mix énergétique, la stratégie française énergétique a également pour objectif de réaliser des efforts en faveur des économies d'énergie et de l'efficacité énergétique.

3. Développer d'autres énergies renouvelables en mer ?

Les autres énergies renouvelables en mer (hydrolien, houlomoteur, marémoteur) sont à un stade de développement moins avancé que l'éolien en mer. Leur gisement ne permet pas une production électrique en quantité similaire à celle issue de l'éolien en mer, posé et flottant.

Par exemple, le potentiel de l'énergie marémotrice dans le monde est estimé à près de 380 TWh/an, soit 1,5 % à 2 % de la production électrique mondiale annuelle. La France possède un potentiel naturel dans la Manche, à proximité des réseaux électriques et des consommateurs. La Corée du Sud et le Royaume-Uni sont les principaux pays envisageant actuellement un développement significatif de l'énergie marémotrice.

Dans le futur, l'énergie marémotrice devrait toutefois rester inféodée aux quelques sites côtiers qui présenteront des caractéristiques techniques favorables tout en satisfaisant aux problématiques environnementales et d'acceptabilité sociale¹.

De plus, certaines technologies comme la production d'électricité à partir de l'énergie thermique des mers ont un potentiel dans les zones tropicales mais pas en France métropolitaine². L'éolien en mer apparaît donc à ce jour comme l'énergie renouvelable en mer dont le développement est le plus pertinent. De nombreux projets de recherche et développement sur les autres énergies renouvelables en mer sont néanmoins financés via le programme d'investissements d'avenir de l'ADEME³.

4. Installer des éoliennes posées ?

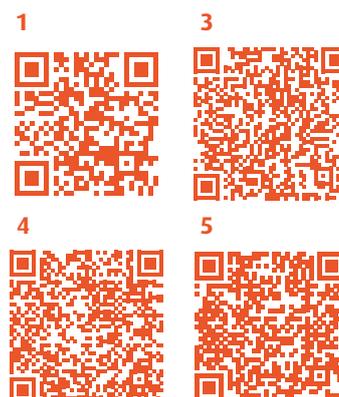
L'éolien posé est privilégié dans des mers où la profondeur des fonds est au maximum de 50 m environ ; au-delà, le coût des fondations et du mât devient très élevé. L'éolien flottant peut être installé au-delà d'une profondeur de 50 m environ, et jusqu'à 200 m. Au sud de la Bretagne, les fonds sont principalement supérieurs à 50 m, ce qui en fait un terrain propice à l'éolien flottant.

À ce jour, l'éolien posé est une filière techniquement plus mature et économiquement plus compétitive que l'éolien flottant, qui atteint à peine le stade commercial. Le parc de 250 MW au sud de la Bretagne sera en effet l'un des premiers parcs éoliens flottants commerciaux à l'échelle mondiale. Les coûts de l'éolien flottant sont ainsi pour le moment deux à trois fois supérieurs à ceux de l'éolien posé, mais il est attendu une disparition de cet écart d'ici dix ans environ⁴.

5. Développer des parcs éoliens en mer ailleurs qu'en Bretagne ?

La Bretagne est une zone particulièrement favorable à l'éolien flottant sur le plan technico-économique, du fait des vents forts et réguliers au large et de la profondeur des fonds marins. Elle n'est cependant pas la seule : d'après une étude réalisée par le Cerema en 2014 et actualisée en 2018, prenant notamment en compte le critère vent et la profondeur des fonds, les secteurs propices à l'éolien flottant sont principalement situés en Méditerranée⁵ et au large de la Bretagne et des Pays de la Loire.

La programmation pluriannuelle de l'énergie 2019-2028 (PPE) prévoit que les premiers parcs éoliens en mer flottants soient attribués au sud de la Bretagne et en Méditerranée : le débat public en cours porte sur un projet de 250 MW au sud de la Bretagne à attribuer en 2021, le prochain portera sur deux fois 250 MW en Méditerranée à attribuer en 2022.



1 www.connaissancedesenergies.org

2 Cette énergie peut cependant être intéressante pour produire de la chaleur ou du froid (avec par exemple un projet de géothermie marine à Marseille). Pour en savoir plus, détail du projet Thassalia sur le site du porteur de projet.

3 <https://www.ademe.fr/expertises/energies-renouvelables-enr-production-reseaux-stockage>

4 Étude de BVG Associates et d'Innosea pour le compte de l'ADEME : <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/innovations-dans-l-eolien-rapport-final.pdf>

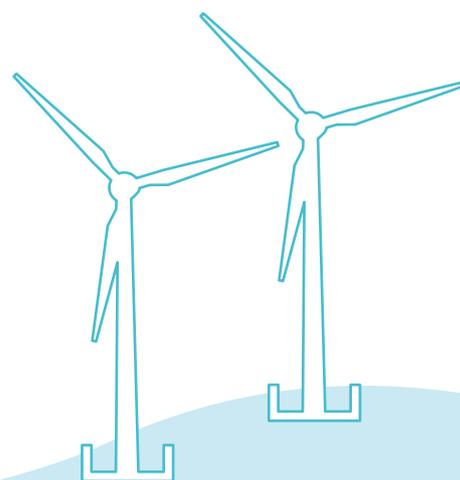
5 <https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/energie-eolienne-mer>

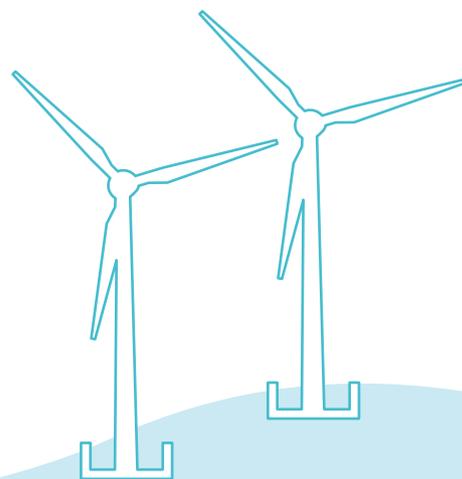
Les projets suivants seront en priorité des extensions des parcs éoliens attribués précédemment, puis la création de nouveaux parcs sur d'autres zones encore non définies sera envisagée en fonction des prix et des gisements éoliens.

Au vu des critères technico-économiques et de la PPE, la Bretagne et la Méditerranée sont donc les deux zones au sein desquelles l'éolien flottant est appelé à se développer dans les prochaines années.

Enfin, le développement de l'éolien posé est en cours depuis plusieurs années sur la façade Nord atlantique - Manche Ouest et au large des Pays de la Loire, et va se poursuivre dans les années à venir. Les trois premières procédures de mise en concurrence ont permis d'attribuer en 2012, 2014 et 2019, sept projets de parcs éoliens posés de 500 à 600 MW chacun, qui en sont à des stades d'avancement différents. La PPE prévoit le lancement de la procédure de mise en concurrence pour un nouveau parc éolien posé au large de la Normandie d'ici fin 2021, et au large de la façade Sud-Atlantique en 2021 - 2022.

La PPE prévoit ainsi le développement de parcs éoliens posés et flottants sur l'ensemble des façades maritimes de France métropolitaine. Le choix de la technologie utilisée est déterminé par des critères technico-économiques.





Quelques notions sur l'énergie électrique

Les principaux points abordés

Cette fiche présente des notions clés sur l'énergie électrique :

- le courant électrique, son intensité et sa tension ;
- la puissance électrique ;
- l'énergie ;
- le facteur de charge ;
- la variabilité de la production éolienne ;
- autres notions d'énergie électrique.

Ces notions sont à chaque fois expliquées dans un cadre général, puis appliquées au cas particulier de l'énergie électrique créée par un parc éolien en mer.

1. Le courant électrique

Le courant électrique naît du déplacement d'électrons dans un conducteur, avec un mouvement continu (courant continu) ou avec un mouvement de va-et-vient (courant alternatif). Le courant le plus utilisé pour le transport et la distribution d'électricité est le courant alternatif. Les valeurs qui entrent en jeu dans la caractérisation du courant sont l'intensité et la tension.

a. L'intensité : I

L'intensité, mesurée en ampères (A), est la mesure du courant électrique ; c'est la quantité d'électricité qui traverse un conducteur pendant une seconde.

b. La tension : U

La tension, mesurée en volts (V) ou en kilovolts (1 kV = 1 000 V), représente la force fournie à une quantité d'électricité donnée qui va d'un point à un autre.

Pour mieux visualiser ces unités de mesure, il est fréquent de comparer le déplacement électrique à celui d'un fluide : la tension correspond à la pression d'eau présente dans le tuyau, tandis que l'intensité correspond au débit.

Les éoliennes transforment l'énergie du vent en énergie mécanique. Le générateur convertit cette énergie mécanique en énergie électrique, produisant de l'électricité.

En sortie d'éolienne, le courant généré a une tension de 66 kV. Cette tension est élevée à 225 kV à travers le passage du poste de transformation électrique situé sur une plateforme en mer. Puis le courant électrique est transporté jusqu'au poste de raccordement à terre, pour être injecté dans le réseau électrique existant à 225 kV ou 400 kV.

2. La puissance : P

La puissance électrique est mesurée en watts (W) et ses multiples (kilowatts, mégawatts, gigawatts, térawatts). Elle est le produit de la quantité d'électricité qui traverse le conducteur pendant une seconde (Intensité du courant en ampères [A]) et de la tension (en volts [V]) : Puissance = Intensité x Tension.

La puissance d'une éolienne est proportionnelle à la surface balayée par les pales. Autrement dit, plus le rotor de l'éolienne est grand, plus elle peut produire d'électricité. Par conséquent, plus les éoliennes sont grandes, moins elles sont nombreuses pour produire la même puissance.

Pour le prochain parc de 250 MW envisagé à l'issue du débat public, chaque éolienne pourrait disposer d'une puissance de 12 MW (éolienne la plus puissante en cours de développement à ce jour, par General Electric), soit un parc de 21 éoliennes au maximum. Si du fait des progrès technologiques, une éolienne plus puissante était commercialisée, le parc envisagé pourrait avoir moins d'éoliennes mais de plus grande taille (17 avec des turbines de 15 MW).

3. L'énergie : E

L'énergie correspond à une puissance électrique pendant une unité de temps, s'exprime en wattheures [Wh] ou kilowattheures [kWh], MégaWh, GigaWh, TeraWh. Exemple : une ampoule de 75 watts (puissance) qui éclaire pendant 1 000 heures, consomme une énergie de 75 000 Wh, soit 75 kWh.

La consommation électrique totale française est de 473 TWh en 2019 en France dont 170 TWh pour le résidentiel (bilan électrique RTE). Un foyer nécessite de l'énergie pour son chauffage, ses équipements technologiques (téléphones, ordinateurs, télévision, etc.), pour ses équipements ménagers (réfrigérateur, four, micro-ondes...) et bien d'autres. Pour évaluer la consommation annuelle des appareils électriques, il faut prendre en compte la puissance de l'appareil et sa durée annuelle d'utilisation. Pour avoir un ordre d'idées, les consommations de quelques appareils sur un an sont les suivantes :

- réfrigérateur : 350 kWh ;
- aspirateur : 150 kWh ;
- lave-linge : 1 150 kWh ;
- ampoule de basse consommation : 22 kWh.

Pour connaître l'énergie annuelle que peut produire une éolienne en tenant compte de la variabilité du vent, il est nécessaire de définir le facteur de charge.

4. Le facteur de charge

Le facteur de charge est le rapport entre le nombre d'heures de fonctionnement en équivalent pleine puissance et le nombre d'heures de fonctionnement théorique dans l'année (8 760 h). En d'autres termes, il s'agit du ratio entre l'énergie que produit l'éolienne sur une période donnée et l'énergie qu'elle aurait produite durant cette période si elle avait constamment fonctionné à puissance nominale (c'est-à-dire la puissance la plus élevée qu'une unité de production peut délivrer).

Le facteur de charge est variable d'une année à l'autre, puisqu'il dépend des régimes de vent. Selon WindEurope, les facteurs de charge annuels des parcs éoliens en mer en Europe en 2017 étaient compris entre 29 % et 48 %, selon la méthodologie utilisée¹. En 2018, le facteur de charge moyen de l'ensemble des parcs en mer du Nord en fonctionnement était évalué à 37 %². Les perspectives de facteurs de charge des parcs éoliens en mer en développement sont cependant nettement supérieures, de l'ordre de 45 % compte tenu des progrès technologiques. Siemens-Gamesa, exploitant le parc éolien en mer de Hywind en Écosse, déclare même un facteur de charge record de 58 % pour l'année 2019.

Pour une installation de 250 MW d'éoliennes en mer, la quantité d'énergie produite sera de près de 810 GWh/an, pour un fonctionnement annuel équivalent à environ 3 200 heures à pleine puissance³.

D'après EDF, la consommation annuelle d'électricité dans le secteur résidentiel en 2017 est de 151,1 TWh, soit environ 5 200 kWh par ménage⁴. Ainsi, ce projet de 250 MW, sous l'hypothèse d'un facteur de charge de 37 %, permettra de produire l'équivalent de la consommation électrique de plus de 153 000 ménages ce qui serait plus que suffisant pour subvenir à la consommation des ménages de Quimper, Brest et Lorient réunis, recensés par l'Insee en 2016.

5. La variabilité de la production éolienne

Ces dernières années, l'essor des énergies renouvelables a conduit à une modification du bouquet énergétique, appelé à évoluer selon les objectifs fixés par la programmation pluriannuelle de l'énergie. Aux moyens de production pilotables (centrales nucléaires, thermiques à flamme, et une partie des centrales hydrauliques), se sont ajoutés des moyens de productions issus de sources d'énergie variables (éolien, photovoltaïque), soumise aux conditions météorologiques, mais en partie prévisibles.

Ceci tend à augmenter les besoins de flexibilité pour assurer l'équilibre offre-demande, devant être réalisé à chaque instant. RTE a analysé ces besoins dans le cadre de plusieurs publications, dernièrement *via* le Schéma décennal de développement du réseau édition 2019. À un horizon de 15 ans, les flexibilités existantes et prévues *via* la programmation pluriannuelle de l'énergie sont suffisantes pour couvrir les besoins de la flexibilité liés à la production variable. Elles proviennent de diverses sources : moyens de production pilotables, modulation de la consommation, utilisation intelligente de la recharge des véhicules électriques, interconnexions. L'arrivée d'un parc éolien flottant en Bretagne n'appelle donc pas au développement de nouvelles flexibilités.

Pour des horizons de temps plus lointains, RTE prévoit de publier en 2021 un rapport étudiant des scénarios pour le mix électrique à horizon 2050.

6. Autres notions d'énergie électrique

a. La puissance réactive : Q

La puissance réactive s'exprime en Var, abréviation signifiant voltampère réactif. Elle est définie par analogie à la puissance (active) P.

Le courant électrique circulant dans un câble souterrain génère une puissance réactive perturbatrice qui réduit les capacités de transit de l'ouvrage. Cette puissance réactive augmente avec la longueur de câble et peut provoquer également des échauffements des câbles et des surtensions dans le réseau électrique.

4



1 *Offshore Wind in Europe : key trends and statistics 2017*, p. 16.

2 *Offshore Wind in Europe : key trends and statistics 2018*, p. 17-18.

3 Ce qui correspond à un facteur de charge de 37 %, facteur moyen de l'éolien en mer du Nord, selon WindEurope.

4 <https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-a-z/tout-sur-l-energie/le-developpement-durable/l-electricite-dans-le-secteur-residentiel>

On peut maîtriser cette puissance par l'ajout de matériel de compensation (Bobines d'inductance *shunt*: BIS) dans les différents postes électriques selon la configuration du réseau.

Ainsi, il pourrait être nécessaire au vu de la longueur totale de la liaison (sous-marin + souterrain) de créer un poste intermédiaire de compensation électrique à terre, entre le poste en mer et le poste de raccordement au réseau qui sera lui situé à proximité des lignes électriques existantes à 225 et 400 kV.

b. L'effet Joule

L'effet Joule est un effet thermique qui se produit lors du passage du courant électrique dans un conducteur. Il se manifeste par une augmentation de l'énergie interne du conducteur et généralement de sa température. L'effet joule peut être responsable de pertes d'énergie, c'est-à-dire la conversion indésirable, mais inévitable, d'une partie de l'énergie électrique en énergie thermique. C'est le cas, par exemple, des pertes en ligne lors du transport ou de la distribution du courant électrique.

c. La fréquence

La fréquence correspond au nombre de cycles que fait le courant alternatif en une seconde. Elle s'exprime en hertz [Hz]. En France et en Europe, la fréquence nominale est fixée à 50 Hz.

d. Les champs électriques et magnétiques

Dans le domaine de l'électricité, il existe deux types de champs distincts : les champs électriques et les champs magnétiques.

Un champ électrique est produit par la pression de charges électriques (si l'on reprend l'analogie avec l'eau), autrement dit la tension électrique (plus celle-ci est élevée, plus le champ qui en résulte est intense). Il se mesure en volts par mètre (V/m).

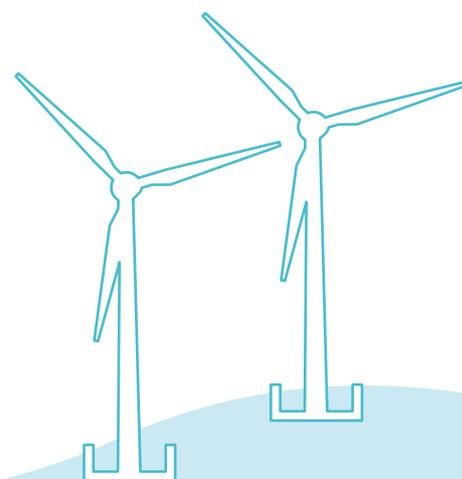
Le champ magnétique apparaît lorsqu'un courant électrique circule (il est d'autant plus important que l'intensité est élevée). Il se mesure en ampères par mètre (A/m), néanmoins l'usage est d'utiliser l'unité qui mesure le flux d'induction magnétique, c'est-à-dire le microtesla (μT)⁵.

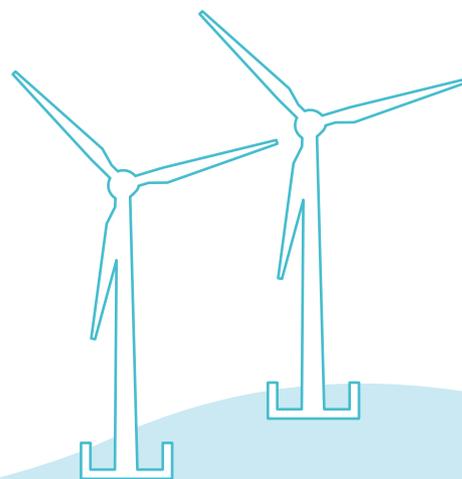
Tous les appareils qui fonctionnent à partir de l'électricité (électroménager, matériel de bureau ou industriel) et les équipements et installations qui servent à la produire (alternateurs et générateurs) et à l'acheminer (lignes et câbles électriques) engendrent des champs électriques et magnétiques quand ils fonctionnent.

En matière d'exposition du public aux CEM50, RTE respecte les limites de l'article 12 *bis* de l'arrêté technique du 17 mai 2001 qui fixe un seuil maximal de 100 μT (champ magnétique) et de 5 kV/m (champ électrique) pour les nouveaux ouvrages. Sur la santé humaine, les autorités sanitaires, nationales, européennes et mondiales, affirment qu'aucun effet lié à l'exposition aux CEM50 n'a été démontré. Une étude bibliographique de l'Ifremer de 2019⁶ sur l'impact des câbles électriques sous-marin conclut que les expériences *in situ* n'identifient pas d'effet significatif sur la faune benthique et halieutique. Les câbles ne constituent pas une barrière au mouvement pour les espèces étudiées. Toutefois, le niveau d'incertitude scientifique étant jugé moyen, des études complémentaires sont nécessaires.

⁵ Dans l'air et la plupart des matériaux, l'équivalence 1 A/m = 1,25 μT est vérifiée.
⁶ <https://doi.org/10.13155/61975>

6





Quelle alimentation électrique pour la Bretagne ?

Les principaux points abordés

Cette fiche présente les principaux chiffres de production et de consommation d'électricité de la Bretagne sur l'année 2018, ainsi que les grands projets en cours.

Pour en savoir plus, il est possible de se référer au bilan électrique de la Bretagne dressé par RTE (année 2018).¹

1. La production d'électricité en Bretagne

a. 17 % de la consommation régionale couverts par la production d'électricité en Bretagne

En 2018, la région Bretagne a produit 3,85 TWh, le solde importateur s'est établi à 18,8 TWh. Pour couvrir ses besoins, la région a importé depuis le réseau national. La production d'électricité en Bretagne a couvert 17 % de la consommation régionale.

L'équilibre entre production et consommation se fait au niveau national et même européen par l'interconnexion des réseaux. Au niveau local, cet équilibre n'est pas assuré à chaque instant. La croissance de la part des énergies éolienne et solaire dans le bouquet électrique vient augmenter cette variabilité. En reliant les territoires, c'est le réseau maillé de RTE qui permet d'assurer cet équilibre.

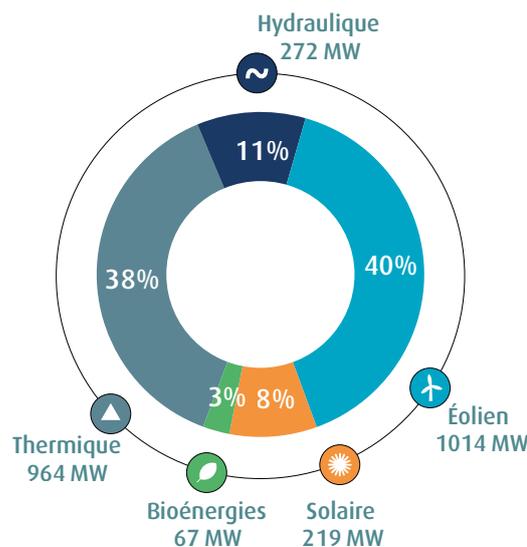
Le réseau de RTE est également interconnecté avec celui de nos voisins européens. Cela renforce la sécurité d'approvisionnement et favorise l'intégration des énergies renouvelables.

b. Un parc régional d'installations composé à 62 % par les énergies renouvelables (EnR)

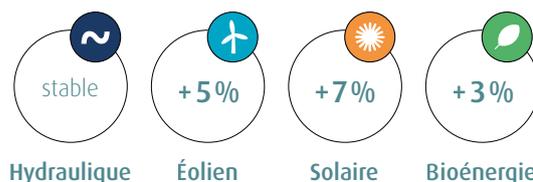
Le parc de production en Bretagne compte en 2018 2 537 MW de puissance installée. C'est 112 MW de plus qu'en 2017, soit 5 % d'augmentation. La principale filière de production d'électricité est l'éolien, représentant 40 % du parc. Elle devance légèrement le thermique à combustible fossile (38 %). L'ensemble des énergies renouvelables représente 62 % en puissance du parc régional d'installations.

En 2018, l'augmentation des capacités installées est portée par le thermique à combustible fossile (+7 %), l'éolien (+5 %) et le solaire (+7 %).

Composition du parc régional d'installations de production d'électricité (au 31 décembre 2018, en MW)



Évolution du parc des énergies renouvelables par filière (par rapport à 2017)



Source : RTE, bilan 2018.

¹ https://www.rte-france.com/sites/default/files/bilan_electrique_2018_bretagne.pdf



c. 75 % de l'énergie électrique produite en Bretagne sont issus des énergies renouvelables

En 2018, 75 % de l'énergie produite en Bretagne était issue des énergies renouvelables. Mais seulement 13 % de la consommation d'électricité de la Bretagne étaient couverts par les filières renouvelables.

La production d'énergie renouvelable a augmenté de 12 % en 2018 en Bretagne et s'établissait à 2,9 TWh grâce aux nouvelles capacités de production installées et à des conditions de vent légèrement plus favorables qu'en 2017.

Avec les nouvelles capacités installées, la filière thermique à combustible fossile voit sa production augmenter de 12 % et compte pour 22 % dans la production totale de la région.

Dans le même temps, la production totale d'électricité française en 2018 a augmenté de 3,7 % grâce à une forte production d'énergie renouvelable et à une meilleure disponibilité des centrales nucléaires.

2. La consommation d'électricité en Bretagne

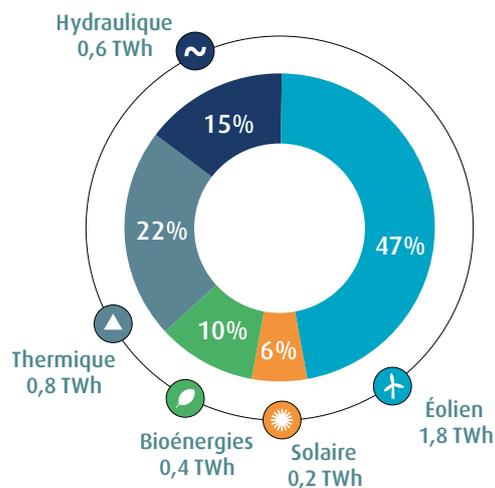
En 2018, la consommation finale d'électricité en Bretagne était en légère hausse de 1 % par rapport à celle de 2017.

La consommation finale du secteur des professionnels et particuliers était en hausse de 1,8 % par rapport à 2017. Ce segment représente 53 % de la consommation régionale.

La consommation des PME/PMI, en légère baisse de 0,3 %, pèse 43 % de la consommation d'électricité de la région. Malgré une hausse marquée pour la grande industrie, + 7,5 %, cette dernière ne représente que 4 % de la consommation totale régionale. C'est la métallurgie qui reste le secteur le plus consommateur (32 %). Le secteur des transports ferroviaires arrive en deuxième position.

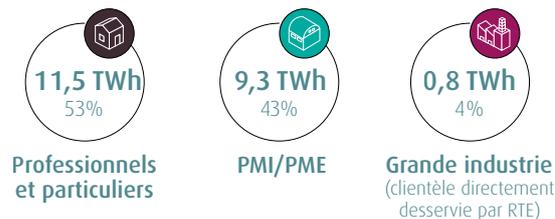
En matière de puissance appelée, elle reste en Bretagne, comme partout en France, sensible à la température. En effet, la pointe en Bretagne en 2017 a été enregistrée le 1^{er} mars avec 5 163 MW à 13 h. Il s'agit de la pointe la plus élevée de ces 10 dernières années.

Énergie produite en Bretagne (2018)



Source : RTE, bilan 2018.

Répartition de la consommation en 2018



Source : RTE, bilan 2018

Eco2mix

Pour tout savoir sur l'électricité en France et dans les territoires, il est possible de télécharger **Eco2mix**, l'application pédagogique gratuite permettant, de façon ludique ou experte, de :

- suivre, heure par heure, les données régionales et nationales du système électrique (consommation et production d'électricité, émissions de CO₂ en France liées à cette production, échanges aux frontières, prix spot, etc.) ;
- visualiser en temps réel les données électriques de Bretagne avec ce qui est consommé, ce qui est produit, ce qui est importé ;
- visualiser en temps réel les données électriques de Brest Métropole et Rennes Métropole ;
- comprendre sa consommation électrique « à la maison » (ordinateur, machine à laver, TV, plaques de cuisson etc.) avec des conseils pour la réduire ;
- agir efficacement en cas d'alerte en appliquant des gestes simples pour éviter ou réduire le risque de déséquilibre du réseau électrique.

3. Et demain ?

a. La centrale à cycle combiné gaz de Landivisiau

Inscrite dans le Pacte électrique breton, la centrale à cycle combiné gaz (CCG) de Landivisiau de 446 MW contribuera à assurer la sécurité d'approvisionnement électrique de la Bretagne. La mise en service de la centrale CCG de Landivisiau est envisagée pour l'hiver 2021-2022².

Une centrale à cycle combiné au gaz naturel est une installation thermique produisant de l'électricité par la combinaison de deux moyens :

- une turbine alimentée en gaz naturel dont la combustion avec l'oxygène de l'air va entraîner un alternateur qui produit de l'électricité, c'est le premier cycle ;
- la récupération de la chaleur des gaz de combustion sortant de la turbine à gaz produit de la vapeur. Cette vapeur va entraîner une turbine, qui, couplée au même alternateur (grâce à un embrayage automatique) produit à son tour de l'électricité, c'est le second cycle.

Cette combinaison permet d'augmenter la production d'électricité pour atteindre un rendement électrique de l'ordre de 58 % (rapport entre la quantité d'électricité produite et la quantité de gaz consommée pour générer cette électricité).

b. L'éolien en mer

Les parcs éoliens en mer ont une puissance en moyenne cinquante fois plus élevée que les parcs terrestres. Avec ses 3 811 km de littoral³, la Bretagne est idéalement placée pour accueillir les énergies marines renouvelables (EMR).

- Le projet « Éoliennes flottantes de Groix et Belle-île » (EFGBI) (date de mise en service indicative : 2022). D'une puissance de 28,5 MW (trois fois 9,5 MW), la ferme pilote d'éoliennes flottantes sera raccordée au réseau électrique par une liaison simple sous-marine puis souterraine à 63 000 volts jusqu'au poste électrique existant de Kerhellegant sur la commune de Plouharnel.
- Le parc éolien en mer de Saint-Brieuc (date de mise en service indicative : 2023). D'une puissance de 500 MW, le parc sera raccordé au réseau électrique par une liaison double sous-marine puis souterraine à 225 000 volts jusqu'au poste électrique existant de La Doberie, sur la commune d'Hénansal.
- Au sud de la Bretagne, le projet d'un parc éolien flottant en mer de 250 MW et d'un parc jusqu'à 500 MW. Leur raccordement au réseau électrique sera mutualisé. (objet du débat public organisé en 2020).

c. Celtic Interconnector

Le projet Celtic Interconnector, porté par RTE et son homologue EirGrid, vise à créer une interconnexion électrique de 575 km (dont environ 500 km en mer) entre la France et l'Irlande pour permettre l'échange d'électricité entre les deux pays. Ce projet à enjeu européen reliera la côte nord du Finistère et la côte sud de l'Irlande. Le projet Celtic Interconnector répond aux enjeux européens en matière de transition énergétique et de lutte contre le changement climatique en facilitant l'évolution vers un bouquet électrique à bas carbone.

Comme suite aux avis recueillis par RTE auprès du public pendant la concertation préalable sous l'égide de la Commission nationale du débat public et auprès des acteurs locaux pendant la concertation dite « Fontaine », le fuseau de moindre impact du projet (corridor au sein duquel, à la suite des études de détail, les tracés et emplacements précis des futurs ouvrages électriques seront définis) a été validé le 25 octobre 2019 par la Direction générale de l'énergie et du climat du ministère de la Transition écologique et solidaire.

Retrouvez les avis sur le projet déposés durant la phase de concertation préalable et tous les documents associés :

<https://www.concertation.celticinterconnector.eu/>⁴

2a



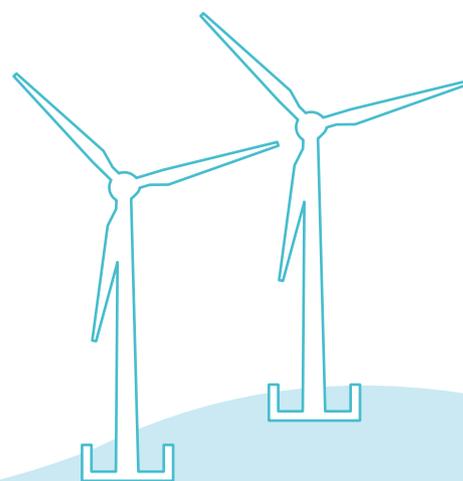
2b



4



² Pour en savoir plus : <http://www.landivisiau-lacentrale.com/> et www.cgedd.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/140625_CCG_Landivisiau_RTE_GRTGaz_29_-_avis_delibere_cle7119d9.pdf
³ Valeur issue d'un calcul fait par le Cerema à partir de la BD Topo de l'IGN. Toutefois, cette longueur dépend de l'échelle de mesure : la valeur donnée correspond à un pas de 100 km. Avec un pas de mesure de 1 km, on aboutirait, à 8 640 km. Le littoral est ainsi considéré comme un exemple de figure fractale.



Quel est l'état d'avancement des énergies renouvelables en mer en France ? Quelle sont les alternatives à l'éolien flottant ?

Les principaux points abordés

Le développement des énergies renouvelables en mer est au cœur de la stratégie énergétique de la France visant à diversifier sa production électrique, réduire sa dépendance énergétique et lutter contre le changement climatique. Plusieurs technologies de production d'énergie renouvelable en mer existent :

- l'énergie éolienne en mer (technologie posée ou flottante), qui utilise le vent ;
- l'énergie hydrolienne, qui utilise les courants marins ;
- l'énergie houlomotrice, qui utilise la houle (vagues) ;
- l'énergie thermique des mers, qui utilise les différences de température entre les eaux de surface et les eaux profondes ;
- l'énergie marémotrice, qui utilise les marées.

Ces technologies sont à des stades de développement divers, l'éolien en mer posé étant le plus avancé. Cette fiche dresse l'état des lieux du développement des énergies marines renouvelables en France et dans le monde.

1. L'éolien en mer

L'énergie éolienne transforme l'énergie mécanique du vent en énergie électrique. Une éolienne en mer, posée sur le fond de la mer ou installée sur un flotteur ancré au fond de la mer, bénéficie de vents plus fréquents, plus forts et plus réguliers qu'une éolienne à terre. La France dispose d'un fort potentiel pour le développement de l'éolien en mer, compte tenu des atouts naturels de son territoire, elle bénéficie en effet du deuxième gisement de vent pour l'éolien en mer en Europe après la Grande-Bretagne.

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. Ce type de technologie est particulièrement adapté dans les zones où la profondeur est faible, généralement moins de 40 mètres ;
- les éoliennes en mer flottantes reposent sur des flotteurs. Ces derniers peuvent être reliés au fond par de simples lignes d'ancrage. Ce type de technologie est particulièrement adapté dans les zones où la profondeur est importante et actuellement jusqu'à des profondeurs de l'ordre de 350 mètres.

À ce jour, le potentiel de développement de l'éolien en mer est concentré majoritairement au large des côtes de Normandie, de Bretagne et des Pays de la Loire 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.

2. L'éolien posé

En France il n'y a pas encore de parc de production installé, mais de nombreux parcs sont en projet à différents stades de développement.

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

En outre, un débat public est en cours depuis le 15 novembre 2019¹ sur des projets éoliens en mer posés au large de la Normandie, dont un projet d'1 GW. La procédure de mise en concurrence doit être lancée en 2020.

a. Sept parcs en cours de développement en France

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 dans le cadre de la PPE 2019-2028.

Première phase

Dans le cadre 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.

¹ Le débat était initialement prévu du 15 novembre 2019 au 15 mai 2020. En raison de l'épidémie de Covid-19 le débat a été suspendu en vertu de l'article 7 de l'ordonnance n° 2020-306 du 25 mars 2020.

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 traduiront par la mise en service des parcs éoliens pour 3 GW entre 2021 et 2023. Les raccordements de ces six projets (hors poste électrique en mer) seront réalisés et financés par RTE.

Deuxième phase

La PPE 2016-2023, publiée par le décret du 27 octobre 2016, prévoit entre 500 MW et 6 GW d'éolien en mer posé attribués.

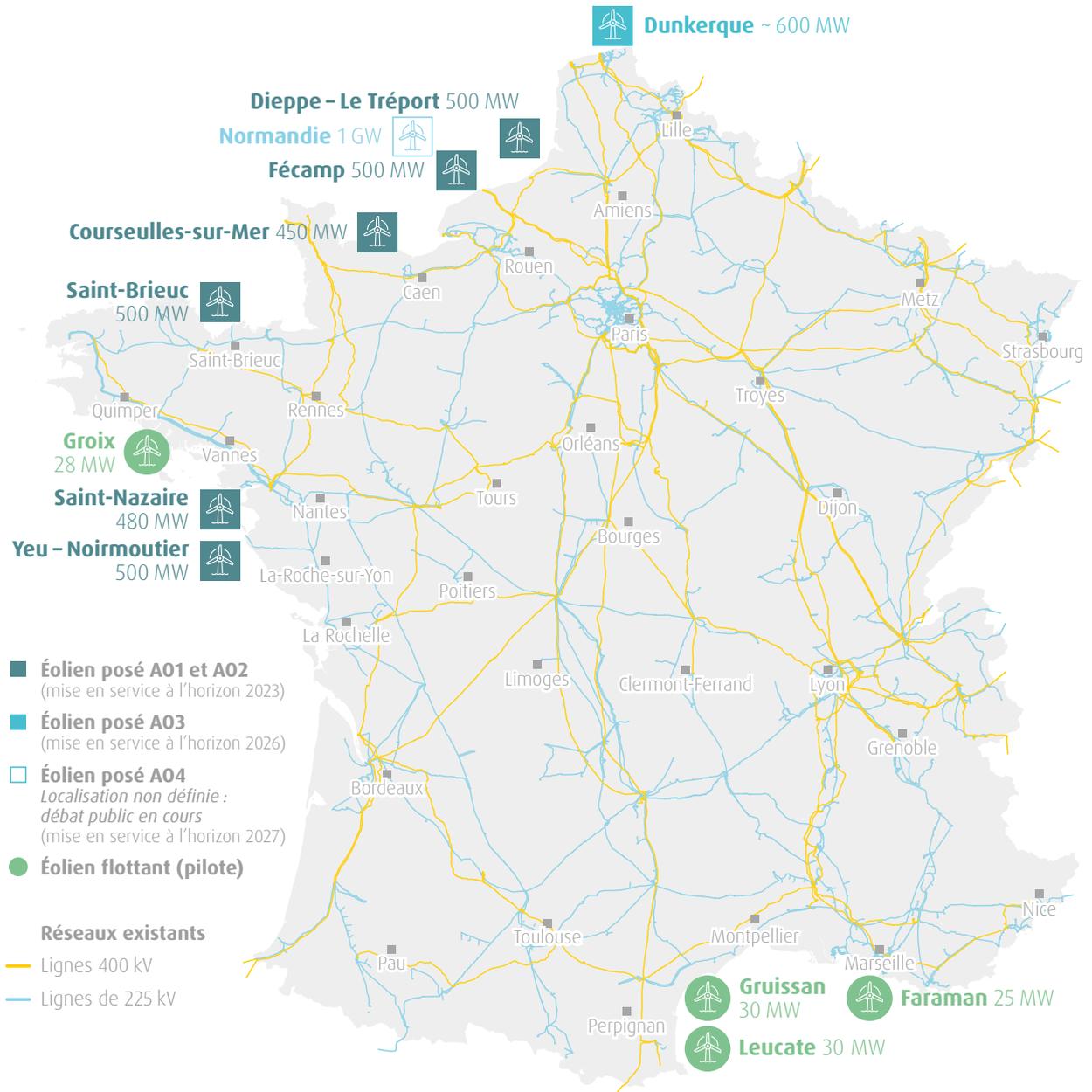
Une troisième procédure de mise en concurrence a donc été lancée par l'État en 2016 pour un projet allant jusqu'à 600 MW au large de Dunkerque. La définition de la zone de projet a fait l'objet d'une consultation des acteurs locaux et du public en 2016 sous l'égide du préfet coordonnateur de façade et 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.

Troisième phase

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

L'emplacement des projets éoliens en mer issus des précédents appels d'offres en France



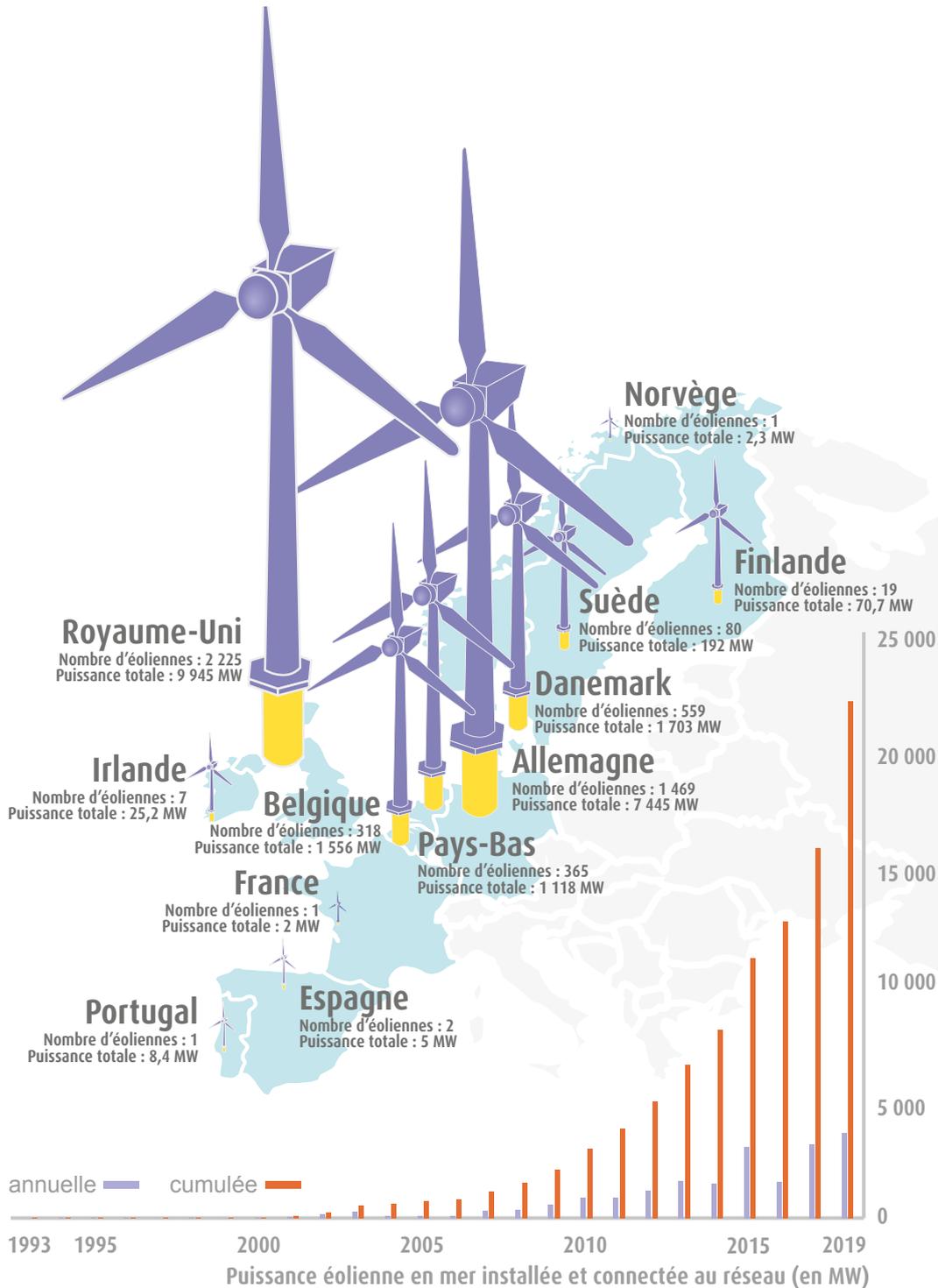
b. En Europe

L'éolien posé en mer s'est développé de manière plus rapide chez nos voisins européens. L'Allemagne, la Belgique, le Royaume-Uni, les Pays-Bas et le Danemark sont les plus gros producteurs d'électricité éolienne en mer. Les premiers parcs en Europe ont été inaugurés dès le début des années 1990.

En Europe en 2019, 502 nouvelles turbines en mer ont été raccordées au réseau via 18 projets pour environ 3,6 GW de puissance installée supplémentaire.

Au total, l'Europe dispose de 22 GW de puissance installée dans 12 pays.

Puissance installée des éoliennes en mer dans les principaux pays européens producteurs (fin 2019)



Source : WindEurope.

c. Dans le monde

La Chine progresse dans l'éolien en mer et figure désormais parmi les leaders du marché. En 2018, la Chine a raccordé 1,6 GW de capacité éolienne en mer, soit la plus grande progression mondiale.

L'Inde, la Corée et Taiwan ont également des objectifs ambitieux, tandis que d'autres pays, dont le Japon et le Canada, jettent les bases d'un futur développement éolien en mer².

3. L'éolien flottant

La filière éolienne flottante est aujourd'hui au stade de développement pré commercial. En s'affranchissant des limites de profondeurs liées aux fondations nécessaires dans la technologie posée, l'éolien flottant facilite l'installation et la maintenance des équipements. Cette technologie élargit les potentiels de gisements. La France détiendrait le second gisement européen dont une part conséquente au large des côtes bretonnes (46,1 GW en éolien flottant dont 27 % en Bretagne et 20,1 GW en posé dont 23 % en Bretagne)³, après le Royaume-Uni (48 GW).

a. En France

La filière a bénéficié d'un appel à projets du programme d'investissements d'avenir géré par l'ADEME pour le déploiement de fermes pilotes, lancé en août 2015, dont l'objectif est de tester plusieurs technologies de flotteurs. Dans ce cadre, quatre projets, chacun d'une puissance de 24 MW à 30 MW, ont été désignés lauréats en 2016 :

- le projet « Provence Grand Large » porté par EDF Renouvelables, avec trois turbines Siemens-Gamesa de 8 MW et des flotteurs SBM, sur la zone de Faraman en Méditerranée ;
- le projet « Les éoliennes flottantes golfe du Lion » porté par Engie/EDPR/CDC, avec trois turbines General Electric de 10 MW et des flotteurs Eiffage/PPI, sur la zone de Leucate en Méditerranée ;
- le projet « EolMed » porté par Quadran à Gruissan en Méditerranée qui se compose de trois éoliennes MHI Vestas de 8 MW et de flotteurs Bouygues Travaux Publics et Ideol ;
- le projet « Éoliennes flottantes de Groix et Belle-île » (EFGBI) porté par EOLFI/CGN au large des îles de Groix et Belle-île en Bretagne qui se compose de trois éoliennes MHI Vestas de 9,5 MW et de flotteurs de conception DCNS.

Les quatre projets de fermes pilotes sont soutenus au total à hauteur d'environ 300 M€ d'aide à l'investissement par le Programme des investissements d'avenir. La production d'électricité bénéficie d'un tarif d'achat à 240 €/MWh sur 20 ans.

Ce coût a vocation à baisser rapidement dans le cadre des futures fermes commerciales, et une convergence est anticipée, entre les prix de l'éolien flottant et ceux de l'éolien posé d'ici une dizaine d'années.

Le projet d'éoliennes flottantes au sud de la Bretagne sera le premier projet commercial français.

Les projets démonstrateurs d'Eolink et de Floatgen

Les éoliennes en mer d'Eolink et de Floatgen ont été les premières éoliennes flottantes installées sur les côtes françaises à exporter de l'électricité vers le réseau de transport d'électricité. Installées au large de Sainte-Anne-du-Portzic dans le Finistère pour Eolink, et au large du Croisic en Loire-Atlantique pour Floatgen, elles sont entrées en production en 2018.

- Le projet Floatgen a débuté en 2013 et a réuni sept partenaires européens : Ideol a conçu le système flottant (la fondation, le système d'ancrage et la configuration du câble de transport d'électricité) et a fourni l'éolienne de 2 MW ; l'École Centrale de Nantes (SEM REV) a fourni le système d'ancrage et a mis à disposition son site d'essais en mer ; Bouygues Travaux Publics a construit la fondation flottante. Ce projet a été soutenu par l'Union européenne (UE) dans le cadre du septième programme-cadre européen de recherche et de développement (FP7), par l'ADEME dans le cadre du Programme des investissements d'avenir et par la Région Pays de la Loire.
- Lancé en 2017, le projet d'Eolink a permis de tester une éolienne flottante de 12 MW à l'échelle 1/10^e, dans le cadre d'un partenariat avec l'Ifremer. Eolink a conçu et mis au point l'ensemble du système : turbine, flotteur, ancrages et contrôle-commande. L'Ifremer a mis à disposition son site d'essais en mer et a procédé à l'installation des parties sous-marines (ancrage et câble d'export). L'éolienne a été connectée au réseau en avril 2018. Ce projet a été soutenu par la Région Bretagne.⁴

b. À l'étranger

En Écosse

Hywind (Statoil), démonstrateur et ferme pilote de 30 MW

À la suite d'une démonstration satisfaisante sur les côtes norvégiennes, le premier parc d'éoliennes flottantes au monde a été inauguré en octobre 2017 à 30 km au large de Peterhead en Écosse.

Le projet Hywind, de 30 MW, est porté par les sociétés Statoil et Masdar. Il comprend cinq turbines de 6 MW, 253 mètres de haut, ancrées par des câbles à 78 mètres sous la mer.

Le porteur de projet travaille également sur un projet de stockage de l'énergie avec des batteries au lithium, Batwind.



² <https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/about-wind/statistics/WindEurope-Annual-Statistics-2018.pdf>

³ <https://bretagne.ademe.fr/retours-dexperience/energies-renouvelables-et-reseaux-de-stockage/eolien/eolien-en-mer-ou-offshore>

⁴ Pour en savoir plus : www.ifremer.fr

Kincardine (Écosse, 4C Offshore) : ferme pilote de 50 MW

En mars 2017, le Gouvernement écossais a donné son accord pour le parc éolien flottant de Kincardine composé de huit turbines de 6 MW. Kincardine est situé à environ 15 km au sud-est d'Aberdeen.

Le parc éolien de Kincardine a une capacité de production autorisée de 50 MW et comprendra huit générateurs d'éoliennes à axe horizontal à trois pales. Les profondeurs d'eau du site se situent entre 45 et 143 m.

Au Portugal**WindFloat (EDP-R, Engie, PP), démonstrateur et ferme pilote de 25 MW**

Après cinq années de tests, le démonstrateur d'éolienne flottante Windfloat, installé au large du Portugal, est passé au stade de ferme pilote. La première plateforme WindFloat Atlantic équipée d'une turbine a quitté le port de Ferrol pour rejoindre sa destination finale, à 20 km des côtes de Viana do Castelo, au Portugal le 21 octobre 2019. L'installation comprendra trois structures flottantes de 30 mètres dont les colonnes sont distantes de 50 mètres les unes des autres.

Au Japon**Fukushima (Marubeni), démonstrateurs 2 MW, 7 MW, appels d'offres pour fermes commerciales**

Le Japon est un pays à fort potentiel pour le développement de l'éolien flottant compte tenu de la profondeur de ses côtes et du gisement éolien.

Plusieurs démonstrateurs d'éolien flottant sont déjà installés au Japon, notamment dans le cadre du consortium Fukushima Forward. En 2015, la société française Ideol a annoncé avoir signé un contrat avec le groupe Hitachi Zosen portant sur deux démonstrateurs. En 2016, la société a annoncé le lancement de la phase de construction du premier démonstrateur en acier.

Début 2018, le NEDO (New Energy and Industrial Technology Development Organisation) a annoncé le lancement de deux appels d'offres pour soutenir le développement de projets éoliens en mer flottants dans le pays.

4. L'état d'avancement des autres énergies marines renouvelables

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.

a. 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 à 3 GW environ en France métropolitaine, soit 30 % de la ressource européenne, situé au Raz Blanchard en Normandie et au passage du Fromveur en Bretagne. Plusieurs projets⁵ de démonstrateurs d'hydrolienne marine ont été immergés et connectés au réseau électrique avec succès. Un appel à projets de l'ADEME pour des

fermes pilotes d'hydroliennes pré commerciales a également été lancé dans le Raz Blanchard, avec deux projets lauréats. Les zones propices à l'installation d'hydroliennes de grandes dimensions (bathymétrie adaptée et forts courants) sont cependant rares. Le potentiel technique limité à l'échelle de la planète et les coûts relativement élevés font de l'hydrolien une technologie de niche.

b. Houlomoteur

Concernant l'énergie houlomotrice, l'ADEME évalue la capacité théorique du littoral français à 400 TWh avec l'objectif d'exploiter 10 % de ce potentiel, principalement sur la façade atlantique. Cette technologie n'est cependant qu'au stade de la recherche et du développement. 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.

c. L'énergie thermique des mers

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 de la façade Nord Atlantique-Manche Ouest : les différences de température entre la surface et le fond, et la profondeur de la mer, ne sont pas assez importantes pour produire de l'électricité, mais peuvent être intéressantes pour produire de la chaleur ou du froid (avec par exemple un projet de géothermie marine à Marseille⁶).

d. 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.

L'usine marémotrice de la Rance de 240 MW est déjà en service, mais utilise l'énergie du barrage sur la rivière plus que l'énergie de la marée.

La poursuite du développement des énergies renouvelables en mer nécessite une politique industrielle engagée, volontariste et incitative. À ce titre, la France dispose de nombreux acteurs, laboratoires et organismes scientifiques et industriels qui possèdent les compétences et l'expertise pour créer une filière industrielle française compétitive pour gagner de nouveaux marchés en Europe et dans le monde. Le développement des énergies renouvelables en mer se poursuit dans le cadre d'une gestion intégrée de l'environnement en concertation avec les différents acteurs et en cohérence avec les autres énergies renouvelables.

Si de nombreux projets de recherche et développement permettront d'identifier les potentiels énergétiques et économiques des technologies d'énergies renouvelables en mer, elles ne constituent pas des alternatives à l'éolien en mer, posé ou flottant, pour les prochaines années.

5 Hydrolienne Sabella de 1 MW immergée à Ouessant en octobre 2018, hydrolienne Guinard Énergies de 250 kW immergée à Étrel en février 2019, hydrolienne OceanQuest de 1 MW immergée à Paimpol-Bréhat en avril 2019.

6 Pour en savoir plus, détail du projet Thassalia sur le site du porteur de projet : <https://www.engie.com/activites/electricite/geothermie-marine/>



La filière éolienne maritime en France

« Focus sur les régions Bretagne, Normandie et Pays de la Loire » – 2019

Total des emplois directs et indirects : 15 060

Conception et développement : **400 emplois**

Construction : **13 820 emplois**

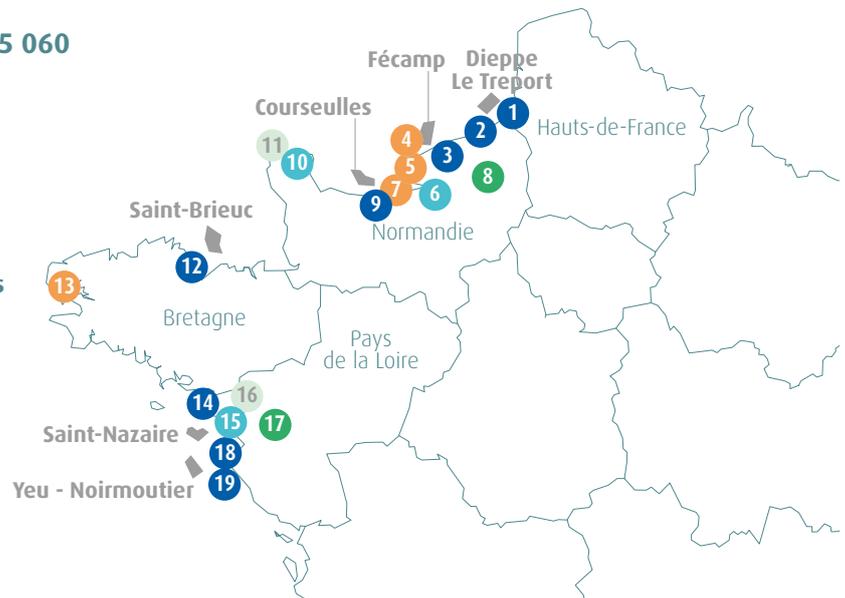
Construction des éoliennes : **6 770 emplois**

Construction des autres composants (câbles inter-éoliennes, fondations, sous-stations, raccordements, travaux) : **7 050 emplois**

Exploitation et maintenance (25 ans) : **840 emplois**

Ces chiffres concernent l'ensemble de la France pour l'éolien en mer posé. Les chiffres de la carte se focalisent sur les régions dans lesquelles les appels d'offres ont été attribués. Les sous-traitants ne sont pas indiqués.

- Usine existante
- Usine en construction
- Usine en projet
- Centre d'ingénierie existant
- Plateforme logistique
- Centre de maintenance



1 2 Dieppe - Le Tréport
Maintenance
125 emplois directs

3 Fécamp
Maintenance
100 emplois directs

4 5 6 Le Havre
• Construction et assemblage d'éoliennes
• Deux usines et une plateforme logistique en projet par Siemens-Gamesa (pales, nacelles et logistique)
• Mise en service en 2021
750 emplois directs
1 500 emplois indirects

7 Le Havre
• Construction de fondations
• Usine en projet
600 emplois directs

8 Rouen
• Centre d'ingénierie
• Centre d'ingénierie et R&D créé en 2013 par Siemens-Gamesa

9 Ouistreham
Maintenance
100 emplois directs

10 Cherbourg
• Plateforme logistique
• En création par GE Renewable Energy
80 emplois directs

11 Cherbourg
• Production de pales
• Usine en construction par LM Wind Power
• Mise en service en 2018
600 emplois directs
2 000 emplois indirects

12 Saint-Quay-Portrieux
Maintenance
Plus de 100 emplois directs

13 Brest
Construction de fondations
500 emplois directs

14 La Turballe
Maintenance
100 emplois directs

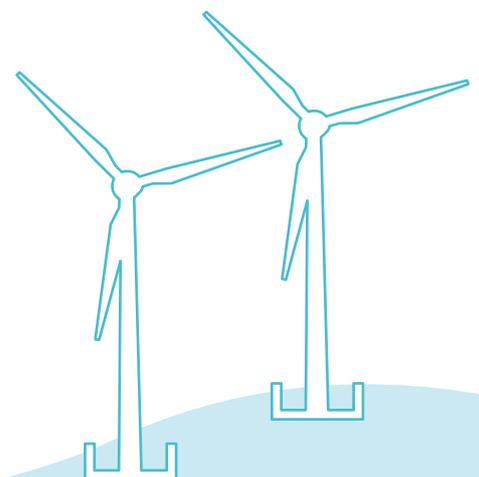
15 Saint-Nazaire
• Plateforme logistique
• En création par GE Renewable Energy
80 emplois directs

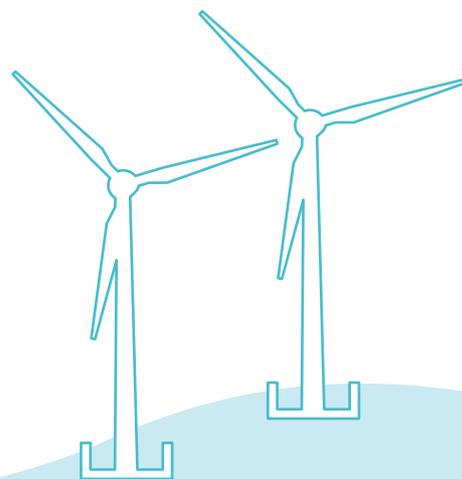
16 Saint-Nazaire
• Production de nacelles
• Mise en service en 2014 par GE Renewable Energy
470 emplois directs
1 200 emplois indirects

17 Nantes
• Centre d'ingénierie
• Créé en 2013 par GE Renewable Energy (siège mondial Offshore)
300 emplois directs
600 emplois indirects

18 19 Yeu-Noirmoutier
Maintenance
125 emplois directs

Source : Syndicat des Énergies Renouvelables.





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.

1. L'éolien flottant au niveau mondial

En matière d'éolien flottant, les marchés et potentiels les plus prometteurs sont les États-Unis (6 GW), la Chine (5 GW), Taïwan (1,5 GW), l'Écosse (4 GW) et le Japon (4 GW) pour des puissances en service avant 2030. En Europe et dans le bassin méditerranéen, l'Espagne, le Portugal et la Turquie 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 au flottant, sera très probablement un des leaders européens de l'éolien flottant.

La Turquie a aussi engagé une réflexion incluant un zonage afin de lancer des appels d'offres pour des zones propices au flottant. Le potentiel est supérieur à 2 GW. Le lancement de ces appels d'offres pourrait intervenir d'ici 2020.

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* les 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.

2. 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.

L'Asie (Chine, Taïwan) et les États-Unis constituent désormais des pôles de croissance majeurs.

Le Royaume-Uni tient le haut du pavé en matière de puissance installée, avec près de 50 % des capacités européennes, suivi par l'Allemagne (7,445 GW), le Danemark (1,703 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 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 l'éolien en mer flottant converge avec les prix du posé d'ici la fin de la décennie.

Vue d'ensemble des parcs éoliens en mer raccordés à 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	25,2	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	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"

En effet, 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 la puissance des machines, industrialisation) sont le moteur de la réduction des coûts. La maturité de la filière fait baisser les coûts de financement à partir des années 2015.

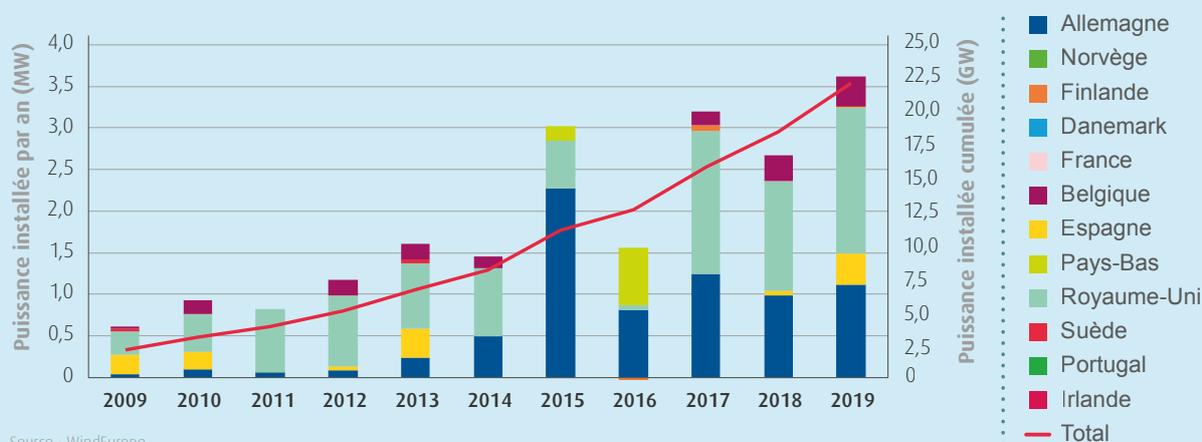
Ainsi plusieurs États européens ont-ils mis en œuvre des politiques publiques visant à soutenir le développement de l'éolien en mer. Considérant la chute des prix des projets, les retombées socio-économiques allant de pair, et les services rendus au système

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.

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, Bard Engineering, GE Renewable Energy.

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



1



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

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 sur cette technologie, en Europe. La concurrence mondiale est

toutefois forte, avec un intérêt particulier de pays comme le Japon, les États-Unis, 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 du projet d'éoliennes flottantes au sud de la Bretagne, puis en Méditerranée dans les années à venir.

Les projets de fermes pilotes flottantes dont la mise en service interviendra d'ici trois ans en Europe

Pays	Parc éolien flottant en mer	Puissance (MW)	Type de flotteur	Nombre et modèle des turbines	Date prévisionnelle de mise en service
Portugal	WindFloat Atlantic Phase 1	25,0	Semi-submersible	3 x V164-8,4MW (MHI Vestas)	2020
France	EolMed	24,0	Barge	4 x 6,2M152 (Senvion)	2021-2022
	Provence Grand Large	28,5	Plateforme avec ancrage à lignes tendues	3 x V164-9,5MW (MHI Vestas)	2021
	Éoliennes flottantes du golfe du Lion	30,0	Semi-submersible	3 x V164-10MW (MHI Vestas)	2022
	Éoliennes flottantes de Groix/Belle-île	28,5 plate-forme avec ancrage à lignes tendues	Plateforme avec ancrage à lignes tendues	3 x V164-9,5MW (MHI Vestas)	2022
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

3. 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, qui 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 2018, la plus grande usine de fabrication de pales pour l'industrie éolienne a été conçue à Cherbourg par LM Wind Power. L'usine employait environ 300 personnes en 2019 et prévoit à terme 600 emplois directs et 2 000 emplois indirects.

D'autres déploiements industriels devraient se concrétiser prochainement avec :

- la création, au Havre, en 2021, 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, une partie de l'assemblage des composants et 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. En effet, les sites se « spécialisent » car cela nécessite de forts investissements rendant difficile de tout faire partout.

Au-delà de ces nouvelles implantations industrielles, 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).

Anticipant les besoins de ces projets, 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 (par exemple la production ou l'assemblage des fondations) des éoliennes en mer posées comme flottantes. En 2018, 2 085 emplois directs étaient recensés pour les énergies marines renouvelables en France selon l'Observatoire des énergies de la mer, consacrés à plus de 80 % à l'éolien en mer.

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

4. 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 terre », c'est-à-dire 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.

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, en particulier pour les technologies de flotteurs béton ;
- fournitures 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 Énergie, Eiffage Metal, etc.). La compétitivité de la technologie flottante nécessite le développement d'usines à même de construire en masse des flotteurs (alors que ces installations n'existent pour le moment nulle part, la France s'est positionnée pour développer de telles infrastructures, à destination du marché français et export) ;
- équipements électriques (contrôle, instrumentation, automatisation, détecteurs, mesure de tension des chaînes, mesure des mouvements du système, données météo) ;
- production et installation des turbines et de leurs composants (identiques à l'éolien en mer posé) ;
- système de contrôle et d'acquisition de données (*data center*) ; logiciels spécialisés ;
- création d'une structure industrielle pérenne pour la production de *jackets* et de flotteurs, en béton ou en acier, pour la production et l'assemblage ;
- 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 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. Ainsi, un complexe industrialo-portuaire dédié à l'éolien flottant installé sur la façade atlantique alimenterait le marché domestique à construire entre 2023 et 2030, en augmentant progressivement la cadence annuelle puis le marché nord européen. De la même façon, un complexe industrialo-portuaire dédié à l'éolien flottant installé sur la façade méditerranéenne française est susceptible d'alimenter à la fois le marché domestique et le marché méditerranéen.

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.

Zoom sur les fermes pilotes issues de l'appel à projets de l'ADEME de 2015

Les principaux points abordés

Cette fiche présente les fermes pilotes issues de l'appel à projets de l'ADEME en 2015 :

- le contexte et les objectifs de l'appel à projets ;
- la présentation des quatre projets lauréats ;
- un zoom sur le projet d'« Éoliennes flottantes de Groix et Belle-Île » (EFGBI).

Quelles seraient les grandes caractéristiques des deux parcs éoliens flottants au sud de la Bretagne ?

Eolink et Floatgen, premières éoliennes flottantes en France

Inaugurée en 2017, Floatgen est la première éolienne installée dans les eaux françaises. Démonstrateur flottant d'une puissance de 2 MW, elle se trouve au large du Croisic, sur le site d'expérimentation en mer de l'École centrale de Nantes (SEM-REV). Soutenu par l'Union européenne (UE), l'ADEME et la Région Pays de la Loire, le projet réunit sept partenaires européens parmi lesquels les constructeurs Ideol (concepteur du système flottant et fournisseur de l'éolienne) et Bouygues Travaux Publics (constructeur du flotteur). Le flotteur en béton a été construit dans le port de Saint-Nazaire. Le système d'ancrage (ancrage avec lignes d'ancrage en fibre synthétique et acier) a été fabriqué par la société LeBéon Manufacturing à Lorient. Raccordée au réseau électrique en 2018, Floatgen peut alimenter en électricité près de 5 000 habitants.

Pour plus d'information, le site du projet Floatgen est accessible *via* le lien suivant : <https://floatgen.eu/fr>¹

PME bretonne développant l'éolien flottant, Eolink a installé en 2018 un démonstrateur de 1,2 MW à l'échelle 1/10^{ème} sur le site expérimental de l'Ifremer à Sainte-Anne-du-Portzic. Cette éolienne est relativement innovante puisque le mât conventionnel est remplacé par quatre bras et le flotteur mobile permet d'orienter les pales face au vent. L'ensemble de la conception a été réalisé par Eolink sur le technopôle de Plouzané. La plupart des sous-traitants (fabrication du flotteur et des pales, composants électriques, usinages, transport) sont des entreprises du Grand Ouest. Ce projet a bénéficié de fonds de la Région Bretagne.

Pour plus d'information, le site d'Eolink est accessible *via* le lien suivant : www.eolink.fr/fr²

Quelle sécurité pour l'ancrage des éoliennes en cas de tempête ou de collision avec un navire ou une épave ?

1. Pourquoi des fermes pilotes ?

Compte tenu du potentiel de développement que représente l'éolien flottant, la France a initié assez tôt la montée en puissance de cette filière en lançant en 2015 un appel à projets, baptisé EolFlo, pour accompagner la création de fermes pilotes d'éoliennes flottantes.

EolFlo est piloté par l'ADEME, et s'inscrit dans le cadre de l'action « Démonstrateurs de la transition écologique et énergétique » du Programme d'investissements d'avenir, qui promeut des filières d'avenir en finançant des projets de recherche, développement, d'innovation et d'industrialisation. Cet appel à projets permet aux lauréats de bénéficier d'une aide à l'investissement sous forme de subventions et d'avances remboursables, et d'une aide au fonctionnement sous la forme d'un tarif d'achat garanti³ de

électricité pendant 20 ans avec partage des bénéfices avec l'État. Les projets lauréats bénéficient ainsi d'une visibilité à long terme sur les recettes de leurs projets, ce qui contribue à sécuriser leur investissement.

Une ferme pilote en mer d'éoliennes flottantes est l'installation, à petite échelle et en conditions réelles d'exploitation, d'un ensemble d'éoliennes flottantes et de leur système d'injection de l'électricité produite dans le réseau public. L'étape de réalisation de fermes pilotes est cruciale et nécessaire, elle amorce le passage de cette filière innovante vers un développement à plus grande échelle commerciale.

1



2



3 Pour les fermes pilotes, le tarif de rachat est de 240 €/MWh

2. Les quatre projets lauréats

Quatre projets ont été désignés en 2016 lauréats de l'appel à projets : trois sont situés en Méditerranée, et un projet est situé au sud de la Bretagne.

Chacune des quatre fermes pilotes expérimente une combinaison turbine/flotteur/ancrage différente pour faire émerger les meilleures technologies et obtenir rapidement un coût de production de l'électricité compétitif.

Une éolienne flottante est constituée de trois composants principaux que sont le flotteur, la turbine et un système d'ancrage fixant la structure au fond marin. La fiche #15 sur les caractéristiques du parc apporte des précisions sur les

technologies d'une éolienne flottante. Il existe quatre technologies principales de flotteur : semi-submersible, TLP (majoritairement immergé et maintenu par des lignes d'ancrage tendues), barge (ouverte au centre) et SPAR (bouée crayon). Les turbines utilisées actuellement pour les premiers projets d'éolien flottant sont identiques à celles utilisées pour l'éolien en mer posé. En ce qui concerne l'ancrage, les lignes de mouillages peuvent être de trois sortes : caténaire, tendues ou semi-tendues, en fonction de la technologie choisie pour le flotteur et de la nature des fonds. La fiche #18 sur la sécurité des ancrages apporte des précisions à ce sujet.

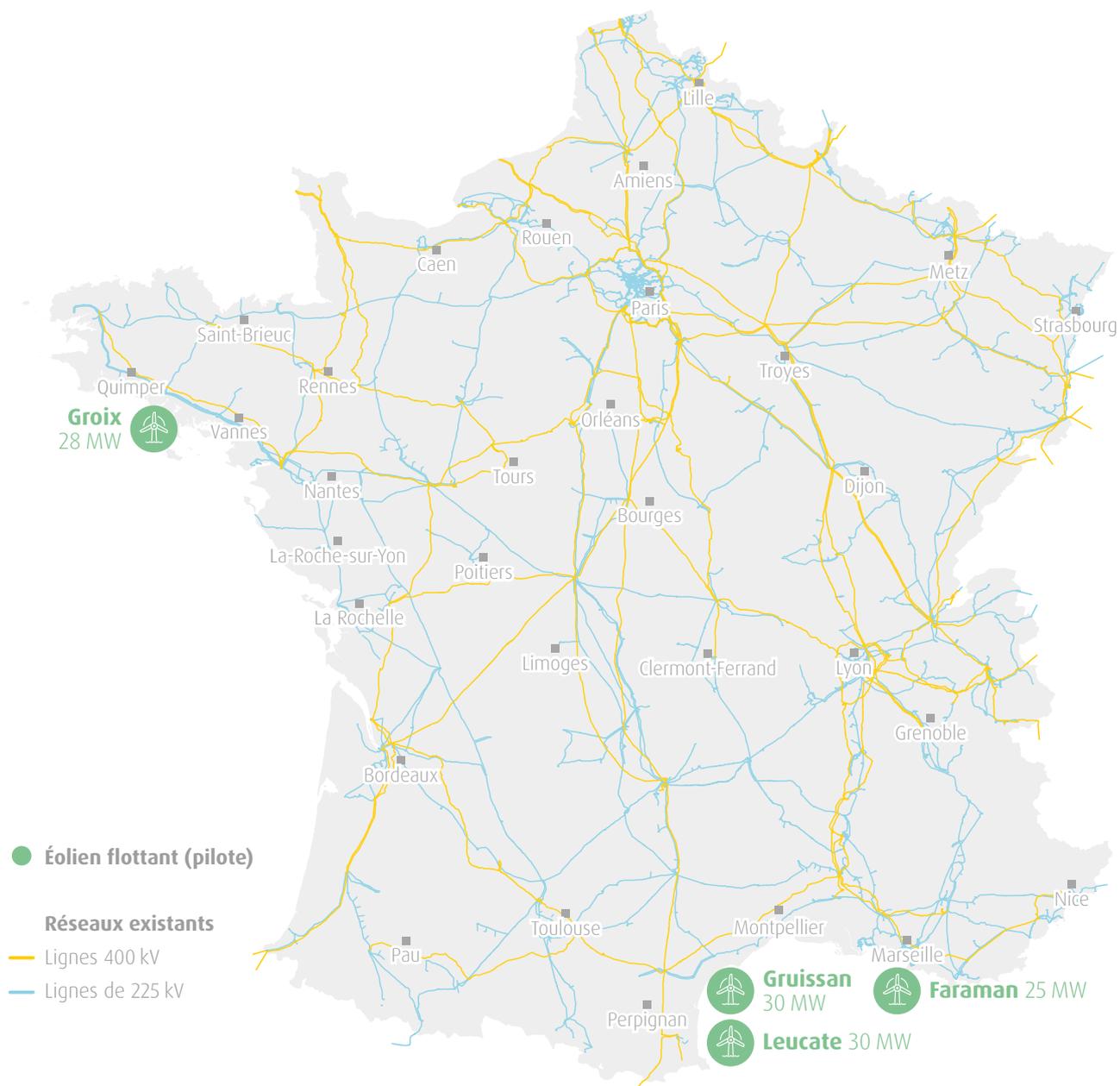
Projet	Porteur de projet	Localisation (au large de)	Distance à la côte	Nombre d'éoliennes	Turbines	Technologies	Raccordement
Provence Grand Large (PGL)	EDF Re	Port-Saint-Louis-du-Rhône (Provence-Alpes-Côte d'Azur)	17 km	3	Siemens 8,4 MW	TLP SBM-Offshore en acier et ancrages tendus à 6 câbles acier 	29 km jusqu'au poste électrique de Port-Saint-Louis-du-Rhône (63 000 V)
Éoliennes flottantes du golfe du Lion (EFGL)	Engie, EDPR, CDC	Le Barcarès et Leucate (Occitanie)	16 km	3	MHI Vestas 10 MW	Semi-submersible Eiffage/PPI en acier et ancrages caténaire à 3 chaînes acier 	21 km jusqu'au poste électrique de Salanques à Saint-Laurent-de-la-Salanque (63 000 V)
Éoliennes flottantes de Groix et Belle-île (EFGBI)	EOLFI, CGN Europe Energy et la Banque des Territoires	Lorient, Groix et Belle-île (Bretagne)	Le projet se situe à environ 14 km de Groix, 19 km de Belle-île et 22 km du continent	3	MHI Vestas 9,5 MW	Semi-submersible Naval Énergies en acier et ancrages caténaire à 5 lignes en acier 	33 km jusqu'au poste électrique de Kerhellegant à Plouharnel (63 000 V)
EolMed	Qair	Gruissan et Port La Nouvelle (Occitanie)	18 km	3	MHI Vestas 10 MW	Barge Ideol en béton et ancrages semi-tendus à 6 lignes polyester 	27 km jusqu'au poste électrique de Port-la-Nouvelle (63 000 V)

Après les phases de concertations publiques sur les projets, les autorisations administratives nécessaires à la construction et au raccordement des fermes pilotes ont été délivrées aux porteurs de projets et à RTE : concession d'utilisation du domaine public maritime, autorisation environnementale et déclaration d'utilité publique pour le raccordement à terre. Les quatre turbines initialement prévues pour les fermes EolMed (Senvion) et EFGBI (General Electric) sont finalement indisponibles et doivent être remplacées par trois turbines plus puissantes fabriquées par MHI Vestas, obligeant ainsi les porteurs de projet à adapter leurs autorisations administratives.

L'arrêté permettant à ces quatre fermes pilotes de bénéficier d'un tarif d'achat de l'électricité garanti pendant vingt ans a été signé en avril 2020 par la ministre de la Transition écologique et solidaire.

La création de fermes pilotes est nécessaire pour lancer la filière de l'éolien flottant en France. Ce dispositif expérimental doit permettre de tester différentes solutions et apporter un retour d'expérience pour améliorer la maîtrise des parcs éoliens flottants (technologies, mesures « éviter, réduire, compenser », modalités de construction et d'installation en mer et de démantèlement, etc.) et assurer le développement de parcs commerciaux. Enfin, en contribuant à la connaissance et à l'anticipation des risques liés au développement de projet éolien en mer flottant, les fermes pilotes participent à la diminution du prix d'achat de l'électricité produite.

Les quatre fermes pilotes lauréates de l'appel à projets de l'ADEME en 2015



3. Projet « Éoliennes flottantes de Groix et Belle-île » (EFGBI)

Ce projet est porté par la société Ferme éolienne flottante de Groix et Belle-île (FEFGI), un consortium regroupant EOLFI, CGN Europe Energy et la Banque des Territoires. EOLFI, le mandataire du consortium, dispose d'une implantation à Lorient. Racheté par Shell fin 2019, EOLFI est spécialisé dans le développement de projets d'énergies renouvelables en France et à l'international. Depuis sa création en 2004, le groupe centre son action sur l'éolien terrestre et le photovoltaïque. Le projet EFGBI constitue une étape importante de l'élargissement de son activité vers les énergies marines. CGN Europe Energy, filiale de CGN, énergéticien majeur chinois, a pour activité principale l'investissement, le développement et la gestion d'actifs de projets d'énergies renouvelables en Europe. EFGBI constitue pour CGNEE, centrée sur les énergies renouvelables terrestres (éolien et photovoltaïque), un premier pas dans le domaine des énergies marines. Enfin, la Banque des Territoires, direction de la Caisse des dépôts et consignations, participe au développement économique local en accompagnant l'installation d'énergies marines renouvelables en Bretagne.

a. Le calendrier

Lauréat en juillet 2016, le consortium et RTE s'impliquent depuis lors dans un processus de concertation avec le public : exposition itinérante durant l'été 2018, participation aux événements locaux, etc. Les études environnementales et l'étude d'impact ont été réalisées jusqu'au dépôt des dossiers d'autorisations en novembre 2017. Les études de site (notamment les campagnes géophysique et géotechnique) doivent se poursuivre jusqu'en 2022 en parallèle des études d'ingénierie et de design. Le porteur de projet de la ferme et RTE ont obtenu l'ensemble des autorisations administratives nécessaires en mai 2019. L'arrêté complémentaire modifiant l'autorisation environnementale pour passer de quatre à trois éoliennes plus puissantes et l'arrêté approuvant l'avenant à la concession ont été signés le 17 décembre 2019.

La décision finale d'investissement est prévue début 2021, lançant ainsi la construction des différents éléments constitutifs des éoliennes. L'installation de la ferme doit avoir lieu en 2022.

b. La concertation et l'enquête publique

Le projet « Éoliennes flottantes de Groix et Belle-île » (EFGBI) s'inscrit dans une démarche de concertation qui a commencé en 2013 dans le cadre de la Conférence régionale pour la mer et le littoral de Bretagne. Une centaine d'acteurs du territoire (élus, services de l'État, usagers de la mer, représentants socio-professionnels et associatifs) ont échangé au sein de cette instance pour identifier le site le plus à même d'accueillir un

projet de ferme pilote. Cette zone est apparue propice du fait des conditions de mer qui sont bien représentatives de la façade, de la proximité d'infrastructures industrielles, et du port de Lorient pour assurer la maintenance et de la présence de poste de raccordement à terre permettant d'injecter la production d'électricité. La zone a ainsi été retenue par l'ADEME pour l'appel à projets EolFlo.

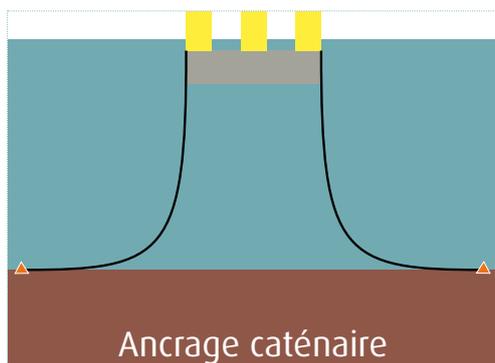
Outre la concertation publique avec garant, sous l'égide de la CNDP, organisée entre janvier et mai 2017, une instance de concertation et de suivi est mise en place pendant toute la durée du projet. Sous l'égide du préfet du Morbihan, elle comprend des élus, les services de l'État, des représentants socio-économiques, des usagers de la mer et des associations environnementales.

Conformément à l'arrêté préfectoral du 20 juillet 2018, une enquête publique unique préalable aux demandes d'autorisation sollicitées par la société « Ferme éolienne flottante de Groix et Belle-île » (FEFGBI) pour la construction, l'implantation et l'exploitation de la ferme pilote et par RTE pour le raccordement s'est déroulée du vendredi 17 août 2018 à 9h00 au vendredi 28 septembre 2018 jusqu'à 17h00 inclus.

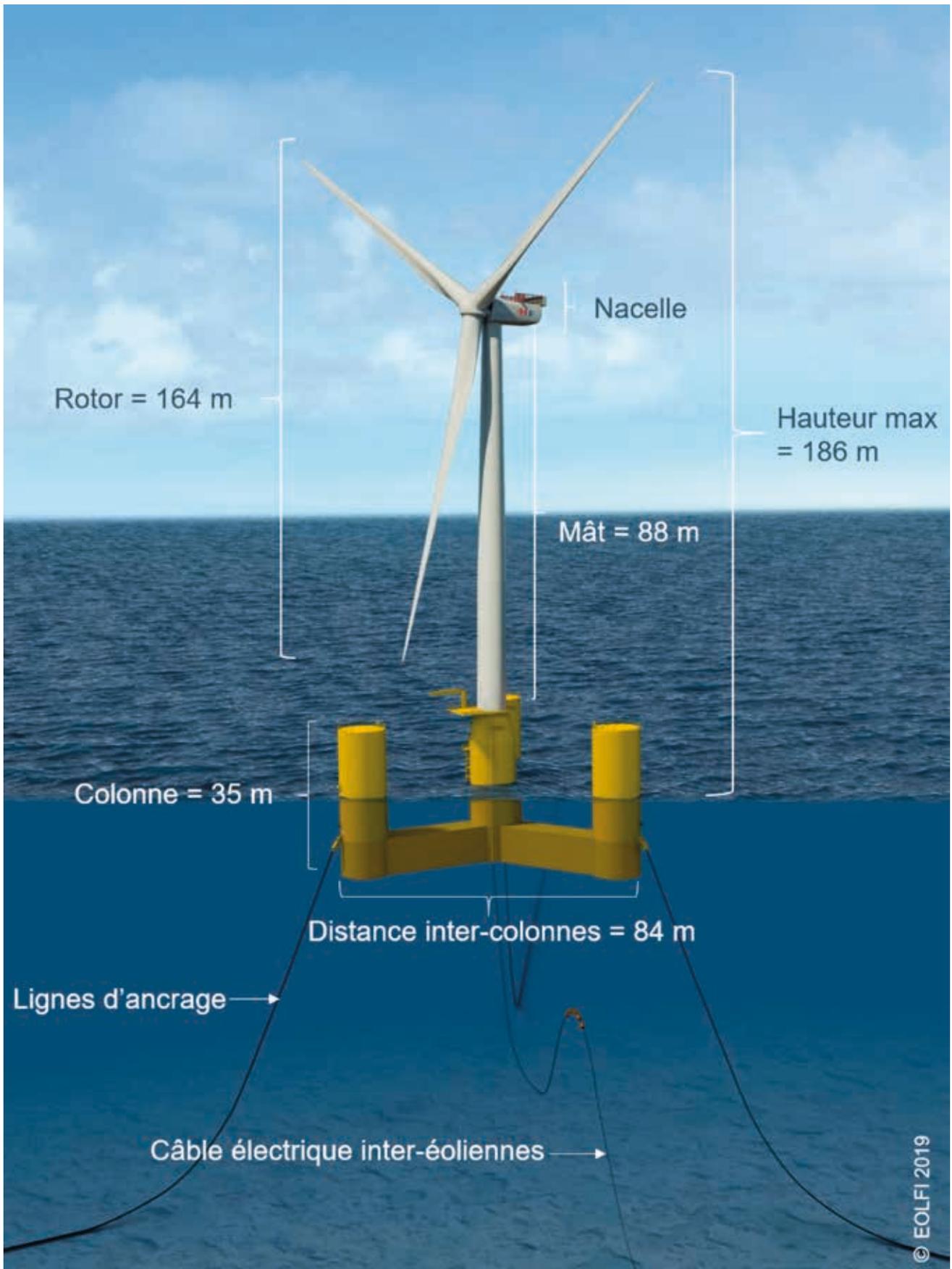
En parallèle, les porteurs de projet ont mené un certain nombre d'actions de concertation, de communication et de sensibilisation à destination du public, des professionnels de la mer et d'associations environnementales.

c. Les technologies

La technologie testée dans le projet pilote EFGBI est la combinaison entre un flotteur semi-submersible, c'est-à-dire qui sera à moitié immergé dans l'eau, et un système d'ancrage semblable à celui utilisé pour le mouillage des navires (c'est-à-dire qui remplit sa fonction grâce au poids des chaînes dans la colonne d'eau), formé par cinq lignes constituées de chaînes en acier. La structure est maintenue au fond par des ancres à enfouissement, semblables à celles des bateaux, qui viennent s'enfoncer dans le sol. Développé par Naval Energies, le flotteur est constitué de quatre colonnes cylindriques en acier fixées sur un socle (l'embase) ballasté pour assurer la stabilité. Les trois turbines, conçues par MHI Vestas Offshore Wind, présentent des pales de 80 m et sont d'une puissance de 9,5 MW chacune. Elles produiront environ 100 GWh par an, l'équivalent de la consommation de 47 000 personnes, ce qui représente près de 80 % de la population de Lorient.



Les caractéristiques de la technologie utilisée pour le parc pilote « Éoliennes flottantes de Groix et Belle-île »



Projection du parc pilote « Éoliennes flottantes de Groix et Belle-Île »



d. Les études préalables et mesures environnementales

Les études et le travail de concertation préalables ont permis de prendre une série de mesures d'évitement d'impact du projet. La localisation du parc définie avec les parties prenantes (usagers de la mer, dont pêcheurs et services de l'État) est hors de la zone Natura 2000 de l'île de Groix, le raccordement qui évite les zones écologiques sensibles, l'absence de peinture antisalissure sur les flotteurs et l'alignement et la disposition des éoliennes favorisant leur insertion dans le paysage tout en maintenant les activités de pêche à proximité sont quelques exemples de ces mesures d'évitement.

Tout au long du projet, un dispositif de suivi permettra d'améliorer les connaissances sur les effets du parc. Les mesures de suivi sont inscrites dans l'autorisation environnementale délivrée en mai 2019 par le préfet :

- les cinq autorisations initiales : elles sont toutes datées du 20 mai 2019 (autorisation environnementale de la ferme, convention de concession d'utilisation du domaine public maritime (CUDPM) pour la ferme, autorisation environnementale, convention de CUDPM et déclaration d'utilité publique pour le raccordement) ;
- les modifications survenues suite au changement de turbines :
 - avenant n° 1 du 17 décembre 2019 à la convention CUDPM de la ferme,
 - arrêté préfectoral complémentaire du 17 décembre 2019 modifiant l'arrêté préfectoral du 20 mai 2019 portant autorisation environnementale au titre de l'article L. 181-1 et suivants du code de l'environnement concernant le projet « Éoliennes flottantes de Groix et Belle-Île » (EFGBI).

Les arrêtés préfectoraux sont disponibles ici :

<http://www.morbihan.gouv.fr/Politiques-publiques/Environnement-et-developpement-durable/Energies-renouvelables-et-economies-d-energie/Projet-d-eoliennes-flottantes-au-large-de-Groix-Belle-Ile/Decisions/Projet-de-ferme-pilote-des-eoliennes-flottantes-de-Groix-Belle-Ile-Autorisations-delivrees>⁴

À ces mesures s'ajoutent plusieurs programmes de recherche menés par l'institut pour la transition énergétique France Énergies Marines et financés par l'Agence nationale de la recherche auxquels EOLFI participe.

L'étude d'impact environnementale réalisée en 2017 présentait encore plusieurs variantes concernant les choix techniques. Celle-ci conclut que les caractéristiques physiques du site de la ferme sont adaptées à l'installation d'éoliennes flottantes, que le projet ne présente aucune contrainte majeure pour les servitudes de navigation et de sécurité maritime, et qu'il est compatible avec les différentes activités humaines et les enjeux liés à la biodiversité. Après examen de l'étude en 2018, l'Autorité environnementale⁵ a déclaré que le dossier était « globalement de bonne qualité et détaillé, nonobstant le manque de connaissances scientifiques et de recul dans un domaine technique qui, s'il bénéficie des technologies développées pour la production en mer de ressources pétrolières, ne compte que peu de réalisations effectives à ce jour », soulignant ainsi l'importance des fermes pilotes pour la réalisation des projets commerciaux.

Elle s'est également interrogée « sur la portée des enseignements environnementaux de cette ferme pilote pour les développements futurs compte tenu du rythme de déploiement annoncé et des difficultés d'extrapolation à une échelle plus large ».

e. Le raccordement

Le fuseau de moindre impact du tracé des 32 km de câble (28,5 km en mer et 4,5 km à terre) de raccordement a été validé en 2017 dans le cadre de la concertation « Fontaine ». La ferme parc EFGBI sera raccordée au réseau électrique par RTE sur le poste de Kerhellegant à Plouharnel. Le câble en mer cherche à éviter les zones rocheuses à proximité de la côte, ce qui devrait permettre l'ensouillage du câble et ainsi limiter l'impact sur l'environnement et ne pas conduire à des limitations sur la pêche. L'atterrissage entre la liaison sous-marine et la liaison souterraine se trouvera au niveau du parking de la plage de Kerhilio dans la commune d'Erdeven. La liaison souterraine aboutissant au poste électrique mesurera environ 4,5 km et suivra généralement le tracé des routes, limitant ainsi l'impact sur l'environnement.

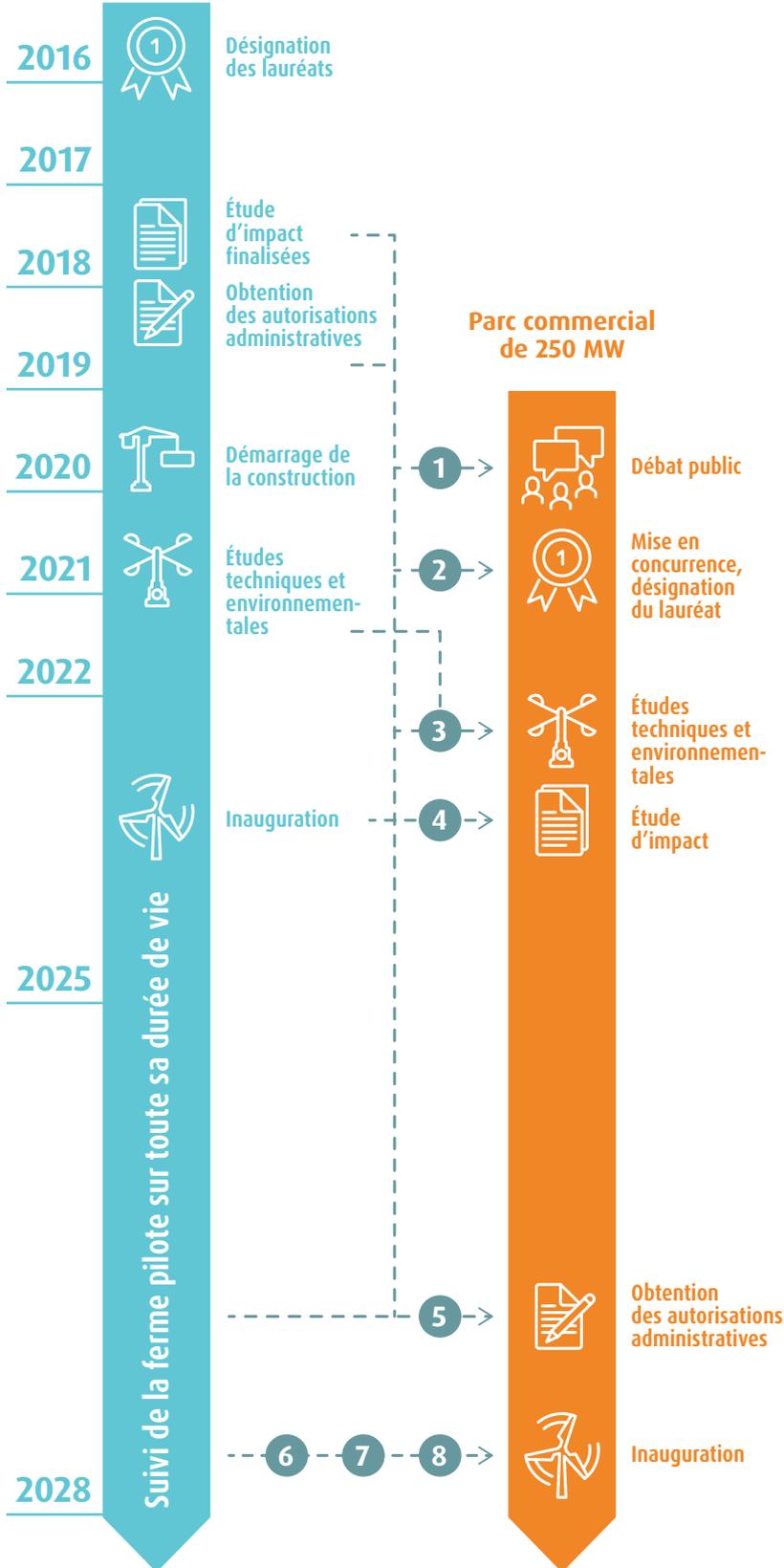
4



⁵ Avis délibéré de l'Autorité environnementale sur les éoliennes flottantes de Groix et Belle-Île (56) n°AE 2018-17

Retour d'expérience du projet pilote

Projet pilote « Éoliennes flottantes de Groix et Belle-Île » (EFGBI)



- 1 Le retour d'expérience sur les études d'impact et l'obtention des autorisations administratives des fermes pilotes permet d'**illustrer, lors des débats publics, la mise en œuvre concrète** des projets. Les premières études menées pour les fermes pilotes peuvent également alimenter le débat ; l'état actuel de l'environnement d'une ferme pilote a ainsi été valorisé dans l'étude bibliographique présentée au public.
- 2 Les demandes d'autorisations menées pour les fermes pilotes permettent aux candidats de la procédure de mise en concurrence d'avoir une meilleure vision quant aux attentes administratives, participant au dérisquage de la filière et donc à la baisse des prix. Les études d'impact des fermes pilotes permettent à l'État d'**affiner le cahier des charges** des procédures de mise en concurrence pour les projets commerciaux.
- 3 Les études d'impacts, les autorisations et les études techniques et environnementales des fermes pilotes orientent la filière sur les études techniques et environnementales des parcs commerciaux, pour mieux dimensionner les études à mener, et à terme, **choisir les technologies les plus adaptées**.
- 4 Les résultats de suivis des fermes pilotes permettraient d'**alimenter les méthodes et modèles d'évaluation** des impacts des éoliennes flottantes afin d'améliorer leur estimation dans les études d'impact à mener pour les parcs commerciaux.
- 5 Les études d'impact, les autorisations et le suivi des fermes pilotes permettent aux services instructeurs des projets commerciaux de mieux **définir les critères d'évaluation** à prendre en compte lors de la délivrance des autorisations administratives.
- 6 Le retour d'expérience de la construction des fermes pilotes permet de valider à petite échelle les méthodes d'installation et les mesures « **éviter, réduire, compenser** » associées aux travaux. Cela permet aussi d'amorcer le développement d'une filière de construction opérationnelle pour les futurs parcs commerciaux.
- 7 L'exploitation des fermes pilotes permet de **valider les technologies utilisées** (fiabilité des composants, stabilité des équipements sous-marins, etc.). Elles donnent un premier retour d'expérience sur la performance attendue et sur les coûts associés aux différentes phases de développement. Ce retour d'expérience aide aussi les banques à mieux évaluer les risques et les échéances des projets, permettant de mieux minimiser les coûts et donc le complément de rémunération. Le suivi environnemental des fermes pilotes précise les attentes à avoir pour les parcs commerciaux (mesures ERC).
- 8 Le retour d'expérience du démantèlement des fermes pilotes sera utile à la **détermination des méthodes de démantèlement** des parcs commerciaux, et de remise en état des sites.

Pourquoi et comment l'État a-t-il choisi de soutenir le développement de l'éolien en mer en France ?

Les principaux points abordés

Cette fiche aborde les grands principes qui encadrent le soutien financier public au développement des énergies renouvelables et plus particulièrement de l'éolien en mer. Ainsi, cette fiche présente :

- le modèle économique de soutien public basé sur le mécanisme de « complément de rémunération » ;
- les évolutions du cadre législatif qui ont notamment permis de transférer au gestionnaire de réseau (RTE) la responsabilité des raccordements ;
- la couverture du coût du raccordement ;
- des exemples de coûts du soutien public à l'éolien, basés sur les parcs éoliens en mer posés ainsi que sur les parcs pilotes d'éoliennes flottantes.

1. Le modèle économique

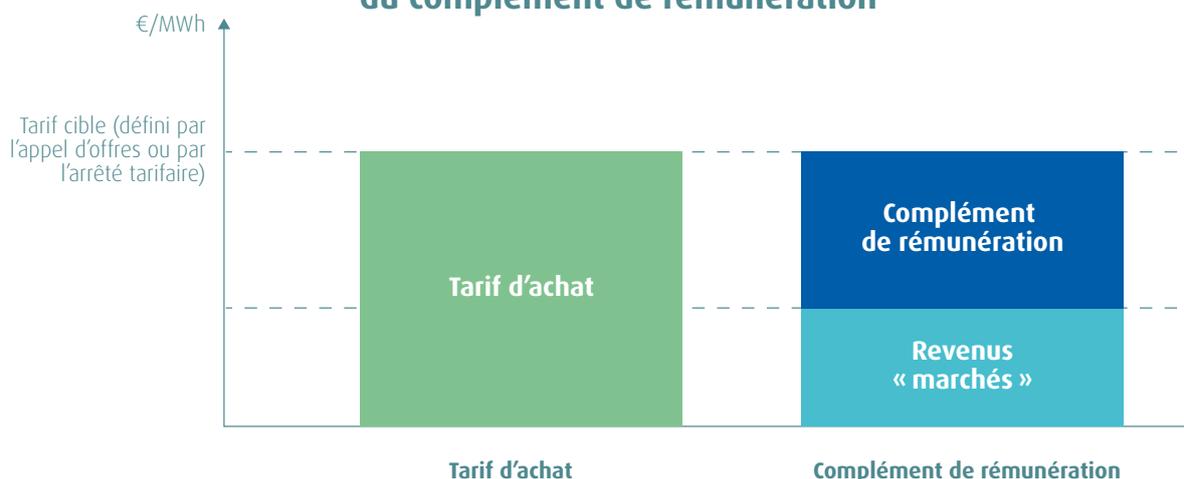
Le coût des énergies renouvelables, et notamment l'éolien en mer, a fortement baissé ces dernières années. Néanmoins, compte tenu de la variabilité des prix de marché, les investisseurs n'ont pas la certitude que les revenus issus de la vente de l'électricité sur le marché compensent les coûts de construction et d'exploitation.

En France, l'État a donc décidé d'accorder un soutien public au développement d'énergies renouvelables afin d'accroître la diversification de ses approvisionnements électriques. Pour les installations de forte puissance comme les parcs éoliens en mer, cette subvention est versée sous la forme d'un complément de rémunération, contractualisé entre le porteur de projet et EDF obligation d'achat (EDF OA). Le complément de rémunération, introduit par la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte, est une prime versée à un producteur d'énergie renouvelable en complément de la vente sur le marché de l'électricité qu'il a produite.

Ce mécanisme, établi dans le contrat de complément de rémunération, est identique à celui mis en œuvre pour les autres projets d'énergies renouvelables :

- si les performances économiques du producteur sont supérieures à celles attendues dans le modèle financier établi dans le cahier des charges, le gain financier supplémentaire est partagé entre le producteur et EDF selon le mécanisme de prévention des risques de surcompensation établi dans le contrat de complément de rémunération ;
- si le producteur subit des ventes à prix négatifs sur un certain nombre d'heures consécutives, le producteur reçoit une prime calculée dans les conditions prévues au contrat de complément de rémunération.

Schéma de fonctionnement du complément de rémunération



Source : MTEs.

À noter : les fonds versés par EDF OA proviennent du compte d'affectation spéciale de transition énergétique, alimenté par une partie des recettes des taxes intérieures de consommation sur les produits énergétiques (TICPE) qui s'applique notamment aux carburants fossiles essence et diesel, et de la taxe intérieure de consommation sur le charbon (TICC) qui s'applique sur les houilles, lignites et coques. Cela signifie donc que le soutien aux énergies renouvelables est financé par des taxes sur des produits énergétiques fortement émetteurs de CO₂¹.

2. Évolution du cadre législatif

En 2017 et 2018, le cadre législatif et réglementaire pour le raccordement des projets éoliens en mer a fait l'objet d'une large transformation. Celle-ci a permis de fonder le régime français sur les meilleures pratiques observées en Europe, et de transférer au gestionnaire de réseau (RTE) la responsabilité des raccordements. De plus, un régime indemnitaire est maintenant prévu pour le producteur en cas de retard ou d'indisponibilité du raccordement.

Ces modifications ont comme principale conséquence de faire porter au gestionnaire de réseau, *via* le tarif d'utilisation des réseaux publics d'électricité (TURPE), le coût des raccordements.

3. Couverture des coûts du raccordement

Le coût du raccordement est payé par les consommateurs à travers le tarif d'utilisation des réseaux publics d'électricité (TURPE). Le TURPE est présent sur la facture de tous les consommateurs, particuliers ou industriels, et son montant est fixé par la Commission de régulation de l'énergie (CRE). Il représente environ un tiers de la facture d'électricité d'un ménage.

4. Quelques exemples

a. L'éolien en mer posé²

Les mécanismes de soutien public varient selon la date de l'appel d'offres ayant attribué le parc éolien en mer. Avant 2016 et avant introduction par la loi du mécanisme de complément de rémunération dans lequel l'exploitant revend directement l'électricité puis reçoit ou verse la différence par rapport au prix du marché à l'État, c'est le régime du tarif d'achat qui est mis en place : l'État rachète l'électricité à l'exploitant pour la revendre sur le marché. Ainsi, deux régimes de soutien tarifaire coexistent :

- le tarif d'achat : les montants de soutien public pour le tarif d'achat de l'électricité correspondent donc aux montants d'achat qui seront versés aux exploitants, diminués du prix sur le marché de l'électricité, sur lequel EDF-OA revendra l'électricité ;
- le complément de rémunération : en comparaison, le soutien public pour le complément de rémunération est calculé comme les montants versés (ou perçus) suite à la vente de l'électricité sur le marché par l'exploitant, si les prix de marché de l'électricité sont inférieurs (ou supérieurs) au tarif de référence du lauréat. Dans ce cas, l'État peut donc recevoir plus d'argent qu'il n'en donne à l'exploitant du parc si les prix de marché sont élevés.

Nom du parc	Courseulles-sur-mer	Fécamp	Saint-Nazaire	Îles d'Yeu-Noirmoutier	Dieppe-Le Tréport	Saint-Brieuc	Dunkerque
Type de soutien	Tarif d'achat	Tarif d'achat	Tarif d'achat	Tarif d'achat	Tarif d'achat	Tarif d'achat	Complément de rémunération
Montant en €/MWh	138,7	135,2	143,6	137	131	155	44
Puissance du parc (MW)	450	498	480	496	496	496	580
Production totale prévue sur 25 ans (TWh)	[33-43]	[40-50]	[35-45]	[38-48]	[40-50]	[40-50]	[65-70]
Montant maximum du soutien public sur 20 ans (Md€)	3,0	3,6	3,5	3,7	3,7	4,7	[-0,3 - 0,5]

1 Depuis 2019, la mise aux enchères des garanties d'origine participe aussi à la marge au financement du compte d'affectation spécial - transition énergétique.

2 Tous les éléments sont issus des décisions de la Commission européenne relatives aux aides d'État (par exemple https://ec.europa.eu/competition/state_aid/cases/1/201933/265141_2088479_221_2.pdf), sauf pour le parc de Dunkerque, pour lequel la source des données est la délibération de la Commission de régulation de l'énergie relative à l'AO 3 de Dunkerque <https://www.cre.fr/Documents/Deliberations/Decision/Instruction-des-offres-du-dialogue-concurrentiel-n-1-2016-Installations-eoliennes-de-production-d-electricite-en-mer-Dunkerque>

2a



2b

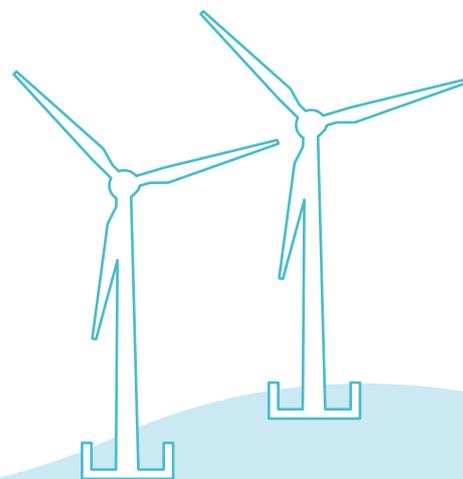


b. L'éolien flottant pour les fermes pilotes³

Les montants de soutien public sont les montants qui seront versés aux exploitants, diminués du prix sur le marché de l'électricité, sur lequel EDF OA revendrait l'électricité. Ces montants comprennent le coût du raccordement. En effet, si RTE assure la maîtrise d'ouvrage de la réalisation des raccordements des parcs pilotes, le financement est toujours pris en charge par le producteur.

Nom du projet pilote	Éoliennes flottantes du golfe du Lion	EolMed	Éoliennes flottantes de Groix et Belle-île	Provence Grand Large
Type de soutien	Tarif d'achat	Tarif d'achat	Tarif d'achat	Tarif d'achat
Tarif de base en €/MWh	240	240	240	240
Puissance du projet (MW)	30	30	28,5	25,2
Production totale prévue sur 20 ans (TWh)	[1,9-2,1]	[1,9-2,0]	[1,8-1,9]	[1,8-1,9]
Montant maximum du soutien public au fonctionnement sur 20 ans (Md€)	0,45	0,45	0,42	0,37

³ Ces données sont issues des décisions de la Commission européenne relatives aux projets de fermes pilotes d'éoliennes flottantes.



Quels sont les points sensibles à préserver dans la zone du débat ? Avec quels usages l'activité éolienne devra-t-elle cohabiter ?

La zone d'étude en mer présentée au débat public se caractérise par une faible superficie, accueillant toutefois différentes activités maritimes. Les enjeux de la zone d'étude en mer et de la zone d'étude à terre pour le raccordement électrique sont liés aux activités économiques et à leur environnement naturel. Ils sont présentés dans les fiches suivantes, par thème :

1. L'environnement naturel
2. Le paysage et le patrimoine culturel
3. Le trafic et la sécurité maritimes
4. La pêche
5. Les autres activités économiques
6. La défense nationale
7. Les enjeux techniques

Cette première fiche introductive revient sur la façon dont les différents enjeux ont été identifiés par le maître d'ouvrage et comment ils interviennent dans la zone soumise au débat.

1. Identifier les enjeux pour définir la localisation des futurs parcs éoliens flottants en mer au sud de la Bretagne

La prise en compte de l'ensemble des enjeux du territoire sera nécessaire pour définir les zones de projets éoliens en mer qui feront l'objet de procédures de mise en concurrence. Les effets d'un projet éolien sur l'environnement, le paysage et le patrimoine culturel et les activités humaines traditionnelles et déjà existantes doivent être appréhendés tout au long de la vie du projet. Cela permet d'engager une logique d'évitement des effets, de respect de l'environnement et de cohabitation des usages.

L'État souhaite que le débat public aboutisse à la détermination d'une zone de 200 km² destinée à accueillir un parc de 250 MW attribué en 2021 et une zone contiguë de 400 km² destinée à accueillir un second parc de 500 MW maximum attribué ultérieurement, avec un raccordement mutualisé. Cependant, le parc éolien de 250 MW pour lequel l'État lancera un appel d'offres n'occupera réellement qu'environ 30 à 50 km². Chacune des zones issues du débat public pourra donc être encore réduite, notamment dans le cadre des échanges complémentaires et en fonction des contraintes techniques et environnementales fines identifiées sur les zones. Cela permettra d'éviter les endroits les plus sensibles ou les moins propices au sein des zones issues du débat public. Le public sera associé par l'État, puis par le futur développeur éolien et RTE, à chacune de ces étapes, pour contribuer à la définition des caractéristiques des projets.

Le choix de la France de privilégier la cohabitation des usages

La France a pour objectif de favoriser autant que possible la compatibilité des usages en mer, y compris au sein des parcs éoliens en mer, dans les limites permises par la sécurité de la navigation maritime. Les porteurs de projets des premiers parcs éoliens posés autorisés ont été contraints de prévoir des parcs avec le minimum d'emprise et prévoyant des couloirs de navigation sans obstacles permettant la pêche.

Les pratiques de pêche au sein des parcs seront réglementées par les autorités au regard de l'appréciation de la sécurité de navigation maritime et des pratiques de pêche envisagées. Dans les eaux territoriales, la décision concernant la possibilité de maintenir la navigation maritime au sein des parcs éoliens relève du préfet maritime ; celui de l'Atlantique est compétent pour la façade Nord Atlantique - Manche Ouest. Les maîtres d'ouvrage devront lui démontrer que la navigation maritime est compatible avec l'exploitation des parcs éoliens au regard de sécurité des biens et des personnes. La décision relative à la poursuite des activités de pêche au sein d'un parc éolien en mer relève, elle, du préfet de région.

Dans la zone économique exclusive, le droit international fixe à 500 m autour de chaque éolienne le périmètre dans lequel le trafic peut être réglementé par le préfet maritime¹.

¹ Note technique du 11 juillet 2016 relative aux mesures de sécurité maritime applicables à la planification d'un champ éolien en mer (NOR : DEVT1613199N) et note technique du 28 juillet 2017 établissant les principes permettant d'assurer l'organisation des usages maritimes et leur sécurité dans et aux abords immédiats d'un champ éolien en mer (NOR : TRAT1721160N).

2. Comment les enjeux ont-ils été appréhendés à ce stade du projet ?

Afin d'éclairer le public sur les enjeux de la zone d'étude en mer et la zone d'étude pour le raccordement électrique, le ministère de la Transition écologique et solidaire et RTE ont conjointement mandaté des bureaux d'études (Géonomie et TBM environnement) pour réaliser une étude bibliographique des enjeux environnementaux de la zone du débat. Cette étude a été pilotée avec l'Office français de la biodiversité et l'Ifremer.

Ces études ont été complétées sur les aspects paysagers, météocéaniques, géophysiques, et socio-économiques par les établissements publics et les services de l'État compétents dans ces différents domaines : la direction interrégionale de la mer (DIRM) Nord Atlantique - Manche Ouest, la direction départementale des territoires et de la mer (DDTM) du Morbihan, l'Ifremer et la direction des pêches maritimes et de l'aquaculture du ministère de l'agriculture et de l'alimentation pour les aspects pêche et transport maritime (DPMA), la direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL) de Bretagne sur les enjeux paysagers, la préfecture maritime sur les aspects défense nationale et sécurité maritime, le Service hydrographique et océanographique de la Marine (SHOM) et Météo-France pour la caractérisation météo-océanique et géophysique de la zone d'étude en mer. Le Cerema a appuyé les services de l'État dans leurs analyses.

Compte tenu de la taille des zones, les études menées à ce stade portent sur les enjeux tels que mis en lumière par les données disponibles. Ces études ne constituent pas un état initial de l'environnement à l'échelle d'un projet : celui-ci sera mené par l'État et par RTE sur la ou les zones retenues en mer comme à terre, à l'issue du débat public.

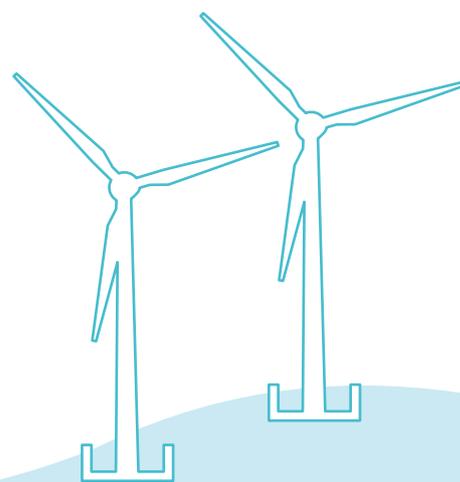
Comment l'État a-t-il choisi les exemples de retour d'expérience ?

Dans les fiches sur l'environnement et les usages, les résultats de certaines études scientifiques sont présentés. Il existe de nombreuses études de retour d'expérience sur l'impact des parcs éoliens en mer. L'État a sélectionné certaines d'entre elles, répondant à au moins un des critères suivants :

- des études réalisées, supervisées ou financées par des organismes publics afin de garantir leur objectivité ;
- des études qui ont été publiées dans des revues scientifiques à comité de lecture ou par des organismes publics afin de garantir leur qualité et leur rigueur scientifique ;
- des études relatives au suivi des parcs éoliens en mer réalisées par des organismes publics en partenariat avec le groupe d'experts du projet dans l'objectif d'alimenter une base de données publique relative à l'exploitation des parcs éoliens en mer existants.

Ces études constituent des exemples et ne sont pas les seules disponibles sur les différents sujets : comme toute étude scientifique, elles n'ont pas une valeur de vérité absolue, mais donnent des informations sur l'état des connaissances scientifiques sur l'impact des parcs éoliens en mer.

D'autres études sont référencées dans la bibliographie.



L'environnement

Une gestion intégrée de la mer et du littoral

Pour protéger la biodiversité terrestre et marine, la France dispose d'outils de gestion des milieux marin et terrestre ainsi que des espaces littoraux. Ces nombreuses zones de protection sont un indicateur de la richesse de la faune et la flore de la zone d'étude :

- les aires marines protégées sont des espaces délimités en mer définis par l'État ; il en existe différents types, listés dans le code de l'environnement¹ ;
- les zones d'inventaires : zones naturelles d'intérêt écologique faunistique et floristique (ZNIEFF) et des zones d'importance pour la conservation des oiseaux (ZICO).

L'implantation d'un parc éolien en mer et de son raccordement tient compte de ce cadre.

Pour mémoire, la zone proposée au débat est constituée :

- d'une zone d'étude en mer, propice à l'implantation de deux parcs d'éoliennes flottantes ;
- d'une zone d'étude pour le raccordement électrique, comprenant :
 - la zone d'étude pour le raccordement en mer,
 - la zone d'étude pour le raccordement à terre.

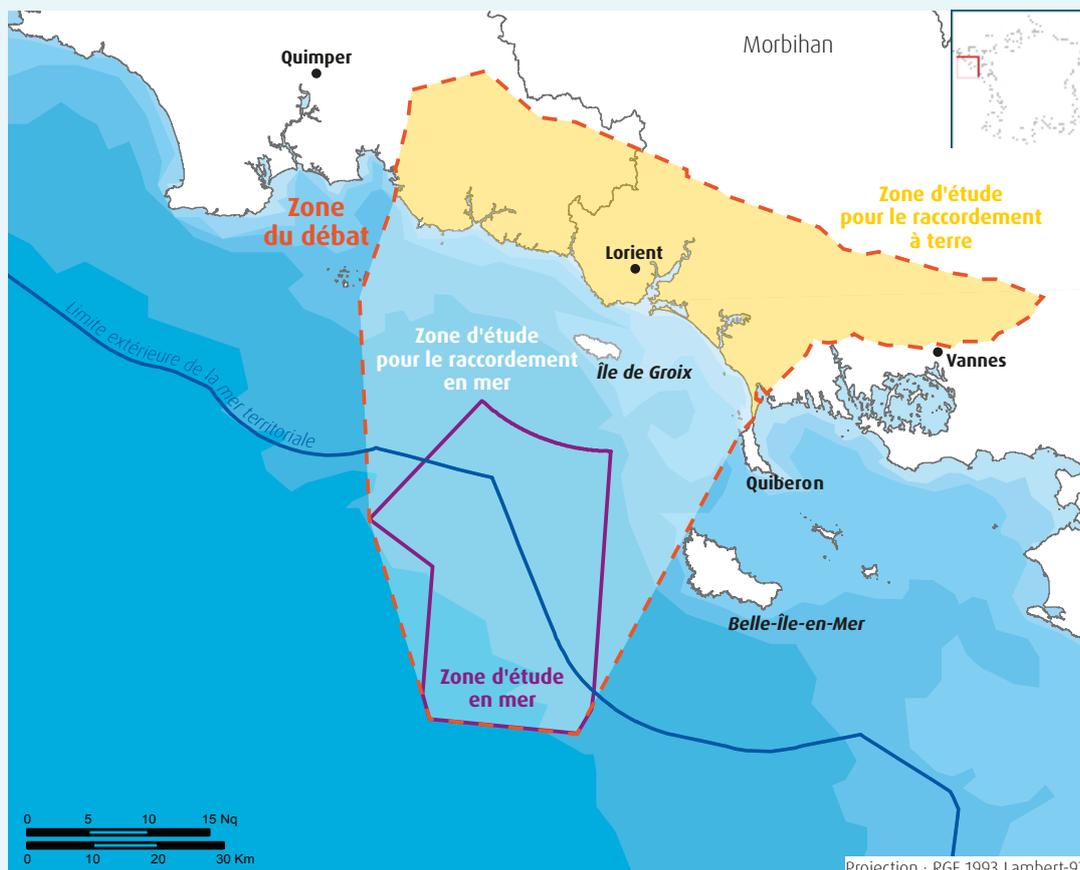
L'expression « aire d'étude en mer » renvoie à un périmètre d'étude élargi, qui comprend notamment la zone d'étude en mer (pour le parc éolien), la zone d'étude pour le raccordement. L'aire d'étude en mer correspond à l'ensemble du fond de carte ci-dessous.

1



¹ <https://www.afbiodiversite.fr/strategie-nationale-des-aires-marines-protégees>

Présentation de la zone du débat



1. La zone d'étude en mer

a. Les aires marines protégées

L'objectif de protection des aires marines protégées n'exclut pas un développement économique raisonné, d'où l'importance d'un mode de gouvernance qui sollicite tous les acteurs impliqués. Certaines catégories d'aires marines protégées peuvent être très restrictives vis-à-vis des usages en mer ; c'est le cas des réserves naturelles ou des arrêtés de protection de biotope. D'autres catégories d'aires marines protégées sont compatibles avec les activités maritimes socio-économiques et culturelles, dans une démarche de développement durable.

La zone d'étude en mer ne comporte aucune aire marine protégée.

Plus globalement, la zone d'étude en mer du parc est entourée de plusieurs zones remarquables. On dénombre ainsi à proximité :

- 11 sites inscrits au titre de la convention OSPAR² (dont six à proximité³ de la zone d'étude en mer) ;
- 21 zones spéciales de conservation (dont 13 à proximité de la zone d'étude en mer) ;

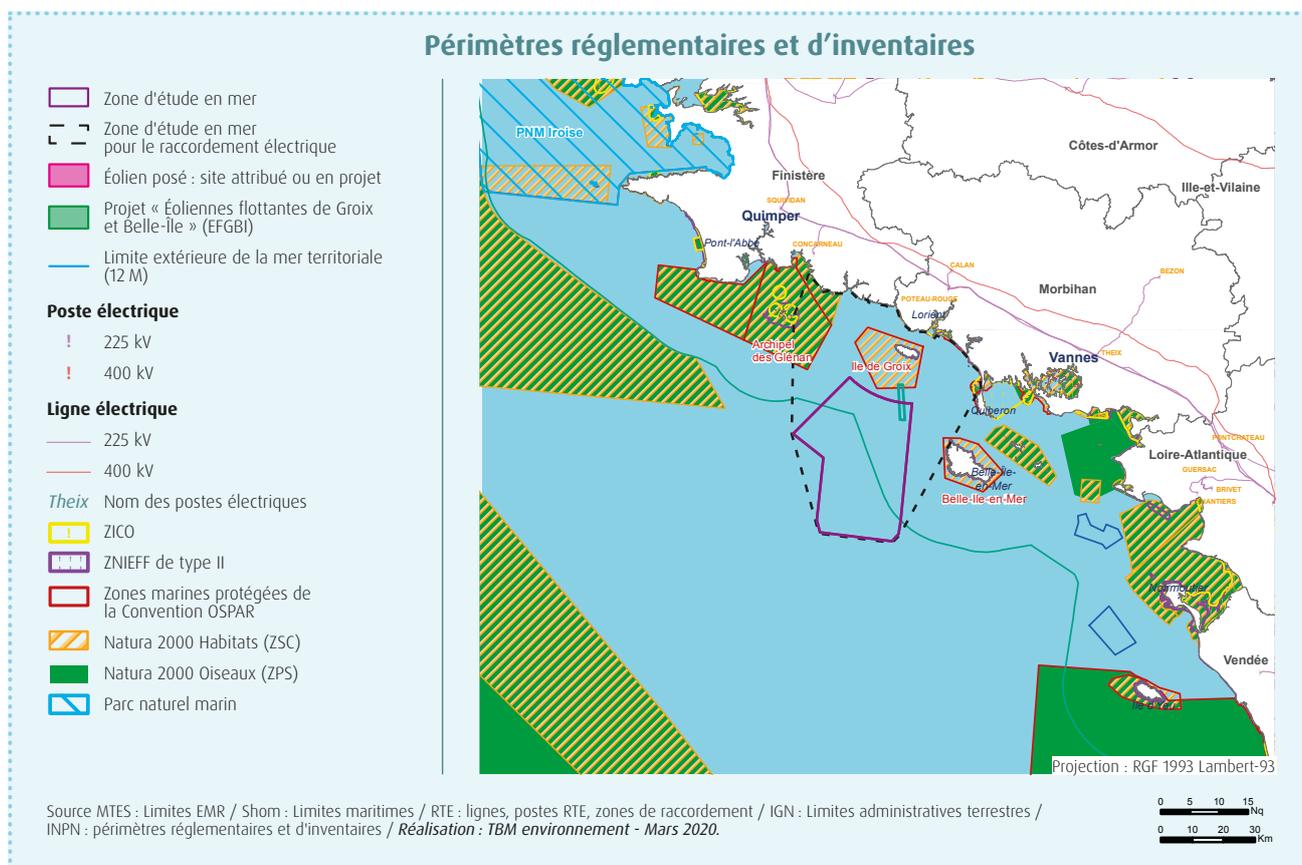
- 19 zones de protection spéciale (dont six à proximité de la zone d'étude en mer) ;
- de nombreuses ZICO dont quatre centrées sur les îles de Glénan, Lorient et la baie de Quiberon ;
- de nombreuses ZNIEFF de type II marines (dont 19 autour de la zone d'étude en mer).

Pour le raccordement, des aires marines protégées couvrent en partie la zone maritime pouvant être traversée par le tracé :

- autour de l'île de Groix, une zone Natura 2000 a été désignée au titre de la directive « Habitats, faune, flore » (zone spéciale de conservation - ZSC) qui est également une zone marine protégée par la convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique Nord-Est (OSPAR) ;
- autour de l'archipel de Glénan, une zone Natura 2000 a été désignée au titre de la directive « Oiseaux » (zone de protection spéciale - ZPS) qui est également une zone marine protégée par la convention OSPAR.

b. Les zones réglementaires et d'inventaires au sein de la zone d'étude marine

La carte suivante présente l'ensemble des zones réglementaires et d'inventaires au sein de la zone d'étude marine.



2 La Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est ou Convention OSPAR (OSPAR pour « Oslo-Paris ») définit les modalités de la coopération internationale pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du nord-est. Elle est entrée en vigueur le 25 mars 1998, et remplace les Conventions d'Oslo et de Paris.
 3 À moins d'une cinquantaine de kilomètres de la zone d'étude en mer.

c. Le diagnostic

L'étude bibliographique environnementale

La zone d'étude en mer et la zone d'étude terrestre associée aux possibles points de raccordement ont fait l'objet d'une étude bibliographique⁴ pour identifier les principaux enjeux environnementaux. Cette étude a été réalisée par deux bureaux d'études : TBM Environnement et Géonomie. En parallèle, l'État a bénéficié de l'expertise scientifique d'établissements publics que sont l'Office français de la biodiversité (OFB) et l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer) afin d'encadrer le travail de TBM sur la partie marine. Le travail de TBM a été présenté au groupe de travail sur les énergies marines de la Conférence régionale de la mer et du littoral qui regroupe divers acteurs de la mer (associations, pêcheurs, élus, etc.) de la région Bretagne. Cette étude doit permettre au public d'identifier des zones de moindres effets négatifs pour l'environnement. Cette partie diagnostic est un résumé de cette étude.

Méthodologie d'élaboration des cartes

À ce niveau d'avancement, les caractéristiques du projet ne sont pas connues, il n'est donc pas possible d'évaluer un impact mais seulement d'estimer un risque d'effets⁵ du projet sur l'environnement. TBM a spatialisé le risque d'effets (si un parc était installé en tout point du fond de carte) pour la faune et la flore présentes au sein de la zone d'étude en mer du parc et du raccordement maritime associé découpant la biodiversité suivant quatre compartiments que sont l'avifaune, les habitats benthiques, les poissons et les mammifères marins. Le risque d'effets pour les chauves-souris ne peut pas être spatialisé en raison du manque de données.

Pour définir le risque d'effets, à partir des données bibliographiques disponibles, trois étapes sont nécessaires :

- évaluer l'enjeu de l'aire d'étude. L'enjeu traduit les préoccupations patrimoniales relatives aux espèces et habitats en présence. L'enjeu tient compte de la densité de l'espèce présente ainsi que de sa vulnérabilité et de la part de la population dans la zone par rapport à la population totale. Pour les habitats,

au regard des données disponibles, l'enjeu tient compte de leur vulnérabilité. La vulnérabilité correspond à la probabilité d'extinction d'une espèce, elle se fonde sur le statut UICN. Une valeur d'enjeu a été déterminée ;

- évaluer la sensibilité à un parc éolien. La sensibilité exprime le risque que l'on a de perdre tout ou partie de la valeur de l'enjeu du fait de la réalisation d'un projet de parc d'éoliennes en mer. Pour les effets d'un parc éolien, la sensibilité des espèces présentes au sein de la zone d'étude en mer peut être définie notamment grâce au retour d'expérience des parcs déjà construits en mer du Nord et dans la Manche. Une valeur de sensibilité a été déterminée ;
- le risque d'effets est calculé par une opération des valeurs obtenues pour l'enjeu et la sensibilité.

Par exemple, l'indice de responsabilité pour le Goéland marin est faible, il est de 2 en été et de 1 en hiver sur 10. En effet, son statut de conservation sur la liste UICN est de préoccupation mineure. De plus, son niveau de représentativité dans la sous-région marine du golfe de Gascogne par rapport à la fréquentation nationale est de 35 % en été et 4 % en hiver. De plus, c'est une espèce qui connaît une augmentation de sa population.

En revanche, il est très sensible avec un indice de sensibilité à la collision de 10 sur 10 car il vole à la hauteur des pales. De plus, son poids et son envergure lui confèrent une faible agilité en vol et il a donc des difficultés à éviter les éoliennes. Enfin, il a une activité nocturne importante, période durant laquelle il ne perçoit pas les pales.

Les représentations cartographiques correspondent à l'état de la connaissance établi à partir des données disponibles. Il est à noter que dans certains cas ces données sont anciennes et ponctuelles ce qui constitue une limite de l'exercice. Les limites des données utilisées sont explicitées plus en détail dans l'étude bibliographique⁶. La liste des sources utilisées peut être consultée en annexe de l'étude bibliographique, elles permettent de connaître précisément les dates et la fréquence d'acquisition des bases de données exploitées.

4a



4b



6a



6b



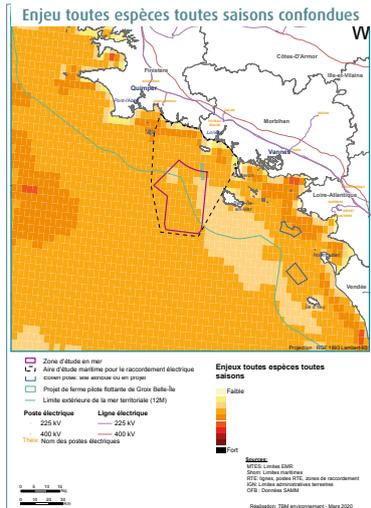
4 L'étude dont le titre est *Projets éoliens en mer au large de la Bretagne Sud*, analyse bibliographique environnementale est consultable sur le site du débat public : <https://eolbretsud.debatpublic.fr> et sur le site Géolittoral : <http://www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr/eolien-en-mer-sud-bretagne-r644.html>

5 L'effet décrit la conséquence objective de l'interaction du projet d'installation sur l'environnement. Le risque d'effets évalue la conséquence potentielle d'un effet sur l'environnement si un projet était construit avec les données existantes en matière d'enjeux et de sensibilité de la biodiversité aux parcs posés déjà construits à l'étranger et pour lesquels un retour d'expérience est disponible.

6 L'étude bibliographique est consultable sur le site du débat public : <https://eolbretsud.debatpublic.fr> et sur le site Géolittoral : <http://www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr/eolien-en-mer-sud-bretagne-r644.html>

Exemple pour l'avifaune

Étape 1

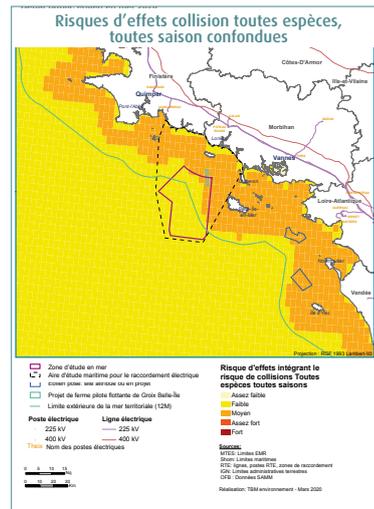
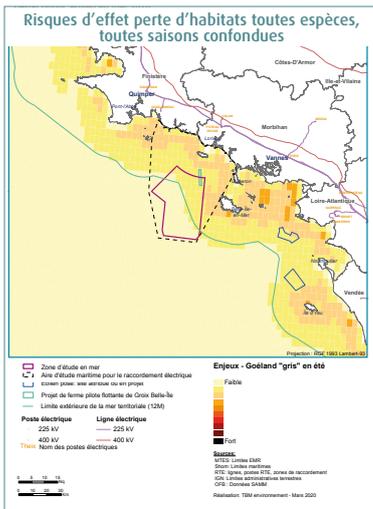


Étape 2

Prise en compte de la sensibilité

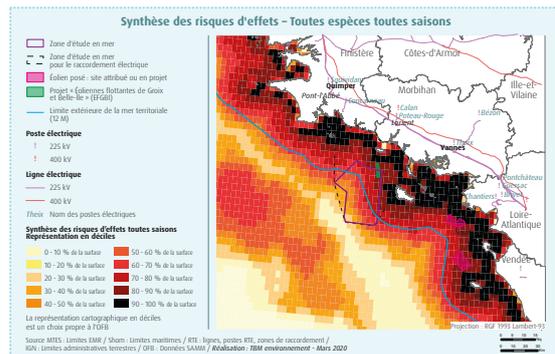
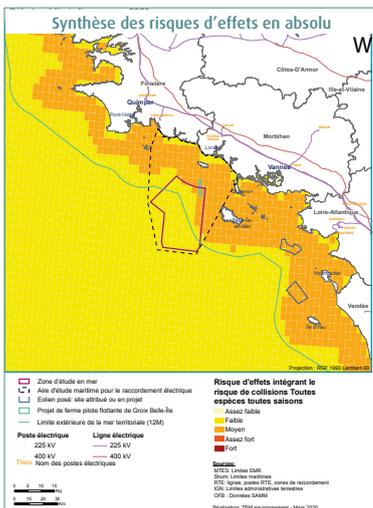
Collision ou perturbation du domaine vital	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valeur de correction	-2,5	-2	-1,5	-1	-0,5	0	+0,5	+1	+1,5	+2	+2,5

Étape 3



Valeur maximale

Étape 4



Exemple de retour d'expérience : 10 ans de suivi environnemental des parcs éoliens en mer au large de la Belgique

Le parc éolien en mer de Thornton bank, à 28 km des côtes belges, a été mis en service en 2003. Depuis, un suivi environnemental est réalisé dans la durée, pour ce parc et pour les autres parcs éoliens en mer mis en service dans les années qui ont suivi. Le rapport publié en 2018 par l'Institut royal belge des sciences naturelles (Royal Belgian Institute of Natural Sciences, équivalent en France du Museum national d'histoire naturelle) présente un aperçu des découvertes scientifiques issues de ce suivi réalisé pendant dix ans.

Ce rapport indique notamment qu'un effet récif a pu être observé, que les hauteurs de vol enregistrées pour les chiroptères sont inférieures au niveau des pales, et que globalement les oiseaux modifient leur trajectoire de vol pour éviter les pales. Le rapport indique également que le bruit lié à la construction des fondations a un impact sur les populations de Tortues marines, mais que ces impacts peuvent être limités si suffisamment de mesures appropriées de réduction du bruit sont prises (comme des mesures d'effarouchement qui éloignent les espèces, des rideaux de bulles qui atténuent le bruit sous-marin, ou la prise en compte de la saisonnalité de la fréquentation de la zone par les Tortues dans le calendrier de construction des installations).

https://odnature.naturalsciences.be/downloads/mumm/windfarms/winmon_report_2018_final.pdf ⁷

Avifaune (oiseaux)

L'aire d'étude présente plusieurs espèces d'oiseaux tout au long de l'année :

- entre les îles de Glénan et la côte du Finistère, la grande diversité d'habitats attire de nombreuses espèces d'intérêt patrimonial. Ainsi, l'île aux Moutons au nord de l'archipel accueille d'importantes colonies de Sternes de Dougall, de Sternes caugek et de Goélands bruns ;
- le secteur entre Trévignon et Quiberon, où se situe la zone d'étude en mer, correspond à une zone d'alimentation pour le Puffin des Baléares, le Goéland argenté, le Goéland brun, le Goéland marin, le Cormoran huppé et la Sterne pierregarin ;

- à l'est, la côte entre Quiberon et le Croisic et la Grande Vasière jouent un rôle écologique important. C'est une zone d'alimentation située sur une route de migration majeure, notamment pour le Puffin des Baléares, la Mouette de Sabine, le Labbe. C'est également une zone de reproduction pour les Goélands bruns, marins et argentés, ainsi que pour les Cormorans. Au large, on trouve des espèces pélagiques telles que des Océanites, des Fous de Bassans, des Fulmars, des Mouettes, sur le littoral, on peut observer des Gravelots à collier interrompu. Certaines espèces comme les Alcides, les Plongeurs ou les Canards marins viennent hiverner au large ;
- le golfe du Morbihan et l'estuaire de la Loire sont des sites d'hivernage importants à l'échelle internationale pour les oiseaux côtiers comme les Limicoles, les Spatules blanches ou les Bernaches cravants.

Synthèse des risques d'effets - Toutes espèces toutes saisons

- Zone d'étude en mer
- Zone d'étude en mer pour le raccordement électrique
- Éolien posé : site attribué ou en projet
- Projet « Éoliennes flottantes de Groix et Belle-Île » (EFGBI)
- Limite extérieure de la mer territoriale (12 M)

Poste électrique

- ! 225 kV
- ! 400 kV

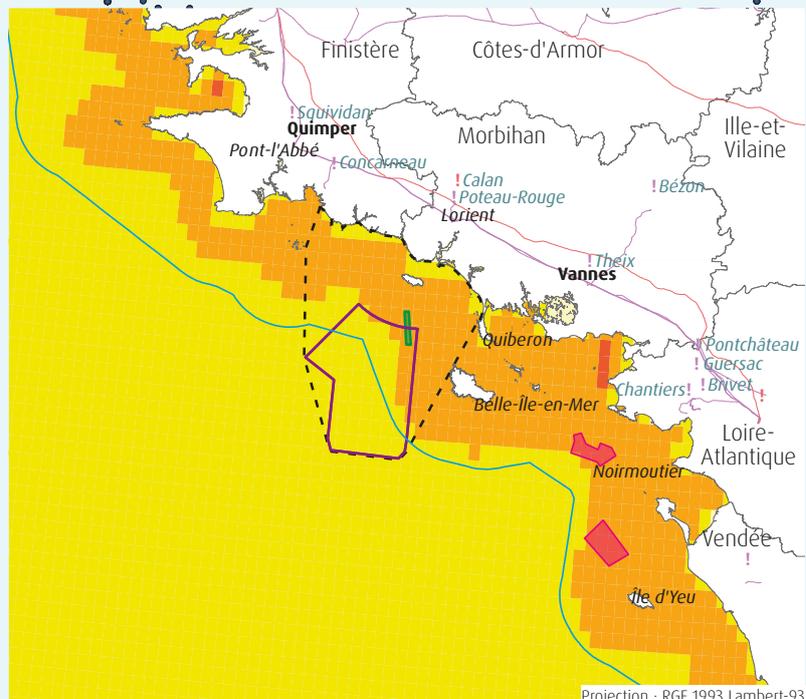
Ligne électrique

- 225 kV
- 400 kV

Theix Nom des postes électriques

Synthèse des risques d'effets toutes saisons (en absolu)

- Assez faible [0-2]
- Faible [2-4]
- Moyen [4-6]
- Assez fort [6-8]
- Fort [8-10]



Source MTES : Limites EMR / Shom : Limites maritimes / RTE : lignes, postes RTE, zones de raccordement / IGN : Limites administratives terrestres / OFB : Données SAMM / Réalisation : TBM environnement - Mars 2020



Synthèse des risques d'effets - Toutes espèces toutes saisons

- Zone d'étude en mer
- Zone d'étude en mer pour le raccordement électrique
- Éolien posé : site attribué ou en projet
- Projet « Éoliennes flottantes de Groix et Belle-Île » (EFGBI)
- Limite extérieure de la mer territoriale (12 M)

Poste électrique

- ! 225 kV
- ! 400 kV

Ligne électrique

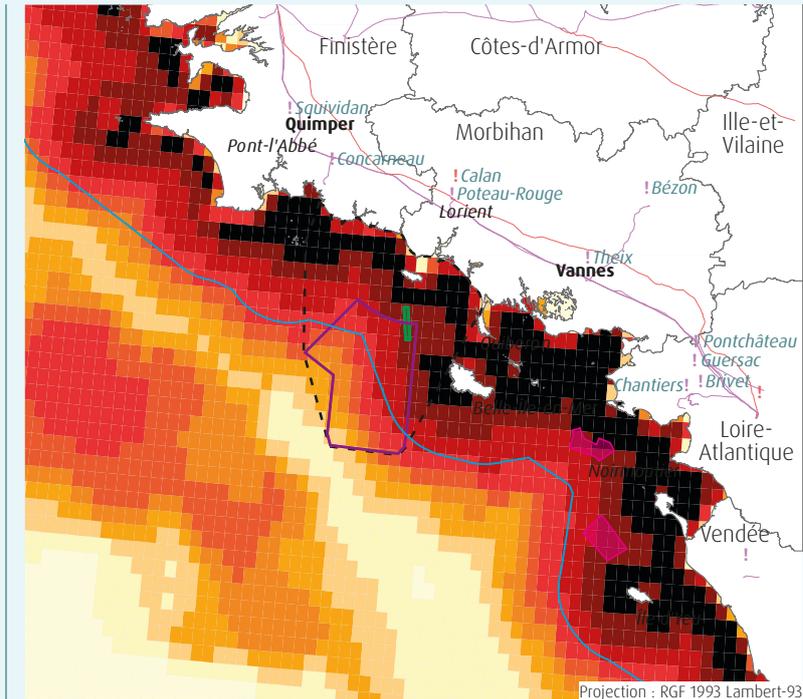
- 225 kV
- 400 kV

Theix Nom des postes électriques

Synthèse des risques d'effets toutes saisons Représentation en déciles

- | | |
|--|---|
| 0 - 10 % de la surface | 50 - 60 % de la surface |
| 10 - 20 % de la surface | 60 - 70 % de la surface |
| 20 - 30 % de la surface | 70 - 80 % de la surface |
| 30 - 40 % de la surface | 80 - 90 % de la surface |
| 40 - 50 % de la surface | 90 - 100 % de la surface |

La représentation cartographique en déciles est un choix propre à l'OFB



Source MTEs : Limites EMR / Shom : Limites maritimes / RTE : lignes, postes RTE, zones de raccordement / IGN : Limites administratives terrestres / OFB : Données SAMM / Réalisation : TBM environnement - Mars 2020

Un parc éolien en mer a pour principal effet un risque de collision et/ou une perte du domaine vital pour l'avifaune (ces risques varient d'une espèce à l'autre). En considérant la spatialisation en absolu (carte p.5), le risque d'effets est très majoritairement faible dans la zone d'étude en mer excepté pour une zone étroite au nord-est. En considérant la spatialisation en décile⁸, c'est-à-dire en relatif (carte ci-dessus), c'est au sud-ouest de la zone d'étude en mer que le risque est relativement le moins important, et au nord-est qu'il est relativement le plus fort.

En période de reproduction, des colonies d'oiseaux s'installent le long des côtes et les individus sont alors temporairement inféodés à un territoire. Selon les espèces, les adultes s'éloignent plus ou moins loin du nid pour aller chercher de la nourriture pour les jeunes. Dans l'aire d'étude, on trouve ainsi des colonies de Goélands, de Cormorans, de Fulmars boréals, de Sternes, etc. La zone d'alimentation d'un certain nombre de colonies croise la zone d'étude en mer. Le risque d'effets a été pondéré en intégrant l'effectif des colonies reproductrices. Le risque d'effets pondéré est moyen sur l'ensemble de la zone d'étude en mer. L'ajout des colonies n'apporte pas d'éléments de spatialisation additionnels pertinents pour identifier une zone de moindre risque d'effets au sein de la zone d'étude en mer pour le parc.

8 Pour réaliser une carte en déciles, le risque d'effets est découpé en 10 classes et ces classes sont affectées par tranche de 10 % de surface (les 10 % de la surface avec la valeur la plus faible de risque d'effets se voient attribuer la note de 1, les 10 % suivant la note de 2, etc.). La carte en décile permet donc de mieux discriminer les zones entre elles mais n'apporte aucune information sur le niveau réel de risque d'effets qui lui est porté par la carte en absolu. Ces deux cartes sont complémentaires et ont besoin d'être lues ensemble.

Synthèse des risques d'effets des colonies d'oiseaux marins

- Zone d'étude en mer
- Zone d'étude en mer pour le raccordement électrique
- Éolien posé : site attribué ou en projet
- Projet "Éoliennes flottantes de Groix et Belle-Île" (EFGBI)
- Limite extérieure de la mer territoriale (12 M)

Poste électrique

- ! 225 kV
- ! 400 kV

Ligne électrique

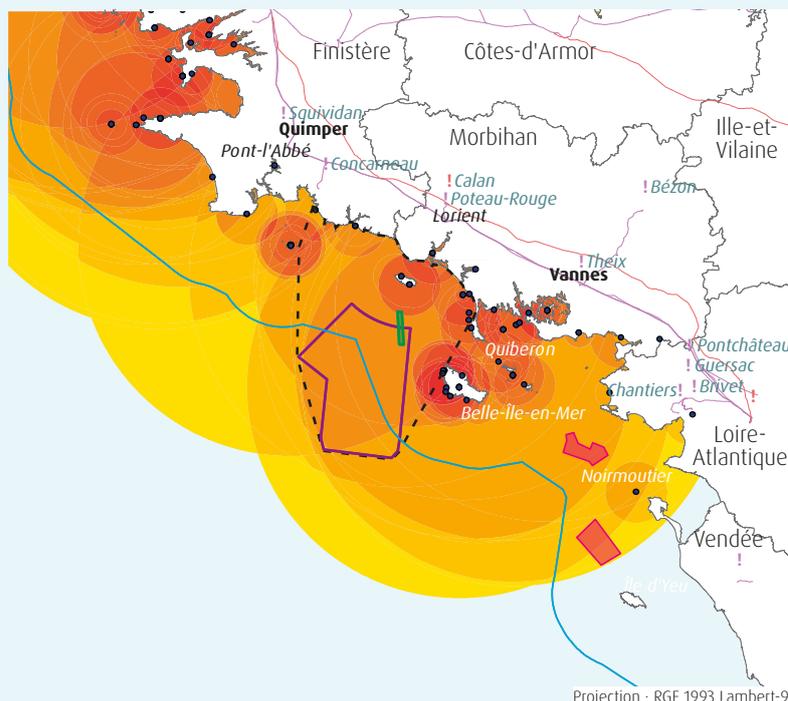
- 225 kV
- 400 kV

Theix Nom des postes électriques

- Colonie d'espèces reproductrices

Synthèse des risques d'effets des colonies d'oiseaux marins

 1 - 5	 25 - 30
 5 - 10	 30 - 35
 10 - 15	 35 - 40
 15 - 20	 40 - 45
 20 - 25	 45 - 50



Projection : RGF 1993 Lambert-93

Source MTEs : Limites EMR / Shom : Limites maritimes / RTE : lignes, postes RTE, zones de raccordement / IGN : Limites administratives terrestres / OEB : Données de répartition avifaune / C.B. Thaxter 2012 : rayon de dispersion / Réalisation: TBM environnement - Mai 2020



Geobird, un projet pour mieux connaître le comportement des oiseaux marins et leurs interactions avec les parcs éoliens en mer

Geobird est un projet de recherche et développement mené par France énergies marines, ayant pour objectif de développer et de fabriquer une balise de géolocalisation miniaturisée intelligente. Cette balise intégrera des enregistreurs de données physiologiques et environnementales. Elle sera testée sur les premiers parcs éoliens en mer français mis en service. Elle permettra de mettre à disposition de la connaissance sur le comportement des oiseaux marins et de réaliser des mesures précises de suivi des impacts des projets éoliens en mer.

https://www.france-energies-marines.org/content/download/31671/214586/file/181126_Projet_GEOBIRD.pdf

Chiroptères (chauves-souris)

Bien qu'elles soient encore lacunaires, les connaissances sur la présence en pleine mer des chauves-souris sont en constante évolution. Ainsi, divers travaux, menés à travers l'Europe, attestent de la fréquentation de l'espace maritime par ces animaux. Il apparaît que les affinités maritimes varient selon les espèces, certaines n'ayant jamais été détectées au large, d'autres mentionnées de façon anecdotique alors que certaines sont observées régulièrement. Le niveau d'enjeu relatif aux chiroptères est modéré considérant le statut des espèces en liste

rouge (régionale, nationale, européenne et mondiale). Les quatre espèces de Chauve-souris principalement connues pour parcourir le milieu marin, notamment lors de leur phase de migration (Pipistrelle de Nathusius, Noctule commune, Noctule de Leisler et Sérotine bicolore) sont toutes connues pour avoir une sensibilité importante du point de vue des éoliennes terrestres. La sensibilité de ces espèces aux éoliennes en mer a été peu étudiée à ce jour, mais pourrait exister du fait de leur caractère migratoire et de certaines observations d'individus en mer.



Exemple de retour d'expérience : analyse du comportement de la Pipistrelle de Nathusius vis-à-vis des parcs éoliens en mer au large de la Belgique

Les connaissances sur les chiroptères en présence de parcs éoliens en mer sont encore faibles. Les chercheurs belges ont étudié les hauteurs de vol des chiroptères dans un parc éolien en mer et leur risque de collision. Pour cela, ils ont installé huit détecteurs acoustiques à des hauteurs différentes sur des turbines dans le parc de Thornton Bank (4 détecteurs à 94 mètres, 4 à 17 mètres) et ont relevé les passages de chauves-souris sur une période de 19 nuits, de fin août 2017 à fin novembre 2017. Étant donné que les enregistrements sont plus nombreux à faible altitude qu'à haute altitude, ils en concluent que les chiroptères ont une faible hauteur de vol. Néanmoins, ce résultat reste à confirmer au travers d'études supplémentaires, notamment pour connaître le lien entre cette hauteur de vol et le risque de collision (notamment la capacité d'évitement). Ces résultats ont par ailleurs confirmé que la majorité de l'activité migratoire des Pipistrelles a lieu entre mi-août et fin septembre.

https://odnature.naturalsciences.be/downloads/mumm/windfarms/winmon_report_2018_final.pdf ¹⁰

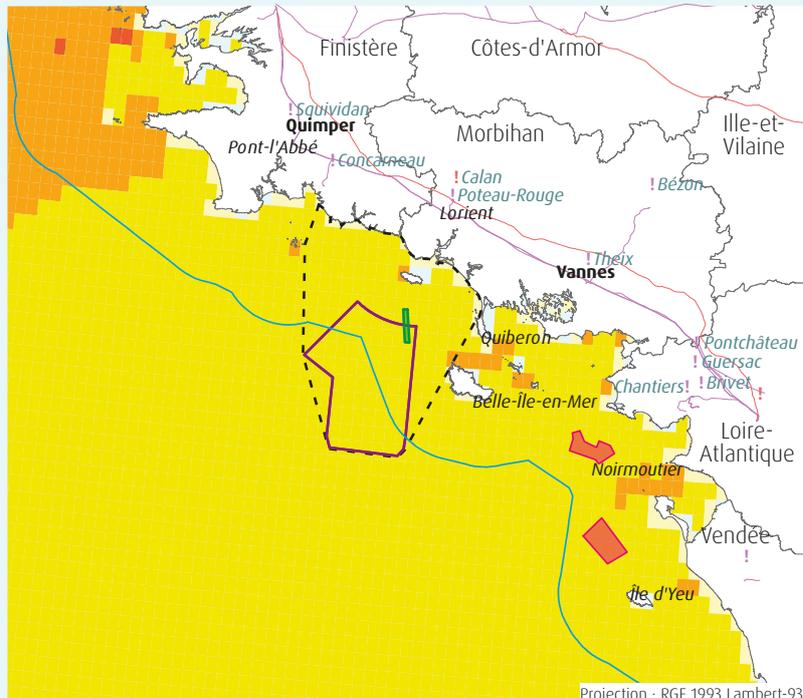
Mammifères marins

Différents programmes d'acquisition de données sur les mammifères marins ont lieu dans la zone : suivi aérien de la mégafaune marine (SAMM, 2011-2012) et suivi depuis certains navires de la flotte océanique française (Ifremer, Évaluation halieutique ouest de l'Europe, EVOHE 2015-2018). Ceux-ci montrent que l'aire d'étude est principalement fréquentée par des Marsouins communs, des Grands dauphins, des globicéphalinés (Dauphins de Risso et Globicéphales noirs) et des petits delphinidés (Dauphins communs et Dauphins bleus et blancs). La zone d'étude en mer quant à elle est fréquentée de façon très occasionnelle par des Marsouins communs, des Grands dauphins et des Globicéphalinés, et de façon occasionnelle par des petits delphinidés (principalement des Dauphins communs). Toutes ces espèces vivent essentiellement sur le talus et le plateau continental et font occasionnellement des incursions en zone côtière. Leur passage dans la zone d'étude en mer est guidé par la recherche de proies. Ces espèces étant très mobiles, la

zone d'étude en mer constitue une région de passage pour les cétacés. Le principal effet considéré pour les mammifères marins est le bruit lié aux travaux et à l'exploitation du parc qui peut engendrer un dérangement comportemental voire une perte occasionnelle ou définitive de l'audition. Les espèces de cétacés sont catégorisées selon leur capacité auditive : haute fréquence pour le Marsouin et moyenne fréquence pour les autres. Les cétacés hautes fréquences présentent un risque d'effets faible sur toute la zone d'étude en mer pour le parc et le raccordement. Les cétacés moyennes fréquences présentent un risque d'effets assez faible sur toute la zone d'étude en mer pour le parc et le raccordement. Pour les deux groupes d'espèces, à cette étape du projet, aucune zone de moindre effet ne peut être identifiée. À noter que la taille de la zone d'étude en mer est relativement petite pour ces espèces mobiles sur de grandes distances, ce qui complique l'identification de zones de moindre risque d'effets pour ces espèces.

Risque d'effets des cétacés hautes fréquences (Marsouin commun) - toutes saisons

- Zone d'étude en mer
 - Zone d'étude en mer pour le raccordement électrique
 - Éolien posé : site attribué ou en projet
 - Projet « Éoliennes flottantes de Groix et Belle-île » (EFGBI)
 - Limite extérieure de la mer territoriale (12 M)
- Poste électrique**
- ! 225 kV
 - ! 400 kV
- Ligne électrique**
- 225 kV
 - 400 kV
- Theix* Nom des postes électriques
- Risques d'effets des cétacés hautes fréquences (Marsouin commun) - (absolu)**
- Assez faible [0-2]
 - Faible [2-4]
 - Moyen [4-6]
 - Assez fort [6-8]
 - Fort [8-10]



Source MTEs : Limites EMR / Shom: Limites maritimes / RTE: lignes, postes RTE, zones de raccordement / IGN : Limites administratives terrestres / OFB : Données Manga prédiction mammifères marins / Réalisation : TBM environnement - Avril 2020

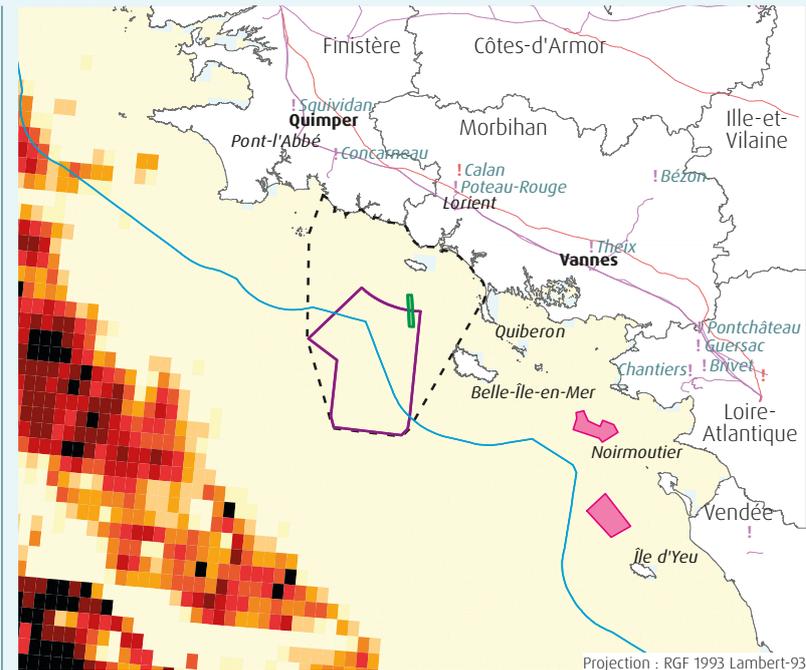


Risque d'effets des cétacés moyennes fréquences – toutes saisons

- Zone d'étude en mer
 - Zone d'étude en mer pour le raccordement électrique
 - Éolien posé : site attribué ou en projet
 - Projet « Éoliennes flottantes de Groix et Belle-Île » (EFGBI)
 - Limite extérieure de la mer territoriale (12 M)
- Poste électrique**
- ! 225 kV
 - ! 400 kV
- Ligne électrique**
- 225 kV
 - 400 kV
- Theix* Nom des postes électriques

Risques d'effets des cétacés moyennes fréquences (dauphins communs, dauphins bleu et blanc, grands dauphins, Dauphin de Risso, Globicéphale)
Représentation en déciles

- | | |
|---|--|
| 0 - 10 % de la surface | 50 - 60 % de la surface |
| 10 - 20 % de la surface | 60 - 70 % de la surface |
| 20 - 30 % de la surface | 70 - 80 % de la surface |
| 30 - 40 % de la surface | 80 - 90 % de la surface |
| 40 - 50 % de la surface | 90 - 100 % de la surface |



La représentation cartographique en déciles est un choix propre à l'AFB

Source MTES : Limites EMR / Shom : Limites maritimes / RTE : lignes, postes RTE, zones de raccordement / IGN : Limites administratives terrestres / OFB : Données Manga prédiction mammifères marins / Réalisation : TBM environnement - Avril 2020

Ichtyofaune (poissons), crustacés et mollusques

Les ressources halieutiques correspondent aux espèces de poissons, de crustacés et de mollusques exploités à des fins commerciales (pêche). Le terme d'ichtyofaune définit l'ensemble des espèces de poissons, dont celles qui ne sont pas pêchées. De ce fait, la directive-cadre stratégie pour le milieu marin inclut deux descripteurs complémentaires pour traiter ce compartiment : le descriptif D1 relatif à la biodiversité dans sa globalité et le descriptif D3 relatif aux ressources halieutiques.

La Grande Vasière, les estuaires et les baies sont des espaces privilégiés (pour les communautés benthiques, les frayères et les nurseries de certaines espèces halieutiques). Les frayères côtières sont utilisées par l'Araignée, le Sprat, la Sardine, la Seiche alors que le Chinchard, le Merlu, l'Anchois, la Sole et le Merlan utilisent plutôt la Grande Vasière. Les nurseries côtières, situées plutôt dans le sud de la zone d'étude (Belle-Île-en-Mer, estuaire de la Vilaine) sont utilisées par les poissons plats (Céteau, Turbot, Plie, Sole), l'Anchois, le Merlu, le Rouget barbet, la Crevette grise, le Griset, le Sprat, la Seiche, le Tcaud, le Chinchard, le Maquereau, le Bar, et le Merlan. La Langoustine est une espèce inféodée à la zone de la Grande Vasière où elle réalise la totalité de son cycle de vie. La Coquille Saint Jacques, au niveau des gisements de Concarneau, Groix et Belle-Île, relargue ses gamètes dans la colonne d'eau au moment de la reproduction sans migration spécifique.

La zone d'étude représente également une zone de migration pour les amphihalins telles que l'Anguille, l'Alose, la Lamproie marine et le Saumon avec des populations fréquentant les estuaires de la Loire, de la Vilaine mais également le Blavet, la rivière d'Étel et leurs affluents. Les migrations ont surtout lieu en hiver et au printemps.

La zone d'étude en mer est une zone de frayères et de nurseries pour de nombreuses espèces dont certaines sont importantes pour la pêche, comme la Langoustine et le Merlu.

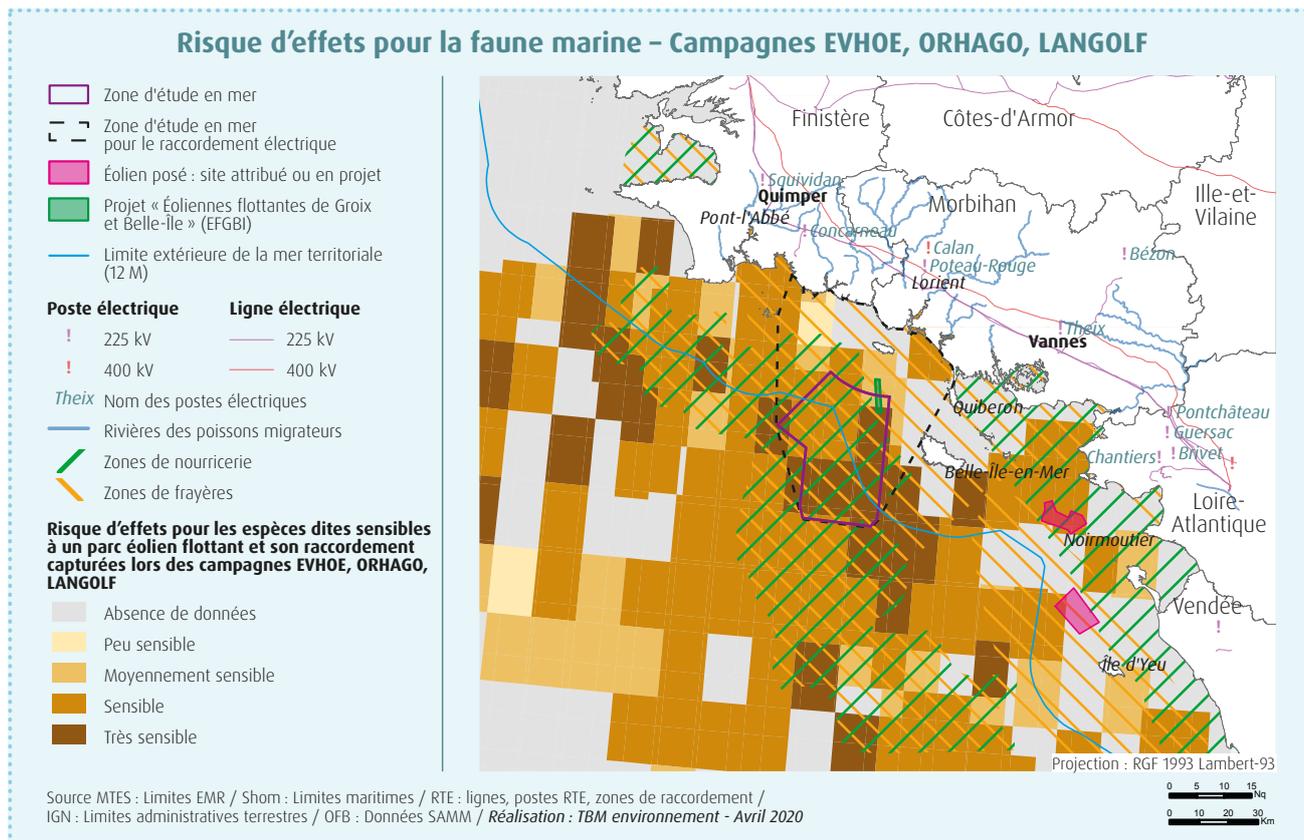
Le projet d'implantation d'un parc éolien flottant au sud de la Bretagne implique principalement des effets sur le fond (remise en suspension temporaire des sédiments, introduction d'un substrat dur), la génération de bruit anthropique et localement la modification du champ magnétique. Les effets sur le fond et le bruit générés seront d'une intensité et donc d'un dérangement moindre en phase d'exploitation qu'en phase de travaux. La modification du champ électromagnétique elle, n'a lieu qu'en phase d'exploitation¹¹ (Carlier *et al*, 2019¹²). Potentiellement, les espèces benthiques et peu mobiles (poissons plats, gisements de coquillages), et les espèces électrosensibles telles que les Élaémobranches (Raies, Roussettes) seront plus sensibles aux effets générés par ce type d'infrastructure. Les espèces considérées comme vulnérables ou en danger sur les listes UICN sont également parmi les plus sensibles. Les habitats essentiels au cycle de vie de ces espèces (zones fonctionnelles halieutiques dont les frayères et nurseries) présentent également une sensibilité importante.

11 Les impacts potentiels liés aux émissions de champs électriques et magnétiques (CEM) font encore l'objet d'incertitudes, mais les connaissances scientifiques progressent. Concernant les poissons, les premières études tendent à montrer que les CEM affectent peu la survie mais ils pourraient impacter le développement des embryons (positivement ou négativement suivant les espèces).

12 Carlier Antoine, Vogel Camille, Alemany Juliette, 2019. *Synthèse des connaissances sur les impacts des câbles électriques sous-marins : phases de travaux et d'exploitation. Étude du compartiment benthique et des ressources halieutiques* ; DOI : 10.13155/61975. À noter que le sujet de cette étude était les câbles de raccordement et non les câbles internes aux parcs éoliens en mer.

Les impacts potentiels et les mesures « éviter, réduire, compenser » d'un parc et de ses ouvrages de raccordement

La carte du risque d'effets a été réalisée à partir des données de campagnes océanographiques régulières menées par l'Ifremer : EVHOE (1997-2018), ORHAGO (2011-2018) et LANGOLF (2006-2013).



Le risque d'effets au nord de la zone d'étude en mer pour le parc éolien est moyen et fort au sud ainsi que pour une zone étroite au nord-est. Pour la zone d'étude en mer, pour la partie concernant uniquement le raccordement, le risque d'effets est globalement moyen avec deux zones au centre où le risque d'effets est plus

faible. Près des côtes, le risque d'effets n'a pas pu être évalué car il manque des données.

La cartographie des données de la pêche présentées dans la fiche #9.4 sont cohérentes avec les données sur l'ensemble de l'ichtyofaune.

Retour d'expérience sur l'effet réserve des parcs éoliens en mer

Certains retours d'expérience de parcs éoliens en mer exploités à l'étranger témoignent de l'observation d'un effet réserve pour les poissons avec une diversité accrue de poissons au sein de la zone du parc. Cet effet a notamment été observé dans le parc Horns Rev 1 qui a été mis en service en 2002 à 15 km des côtes ouest du Danemark, où de nouvelles espèces de poissons ont été enregistrées dans le récif artificiel ainsi créé. Les chercheurs n'ont en revanche pas observé de disparitions de certaines populations de poissons. La diversité des espèces de poissons a donc augmenté avec l'implantation du parc. D'autres études menées en Belgique et aux Pays-Bas prouvent également l'existence d'un effet réserve.

Cependant, d'autres retours d'expérience sont plus prudents sur l'effet réserve permis par le parc éolien en mer. Un programme de contrôle et d'évaluation des impacts sur l'environnement (dont les communautés halieutiques) de la construction de la première ferme éolienne néerlandaise, construite entre 10 et 18 km des côtes en 2006, a été mené par l'IMARES (l'équivalent néerlandais de l'Ifremer). L'étude a réalisé des analyses avant la construction, puis après la construction. Il en ressort qu'à l'échelle de la zone côtière néerlandaise, il ne peut pas être observé d'effet significatif en matière d'abondance. Il a été observé une légère augmentation de l'Anchois supposée être un résultat de la diminution de la pression de prédation liée à la protection apportée par la ferme éolienne ; à l'échelle du parc, de nettes différences ont pu être observées entre le nouveau substrat dur (artificiel) et le fond sableux : de grands groupes de poissons ont été observés près des monopieux et des protections anti-affouillement (Cabillaud, Tourteau, Tacaud, Chabousseau commun, Chabot de mer et Dragonnet lyre), mais une moindre abondance en poissons plats, Sole, Limande, Plie et Merlan.

https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/7615058/246_2011_effect_of_the_horns_rev_1_offshore_wind_farm_on_fish_communities.pdf¹³

https://odnature.naturalsciences.be/downloads/mumm/windfarms/winmon_report_2018_final.pdf¹⁴

https://www.informatiehuismarien.nl/publish/pages/109383/owez_r_264_t1_20121215_final_report_fish_4222.pdf¹⁵

13



14



15



Habitats benthiques (relatifs aux fonds marins)

Le plateau continental du golfe de Gascogne se caractérise par une couverture essentiellement composée de sable (Garlan et Marchès, 2012)¹⁶. Au milieu du plateau se trouve la Grande Vasière, qui s'étend sur près de 800 000 ha de la baie d'Audierne au plateau de Rochebonne (à 100 km au large des Sables-d'Olonne) et dont les profondeurs vont de 50 à 120 m. Après le plateau, le talus est plutôt constitué de vases et les canyons de sédiments grossiers. Enfin, la plaine abyssale se caractérise par des fonds vaseux recouverts de sédiments grossiers (Garlan et Marchès, 2012).

Les suivis du Rebent¹⁷ (plutôt à la côte) sur 95 stations d'échantillonnage du sud de la Bretagne ont permis de détecter la présence de 551 espèces macrobenthiques dans les substrats meubles (correspondant aux zones sédimentaires par opposition aux substrats durs rocheux) (Dutertre, 2012)¹⁸. La teneur en vase apparaît comme le facteur environnemental ayant la plus forte corrélation avec la distribution spatiale des espèces de macrobenthos.

Classification des espèces benthiques par taille

Différents qualificatifs catégorisent les espèces vivant sur le fond marin dites espèces benthiques :

- macrobenthique pour les organismes dont la longueur est supérieure à 1 mm ;
- méiobenthique pour les organismes dont la taille est comprise entre 1 mm et 63 µm (0,063 mm) ;
- microbenthique pour les organismes dont la longueur est inférieure à 63 µm.

Les principaux effets potentiels d'un parc éolien sur les habitats benthiques sont :

- la perte d'habitat ;
- l'abrasion ;
- la remise en suspension ;
- et la modification hydrodynamique.

Le risque de perte d'habitat étant fort et homogène sur la zone, il a été exclu de la spatialisation.

Le risque d'effets est globalement moyen sur la zone d'étude en mer du parc avec quelques localisations (au centre, au sud-ouest, à l'est) où le risque est faible. Concernant la zone d'étude du raccordement, le risque d'effets diminue en se rapprochant des côtes où il devient faible voire négligeable.

Prochaines étapes

La prise en compte du risque d'effets pour la biodiversité dans les réflexions menées dans le cadre du débat public contribue à éviter les zones pour lesquelles les plus forts risques d'effets sont prévisibles au regard de l'enjeu et de la sensibilité de la biodiversité en présence. À cette étape, la connaissance de la biodiversité est uniquement basée sur les données disponibles, celles-ci pouvant être anciennes et ponctuelles.

Ensuite, des mesures *in situ* précises seront faites, par l'État et RTE, au sein de la zone retenue à l'issue du débat public pour définir précisément les enjeux au sein de cette zone. Les caractéristiques du projet seront définies par le porteur de projet permettant de caractériser l'intensité des différents effets. Sur cette base, le porteur de projet évaluera les impacts et définira d'autres mesures d'évitement, ainsi que des mesures de réduction et de compensation des impacts du parc éolien sur l'environnement à mettre en œuvre lors de la conception, de la construction, de l'exploitation et du démantèlement du parc (pour plus d'informations à ce sujet consulter la fiche #10 sur la démarche « éviter, puis réduire, voire compenser »).

¹⁶ Garlan, T., Marchès, E., 2012. *État physique et chimique. Caractéristiques physiques. Nature des fonds marins. Sous-région marine golfe de Gascogne*. Rapport état écologique initial DCSMM. Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie.

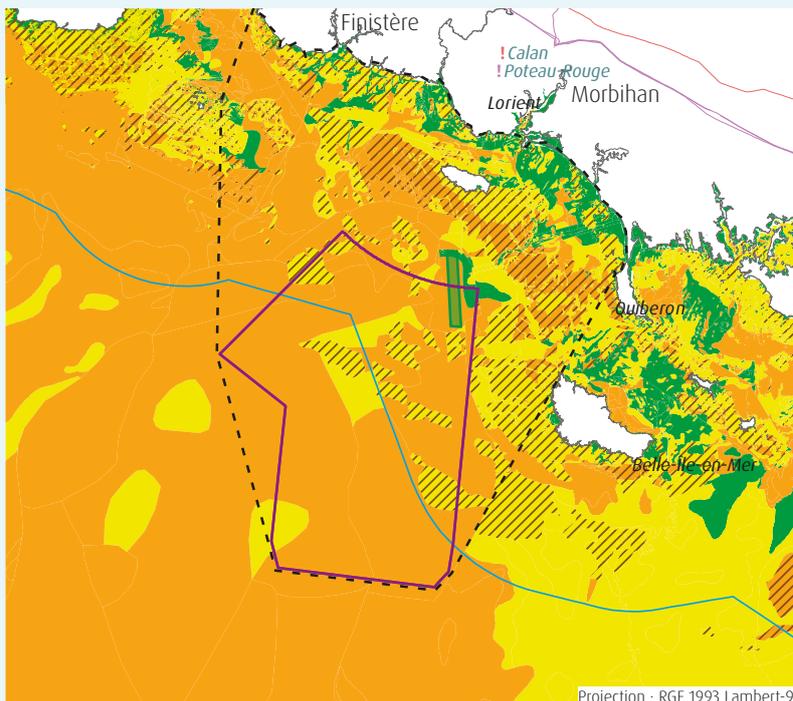
¹⁷ Dont le nom évolue en DCE-Benthos.

¹⁸ Dutertre Mickael (2012). *Structuration des habitats benthiques des substrats meubles subtidiaux de la frange côtière de Bretagne sud en relation avec les facteurs environnementaux*. RST/Ifremer/ODE/DYNECO/EB/12-03/MD. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00092/20352/>



Habitats benthiques – Risque d'effets

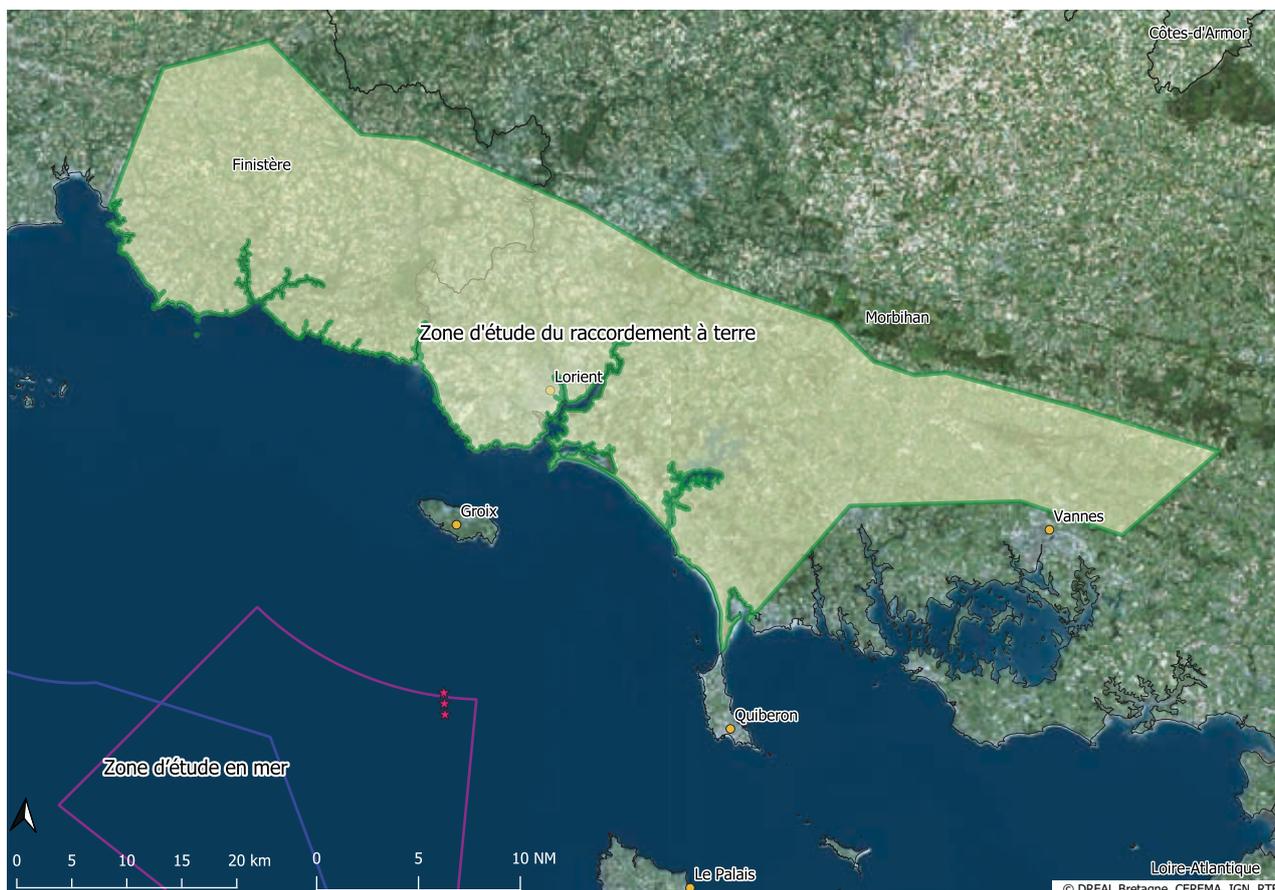
- Zone d'étude en mer
 - Zone d'étude en mer pour le raccordement électrique
 - Éolien posé : site attribué ou en projet
 - Projet « Éoliennes flottantes de Groix et Belle-Île » (EFGBI)
 - Limite extérieure de la mer territoriale (12 M)
- Poste électrique**
- ! 225 kV
 - ! 400 kV
- Ligne électrique**
- 225 kV
 - 400 kV
- Theix* Nom des postes électriques
- Habitats rocheux (MARLIN : NA, analyse bibliographique : reconnus sensibles)
- Risque d'effets**
- Négligeable
 - Faible
 - Moyen
 - Fort



Source MTES : Limites EMR / Shom : Limites maritimes / RTE : lignes, postes RTE, zones de raccordement / IGN : Limites administratives terrestres / IUEM-LEMAR : Programme Appel / Ifremer : Habitats physiques, données Rebert / OFB : données Cartham / La Rivière *et al.* (2017) et MarLIN : sensibilités / Réalisation : TBM environnement - Mai 2020.

2. La zone terrestre présentée au débat

Le raccordement du futur parc éolien entre le futur poste en mer et la terre peut être envisagé entre Concarneau et Vannes, puis entre la terre et le réseau public de transport d'électricité 225 kV ou 400 kV de RTE situé à une vingtaine de kilomètres de la côte à vol d'oiseau.



a. Milieu naturel

Le littoral

De nombreux espaces naturels protégés de la zone d'étude concernent le trait côtier. C'est aux abords de la côte que se concentrent des milieux d'intérêt écologique majeur fondés sur leur valeur patrimoniale et leur utilité en matière de fonctionnalités écologiques. Ils constituent également l'habitat d'une faune spécifique (notamment d'oiseaux) et présentent une richesse botanique remarquable (Omphalodes, Liparis, Euphorbias, etc.). Ces écosystèmes sont protégés au titre de Natura 2000 (directives Habitats, faune, flore et Oiseaux), du Conservatoire du littoral, réserves naturelles, etc. Les secteurs les plus emblématiques et qui présentent les plus grands enjeux pour le projet se localisent entre Concarneau et l'embouchure de l'Aven (dunes et côtes du Trévignon) et entre Lorient et la presqu'île de Quiberon (massif dunaire Gâvres-Quiberon et zones humides associées). Les abords des îles de Groix et de Belle-Île abritent également des milieux très riches également protégés (Natura 2000 et réserve naturelle nationale). Enfin, l'ensemble du golfe du Morbihan constitue un système fonctionnel très particulier abritant des habitats marins et littoraux d'intérêt communautaire. Le golfe du Morbihan est aussi un site d'importance internationale pour l'accueil des oiseaux d'eau, notamment en hiver où il est l'un des plus importants en France et en Europe en matière de quantité et de diversité d'espèces. Le Parc naturel régional du golfe du Morbihan s'emploie à protéger l'ensemble de ces milieux. Du fait de son contexte géographique et de ses spécificités hydrodynamiques, il constitue un ensemble à enjeu très fort.

Les fleuves côtiers

L'aire d'étude terrestre est séquencée par sept fleuves côtiers d'orientation nord-sud alimentés par un réseau très ramifié de courts affluents. Ordonnés en « arêtes de poisson », ces cours d'eau sont, d'ouest en est :

- le Moros ;
- l'Aven ;
- la rivière de Belon ;
- la Laita ;
- le Scorff ;
- l'Étel ;
- la rivière de Trauray.

Ces cours d'eau abritent une faune et une flore riche et diversifiée et parfois rare (Saumon, Loutre, Vison d'Europe). Afin de préserver ces milieux et espèces, des protections réglementaires ont été mises en place et se superposent : sites Natura 2000, directives Habitats et Oiseaux, arrêtés préfectoraux de protection de biotope, réserves naturelles, etc.

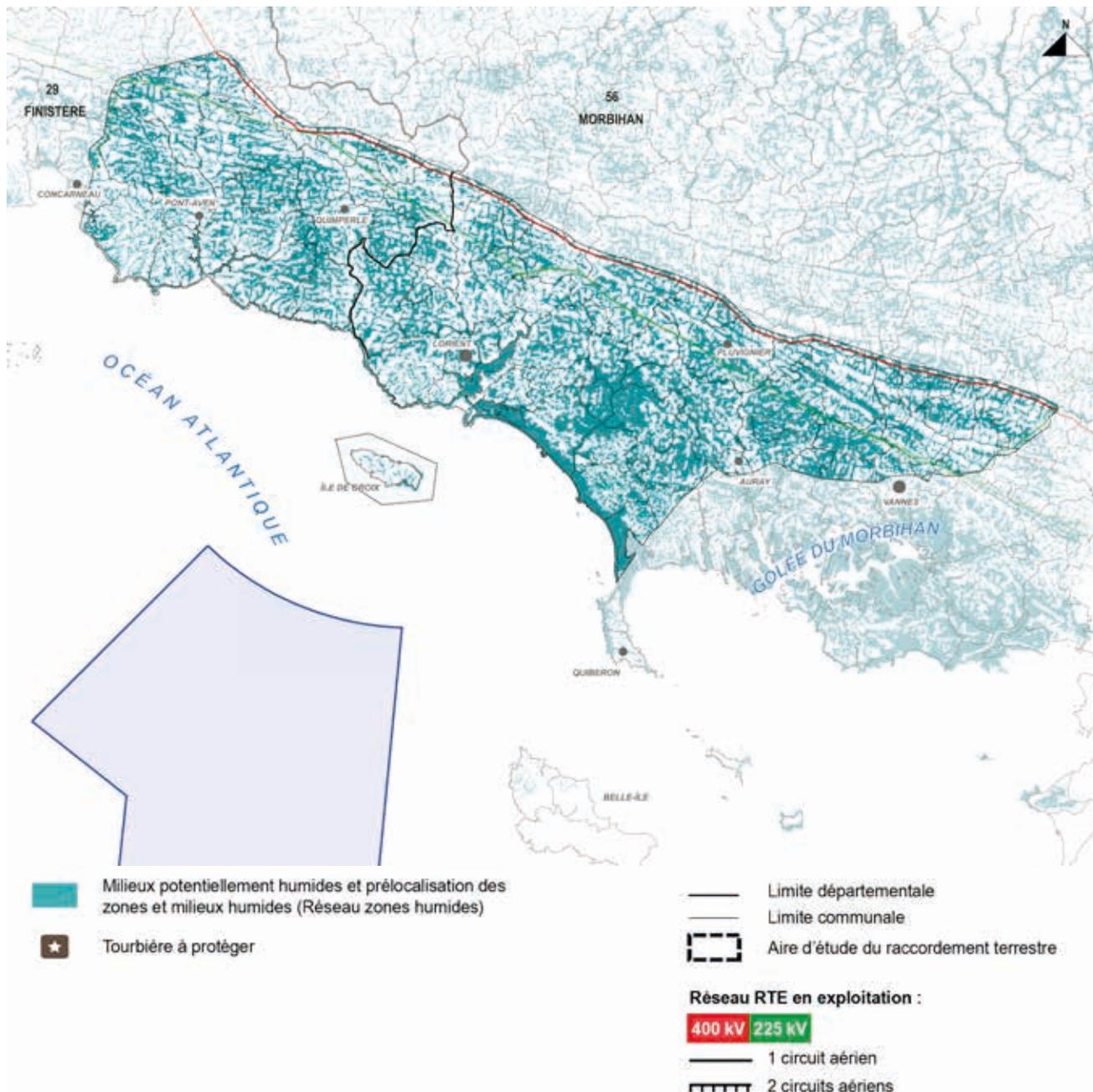
L'ensemble de ces cours d'eau forme la trame bleue du schéma régional de cohérence écologique (SRCE). Ils constituent des corridors écologiques d'importance.

Les secteurs les plus intéressants à forts enjeux se situent à l'interface des milieux terrestres et maritimes, notamment au niveau du Scorff et du Blavet, mais surtout de l'Étel.

Les zones humides

Les zones humides, milieux de transition entre la terre et l'eau, constituent un patrimoine naturel de grand intérêt, en raison de leur richesse biologique et des fonctions qu'elles assurent (stockage-restitution et épuration des eaux). Ces zones humides sont réparties uniformément sur la totalité de l'aire d'étude. De ce fait, elles ne seront pas un critère déterminant pour le choix d'un principe de raccordement mais seront à prendre en compte lors

de la définition plus précise des fuseaux pour la liaison souterraine et emplacements pour le poste de raccordement et l'éventuel poste intermédiaire de compensation. L'intérêt fonctionnel des zones humides impactées sera précisé au stade de la définition du fuseau de moindre impact et de l'étude d'impact en vue d'adapter les mesures « éviter, réduire, compenser » le cas échéant.



Les boisements

Avec un taux de boisement moyen de 13 %, la Bretagne est peu forestière au regard du taux de boisement moyen du territoire français de 29,2 %. L'essentiel de la surface régionale (près des trois quarts) est consacré à l'agriculture ; néanmoins, l'arbre n'est pas pour autant absent avec un maillage bocager s'étendant de façon plus ou moins dense sur l'ensemble de l'espace agricole.

Au niveau de l'aire d'étude, les boisements sont souvent très morcelés, de petites superficies. La gestion est privée à plus de 95 %.

La forêt publique très minoritaire couvre principalement des forêts domaniales, dont la forêt de Carnoët sur les rives de la Laita (également appelée forêt de Toulfoën) qui s'étend sur 750 ha (ancienne forêt royale).

De par leur faible représentativité, la préservation de ces milieux boisés constitue un enjeu important lors de la définition du projet.

b. Milieu humain

Les zones urbaines

Les principaux pôles urbains de l'aire d'étude sont Concarneau (26 000 habitants), Quimperlé (60 000 habitants), Lorient (150 000 habitants) et Vannes (80 000 habitants). La Bretagne Sud est attractive et ses agglomérations voient leur population augmenter régulièrement. Au-delà des centres-ville, la campagne bretonne se caractérise par une très forte dispersion de l'habitat sur la totalité de l'espace agricole. Les zones urbaines et industrielles occupent 11 % de la surface de l'aire d'étude terrestre.

Compte tenu de la répartition du bâti, seuls les secteurs d'habitat dense constituent des zones à enjeux.

L'agriculture

L'aire d'étude présente un caractère rural et agricole important (67 % de la surface de l'aire d'étude est dédiée à l'activité agricole) malgré la baisse importante et régulière de la population active agricole. L'activité agricole est principalement tournée vers l'élevage bovin (viande et surtout lait), l'aviculture et l'élevage porcin. De ce fait, la surface agricole utile (SAU) se répartit principalement en cultures céréalières (24 % de la SAU), en prairies naturelles ou artificielles (41 % de la SAU) et en cultures fourragères (maïs pour 29 % de la SAU), ainsi que la culture de légumes en plein champ et vergers (6 % de la SAU).

On note la présence des AOC « Eau-de-vie de cidre de Bretagne » et « Pommeau de Bretagne » ainsi que l'AOP « Cidres de Cornouaille ».

Les établissements agroalimentaires sont orientés vers des activités en aval de la production agricole.

À l'exception du poste électrique de raccordement et de l'éventuel poste intermédiaire de compensation, qui peuvent nécessiter une emprise sur des terrains agricoles (variable selon les cas

de 6 à 10 ha), la pose d'une liaison souterraine n'empêche pas de cultiver. Une bande de servitude légale de 5 m de largeur pour une liaison simple est créée sur les parcelles agricoles concernées au droit de l'ouvrage.

La ressource en eau

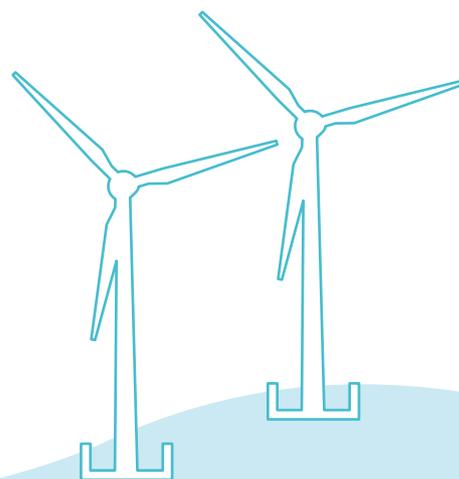
Dans les départements du Morbihan et du Finistère, l'eau est principalement prélevée dans les cours d'eau et dans les retenues (respectivement pour 78 % et 85 %).

Aussi l'amont des fleuves côtiers et leurs affluents sont pour la plupart couverts par des périmètres visant à protéger des captages d'eau pour l'alimentation en eau potable. Ces secteurs doivent être préservés de toute pollution et les activités y sont réglementées.

Les captages et leurs périmètres de protection constituent un enjeu dans la détermination du projet.

La gestion de la ressource en eau au-delà de la thématique des captages est réalisée conformément aux objectifs du Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) Loire-Bretagne déclinés à travers sept Schémas d'aménagement de gestion et des eaux (SAGE). Les objectifs visent principalement à avoir une gestion quantitative de la réserve en eau durant l'année, à garantir et maintenir une bonne qualité physicochimique des eaux (assainissement, pesticides, épandages, etc.), à préserver les milieux aquatiques et les zones humides, à prévenir les pollutions notamment pour les rivières abritant des zones dédiées à la conchyliculture et enfin à limiter les épisodes de crues et à gérer les inondations.

La prise en compte de ces objectifs dans le cadre du projet est nécessaire. En effet, avant la mise en œuvre du projet, il sera vérifié que les ouvrages sont bien compatibles avec le SDAGE et les SAGE concernés.



Les enjeux patrimoniaux et paysagers

Les principaux points abordés

- La zone d'étude en mer, en tant que telle, ne présente pas directement de paysages ou de patrimoines culturels à préserver. En revanche, les zones côtières visibles depuis le futur parc, ainsi que la zone d'étude terrestre associée aux raccordements et aux opérations de maintenance, présentent plusieurs enjeux remarquables détaillés ci-dessous ;
- la localisation des sites culturels et des paysages à préserver devra être examinée pour déterminer le choix de la zone de projet préférentielle, afin de limiter l'impact visuel potentiel depuis certains points de vue. Une attention particulière sera portée aux paysages ayant fait l'objet d'une protection au niveau national ou susceptibles d'être inscrits sur la liste du patrimoine mondial ;
- la possibilité d'éloignement de parcs éoliens depuis la côte est un paramètre important dans l'élaboration des projets.

1. Les enjeux paysagers

Les îles de Groix et Belle-Île présentent des paysages remarquables, marqués entre autres par d'importantes falaises. La faible urbanisation leur confère un caractère sauvage et préservé.

La presqu'île de Quiberon dispose également d'une importante valeur paysagère marquée par sa Côte sauvage, l'isthme et le fort de Penthièvre, le phare de la Teignouse et les archipels d'îlots.

De Gâvres à Quiberon se situe le plus grand massif dunaire de Bretagne, dunes qui bénéficient du label Grand site de France. Les paysages du rétro-littoral, avec la petite mer de Gâvres et la ria d'Étel, ont une valeur paysagère importante, voire remarquable.

La côte et la rade de Lorient, plus urbanisées, présentent une valeur paysagère significative, essentiellement due aux anciens forts, telle la citadelle de Port-Louis, aux étangs se trouvant en arrière du littoral et aux plages adossées au massif dunaire.

Enfin, la côte du Pays des Rias, peu urbanisée est marquée par ses falaises rocheuses et ses landes présentant de nombreuses rias et des petits ports préservés et riches de patrimoine maritime.

Durant la phase d'exploitation, les éoliennes, qui sont de grande taille, pourraient être aperçues depuis les sites culturels et les paysages remarquables et altérer la perception de ces derniers, voire être en visibilité avec certains d'entre eux. La taille perçue depuis la côte dépendra de la distance de l'observateur : plus les éoliennes sont éloignées de la côte, plus elles semblent petites, et plus est important l'effet de la courbure de la Terre (masquant de plus en plus la partie inférieure de l'objet observé au fur et à mesure de l'augmentation de la distance).

2. Les enjeux patrimoniaux

Le patrimoine écologique du sud de la Bretagne est décrit précisément dans la fiche #9.1. La connaissance et la préservation des habitats et des espèces contribuent à la protection des paysages naturels.

a. En partie terrestre

Le patrimoine naturel et architectural est extrêmement riche sur la zone d'étude pour le raccordement électrique, avec de nombreux sites classés et inscrits ainsi que de nombreux monuments historiques protégés. Néanmoins, l'enjeu est faible puisque le projet est réalisé en technique souterraine à l'exception du poste électrique de raccordement et de l'éventuel poste intermédiaire de compensation.

En revanche, la zone d'étude recèle d'importantes superficies recensées en tant que zone de présomption de prescription archéologique (cairns, dolmens, menhirs, etc.). Leur répartition sur l'ensemble de la zone d'étude, avec une concentration plus marquée dans la partie est n'en fait pas un élément déterminant, mais cette donnée sera à prendre en compte lors de la définition du projet de détail. L'inscription des mégalithes de Carnac sur la liste du patrimoine mondial de l'Unesco à échéance rapprochée n'est pas à exclure¹.

b. En partie maritime

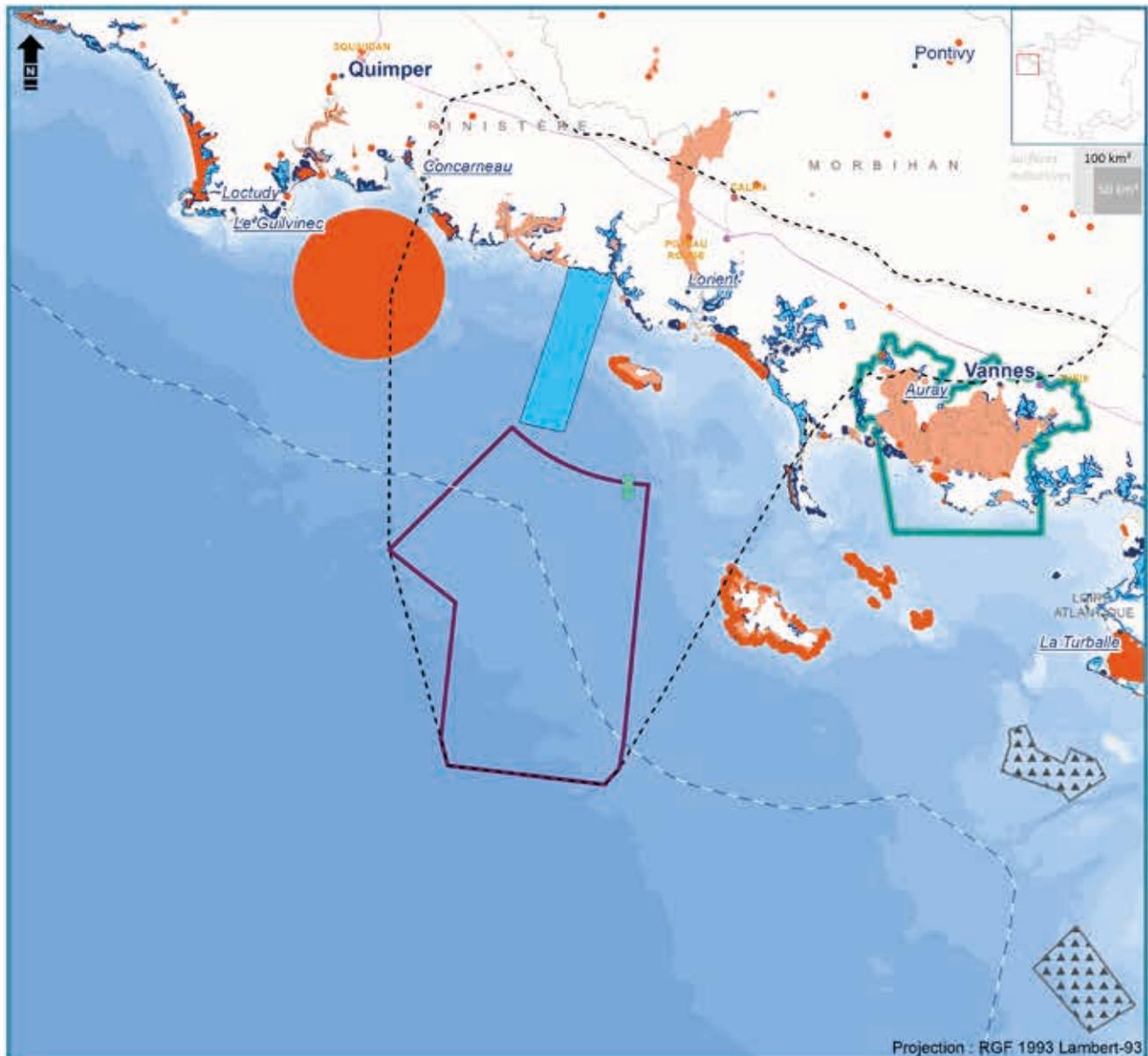
Concernant le patrimoine archéologique et culturel en partie maritime, la bibliographie indique que 298 naufrages ont eu lieu au large de Groix - Belle-Île, principalement à l'entrée et dans la rade de Lorient et sur les côtes de l'île de Groix. Pour le patrimoine archéologique en mer que sont les épaves, une campagne géophysique sera menée ultérieurement par l'État et par RTE sur les zones de projet faisant l'objet de procédures de mises en concurrence, pour détecter d'éventuelles épaves non déjà répertoriées sur les cartes marines. Si des épaves sont détectées, elles seront évitées lors de la définition du schéma d'implantation du parc éolien en mer et du tracé du raccordement électrique.

1



¹ Paysages de mégalithes : <http://www.megalithes-morbihan.fr/>

Paysage - Patrimoine



- Zone d'étude en mer
- Zone d'étude terrestre et maritime pour le raccordement électrique
- Eolien posé : site attribué
- Éolienne de la ferme pilote (Groix)
- Limite extérieure de la mer territoriale (12M)
- Poste électrique**
 - 225 kV
 - 400 kV
- Ligne électrique**
 - 225 kV
 - 400 kV
- Sites classés (emplacement)
- Sites inscrits (emplacement)
- Sites classés
- Sites inscrits (surface)
- Espace proche du rivage
- Coupures d'urbanisation
- Espaces remarquables
- Schéma de Mise en Valeur de la Mer
- Site du conservatoire du littoral

Theix Nom des postes électriques

Vannes Préfecture

Pontivy Sous-Préfecture

Auray Port de pêche

Sources:

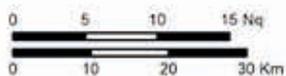
MTES: Limites EMR, Paysage - patrimoine

Shom: Limites maritimes

RTE: Lignes, postes, zones de raccordement

IGN: Limites administratives terrestres

Ifremer: Fond bathymétrique



Réalisation: Cerema - Mai 2020

Sites classés, inscrits

La politique des sites est à l'origine de mesures de protection nationales reconnaissant la valeur patrimoniale et paysagère de lieux dont la préservation présente un intérêt général. Deux niveaux de protection existent : l'inscription permet de maintenir une vigilance particulière sur l'évolution et l'intégrité des sites, tandis que le classement est une protection forte permettant d'assurer la préservation stricte des qualités des sites.

Au niveau national, l'État propose la démarche partenariale « Opération grand site » (OGS) aux collectivités territoriales afin de mener des projets ambitieux de gestion et de réhabilitation des sites classés de grande notoriété, soumis notamment aux pressions liées à la fréquentation touristique importante.

Au niveau international, l'État français s'est engagé pour la protection d'ensembles patrimoniaux paysagers au travers de la signature de la Convention pour la protection du patrimoine mondial, culturel et naturel en 1972. Aussi la France s'est engagée à mettre en œuvre une protection législative, à caractère réglementaire, institutionnelle et/ou traditionnelle adéquate à long terme pour assurer la sauvegarde des biens classés au patrimoine mondial de l'Humanité du fait de sa valeur universelle exceptionnelle.

Dans le cadre de la protection de ces sites inscrits, classés ou Unesco, la Commission départementale de la nature, des paysages et des sites peut être consultée lors de la procédure d'autorisation d'un parc éolien en mer susceptible d'affecter le paysage.

3. Les mesures mises en œuvre pour éviter, réduire et compenser les effets sur les enjeux patrimoniaux et paysagers

Les éoliennes, par leurs grandes dimensions, génèrent des effets visuels sur le paysage et la qualité des sites, bien au-delà des périmètres de protection. À cet égard, la principale mesure vis-à-vis du paysage réside dans le choix de l'implantation d'un projet, lequel devra respecter les sites de valeur patrimoniale reconnue. À ce titre, l'éloignement d'un parc éolien depuis la côte est un paramètre à prendre en compte dans l'élaboration d'un projet.

Lors de la définition précise d'un projet par l'industriel désigné, la perception visuelle permettra de déterminer la disposition, la hauteur, ainsi que l'emprise du parc. En cas de co visibilité avec un parc en cours de développement ou existant, une cohérence sera recherchée pour alléger la perception depuis la côte.

Le poste électrique en mer est moins haut que les éoliennes mais un peu plus massif. Sa position sera déterminée pour s'intégrer également au mieux dans le paysage.

Quant au raccordement électrique, il sera réalisé en technique sous-marine et souterraine donc sans effet visuel sur le paysage. Les sites d'implantation pour le poste électrique terrestre de raccordement et l'éventuel poste intermédiaire de compensation prendront en compte les éléments importants du patrimoine. L'intégration paysagère du poste de raccordement et de l'éventuel poste intermédiaire fera l'objet d'un soin particulier (création de merlon de terre, aménagements paysagers cohérents avec le cortège floristique local, choix des matériaux, etc.).



Les photomontages

Contrairement aux six premiers débats publics sur l'éolien en mer, et à la concertation sur la ferme pilote flottante de Groix - Belle-Île, qui portaient sur des projets bien définis (localisation exacte du parc, nombre et modèle des éoliennes connus, etc.), il n'est pas possible de fournir des photomontages représentant de façon précise les projets potentiels puisque leur emplacement et leurs caractéristiques font notamment l'objet du présent débat.

Toutefois, afin de fournir la meilleure information possible et de permettre au public de se projeter quant à l'impact visuel potentiel de futurs parcs éoliens en mer au sud de la Bretagne, des photomontages sont mis à disposition, représentant des parcs éoliens en mer de 250 MW et 500 MW, à différentes distances des côtes ou des îles.

Quatre implantations fictives (nord, sud, est, ouest de la zone d'étude) depuis 10 points de vue ont été simulées, à partir de clichés photographique effectués dans de très bonnes conditions de visibilité.

Ces photomontages ne présagent ni de l'implantation finale des futurs parcs, ni de leur forme, ni de la localisation de zones préférentielles de l'État.

Ils sont disponibles sur : www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr²



L'étude de climatologie de visibilité

En complément des photomontages, Météo France a réalisé une étude climatologie de visibilité des parcs éoliens en mer fictifs. L'objectif est de tenir compte des conditions météorologiques qui influent sur la perception visuelle des parcs.

Trois points côtiers ont été retenus pour cette étude : Belle-île/phare de Goulphar, Groix/port de Locmaria, Quiberon/Beg er Goalenec.

Afin de calculer la visibilité en direction du parc éolien fictif, Météo France a utilisé les données du modèle AROME à 20 et 100 mètres de hauteur, prenant en compte le type, la taille et la concentration des gaz et particules présents dans l'atmosphère. Ceux-ci affectent la transparence des couches traversées. Puis la visibilité a été calculée le long d'un axe compris entre la côte et l'éolienne la plus proche du parc fictif considéré en sélectionnant un point tous les 2,5 km.

La méthodologie décrite dans le livrable de l'étude a été appliquée pour « point côtier/parc éolien fictif » pour chaque heure dans le créneau 6 heures-21 heures UTC et chaque jour de l'année pour la période 2009-2018. L'ensemble de ces données de fréquence a ensuite permis de calculer des moyennes de visibilité mensuelles et annuelles.

Les résultats sont ensuite présentés sous forme d'histogrammes et par trimestre. Ils représentent la fréquence à laquelle le parc fictif est visible depuis le continent. Dans ces calculs, la courbure de la Terre n'est pas prise en compte, seule la visibilité météorologique est renseignée. L'étude complète est disponible sur le site du débat public.

Les cartes de visibilité ZVT

Afin de permettre au public d'évaluer l'impact visuel des éoliennes sur terre et en mer, une étude de visibilité a été réalisée, cartographiant la fraction visible des éoliennes. Le calcul est fait en prenant en compte la distance, et la courbure de la Terre ; les effets masquant du bâti et des boisements ne sont pas pris en compte. Le calcul est réalisé dans l'hypothèse d'une visibilité maximale, il n'y a aucune hypothèse liée aux conditions météorologiques. Il faut donc croiser les éléments de cette étude avec les résultats de l'étude de climatologie de visibilité de Météo France pour avoir une appréciation plus complète de l'impact visuel.

Précautions d'interprétation :

- Les résultats décrivent des secteurs « à risque d'impact visuel ». Ce ne sont pas des secteurs de visibilité absolue des éoliennes (que seul un photomontage est en mesure de démontrer).
- La carte de la zone de visibilité théorique ne peut seule suffire à apprécier les effets visuels du projet dans les paysages et doit être complétée par des analyses paysagères plus qualitatives, particulièrement les photomontages, annexés dans un cahier grand format. Son intérêt principal est de permettre d'appréhender l'étendue des bassins visuels depuis lesquels le projet est susceptible d'être perçu.



PROJETS ÉOLIENS FLOTTANTS SUD BRETAGNE

Fraction visible

Paramètres de calcul :

- Topographie : IGN175
- Hauteur de l'observ : 2m
- Pas de calcul : 175m
- Hauteur éoliennes : 260m
- Coef. de réfraction aéro : 0.14266

Simulations 228 éoliennes

- Nord : 57 éoliennes
- Ouest : 57 éoliennes
- Est : 57 éoliennes
- Sud-Est : 57 éoliennes

Modèle par Christophe de GOSSELIN

Légende

Projets fictifs

- Est
- Est P2
- Nord
- Nord P2
- Ouest
- Ouest P2
- Sud-Est
- Sud-Est P2

Autres projets en cours

- Grés-Belle-Île

Périmètres

- Tous les 10km

Calculs de visibilité

Fraction visible (%)

100
80
60
40
20
0

Methodologie

Cette carte présente la fraction théoriquement visible de l'ensemble des éoliennes des phases 1 et 2 en tout point du territoire (228 éoliennes). Le résultat est exprimé en pourcentage des hauteurs installées.

La méthode consiste à calculer la somme des hauteurs visibles, divisée par la somme des hauteurs installées.

Ainsi pour chaque cellule du territoire :

$$R_{cell} = \frac{\sum h_v}{\sum h_{total}}$$

h_v est la hauteur théoriquement visible des éoliennes (mètres), h_{total} est la hauteur maximale des éoliennes (mètres).

L'échelle graphique est linéaire de 0 à 100 %. Les zones non colorées ne sont pas exposées à la vue des éoliennes en raison des masques topographiques.

Ce calcul a été réalisé terrain-ru. Les obstacles visuels de surface n'ont pas été pris en compte.

Ce calcul tient compte de la courbure terrestre et de la réfraction atmosphérique avec un coefficient indiqué plus haut.

Cette représentation ne tient pas compte de l'opacité atmosphérique.

⚠ Exemple d'une carte réalisée pour l'étude.

Celle-ci présente l'effet cumulé de quatre parcs fictifs. Dans les faits, seul un parc sera retenu et les emplacements des parcs fictifs choisis pour la simulation ne présagent en rien des emplacements futurs des parcs, décidés à l'issue du débat public.

Le trafic et la sécurité maritimes

Les principaux points abordés

Cette fiche aborde les enjeux liés au trafic et à la sécurité maritimes sur la zone d'étude en mer. Elle présente :

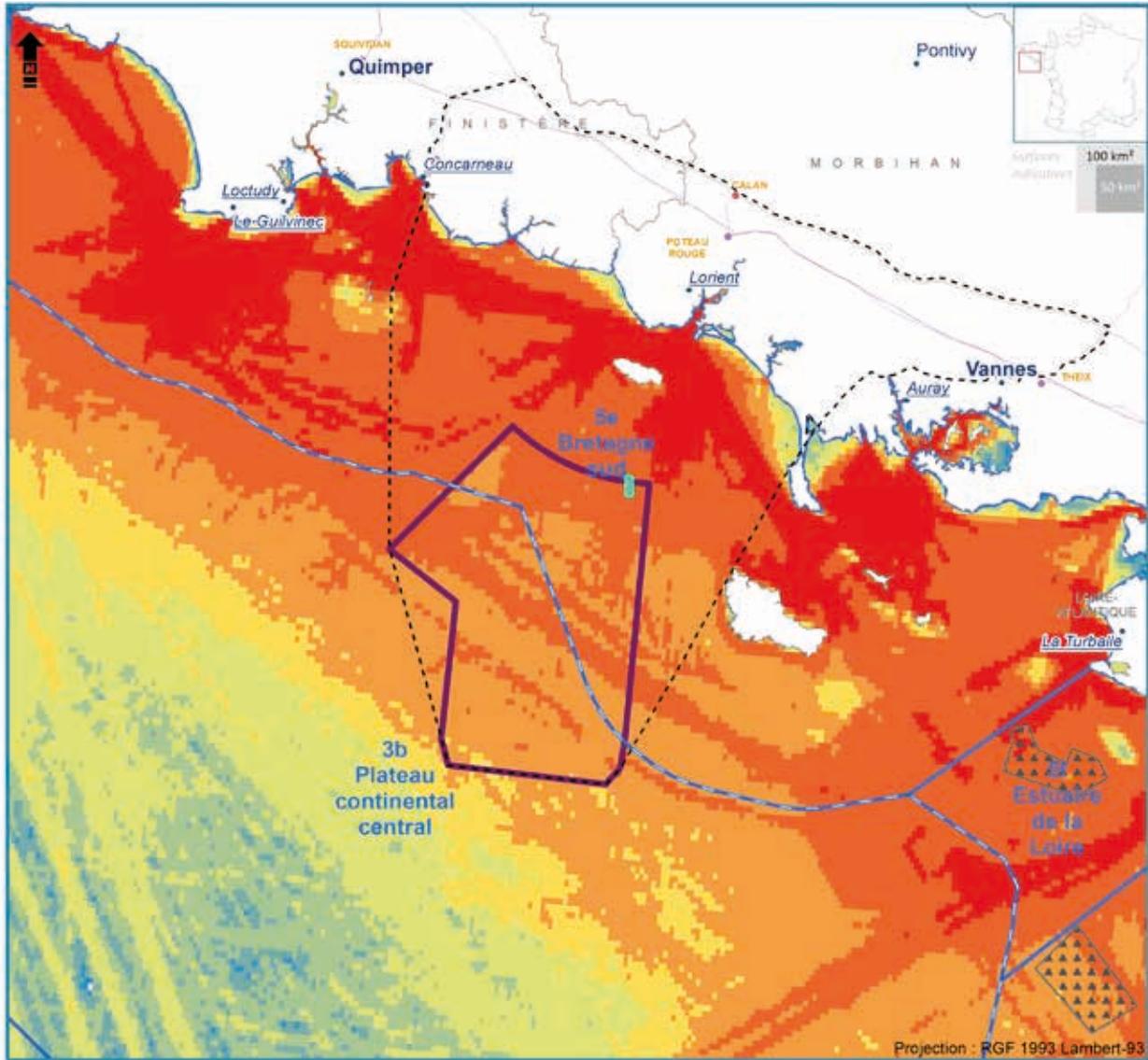
- les données relatives au trafic maritime dominé par les activités de pêche et de plaisance notamment en période estivale ;
- les principaux enjeux de sécurité maritime sur la zone d'étude en mer ;
- les conditions météo-océaniques ;
- les interventions en mer réalisées par le CROSS Étel (Centre régional opérationnel de surveillance et de sauvetage) ;
- les mesures existantes pour prévenir et faire face aux accidents et incidents survenus en mer.

1. Le trafic maritime dans la zone d'étude en mer, une activité essentiellement saisonnière

Le trafic maritime dans la zone d'étude en mer est varié avec une prédominance de la pêche et de la plaisance. Le trafic de navires marchands (cargos, tankers, porte-conteneurs) relie les ports français de la façade atlantique au dispositif de séparation de trafic d'Ouessant et/ou aux ports de Brest et de Lorient. Les navires à passagers sont essentiellement des navires effectuant les liaisons inter îles.

Le trafic est, par ailleurs, marqué par une forte saisonnalité en raison d'une importante activité de plaisance durant l'été.

Trafic maritime 2019 tous navires confondus



- Zone d'étude en mer
- Zone d'étude terrestre et maritime pour le raccordement électrique
- Eolien posé : site attribué
- Éolienne de la ferme pilote (Groix)
- Limite extérieure de la mer territoriale (12M)

- | Poste électrique | Ligne électrique |
|------------------|------------------|
| 225 kV | 225 kV |
| 400 kV | 400 kV |

Theix Nom des postes électriques

- Vannes** Préfecture
- Pontivy** Sous-Préfecture
- Auray** Port de pêche

- Zone de vocation DSF
- Nombre estimé de navires toutes catégories sur l'année 2019**

- Moins de 5
- 5 - 10
- 10 - 20
- 20 - 50
- 50 - 100
- 100 - 200
- 200 - 500
- Plus de 500

Sources:
 MTES: Limites EMR
 Cerema: Trafic maritime (source AIS)
 Shom: Limites maritimes
 RTE: Lignes, postes, zones de raccordement
 IGN: Limites administratives terrestres
 Ifremer: Fond bathymétrique



Réalisation: Cerema - Mai 2020

2. Les enjeux de sécurité liés au trafic maritime

a. Les conditions météo-océaniques dans la zone d'étude en mer

Les conditions météorologiques de la zone sont marquées par les perturbations atlantiques. Les vents soufflent tout au long de l'année et dans des directions variées. La prédominance des vents de secteurs ouest à sud-ouest est plus marquée au printemps et en été, tandis que l'automne et l'hiver sont plus marqués par des vents forts de secteurs sud-ouest à nord-ouest. La visibilité est souvent mauvaise liée soit à des brouillards à la fin du printemps et en été ou par des fortes pluies associées aux dépressions en hiver.

Le golfe de Gascogne est caractérisé par la persistance de houle d'ouest et de nord-ouest à laquelle s'associent les vagues dues aux vents venant de ces directions. 40 % des houles sont petites (0-2 m), 47 % sont modérées (2-4 m) et 13 % ont une hauteur supérieure à 4 m.

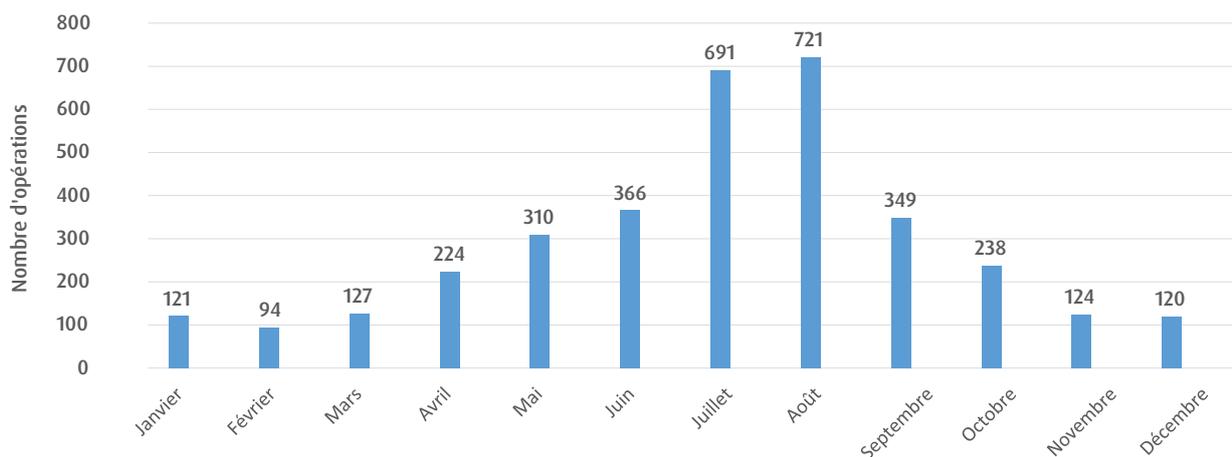
b. Les interventions en mer

En 2018, sur les 3 515 interventions menées par le CROSS Étel (Centre régional opérationnel de surveillance et de sauvetage), 64 % impliquaient la plaisance ou les activités nautiques de loisirs, 10 % la pêche et 3 % le commerce, le reste des interventions n'impliquait pas d'objets flottants (accidents de baignades ou plongée, etc.).

Mais, si les opérations menées par le CROSS Étel sont principalement dues à la plaisance, le trafic maritime important au large de la zone, issu d'une des routes maritimes les plus importantes au monde, entraîne des accidents dont les répercussions se font sentir sur tout le littoral de la façade atlantique française.

En effet, en raison de l'orientation ouest-sud-ouest des vents, la zone peut être concernée par les navires désemparés ou les éventuelles pollutions consécutives à des événements de mer survenant plus au large.

Répartition sur l'année 2018 des interventions du CROSS Étel (Centre régional opérationnel de surveillance et de sauvetage)



Saison estivale

juin - septembre

2 127

60 %
de l'activité de l'année

50
pic d'opérations en 24 heures

c. Les mesures étatiques existantes pour prévenir et répondre aux enjeux de sécurité maritime

L'État assume en mer la sécurité des personnes, la santé publique des populations et la protection de l'environnement. L'État utilise, pour ce faire, des moyens de prévention des accidents en mer et d'intervention.

Les mesures pour prévenir les accidents de mer

Tous les ans, une campagne de sécurité des loisirs nautiques est conduite entre le mois de mai et le mois de septembre. Les services de l'État sont renforcés ainsi que les opérations de contrôle et de prévention.

Les réseaux sociaux contribuent aux actions de prévention par la diffusion d'informations (météo, principes de prudence en cas de grandes marées, marquage des ailes de kitesurf, etc.).

Les mesures pour répondre aux événements de mer

Pour répondre aux événements de mer, la France s'est dotée de moyens juridiques et opérationnels :

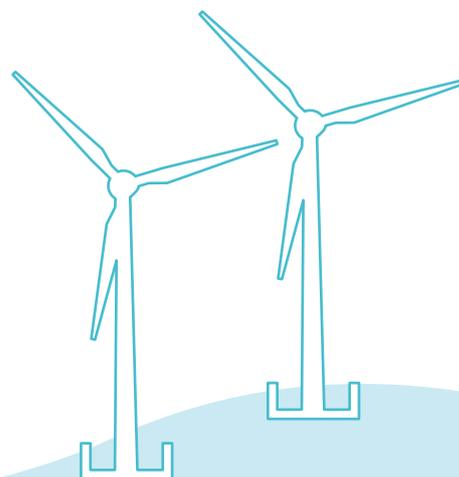
- le dispositif ORSEC (organisation de la réponse de sécurité civile) maritime Atlantique définit l'organisation mise en œuvre par le préfet maritime pour faire face aux conséquences en mer d'un événement conduisant à l'exécution d'opérations de secours aux personnes, d'assistance aux biens ou de protection de l'environnement. Cet événement déclencheur peut être d'origine maritime, aérienne ou terrestre ;
- le CROSS Étel assure en sa qualité de service d'assistance maritime la réception des notifications obligatoires en cas d'accident à bord d'un navire, le suivi de la situation du navire en avarie, le contact entre le capitaine et les autorités maritimes et le contact entre les participants à toute opération d'assistance maritime ;
- la mise en demeure de l'armateur ou de son représentant et l'action d'office permettent à l'État d'intervenir aux frais et risques de ce dernier s'il ne parvient à faire cesser la menace que constitue son navire ou sa cargaison, dans un délai imparti ;
- la projection d'équipes d'évaluation et d'intervention (EEI) (voir encadré ci-contre) destinée à évaluer et informer le préfet maritime sur la nature et l'évolution du sinistre, voire à intervenir d'urgence sur le navire accidenté ;

- le remorquage d'urgence du navire en difficulté par un remorqueur d'intervention, d'assistance et de sauvetage. Les remorqueurs d'urgence (Abeille Bourbon et VN SAPEUR), affrétés par la Marine nationale, constituent la capacité décisive de l'autorité maritime pour empêcher la survenance d'une catastrophe majeure consécutive à l'avarie d'un navire de commerce. Leur localisation stratégique (Brest) facilite une intervention rapide pour remorquer les navires en avarie circulant dans le dispositif de séparation du trafic du rail d'Ouessant. En revanche, le temps d'intervention est plus important en cas d'avarie d'un navire situé plus au sud de la façade maritime atlantique. Une convention permet au préfet maritime de pouvoir utiliser les remorqueurs des grands ports maritimes de Saint-Nazaire, de La Rochelle et de Bordeaux afin de pouvoir couvrir toute la façade et permet ainsi une intervention dans un délai maximum de trois heures en tout point du golfe de Gascogne.

Les équipes d'évaluation et d'intervention

Le préfet maritime peut déployer en mer du personnel pour apprécier la situation du navire en difficulté *in situ* au titre des prérogatives de l'État côtier pour prévenir un risque de pollution. Il dispose en permanence d'une équipe d'astreinte de la Marine nationale pour cette mission et les centres de sécurité des navires fournissent également du personnel qualifié pour intégrer ces équipes déployées en mer (inspecteurs de la sécurité des navires et de la prévention des risques professionnels maritimes). Le préfet maritime peut constituer des équipes d'évaluation variables, adaptées au risque à évaluer, en mobilisant également des pilotes portuaires, des officiers de port, des gendarmes maritimes, ou tout autre agent de l'État.

Si l'évaluation doit s'accompagner d'une intervention sur le navire, les militaires de la base navale de Brest constituent le premier vivier des équipes d'intervention au profit du préfet maritime : marins-pompiers, manœuvriers, techniciens radiologiques.



Les principaux points abordés

- Cette fiche présente les enjeux liés à la pêche professionnelle et aux impacts d'un parc éolien flottant sur ces activités. Ainsi, elle décrit :
- les grandes caractéristiques de la pêche sur la façade maritime Nord Atlantique - Manche Ouest et en particulier sur la zone d'étude en mer pour l'implantation du parc éolien flottant ;
 - les principaux impacts anticipés sur l'activité de pêche dans la zone d'étude ;
 - les différentes modalités de prise en compte des effets du projet sur la pêche :
 - la concertation et l'implication des acteurs représentant le secteur de la pêche professionnelle au processus décisionnel de réalisation du parc éolien,
 - le dédommagement financier des pertes pour les activités de pêche,
 - la possible continuité de la pêche sous certaines conditions au sein du parc d'éoliennes flottantes,
 - le retour d'expérience des effets sur la pêche dans les parcs éoliens flottants pilotes.

La zone d'étude en mer accueille une activité de pêche, dont le poids économique est important pour les ports du littoral. La zone est fréquentée par des navires originaires de Bretagne Sud, mais également de Loire-Atlantique (la Turballe) et de Vendée (Les Sables-d'Olonne). La zone d'étude en mer est au nord de la grande vasière qui abrite à la fois des nourriceries et des zones de pêche, notamment pour la Langoustine.

Compte tenu des conditions actuelles d'exercice de la pêche maritime et des enjeux de gestion durable des ressources biologiques marines qui encadrent l'activité de pêche professionnelle, les professionnels de la pêche sont très sensibles à la multiplication des contraintes liées à la coexistence avec de nouveaux usages dont l'éolien en mer.

L'enjeu essentiel pour la pêche maritime étant la préservation des secteurs de dépendance des flottilles ou présentant une grande richesse halieutique, les zones préférentielles identifiées à l'issue du débat public devront donc éviter les secteurs d'enjeux majeurs pour la pêche.

À l'issue du débat public, l'État lancera conjointement avec RTE des études environnementales, y compris sur les espèces halieutiques, permettant d'avoir une connaissance fine de la zone qui aura émergé du débat public. Ces études seront transmises aux candidats de la procédure de mise en concurrence afin qu'ils puissent prendre en compte les informations environnementales plus fines pour élaborer leurs offres, et pourront également être partagées avec le public.

1. Les activités de pêche recensées sur la façade et dans la zone d'étude en mer

a. Sur l'ensemble de la façade

La Bretagne est la première région de pêche française, et Lorient est le premier port de pêche français en valeur et deuxième en tonnage (plus de 22 000 tonnes¹ par an dont Merlu, Lotte et Langoustine). Les Pays de la Loire sont l'une des principales régions de pêche française : ainsi Les Sables d'Olonne sont le 4^e port de pêche français en valeur. La zone est attractive pour la pêche professionnelle et présente des pratiques de pêche très diversifiées.

Les techniques utilisées recourent aux arts dormants et traînants² :

- les arts dormants sont des engins immobiles (ou passifs) ou en dérive où les poissons viennent se piéger. Ils peuvent être calés sur le fond, voire fixés à la côte ou dérivant au gré des courants ; le filet droit, le casier, les lignes avec hameçons sont d'utilisation courante pour presque toutes les espèces ;

- les arts traînants sont des engins actifs où l'on « chasse » le poisson. Ils sont tractés par le bateau (dragues, chaluts, lignes) ou effectuent des encercllements (sennes).

L'activité de pêche à pied professionnelle est présente sur la grande majorité du littoral du Morbihan. La pêche à pied à la telline est réglementée sur une portion du littoral qui s'étend de la ria d'Étel à l'isthme de Penthièvre³.

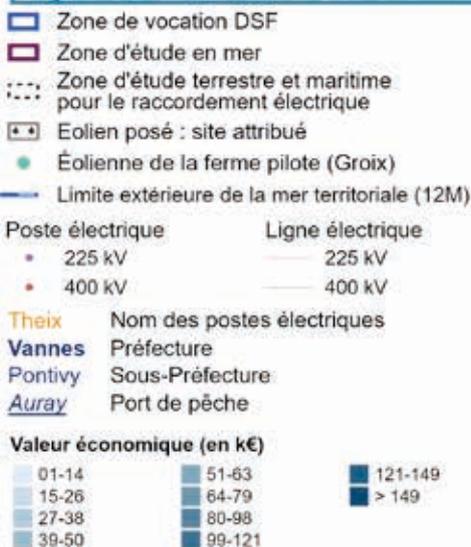
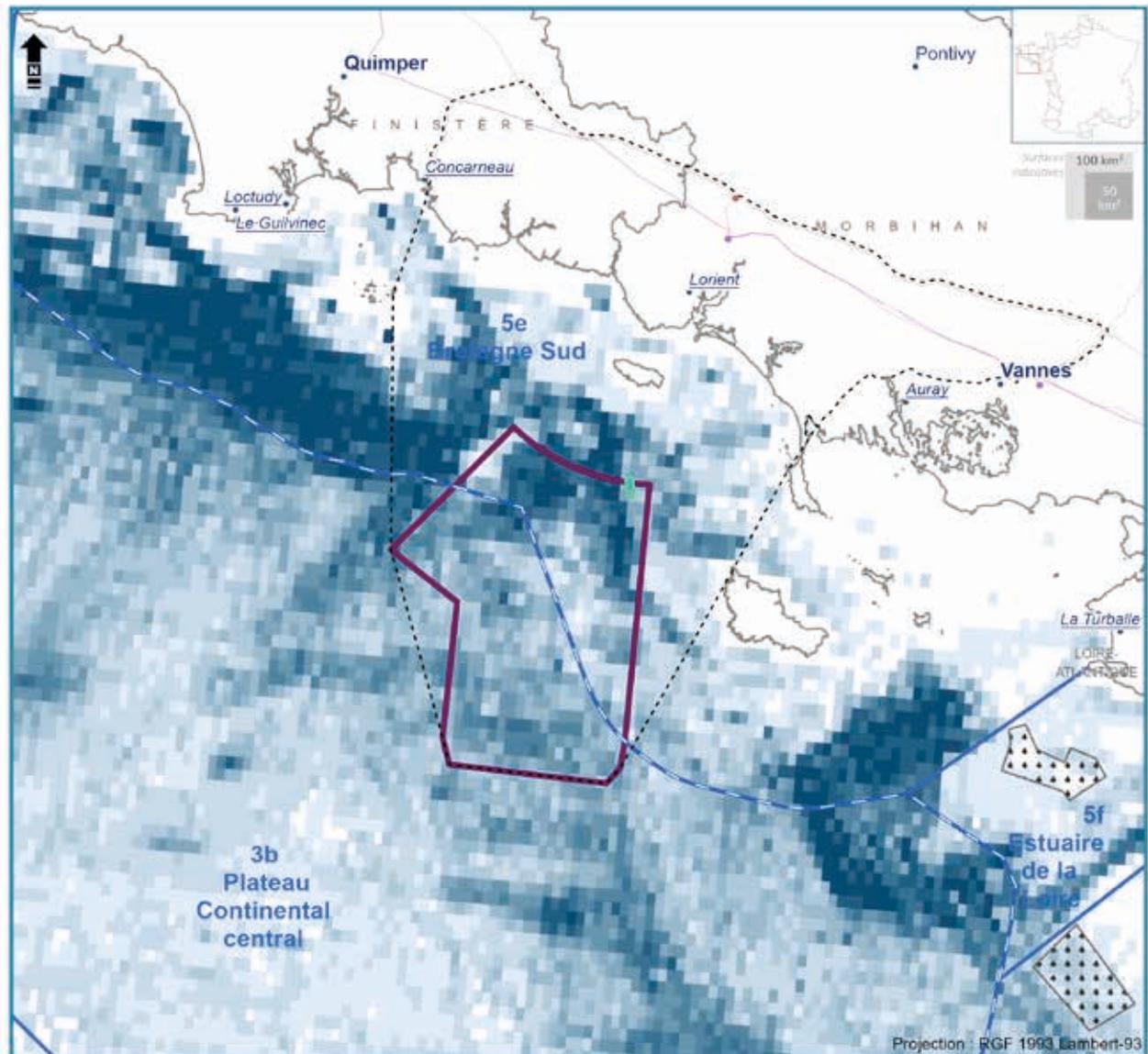
En phase de travaux, la zone d'atterrissage (soit la zone dans laquelle la jonction entre les câbles électriques sous-marins et les câbles électriques tout-terrain est réalisée) sera le cas échéant interdite à la pratique de cette pêche. Cela pourrait se traduire par une perte économique liée à une réduction de la superficie exploitable pour la pêche. Néanmoins, la durée et l'emprise limitée des travaux sur la zone d'atterrissage limiteront les effets sur la pêche à pied professionnelle, et notamment la pêche à la telline.

2



1 Y compris, les prises effectuées à l'étranger.
 2 <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/arts-dormants-arts-traïnants>
 3 D'après l'étude d'impact du projet de la ferme pilote de Groix et Belle-Île.

Nombre d'heures maximum de présence des navires équipés VMS – Période 2016-2019



Cette carte concerne uniquement les navires équipés du VMS.

Les données à haute résolution du système de suivi satellitaire (Vessel Monitoring System, VMS) sont disponibles pour tous navires :
 - de plus de 12 mètres
 - pêchant plus de 300 kg de soles par an

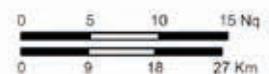
À partir des positions élémentaires de chaque navire, le temps de pêche est estimé pour chaque jour de présence dans une zone (maillée selon un carroyage de 1 minutes de degré), sur la base d'un seuil de vitesse moyenne entre deux points fixé à 4,5 nœuds.

La période de référence est de quatre années : 2016 à 2019.

Cette carte représente le nombre maximum d'heures, sur 4 ans, de tous les navires équipés de VMS, à une vitesse inférieure à 4,5 nœuds, par maille de 1 minute de degré et à plus de 800 m des côtes, selon l'exemple ci-contre :

2016	2017	2018	2019
37	45	39	31

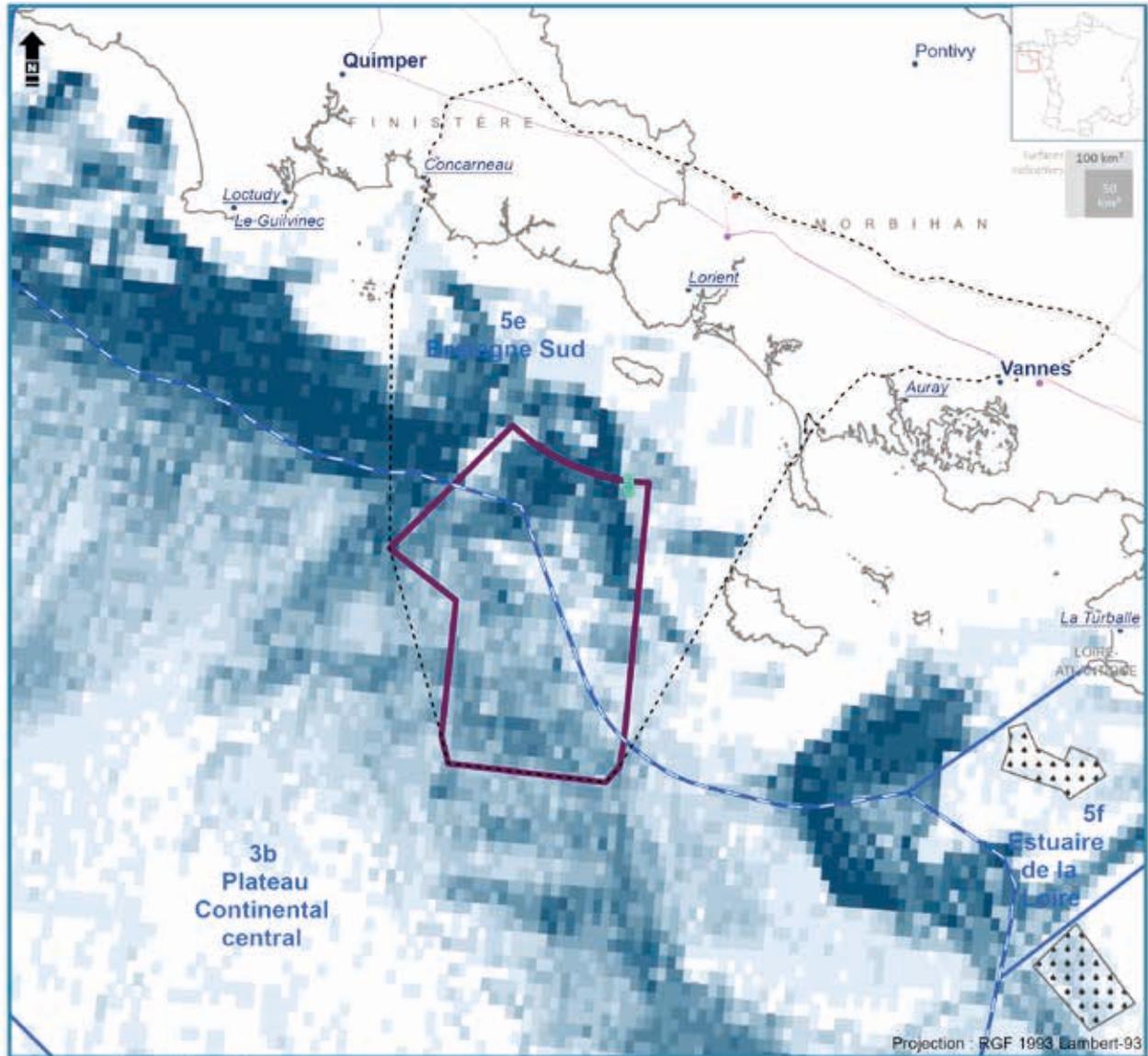
Sources:
 MTES MAAF
 Shom Ifremer
 RTE IGN



Réalisation : Cerema - Mai 2020

La zone d'étude en mer est située à l'ouest de Belle-Île-en-Mer dans un secteur de forte activité de pêche professionnelle. La zone d'étude est fréquentée dans son ensemble : les arts traînants dans quasiment toute la zone ; les arts dormants, de manière prépondérante dans la diagonale nord-ouest sud-est le long de la limite des 12 milles. La pêche est effectuée sur tous types de fonds (roches, cailloutis, vase) en fonction des métiers pratiqués.

Nombre d'heures maximum de présence des navires équipés VMS dont l'engin principal est un art trainant - Période 2016-2019



- Zone de vocation DSF
 - Zone d'étude en mer
 - Zone d'étude terrestre et maritime pour le raccordement électrique
 - Eolien posé : site attribué
 - Éolienne de la ferme pilote (Groix)
 - Limite extérieure de la mer territoriale (12M)
- | | |
|--|---|
| Poste électrique | Ligne électrique |
| ● 225 kV | 225 kV |
| ● 400 kV | 400 kV |
- Theix** Nom des postes électriques
Vannes Préfecture
Pontivy Sous-Préfecture
Auray Port de pêche
- Valeur économique (en k€)**
- | | | |
|---|---|---|
| Moins de 14 | 39-50 | 80-98 |
| 15-26 | 51-63 | 99-121 |
| 27-38 | 64-79 | 121-149 |
| | | Plus de 150 |

Cette carte concerne uniquement les navires équipés du VMS.

Les données à haute résolution du système de suivi satellitaire (Vessel Monitoring System, VMS) sont disponibles pour tous navires :
 - de plus de 12 mètres
 - pêchant plus de 300 kg de soles par an

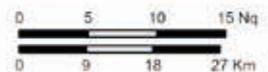
À partir des positions élémentaires de chaque navire, le temps de pêche est estimé pour chaque jour de présence dans une zone (maillée selon un carroyage de 1 minutes de degré), sur la base d'un seuil de vitesse moyenne entre deux points fixé à 4.5 nœuds.

La période de référence est de quatre années : 2016 à 2019.

Cette carte représente le nombre maximum d'heures, sur 4 ans, de tous les navires équipés de VMS, à une vitesse inférieure à 4.5 nœuds, par maille de 1 minute de degré et à plus de 800 m des côtes, dont l'engin principal est un art trainant, selon l'exemple ci-contre :

2016	2017	2018	2019
37	45	39	31

Sources:
 MTES MAAF
 Shom Ifremer
 RTE IGN



Réalisation : Cerema - Mai 2020

La zone d'étude du débat est pratiquement exclusivement fréquentée par des navires français et ce sont les bateaux du port de Lorient qui exercent le plus dans la zone d'étude. Une analyse plus approfondie est disponible dans l'étude produite par le Cerema.

Représentation et gestion de la pêche

L'autorité en France responsable de la gestion des pêches est le ministre en charge de cette compétence avec la Direction des pêches maritimes et de l'aquaculture (DPMA). Le Comité national des pêches maritime et des élevages marins est consulté sur tous les projets de réglementation concernant le secteur. Il s'est vu aussi déléguer la compétence d'édiction de certaines règles, pour les espèces non soumises à quotas de capture. Il peut aussi délivrer des autorisations de pêche pour ces espèces et pour résoudre des conflits d'engins.

Les organisations de producteurs sont, elles, compétentes en matière de gestion des quotas et de délivrance des autorisations de pêche des espèces soumises à ces quotas, par délégation de l'État.

Au niveau local, les représentants de l'État sont les préfets de région, compétents en matière de pêche maritime. Les comités régionaux des pêches sont compétents, comme pour le CNPMM, pour édicter des normes dans l'emprise de la zone de compétence du préfet de région.

Concernant la représentation de la pêche de la façade maritime, deux comités régionaux des pêches maritimes et des élevages marins sont compétents pour réglementer les activités de pêche au titre de la gestion des ressources, de la cohabitation entre les métiers de la pêche et de la protection de l'environnement : le comité régional de Bretagne et celui des Pays de la Loire. Enfin les Comités départementaux ou interdépartementaux ont deux missions principales, à savoir la représentation et la promotion, dans leur ressort territorial, des intérêts généraux de la profession, ainsi que l'information et l'accueil des entreprises de pêche et de leurs salariés.

La fréquentation de la zone d'étude en mer mois par mois met en évidence une présence active des pêcheurs tout au long de l'année⁴. Tous les engins sont utilisés dans la zone d'étude en mer à l'exception de la drague remorquée par bateau, inexistante ici, faute de gisement de coquilles Saint-Jacques.

2. Description des enjeux de la pêche professionnelle vis-à-vis de l'éolien en mer

a. Les impacts dans la zone d'étude en mer

L'implantation de parcs d'énergies renouvelables en mer peut perturber les activités de pêche professionnelle en affectant potentiellement le milieu et les espèces commerciales, tant lors de la phase de construction (nuisances sonores, restriction/interdiction d'accès au site pendant les travaux) qu'en activité en utilisant de manière permanente une zone de l'espace maritime dans laquelle la pêche et la navigation peuvent être en partie restreintes : perte de superficie de pêche, modification locale

des conditions de courant, modification des trajets pouvant entraîner une augmentation des coûts en carburant et une perte de bénéfices.

Afin de limiter les effets des futurs parcs éoliens en mer sur l'activité de pêche, la préservation des secteurs dont les navires de pêche sont très dépendants ou présentant une grande richesse halieutique sera recherchée. La définition de la zone préférentielle devra prendre en compte ce paramètre important pour la profession.

Exemple de retour d'expérience sur la ressource halieutique dans un parc éolien posé en mer au Danemark

Ce qui est présenté dans la suite est un exemple montrant l'effet négligeable d'un parc posé sur l'ichtyofaune. Il convient d'avoir en tête que ces résultats ne sont pas directement transposables en l'état d'une zone à une autre (dépend de nombreux facteurs comme le type d'espèces présentes, l'état des ressources, la typologie et l'intensité de l'activité d'exploitation, de la nature du projet (ici, éoliennes posées).

Ainsi, une étude publiée en 2011 par un organisme de recherche rattaché à l'université technique du Danemark⁵ a analysé l'impact de l'implantation d'un parc de 80 éoliennes en mer posées sur les populations de poissons qui évoluent dans la zone d'implantation. Ce parc (Horns Rev1) a été mis en service en 2002 à 15 km des côtes ouest du Danemark.

Plus précisément, le but de cette étude était d'analyser :

- les changements structurels de l'ichtyofaune (c'est-à-dire les communautés de poissons) ;
- la distribution spatiale des poissons ;
- les changements chez les populations de lançons.

Il s'agissait notamment de la première fois que la méthode BACI (Avant - Après - Contrôle - Impact) était utilisée pour une étude d'impact de long terme d'un parc éolien en mer sur les populations de poissons. La comparaison a porté sur les analyses du milieu faites avant la construction, puis après sept ans de mise en service.

Les conclusions de cette étude indiquent que l'introduction de substrats durs (enrochements et fondations) n'a entraîné que des changements mineurs dans l'ichtyofaune et la diversité des espèces en général.

4



5



⁴ http://geolittoral.din.developpement-durable.gouv.fr/telechargement/emr/bretagne/etude_peche_vms_sacrois_nord_golfe_gascoigne.pdf

⁵ https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/7615058/246_2011_effect_of_the_horns_rev_1_offshore_wind_farm_on_fish_communities.pdf

b. Analyse des effets cumulés du projet avec d'autres projets connus

Aucun parc n'étant en fonctionnement en France, cette analyse ne peut s'appuyer sur des pratiques et éléments factuels issus d'un retour d'expérience en France. Des exemples de retour d'expérience existent cependant à l'étranger. L'État français participe à des groupes de travail européens sur la question des effets cumulés.

À ce jour, il est estimé que l'effet cumulé sur la pêche professionnelle serait limité à la période des travaux. Celle-ci nécessitera la fermeture temporaire de la zone de délimitation du parc et l'établissement d'un périmètre d'exclusion, ce qui interdit toute activité de pêche dans ce périmètre durant les travaux.

Par ailleurs, l'éloignement des projets et les possibilités de mobilité des espèces/individus au sein d'un espace vaste tel que la zone d'étude pourraient avoir un effet limité sur la ressource halieutique. Une étude à l'état zéro et un suivi durant et après la période des travaux seront menés pour apprécier cet effet.

En phase d'exploitation, l'importance de l'effet cumulé pour l'activité pêche est conditionnée à l'autorisation ou non par l'autorité administrative de la navigation et de la pratique de la pêche au sein des parcs éoliens. À ce jour, la pêche est envisagée au sein des trois parcs posés de Normandie (Courseulles-sur-Mer, Fécamp et Dieppe-Le Tréport), la décision n'est pas encore prise pour le parc de Saint-Brieuc. Pour le parc de Saint-Nazaire, l'architecture du projet éolien a été conçue pour permettre la

navigation et le maintien de l'activité de pêche au sein du parc éolien en mer.

La situation est cependant différente pour les parcs flottants en raison de la présence des lignes d'ancrage et de câbles dynamiques entre les éoliennes, flottant entre deux eaux, pour s'adapter aux mouvements de la marée et de la houle.

Par exemple, pour le projet « Éoliennes flottantes de Groix et Belle-Île » (EFGBI), pour l'instant, les seules activités de pêche à être interdites sont les arts trainants en raison de la présence des ancrages et ligne de mouillage. La porte reste ouverte à la possibilité de mettre des filières de casiers ou de filets une fois que l'implantation des ancres sera connue.

Exemple de retour d'expérience sur l'effet récif dans un parc éolien en Belgique

Une étude publiée en 2018 par l'institut royal belge des sciences naturelles⁶ a analysé, entre autres, l'impact des parcs éoliens en mer posés au large de la Belgique en matière d'effet récif pour les poissons. Elle a conclu que l'effet récif avait été observé, et que les éoliennes avaient attiré sur la zone 4 nouvelles espèces de poissons, en plus de 21 espèces déjà présentes.

3. Les modalités de prise en compte de l'effet des parcs éoliens flottants sur la pêche professionnelle

a. Une implication des professionnels de la pêche dans le processus décisionnel d'implantation des éoliennes

Afin de limiter les effets négatifs de l'implantation de parcs éoliens en mer sur les activités de pêche professionnelle, les représentants des comités régionaux et départementaux des pêches maritimes et des élevages marins seront étroitement associés au choix de la zone d'implantation des parcs éoliens. La consultation des pêcheurs vise d'une part, à éviter les secteurs dont les navires de pêche sont très dépendants et/ou représentant une grande richesse halieutique et, d'autre part à essayer de concilier les activités de pêche et de production d'énergie en optimisant les modalités d'implantation du parc. Les choix des ancrages, des méthodes de protection des câbles et des mesures de réduction des impacts seront définis selon les sites et les meilleures techniques disponibles. Les techniques de construction les moins nocives pour la faune aquatique seront privilégiées.

b. Un dédommagement financier possible pour la réduction d'activité de pêche durant les travaux

La phase de construction est une phase importante pour l'activité de pêche : en raison de la présence des navires de travaux, il est nécessaire pour des questions de sécurité maritime de restreindre la possibilité de pêcher à proximité des bateaux

Des mesures seront cependant prises par le porteur de projet pour d'abord éviter puis réduire, et le cas échéant compenser financièrement, les éventuelles pertes pour les activités de pêche. Sur les premiers parcs, les parties prenantes ont pu échanger avec différents interlocuteurs sur ce sujet, avec notamment les travaux menés par l'association RICEP (Réseau d'information et de conseil en économie des pêches) qui a développé des méthodes d'estimation des pertes pour la pêche des travaux de construction des parcs éoliens en mer.

c. La possibilité de poursuivre les activités de pêche au sein des parcs éoliens en mer

La France a pour objectif de favoriser autant que possible la compatibilité des usages en mer, y compris au sein des parcs éoliens en mer, dans les limites permises par la sécurité de la navigation maritime. Les porteurs de projets des premiers parcs éoliens posés autorisés ont ainsi aménagé des parcs avec le minimum d'emprises et prévoyant des couloirs de navigation sans obstacles permettant la pêche. Les pratiques de pêche au sein des parcs seront réglementées pendant la phase de construction puis en phase d'exploitation par les autorités au regard de l'appréciation de la sécurité de navigation maritime et des pratiques de pêche envisagées.

6



⁶ https://odnature.naturalsciences.be/downloads/mumm/windfarms/winmon_report_2018_final.pdf

Le préfet maritime peut réglementer les activités au sein d'un parc éolien en mer situé dans les eaux territoriales, mais ne peut les réglementer que dans un périmètre de 500 m autour des obstacles en zone économique exclusive⁷.

Dans les champs éoliens flottants, la diversité des caractéristiques techniques et l'absence de retour d'expérience ne permettent pas d'édicter des règles strictes sur les pratiques de pêche dans les champs d'éoliennes flottantes⁸. La décision concernant la possibilité de maintenir la navigation maritime au sein des parcs éoliens situés dans les eaux territoriales relève du préfet maritime de l'Atlantique, auquel les maîtres d'ouvrage devront démontrer que la sécurité des biens et des personnes est compatible avec l'exploitation des parcs éoliens.

Du fait de la présence des dispositifs d'ancrage et des câbles de liaison électrique, l'exercice de la pêche aux arts dormants et

traînants dans ce champ revêt *a priori* un risque pour la sécurité des navires de pêche et l'intégrité des structures.

Toutefois, la conception du champ éolien et celle de ses composantes techniques pourront être menées pour favoriser, lorsque c'est possible, le maintien ou le développement de certaines activités de pêche.

Ainsi, la pêche aux arts dormants pourrait, dans certains cas et pour certains métiers se poursuivre. La question des arts traînants est plus problématique : le risque de croche avec les lignes d'ancrage existe ; il en est de même pour les câbles électriques selon le niveau d'ensouillage ou protection mécanique imposé (cela dépend notamment du type des fonds marins). C'est une condition préalable pour la pêche aux arts traînants dans certains parcs.

4. Retour d'expérience des fermes pilotes concernant les effets sur les activités de pêche

Tableau présentant le retour d'expérience des fermes d'éoliennes flottantes pilotes concernant les effets sur la pêche, en phase de travaux et en phase d'exploitation

Exemples d'application de la séquence « ERC » pour les fermes pilotes d'éoliennes flottantes :

Évitement

- éloigner la ferme pilote des côtes (mer)
- ne pas employer de peinture antisalissure (mer)
- choisir un système d'ancrage ne nécessitant pas de battage de pieux (mer)
- ensouiller le câble de raccordement pour éviter les risques de croche et préserver la plage au droit d'atterrage (terre et mer)

Réduction

- localiser la ferme pilote dans un secteur de moindre activité pour la pêche professionnelle (mer)
- diminuer la durée et les effets du chantier en mer en réalisant à quai les étapes d'assemblages des éoliennes puis de couplage aux flotteurs (mer)
- ajuster l'emprise du chantier, optimiser les temps d'intervention et réduire les conflits d'usage (terre et mer)
- adapter le phasage des travaux à la biologie des espèces présentes (terre et mer)

Compensation

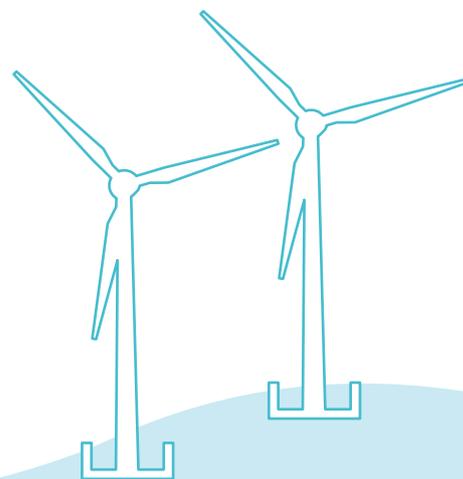
- restaurer/réhabiliter des habitats
- participer à des campagnes de repeuplement d'espèces ou d'actions de conservation

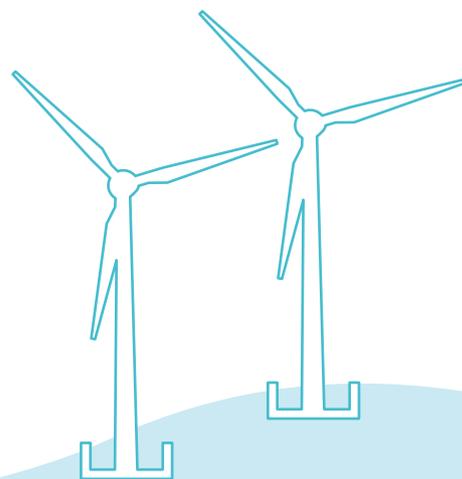
Accompagnement et suivi

- participer à des programmes de recherche
- mettre en place des mesures de suivi

⁷ Article 29 de l'ordonnance 2016-1687 : le représentant de l'État en mer peut créer une zone de sécurité autour des îles artificielles, installations, ouvrages et leurs installations connexes sur le plateau continental ou dans la zone économique exclusive, s'étendant jusqu'à une distance de 500 mètres mesurée à partir de chaque point du bord extérieur de ces îles artificielles, installations et ouvrages et leurs installations connexes.

⁸ D'après la note technique du 28 juillet 2017 établissant les principes permettant d'assurer l'organisation des usages maritimes et leur sécurité dans et aux abords immédiats d'un champ éolien en mer. NOR : TRAT1721160N





Les activités économiques, portuaires, touristiques, les loisirs, l'aquaculture et les granulats

Les principaux points abordés

Cette fiche décrit les différentes activités humaines (hors pêche) présentes sur la zone du débat et sur lesquelles l'implantation d'un parc éolien en mer peut avoir des effets. Ainsi, elle revient sur :

- l'activité portuaire qui représente une opportunité pour le développement de la filière des énergies marines renouvelables ;
- l'industrie ;
- le tourisme, en particulier les activités liées au nautisme, à la pêche de loisirs, la baignade et la course au large ;
- l'aquaculture ;
- l'agriculture, présente sur la zone d'étude pour la partie terrestre du raccordement électrique.

Quelles retombées économiques attendues pour le Grand Ouest ?

La zone d'étude en mer et sa périphérie présentent des enjeux socio-économiques spécifiques. Au-delà des aspects de trafic maritime et de pêche qui sont présentés dans d'autres fiches, d'autres usages préexistent et doivent être pris en compte. L'activité portuaire et l'industrie évoquées ici sont développées dans la fiche consacrée aux retombées économiques

De la même façon, la zone d'étude pour le raccordement terrestre embrasse un large territoire de plus de 80 communes, avec une densité moyenne de 235 hab./ km², une démographie en hausse et marqué par des activités industrielles, de services, de tourisme et d'agriculture.

« colis lourds », à permettre l'accueil des activités industrielles dédiées aux énergies marines renouvelables dans les meilleures conditions possibles pour les industriels.

2. L'extraction de granulats

La zone d'étude en mer n'accueille pas de sites d'extraction autorisée de granulats marins. Le potentiel extractible, établi dans le cadre des travaux d'élaboration du DSF¹, représente une surface en mer importante au nord de la zone d'étude, avec un gisement potentiel jugé moyen. Le choix des zones pour l'installation de futurs parcs éoliens en mer tiendra compte de la préservation de ce potentiel extractible.

Comment raccorder les parcs éoliens flottants au réseau électrique ?

1. L'activité portuaire et industrielle

Les ports secondaires du sud de la Bretagne génèrent un trafic maritime essentiellement côtier, mais le grand port maritime de Nantes-Saint-Nazaire, situé plus au sud, conduit à la fréquentation régulière de la zone par de grands navires de commerce.

La construction, l'exploitation et la maintenance des futurs parcs éoliens en mer requièrent une adaptation des infrastructures portuaires existantes afin de répondre aux besoins des futurs parcs éoliens en matière de fabrication, d'assemblage, de stockage et de transports des composants, ainsi que pour leur exploitation et les opérations de maintenance.

Les travaux d'aménagement du port de Brest sont en cours ; il est prévu qu'ils soient terminés dans le courant de l'année 2021 pour une mise en service en 2024. Ils visent, à travers la création d'un nouveau terminal

3. Le tourisme, les loisirs et la course au large

Conduite tout au long de l'année 2016, l'enquête « Reflet 2016 - Tourisme² » commandée par le comité régional du tourisme s'adressait aux touristes individuels en séjour d'agrément. Plus de 15 000 questionnaires ont été collectés. L'exploitation des données issues de cette enquête a permis de disposer de nombreuses analyses.

Parmi celles-ci, on note que « la nature, les paysages et le littoral » sont cités par 69 % des touristes comme motif de leur séjour en Bretagne et les plages à 32 %.

1a



1b



2



¹ Annexe 0 : atlas cartographiques, page 22 : http://www.dirn.nord-atlantique-manche-ouest.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/annexe_0_vf_cle6e87bd.pdf
Annexe 9 : document d'orientation et de gestion des granulats marins (DOGGM) : http://www.dirn.nord-atlantique-manche-ouest.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/annexe_9_internet_cle25654f.pdf

² <https://acteurs.tourismebretagne.bzh/observer/les-etudes-thematiques/reflet-2016/>

Sur la côte sud, le secteur économique le plus important est celui du tertiaire. Les emplois tertiaires sont essentiellement concentrés à Lorient et au sein des communes de la première couronne de l'agglomération. Pour le territoire du Pays d'Auray, ils sont fortement tournés vers le tourisme.

La mer, la présence des îles, le littoral et l'arrière-pays de l'aire d'étude éloignée qui offre des paysages naturels diversifiés et un patrimoine culturel riche, contribuent à rendre le territoire attractif pour le tourisme.

Par exemple, selon les études de l'Insee, la fréquentation des véloroutes du sud de la Bretagne est en augmentation constante depuis 2017. L'offre touristique, la fréquentation des sites et les activités qui en découlent sont très diversifiées. Les capacités d'accueil, équipements touristiques et les événements sportifs et culturels font du littoral de ce territoire l'un des plus fréquentés pour le tourisme estival. L'économie touristique est fondamentale pour ce territoire, porteuse d'identité et d'emplois.

L'ensemble de ces activités se concentre majoritairement sur le littoral ou la bande côtière et présente donc une sensibilité à l'implantation de parcs éoliens en mer, à nuancer toutefois lorsqu'ils sont éloignés des côtes et donc peu visibles. Certaines expériences européennes tendent à montrer que la création d'éoliennes en mer ne décourage pas les visiteurs potentiels d'un site touristique³. Par ailleurs, le parc éolien pourrait offrir des opportunités de développement du tourisme industriel et de nouveaux débouchés à l'activité de tourisme en mer. Même s'il n'existe pas encore un grand nombre de retours d'expérience, on peut citer l'exemple de la visite en bateau de promenade du parc éolien en mer de New Rampion au large de Brighton en Angleterre.

a. Le nautisme

Le secteur de la plaisance contribue à l'identité maritime de la façade et à la valorisation de son image touristique avec une forte diversification des activités pratiquées (kitesurf, kayak, standup, paddle, jetski, etc.).

Une progression continue du nombre de navires de plaisance sur tout le littoral français est constatée depuis les années 1960, mais avec une diminution du nombre de premières immatriculations observées depuis 2006⁴.

Malgré une offre importante en infrastructure portuaire de plaisance (Finistère : 57, Morbihan : 30, Loire Atlantique : 11), on note une saturation progressive des ports et de leurs extensions. La présence d'îles présentant des possibilités de mouillage intéressantes fait de cette zone une destination très prisée des plaisanciers. Ces caractéristiques associées à un intérêt historique certain de la population pour la chose maritime rendent la zone particulièrement attractive pour toutes les activités liées aux loisirs nautiques.

La proximité de la zone d'étude en mer avec la côte et la présence de nombreuses îles en font une destination privilégiée pour le nautisme et les loisirs nautiques. Elle est aussi une zone de transit important, en saison estivale, de voiliers de croisière venant des îles britanniques.

Les sports nautiques sont pratiqués principalement le long du littoral, et sont particulièrement diversifiés avec des activités situées principalement en bord de plage ou à proximité du rivage, soit à l'écart des zones d'implantation des parcs qui sont généralement situés à une certaine distance des côtes. Par ailleurs, l'enquête « Reflet 2016 - Tourisme » révèle que le nautisme n'est pratiqué que par 7 % des touristes et les sports de glisse par 3 %.

La plongée sous-marine est une activité importante avec une vingtaine de structures affiliées à la Fédération française d'études et de sports sous-marins (FFESSM) dans le sud du Morbihan et du Finistère⁵.

b. La pêche de loisirs

Elle s'exerce à pied, du bord de mer, en bateau ou en chasse sous-marine.

c. La baignade

L'enquête régionale, « Reflet 2016 - Tourisme » révèle que la baignade est une activité pour 45 % des touristes.

d. La course au large

Une activité non négligeable est liée aux grandes compétitions de voile qui peuvent traverser la zone : Vendée Globe, Tour de Belle-Île-en-Mer, Solitaire du Figaro, Volvo Ocean Race, Atlantique - Le Télégramme, Défi Azimut, Transat Lorient - Les Bermudes - Lorient, etc.

4. L'aquaculture

Le sud de la Bretagne est également une région conchylicole, productrice notamment d'huîtres creuses.

Les principales zones de conchyliculture et de pisciculture se situent à l'extérieur de la zone d'étude en mer. Des parcs éoliens en mer dans la zone d'étude ne perturberaient donc pas d'exploitations conchylicoles ou piscicoles majeures, et le tracé du raccordement devra tenir compte des zones à enjeux pour cette activité. L'éolien en mer pourrait par ailleurs constituer une opportunité de développement de la conchyliculture ou de l'aquaculture en mer, à l'image de ce qui est proposé par RTE sur la sous-station en mer multi usage du parc de Dunkerque.

3



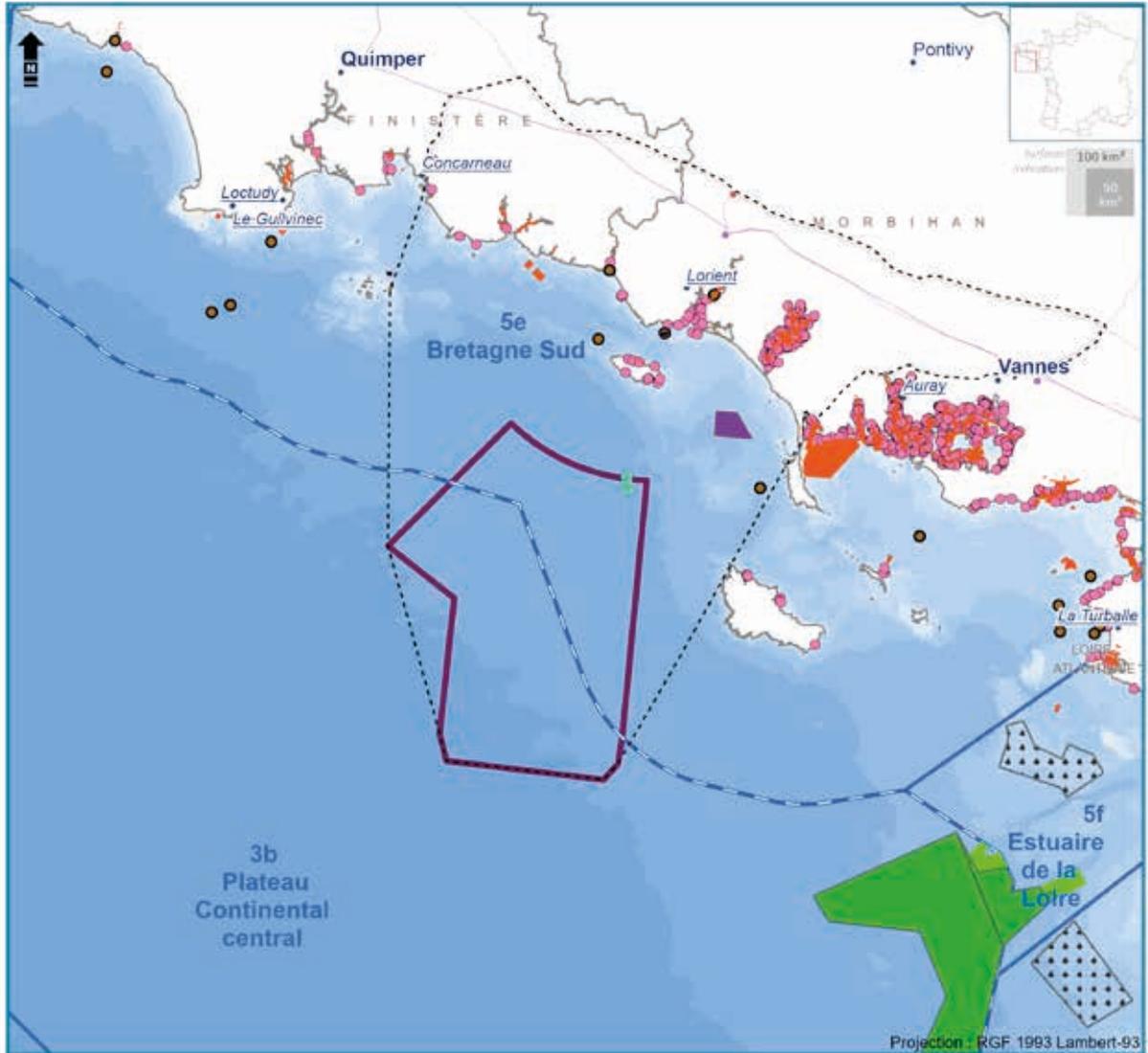
5



³ Michèle Cabanis, Retour d'expérience tourisme & éolien en mer, février 2018 ; <https://dieppe-le-treport.eoliennes-mer.fr/wp-content/uploads/sites/2/2018/09/retourdexperienceetourismeeolienemer-20172018-vuessurmer.pdf>
⁴ Annexe 1 du document stratégique de façade (2019), d'après Jacob, C., 2017. *Utilisation des eaux marines relative aux activités de baignades et de fréquentation des plages*. Rapport scientifique pour l'évaluation 2018 au titre de la DCSMM, chapitre 1
⁵ http://plongeur.free.fr/FFESSM/carte_dept-56.html

Socio-économie

Comment raccorder les parcs éoliens flottants au réseau électrique ?



- Zone d'étude en mer
 - Eolien posé : site attribué
 - Éolienne de la ferme pilote (Groix)
 - Zone d'étude terrestre et maritime pour le raccordement électrique
 - Limite extérieure de la mer territoriale (12M)
- | | |
|--|--|
| <p>Poste électrique</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 225 kV ● 400 kV | <p>Ligne électrique</p> <ul style="list-style-type: none"> 225 kV 400 kV |
|--|--|

Theix Nom des postes électriques
Vannes Préfecture
Pontivy Sous-Préfecture
Auray Port de pêche

- Zone de vocation DSF
 - Site d'immersion des sédiments de dragages portuaires
- Aquaculture**
- Enveloppe du cadastre aquacole
- Mouillage**
- Zones de mouillages équipements légers (emplacements)
- Granulats marins**
- Arrêt des travaux
 - Concession et ouverture de travaux en cours
 - PER Abandonné
 - Permis Exclusif de Recherche en cours

Sources:
 MTES: Limites EMR
 Shom: Limites maritimes
 RTE: Lignes, postes, zones de raccordement
 IGN: Limites administratives terrestres
 Ifremer: Fond bathymétrique et granulats
 DDTM: Cadastre aquacole

Realisation: Cerema - Mai 2020

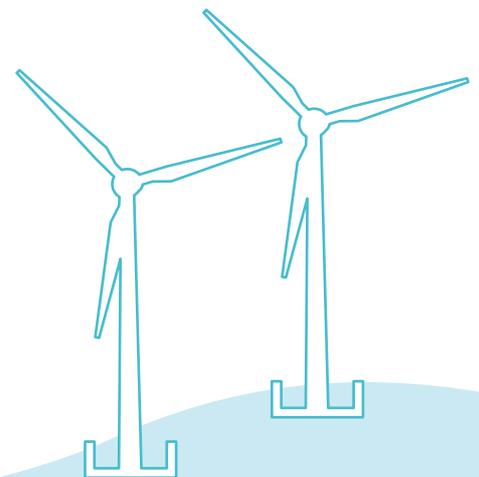
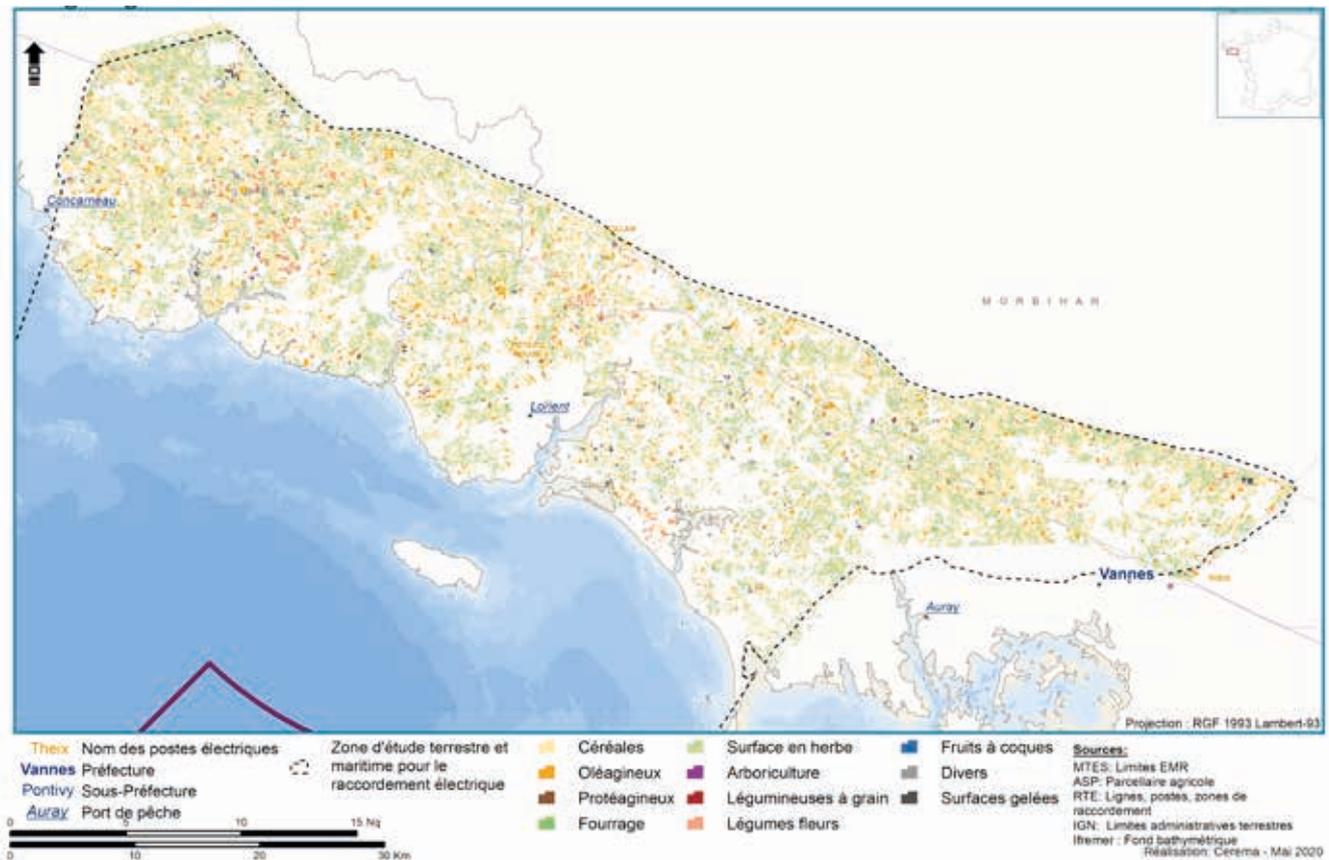


5. L'agriculture

La zone d'étude pour le raccordement à terre embrasse un territoire marqué par l'agriculture. L'activité agricole est principalement tournée vers l'élevage bovin (viande et surtout lait), l'aviculture et l'élevage porcin. De ce fait la surface agricole utile (SAU) se répartit principalement en cultures céréalières (24 % de la SAU), en prairies naturelles ou artificielles (41 % de la SAU) et en cultures fourragères (maïs pour 29 % de la SAU), ainsi que la culture de légumes en plein champ et vergers (6 % de la SAU).

On note la présence des AOC « Eau-de-vie de cidre de Bretagne » et « Pommeau de Bretagne » ainsi que l'AOP « Cidres de Cornouaille ».

Usages agricoles dans l'aire d'étude du raccordement



Projet d'éoliennes flottantes au sud de la Bretagne



Fiche

9.6

La défense nationale

Les principaux points abordés

Cette fiche présente :

- les missions du ministère des Armées en Atlantique ;
- le système de zonage appliqué par le ministère des Armées pour limiter les impacts des projets d'éoliennes sur ses activités ;
- les activités de défense susceptibles d'être impactées par l'implantation d'éoliennes en mer.

1. Les missions du ministère des Armées en Atlantique

L'état-major de la Marine définit et fait appliquer la politique générale de la Marine nationale, structurée autour de la force d'action navale, la force océanique stratégique, l'aéronautique navale, la force maritime des fusiliers marins et commandos et la gendarmerie maritime. Les activités de la Marine nationale s'inscrivent dans une mission générale de sauvegarde maritime, de défense et de protection des intérêts de la France en mer. Ses activités relèvent à la fois de la défense maritime du territoire et des missions civiles d'action de l'État en mer ; la Marine nationale est présente sur toute la façade atlantique, avec deux bases principales situées à Brest et à Lorient.

Les missions permanentes de la Marine nationale sont les suivantes :

- dissuasion : maintenir, en permanence, à la mer, un sous-marin nucléaire lanceur d'engins (SNLE) pour faire craindre une réponse absolue à quiconque attenterait aux intérêts vitaux de la France ;
- connaissance et anticipation : surveiller et analyser la situation maritime nationale et mondiale ;
- prévention : agir pour éviter l'apparition de crises susceptibles de menacer la sécurité de la France. La Marine assure une vigilance permanente sur les mers du globe ;
- protection : garantir la sécurité de la population contre les menaces de toute nature. La Marine nationale contribue à la sécurité des mers et des marins par des missions de sauvetage, d'assistance aux navires, de surveillance des pêches, de lutte contre la piraterie, contre la pollution et les trafics de stupéfiants ;
- intervention : déployer les forces de la Marine en zone de conflit ou de crise pour rétablir la paix, évacuer des personnes.

2. Les contraintes de défense nationale pour l'installation de parcs éoliens en mer

Le ministère des Armées applique le zonage suivant :

- zone de protection : zone maritime dans laquelle toute demande d'implantation d'éoliennes fera l'objet d'un avis défavorable. Ces zones sont donc considérées comme des zones d'exclusion pour le débat public :
 - zones proches des secteurs radars des sémaphores et des centres régionaux opérationnels de surveillance et de sauvetage (CROSS),
 - zones dédiées à la préparation opérationnelle des forces armées (espaces sous-marins, champs de tir, polygones de mesure) ;
- zone de coordination : zone maritime dans laquelle toute demande d'implantation d'éoliennes fera l'objet d'une concertation spécifique compte tenu des impacts possibles qu'un parc éolien pourrait avoir pour les enjeux de défense. L'accord formel du commandant de zone maritime sera requis, stipulant les éventuelles mesures de compensations et ajustements nécessaires, en particulier pour la défense maritime du territoire et son maillage de surveillance sémaphorique. À titre d'exemple, les parcs éoliens de Saint-Brieuc et Saint-Nazaire seront installés dans des zones de coordination de sémaphores, après concertation approfondie avec les services du commandant de zone maritime ;
- zone d'autorisation : zone maritime dans laquelle les demandes d'implantation d'éoliennes devraient faire l'objet d'un avis favorable.

La zone d'étude en mer a été définie en fonction des contraintes militaires (zones de tir et aéroport de Lann-Bihoué notamment). Il reste des contraintes moins localisées (toute la façade), comme la zone d'entraînement aéronaval et missions opérationnelles et les zones de la Direction générale de l'armement pour lesquelles le parc reste un obstacle.

3. Enjeux liés aux activités de défense

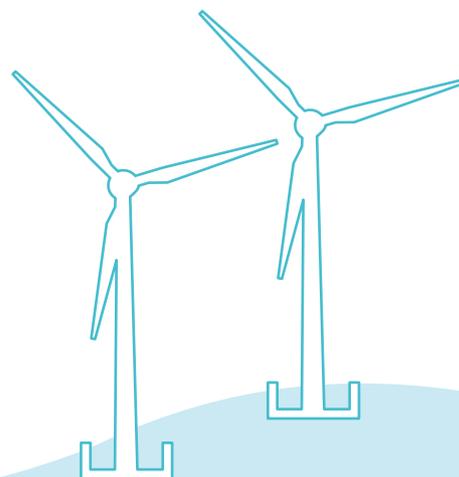
a. Impact sur les performances des installations côtières (sémaphores, CROSS, etc.)

Les éoliennes peuvent générer des perturbations impactant la performance des radars par des effets de saturation, de masque et de faux échos. Les radars concernés correspondent aux équipements des stations côtières du secteur concerné (sémaphores de Beg Meil, Beg Melen, Saint-Julien, le Talut, Piriac, Chemoulin, Saint-Sauveur, Les Baleines entre autres). Des périmètres de protection sont donc déterminés à proximité immédiate de ces installations et des zones de coordination sont définies à plus grande distance de ces installations. Il existe autour de chaque sémaphore une zone de protection (rayon de 10 km) et une zone de coordination (rayon de 30 km).

b. Impact sur les autres activités dans la zone d'étude en mer

D'autres activités sont à distinguer du fait de leur caractère mobile et donc que l'on ne peut pas restreindre sur un périmètre donné. Ces activités sont également susceptibles d'être affectées par la présence d'éoliennes en mer. Les opérations et activités conduites dans le cadre des missions dévolues à l'action de l'État en mer en font partie :

- activité des aéronefs : les éoliennes constituent un obstacle à la navigation aérienne pour les moyens des armées amenés à évoluer à basse altitude du fait de leurs missions (hélicoptères de service public, hélicoptères de combat en entraînement, avions de patrouille maritime, avions de chasse, drones) ;
- activité des navires : les moyens de la Marine pourraient intervenir dans les parcs éoliens pour leurs missions (lutte contre les pollutions en mer, défense maritime du territoire, etc.).



Les enjeux techniques relatifs au choix de la localisation, à la construction et l'exploitation d'un parc éolien en mer

Les principaux points abordés

Cette fiche présente les principaux critères techniques et économiques servant à déterminer une zone favorable pour le développement d'un parc éolien flottant en mer. Ces éléments, liés aux propriétés naturelles caractérisant la zone d'étude en mer, sont les suivants :

- le vent, sa puissance, sa direction et sa régularité ;
- la bathymétrie qui mesure les profondeurs et le relief sous-marins ;
- la sédimentologie qui permet de caractériser la nature des fonds marins (sables, roches, vase) ;
- la marée et les courants ;
- la houle, les vagues et l'état de la mer.

Le sud de la Bretagne est une zone particulièrement favorable pour l'éolien en mer flottant du point de vue technique et économique. Les critères étudiés conditionnant la faisabilité technique et économique d'un parc éolien en mer sont la vitesse du vent, la bathymétrie (mesure des profondeurs et du relief du fond marin), la houle (hauteur des vagues générées ailleurs et qui se sont propagées), le marnage (différence de hauteur d'eau entre une pleine mer et une basse mer successives) et les vitesses des courants de marées.

Les analyses sur le potentiel technico-économique réalisées par le Cerema lors des précédents exercices de concertation définissent la zone d'étude en mer présentée au débat public comme étant techniquement et économiquement favorable à l'implantation de parcs éoliens en mer au regard de chacun des critères techniques étudiés.

À l'issue du débat public, l'État et RTE lanceront des études météo-océaniques (mesures du vent, de la houle, des courants notamment), géophysiques et géotechniques (bathymétrie, sédimentologie, sol et sous-sol sous-marins) permettant d'avoir une connaissance fine de la ou des zones qui auront émergé du débat public. Ces études seront transmises aux candidats de la procédure de mise en concurrence. En effet, les choix techniques relatifs à la construction et à l'exploitation d'un parc éolien en mer flottant (types de flotteur, d'ancrage, orientation des éoliennes, schéma d'implantation, etc.) étant basés sur les conditions du site, cela leur permettra de concevoir une offre la plus ajustée possible en réduisant le coût de soutien public.

1. Un vent adapté à des parcs éoliens en mer

La vitesse et la régularité du vent sont des critères décisifs permettant de connaître le potentiel éolien d'une zone en mer. La quantité de vent disponible sur la zone conditionne en effet très directement la quantité d'électricité qui pourra être produite par une éolienne en mer, et donc la rentabilité économique du projet.

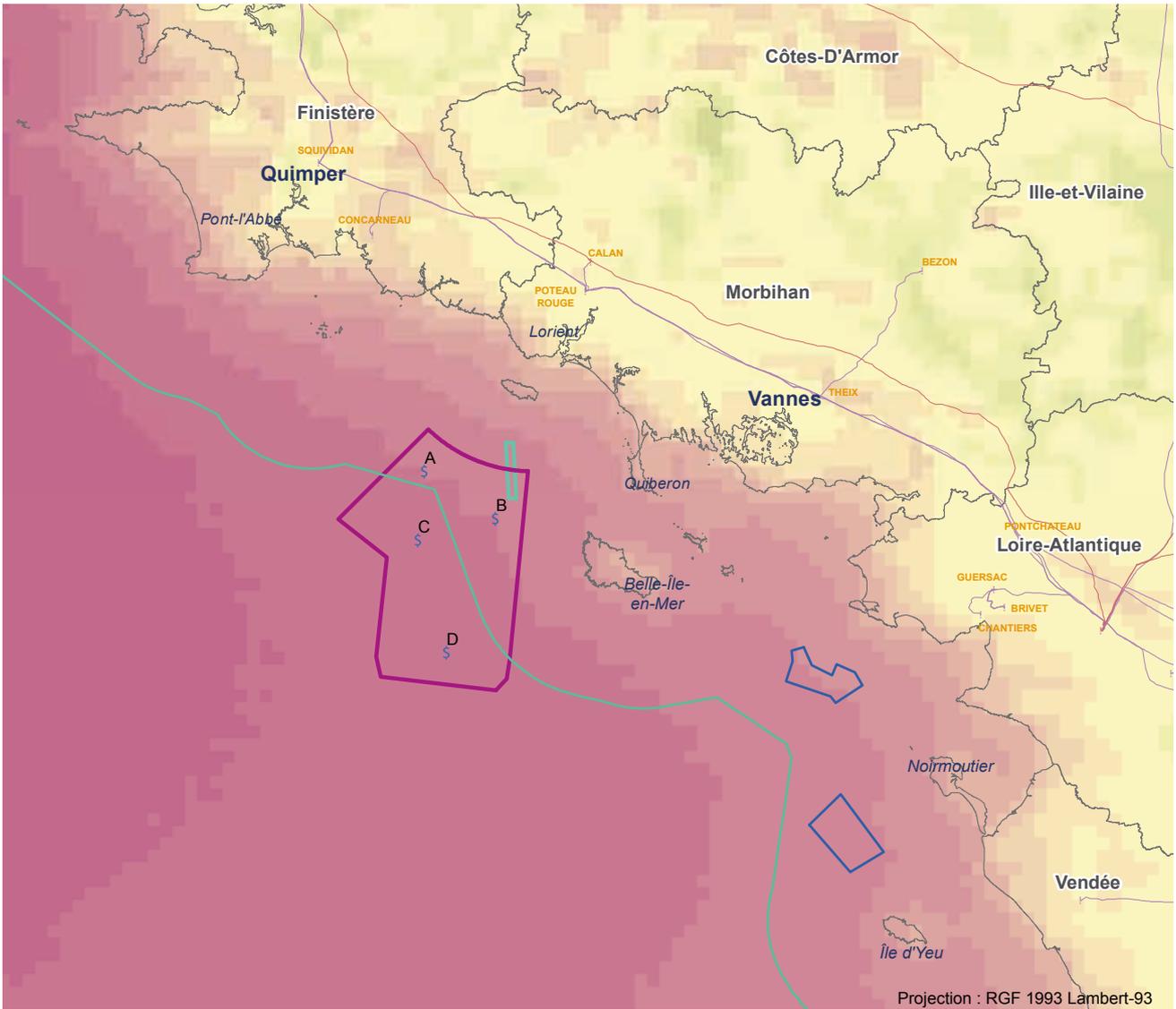
Les éoliennes bénéficient d'un système de contrôle automatisé qui leur permet de n'être en fonctionnement que lorsque le vent souffle au minimum à 3 ou 4 m/s environ (soit 14 km/h, vitesse minimale pour que la rotation de l'éolienne permette de produire de l'électricité) et au maximum à 25 m/s environ (soit 90 km/h, vitesse maximale au-delà de laquelle la force de rotation risque d'endommager l'éolienne).

Au sein de la zone d'étude en mer, la force du vent moyen à 100 m d'altitude est très homogène, de l'ordre de 8,8 m/s (soit environ 32 km/h). Les vents sont principalement de secteur ouest.

Les fréquences de vents calmes (vents inférieurs à 3 m/s) sont faibles et globalement inférieures à 10 %, ce qui est un gage de productivité pour un parc éolien en mer. Les vents violents, de vitesse supérieure à 14 m/s (soit environ 50 km/h), sont prédominants en hiver du fait des dépressions plus nombreuses à cette saison.

Le vent est d'autant plus fort qu'on s'éloigne du littoral.

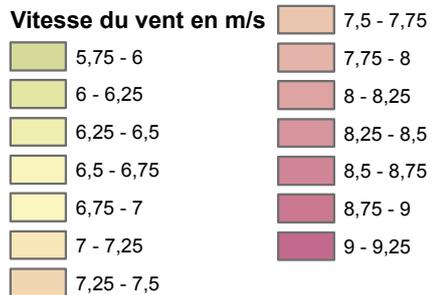
Vitesse moyenne du vent à 100 mètres d'altitude de 2000 à 2015



- Zone d'étude en mer
- Eolien posé: site attribué ou en projet
- Projet de ferme pilote flottante de Groix Belle-Île
- Limite extérieure de la mer territoriale (12M)

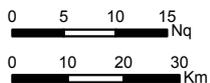
Poste électrique	Ligne électrique
 225 kV	 225 kV
 400 kV	 400 kV
Theix Nom des postes électriques	

S Positions des roses des vents



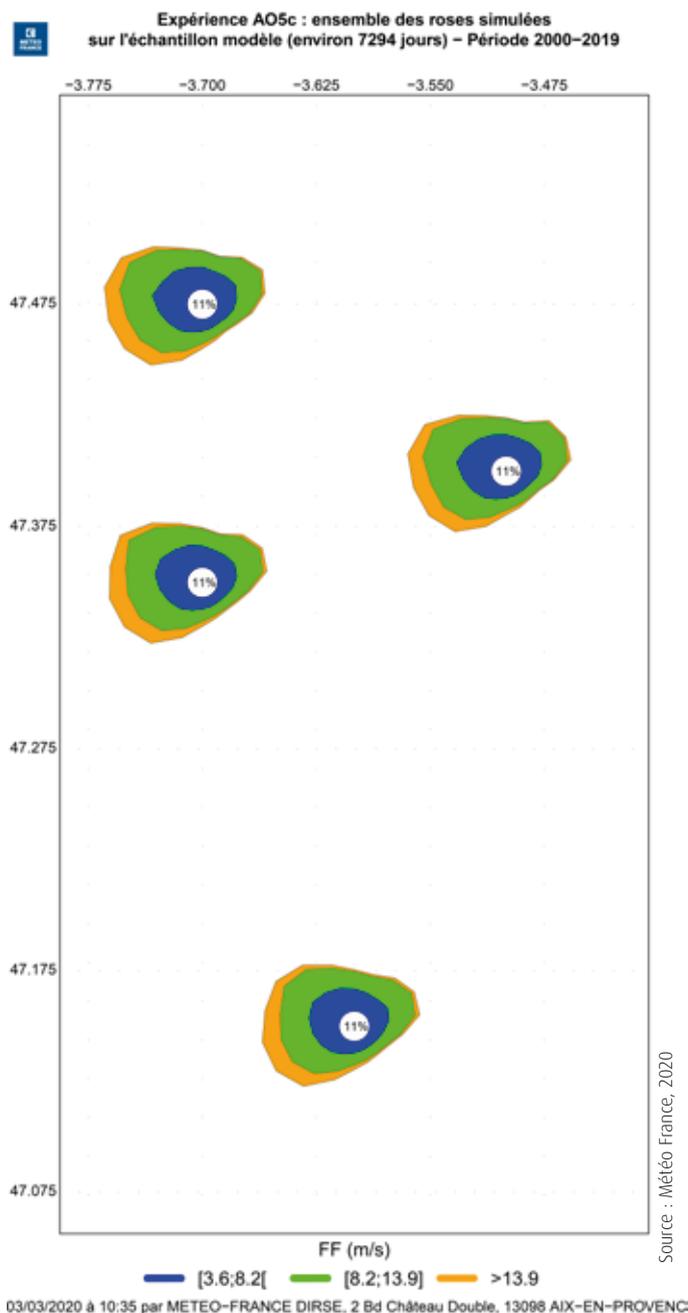
Sources:

MTES: Limites EMR
 Shom: Limites maritimes
 RTE: lignes, postes RTE, zones de raccordement
 IGN: Limites administratives terrestres



Réalisation: Météo France - Février 2020

Les roses des vents permettent de connaître la répartition des directions des vents dans cette zone. Les vents à 100 m d'altitude sont majoritairement de secteur ouest-sud-ouest (entre 240° et 260°) sur l'ensemble de la zone d'étude en mer. Ainsi le régime de vents sur cette zone n'est pas influencé par la côte.



Roses des vents annuelles en mer pour les points A, B, C et D (localisation géographique de ces points sur la carte de la page précédente)

2. Une bathymétrie favorable à la technique de l'éolien flottant

La bathymétrie est la mesure des profondeurs et du relief de l'océan pour déterminer la topographie du sol des océans.

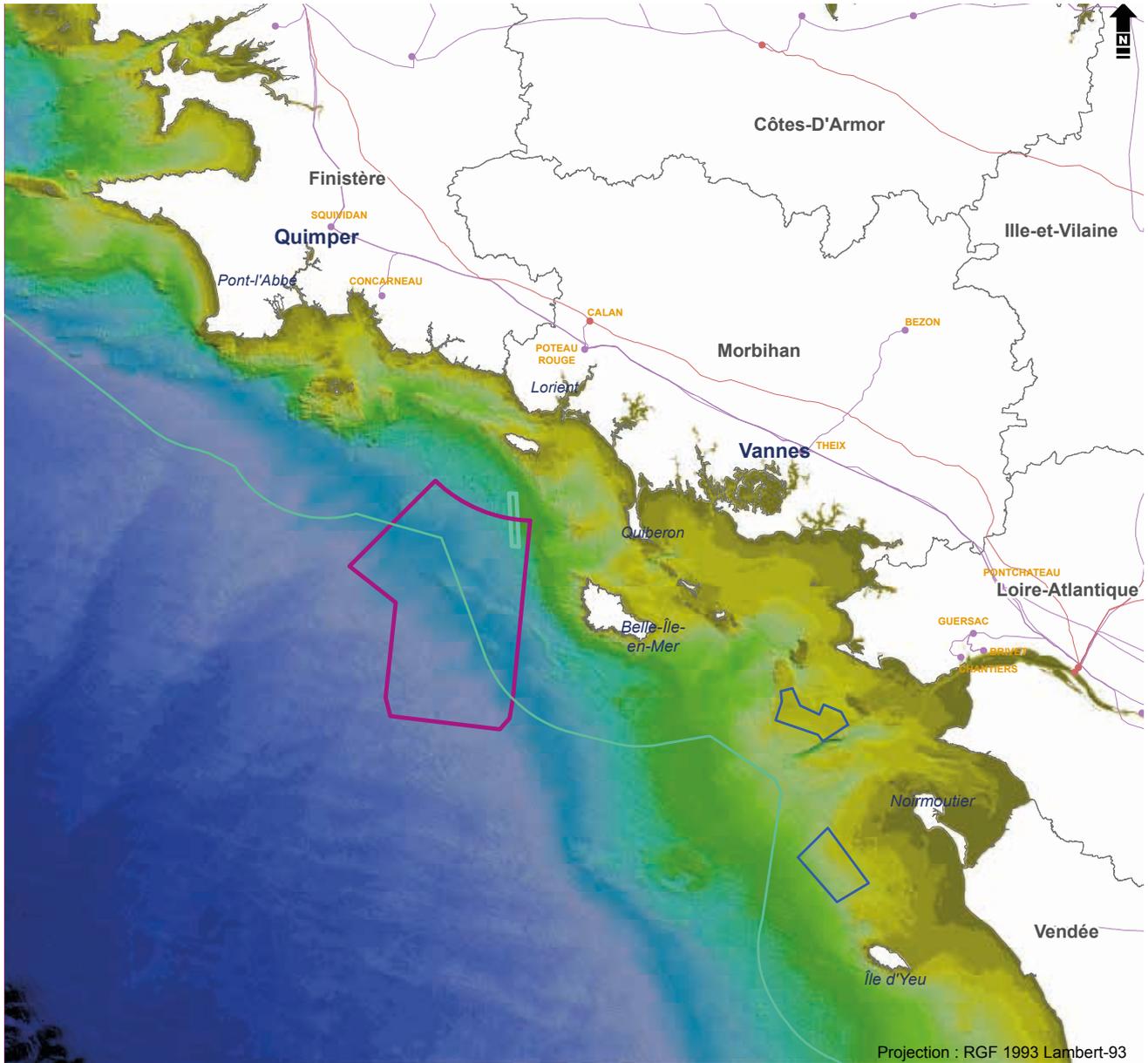
Globalement les fonds de la zone d'étude en mer sont en pente douce comprise entre 50 et 100 mètres de profondeur, adaptés à la technique de l'éolien en mer flottant. La zone peut être découpée en trois parties :

- la partie au nord-est est dominée par un fond vaseux ;
- la partie centrale est marquée par la présence de rochers et de graviers ;
- la partie au sud-ouest devient sableuse.

D'où vient la connaissance bathymétrique ?

La connaissance bathymétrique de la zone d'étude en mer est basée sur onze levés réalisés entre 1939 et 2016. Les techniques utilisées pour ces levés sont multiples : sondages acoustiques, c'est-à-dire que la profondeur est déduite de la mesure du temps de trajet d'un signal acoustique réfléchi par le fond, et mesures au plomb de sonde. La majeure partie de la zone d'étude est faiblement couverte par des levés récents ; seul l'extrême au sud-est est couvert par des levés complets récents. Ces mesures ont permis d'élaborer un modèle numérique de terrain de la façade, c'est-à-dire une représentation de la profondeur et du relief du fond de la mer.

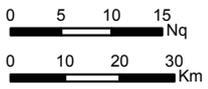
Couverture bathymétrique générale de la zone d'étude en mer



Projection : RGF 1993 Lambert-93

- Zone d'étude en mer
 - Eolien posé: site attribué ou en projet
 - Projet de ferme pilote flottante de Groix Belle-Île
 - Limite extérieure de la mer territoriale (12M)
- | | |
|--|--|
| <p>Poste électrique</p> <ul style="list-style-type: none"> • 225 kV • 400 kV | <p>Ligne électrique</p> <ul style="list-style-type: none"> — 225 kV — 400 kV |
|--|--|
- Theix Nom des postes électriques

- Profondeur en mètres (par rapport au niveau moyen)**
- | | |
|--|--|
| Moins de -125 | de -40 à -50 |
| de -100 à -125 | de -30 à -40 |
| de -90 à -100 | de -20 à -30 |
| de -80 à -90 | de -10 à -20 |
| de -70 à -80 | de 00 à -10 |
| de -60 à -70 | de 50 à 00 |
| de -50 à -60 | |



Sources:
 MTES: Limites EMR
 Shom: Limites maritimes, MNT bathymétrique (Projet Homonim)
 RTE: lignes, postes RTE, zones de raccordement
 IGN: Limites administratives terrestres

Réalisation: Cerema- Shom 2020

3. Sédimentologie

La sédimentologie comprend la caractérisation de la nature des fonds et l'étude de la dynamique sédimentaire. Le type de structure sédimentaire influence le choix des ancrages des éoliennes flottantes en mer.

D'où vient la connaissance en sédimentologie ?

La carte sédimentaire de la région repose essentiellement sur des prélèvements anciens et très anciens, réalisés entre 1820 et les années 1980. Ces prélèvements sont réalisés grâce à des bennes à sédiments trainées au fond de l'eau. Des données d'imagerie acoustique acquises entre les années 1990 et aujourd'hui viennent compléter la connaissance sédimentaire de la zone d'étude en mer.

Dans le cas de la zone d'étude en mer, on trouve trois principaux types de structures sédimentaires : le fond sédimentaire, qui forme une sorte de plaine océanique, les paléo-vallées, qui sont des dépressions, des creux, et enfin les bancs et les dunes, qui forment des buttes, ou des collines.

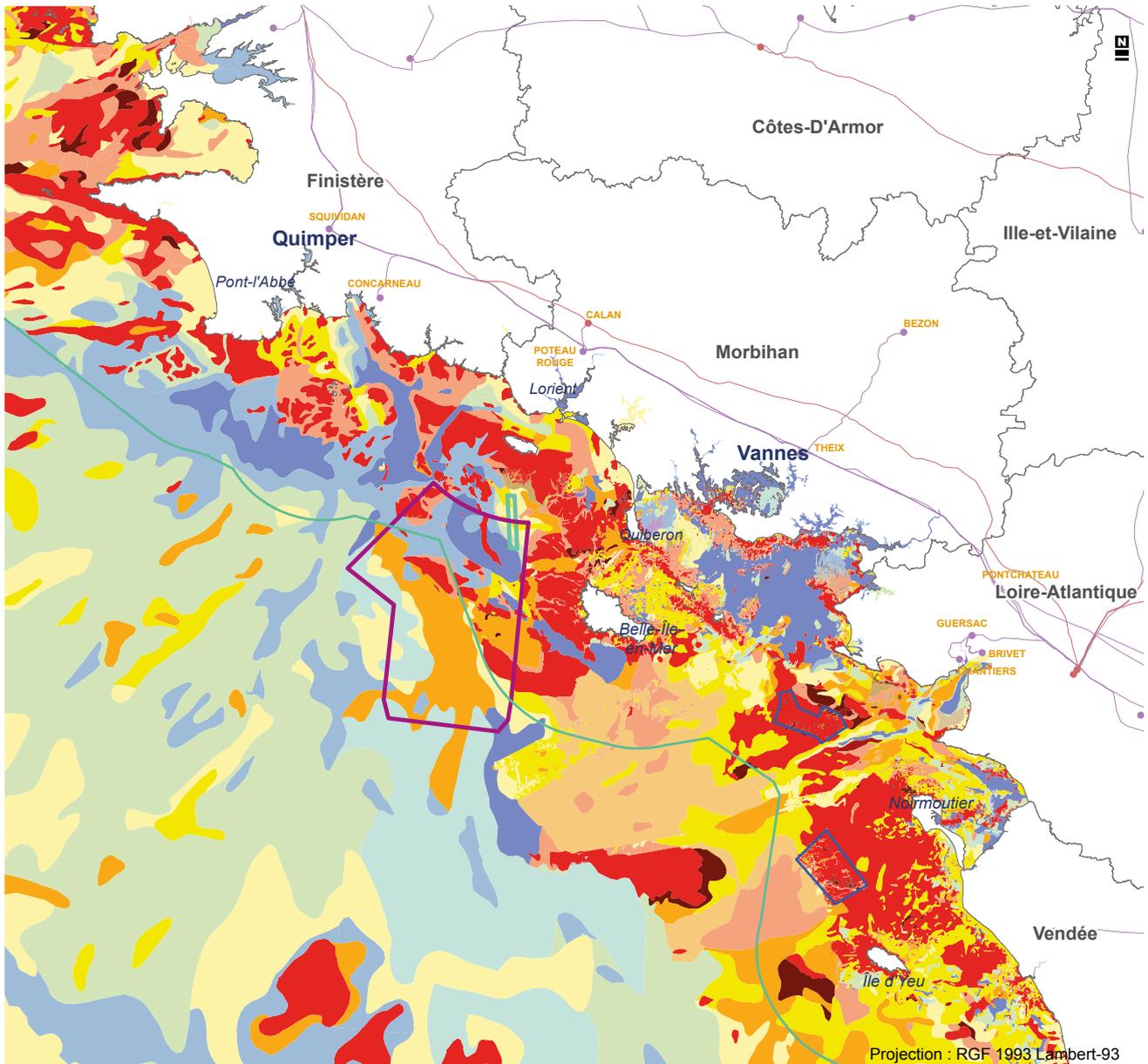
Les structures engendrant une variabilité de l'épaisseur sédimentaire au sud de la Bretagne sont essentiellement les paléo-vallées. Sur la zone d'étude, la zone de dépôts sédimentaires la plus importante est due à la lointaine la paléo-vallée de la Vilaine engendrant des épaisseurs de sédiments jusqu'à 30 mètres. Dans la partie nord de la zone d'étude, ces épaisseurs de sédiments présentent une prédominance des vases, avec quelques affleurements rocheux.

Vers des profondeurs bathymétriques de 50 à 70 mètres, toutes les paléo-vallées s'estompent, faisant place à une couche sédimentaire plus ou moins fine reposant sur un socle rocheux aplani et dépourvu de vallées. Ce domaine s'étendant du centre-ouest au sud-est de la zone d'étude est plus grossier avec un mélange de sables et de graviers. Enfin en s'éloignant dans la partie la plus à l'ouest de la zone d'étude on rencontre un mélange de sables et de vases.

Dans cette zone d'étude, les accumulations sédimentaires de type bancs et dunes (sables et sables fins) sont rares.

Néanmoins, les tendances générales de la nature du fond et de l'épaisseur de sédiments ne sont pas bien connues au centre et au sud de la zone d'étude et nécessiteraient de levées complémentaires.

Carte sédimentologique générale



- Zone d'étude en mer
- Eolien posé: site attribué ou en projet
- Projet de ferme pilote flottante de Groix Belle-Île
- Limite extérieure de la mer territoriale (12M)

Poste électrique

- 225 kV
- 400 kV

Ligne électrique

- 225 kV
- 400 kV

Theix Nom des postes électriques

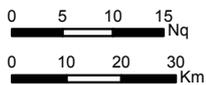
Carte sédimentaire de la zone EMR Bretagne Sud (Shom 2020)

- | | |
|---|--|
| Roche | Sables |
| Cailloutis | Sables Vases |
| Cailloutis Gravieres | Sables fins Cailloutis |
| Cailloutis Sables | Sables fins Vases |
| Gravieres Cailloutis | Silts |
| Gravieres | Vases Gravieres |
| Gravieres Sables | Vases Sables |
| Gravieres Vases | Vases |
| Sables Gravieres | |
| Sables Gravieres Vases | |

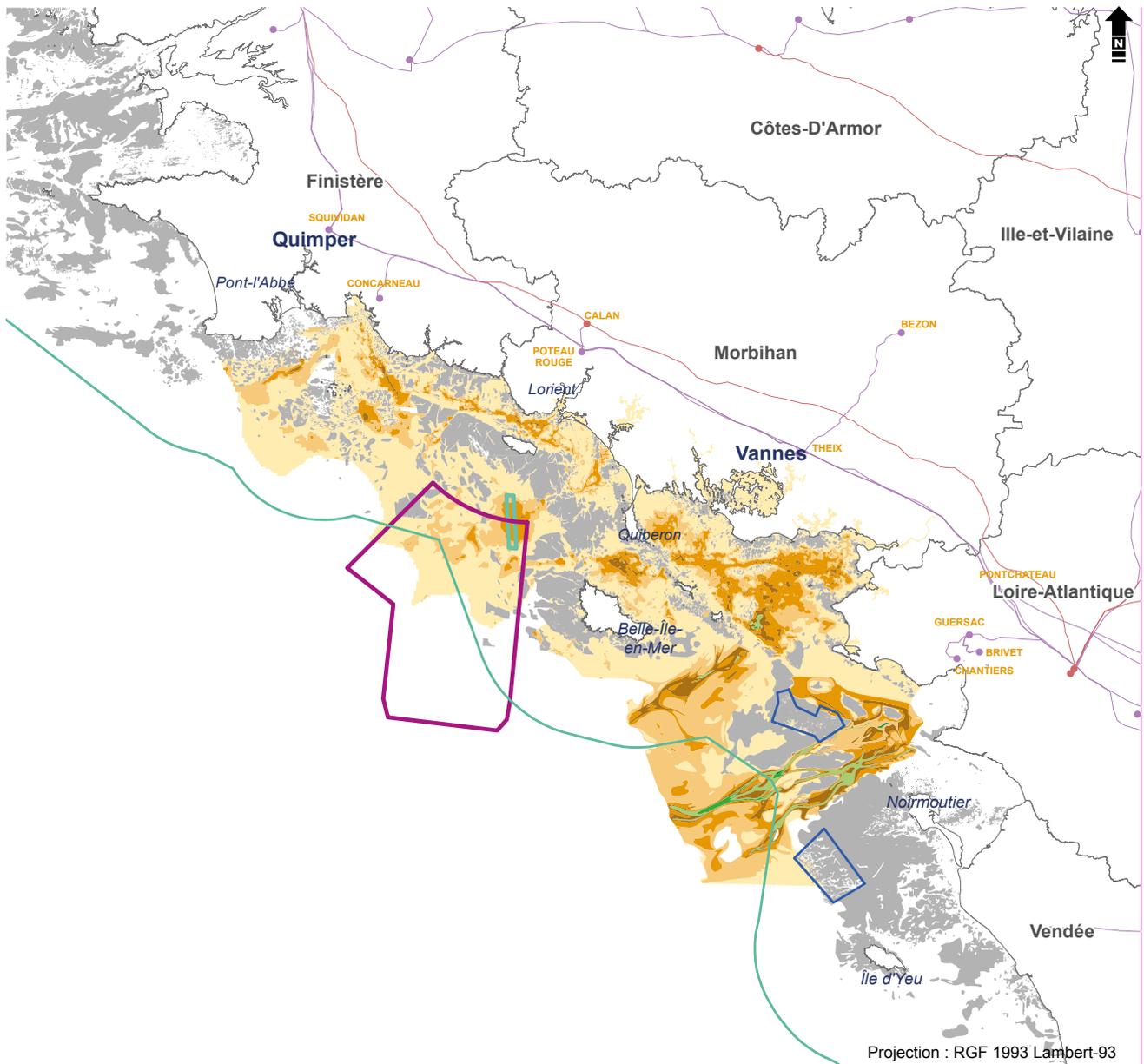
Sources:

MTES: Limites EMR
 Shom: Limites maritimes, sédimentologie (nature des fonds)
 RTE: lignes, postes RTE, zones de raccordement
 IGN: Limites administratives terrestres

Réalisation: Cerema- Shom 2020



Épaisseurs de sédiments



- Zone d'étude en mer
- Eolien posé: site attribué ou en projet
- Projet de ferme pilote flottante de Groix Belle-Île
- Limite extérieure de la mer territoriale (12M)

Poste électrique **Ligne électrique**

- 225 kV — 225 kV
- 400 kV — 400 kV

Theix Nom des postes électriques

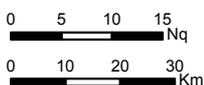
Épaisseur des sédiments (en mètres)

- | | |
|--|---|
| Non connue | 20 à 30m |
| 0 à 0,5m | 30 à 40m |
| 0,5 à 5m | 40 à 50m |
| 5 à 10m | 50 à 60m |
| 10 à 20m | |

Sources:

MTES: Limites EMR
 Shom: Limites maritimes et des zones rocheuses
 RTE: lignes, postes RTE, zones de raccordement
 IGN: Limites administratives terrestres
 Université de Bretagne Sud (D. Menier) : Limites d'épaisseur de sédiments

Réalisation: Cerema- Shom 2020



4. Marée et courants

La marée est la variation du niveau de la mer due à l'action de la lune et du soleil, ce qui permet une prédiction à long terme. La marée est à prendre en compte dans le dimensionnement des lignes d'ancrage.

Les courants sont le résultat de la combinaison des influences de la marée, du vent, des différences de densité de l'eau de mer et de la circulation océanique grande échelle.

Les courants exercent une force contre les ancrages et les flotteurs des éoliennes, et doivent donc être pris en compte lors de la conception des installations.

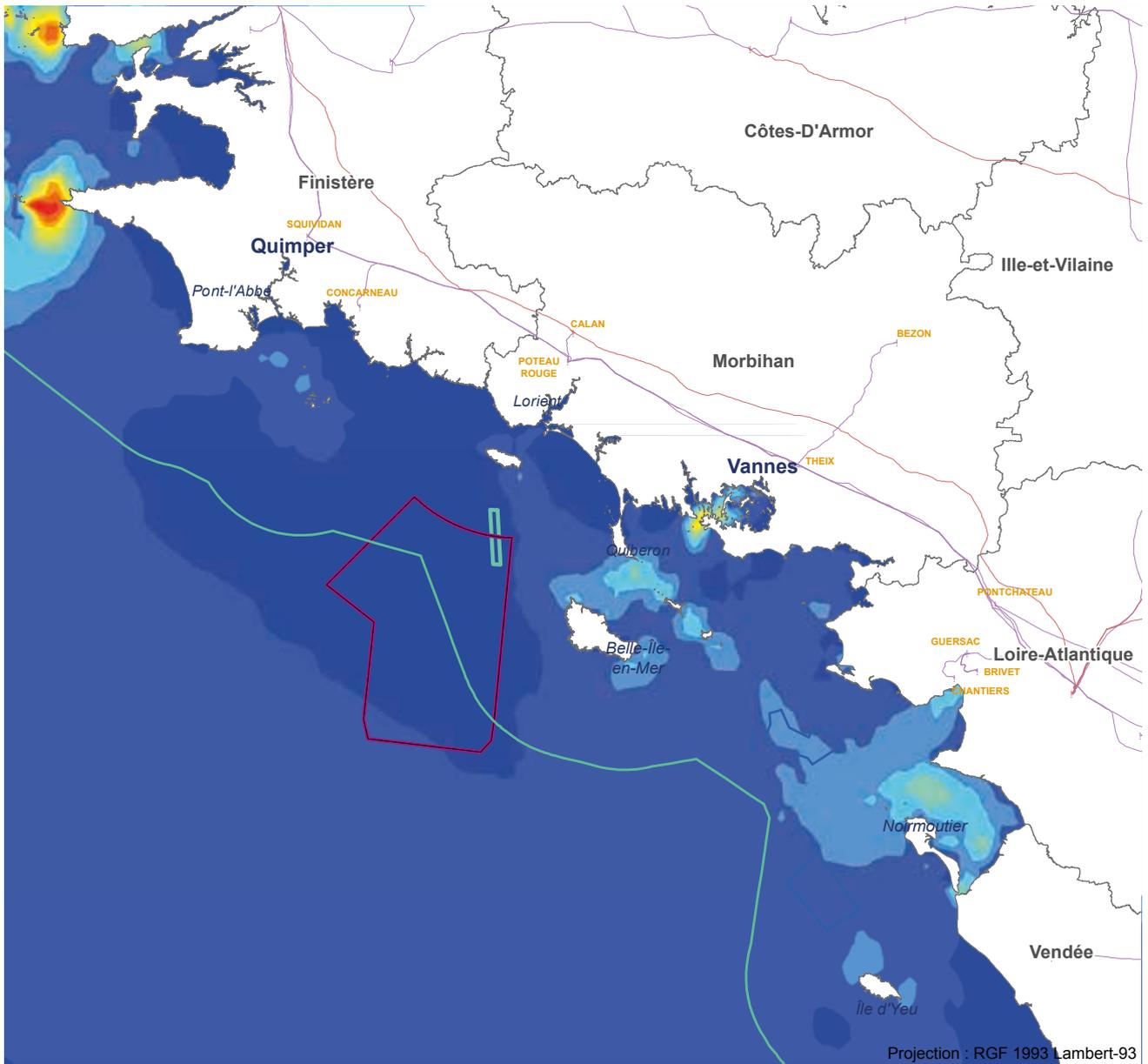
Les atlas de courants de marée donnent une assez bonne représentation des courants de la zone d'étude car le phénomène de la marée est le principal vecteur des courants qui s'y produisent. L'intensité maximale du courant de marée en niveau moyenne est représentée sur la carte ci-dessous et l'atlas est disponible sur www.diffusion.shom.fr¹

Sur la zone d'étude, la vitesse des courants généraux caractéristique de la circulation générale océanique, par temps calme, est faible, et demeure voisine de 0,06 nœud (0,03 m/s) tout au long de l'année.

1



Carte de l'intensité maximum du courant de marée en vive-eau moyenne (coefficient 95)



Projection : RGF 1993 Lambert-93

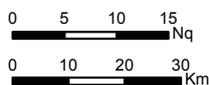
- Zone d'étude en mer
- Eolien posé: site attribué ou en projet
- Projet de ferme pilote flottante de Groix Belle-Île
- Limite extérieure de la mer territoriale (12M)

Vitesses maximales de courant de marée en vive-eau moyenne (coefficient 95) (m/s)



- | Poste électrique | Ligne électrique |
|--|--|
| 225 kV | 225 kV |
| 400 kV | 400 kV |

Theix Nom des postes électriques



Sources:

- MTES: Limites EMR
- Shom: Limites maritimes, courants de marée
- RTE: lignes, postes RTE, zones de raccordement
- IGN: Limites administratives terrestres

Réalisation: SHOM 2020

5. Houle, vagues et état de mer

La hauteur significative, qui est paramètre le plus utilisé pour caractériser l'état de la mer est la valeur moyenne du tiers supérieur des hauteurs des vagues toutes origines confondues.

La mer de vent correspond aux vagues générées localement sous l'effet de l'action du vent, et la hauteur des vagues croît avec l'intensité du vent et la durée de son action.

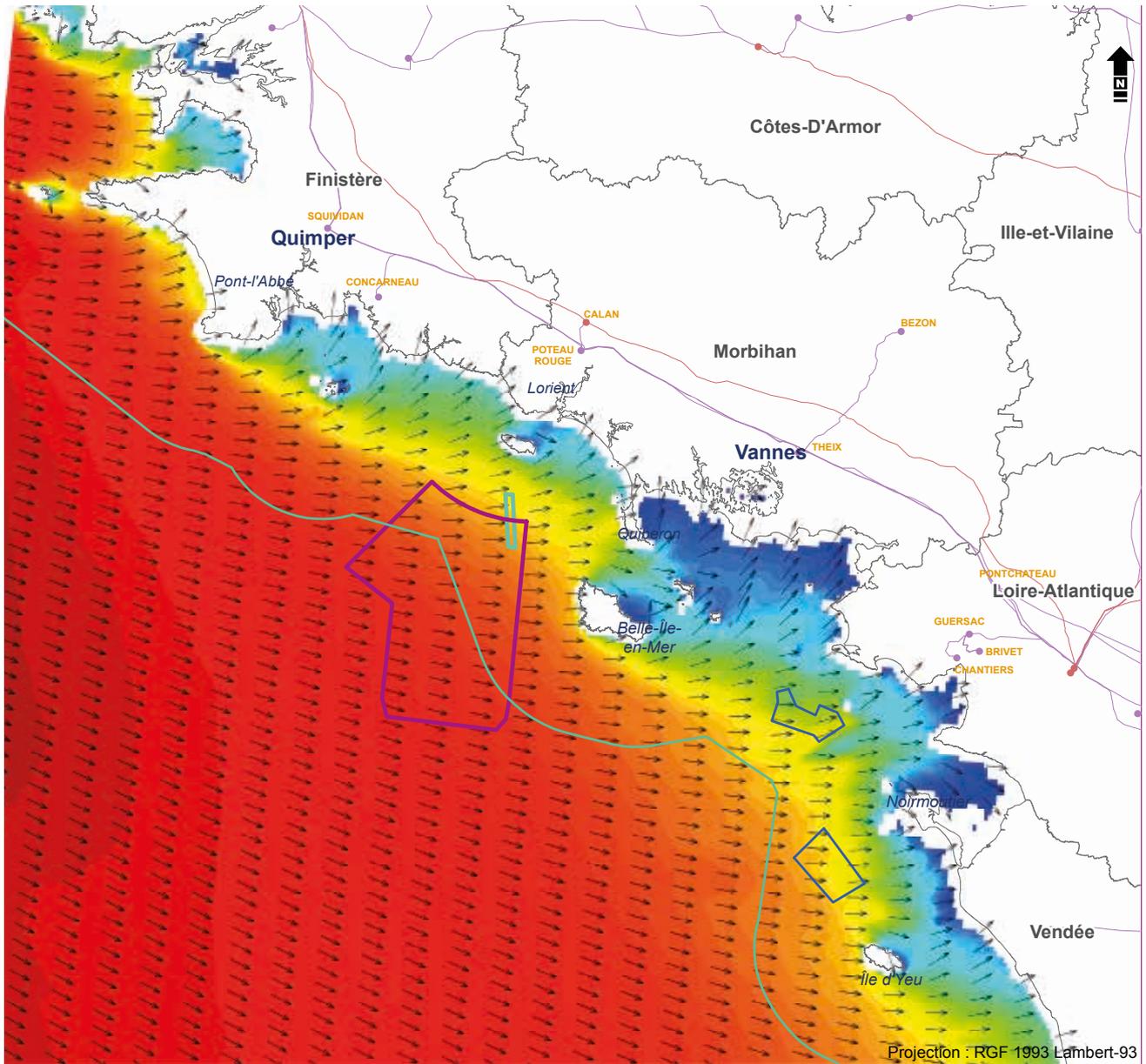
La houle correspond à des vagues générées ailleurs et qui se sont propagées. Elle dépend notamment du *fetch* (taille de l'aire maritime sur laquelle souffle le vent).

L'état de la mer est le résultat de plusieurs facteurs : action du vent sur la mer, bathymétrie (en zones de petits fonds, elle modifie la répartition spatiale des hauteurs de vagues et peut les faire déferler), relief côtier, courants... En général, il se compose des vagues liées à la mer de vent et celles liées à la houle. Comme les courants, la houle et la mer de vent exercent une force contre les supports et ancrages éoliennes, et doivent donc être prises en compte lors de la conception des installations.

Du fait de sa localisation, la zone est soumise à d'importantes houles d'ouest et d'ouest-nord-ouest provenant de l'Atlantique. Les *fetchs* sont très longs dans les directions d'ouest à sud-ouest et importants dans la direction sud, permettant le développement de mers de vents fortes dans ces directions. À l'inverse, la côte française empêche le développement de vagues importantes provenant du nord et de l'est, même en cas de fort coup de vent provenant de ces directions.

Comme il existe peu d'observations et de mesures de vagues sur la zone d'étude, un modèle a été réalisé. La hauteur significative moyenne des vagues est inférieure à 2,5 mètres sur l'ensemble de la zone. Les vagues viennent préférentiellement de l'ouest à l'ouest-nord-ouest. Les hauteurs maximales modélisées sur la zone dépassent les 10 mètres pour la partie de la zone la plus au large, mais dépendent fortement des saisons.

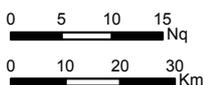
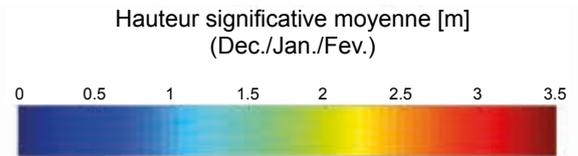
Hauteurs significatives en mètres (couleurs) et directions moyennes (flèches) modélisées en moyenne sur la période 2000-2017 avec le modèle MANGAS en hiver



- Zone d'étude en mer
- Eolien posé: site attribué ou en projet
- Projet de ferme pilote flottante de Groix Belle-Île
- Limite extérieure de la mer territoriale (12M)

- | | |
|--|--|
| Poste électrique | Ligne électrique |
| • 225 kV | — 225 kV |
| • 400 kV | — 400 kV |

Theix Nom des postes électriques

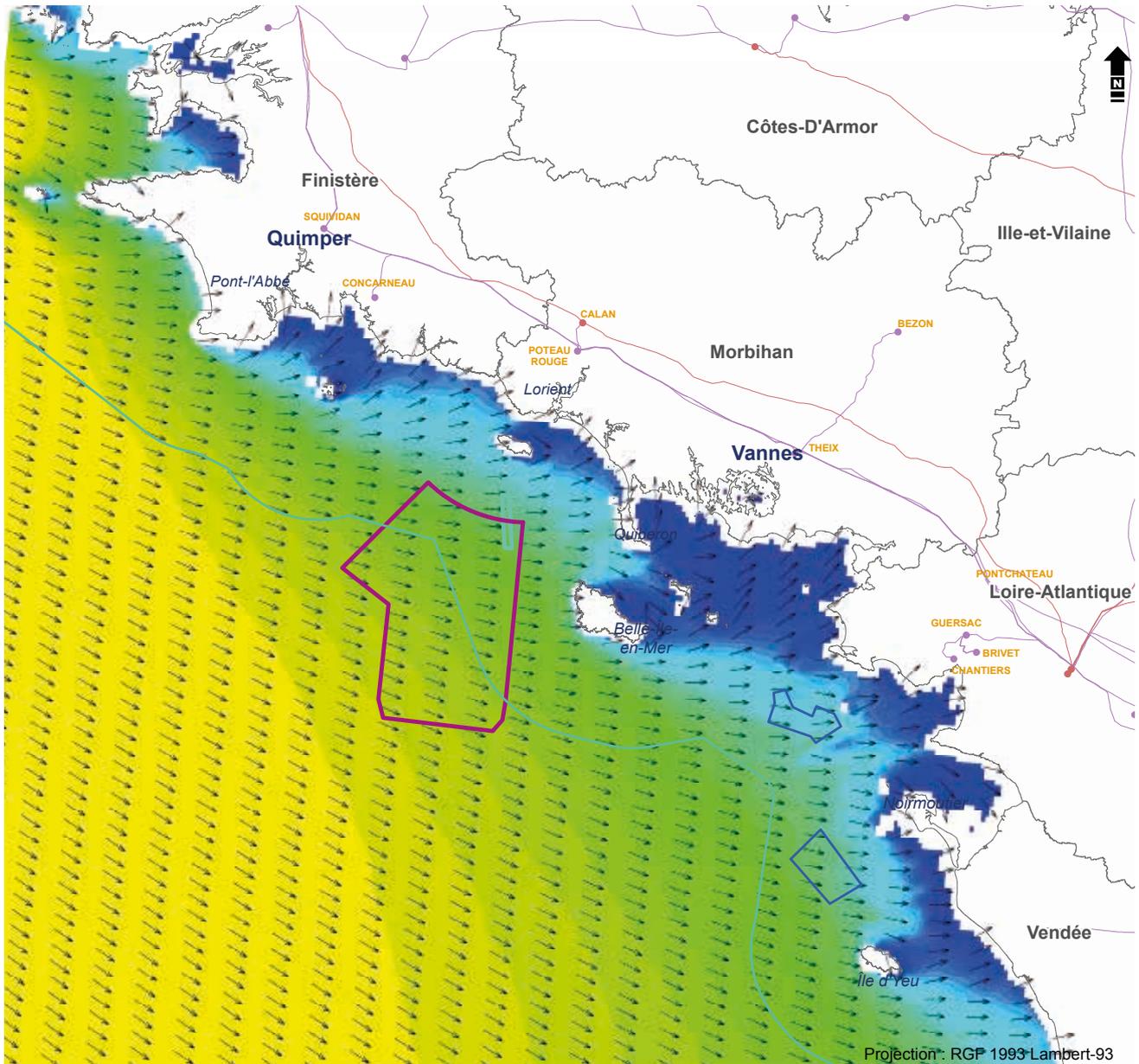


Sources:

- MTES: Limites EMR
- Shom: Limites maritimes, houle (modèle MANGAS)
- RTE: lignes, postes RTE, zones de raccordement
- IGN: Limites administratives terrestres

Réalisation: Cerema- Shom 2020

Hauteurs significatives en mètres (couleurs) et directions moyennes (flèches) modélisées en moyenne sur la période 2000-2017 avec le modèle MANGAS au printemps



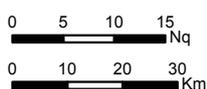
Projection : RGP 1993-Lambert-93

- Zone d'étude en mer
- Eolien posé: site attribué ou en projet
- Projet de ferme pilote flottante de Groix Belle-Île
- Limite extérieure de la mer territoriale (12M)

- | | |
|-------------------------|-------------------------|
| Poste électrique | Ligne électrique |
| • 225 kV | — 225 kV |
| • 400 kV | — 400 kV |

Theix Nom des postes électriques

Hauteur significative moyenne [m]
(Mar./Avr./Mai)

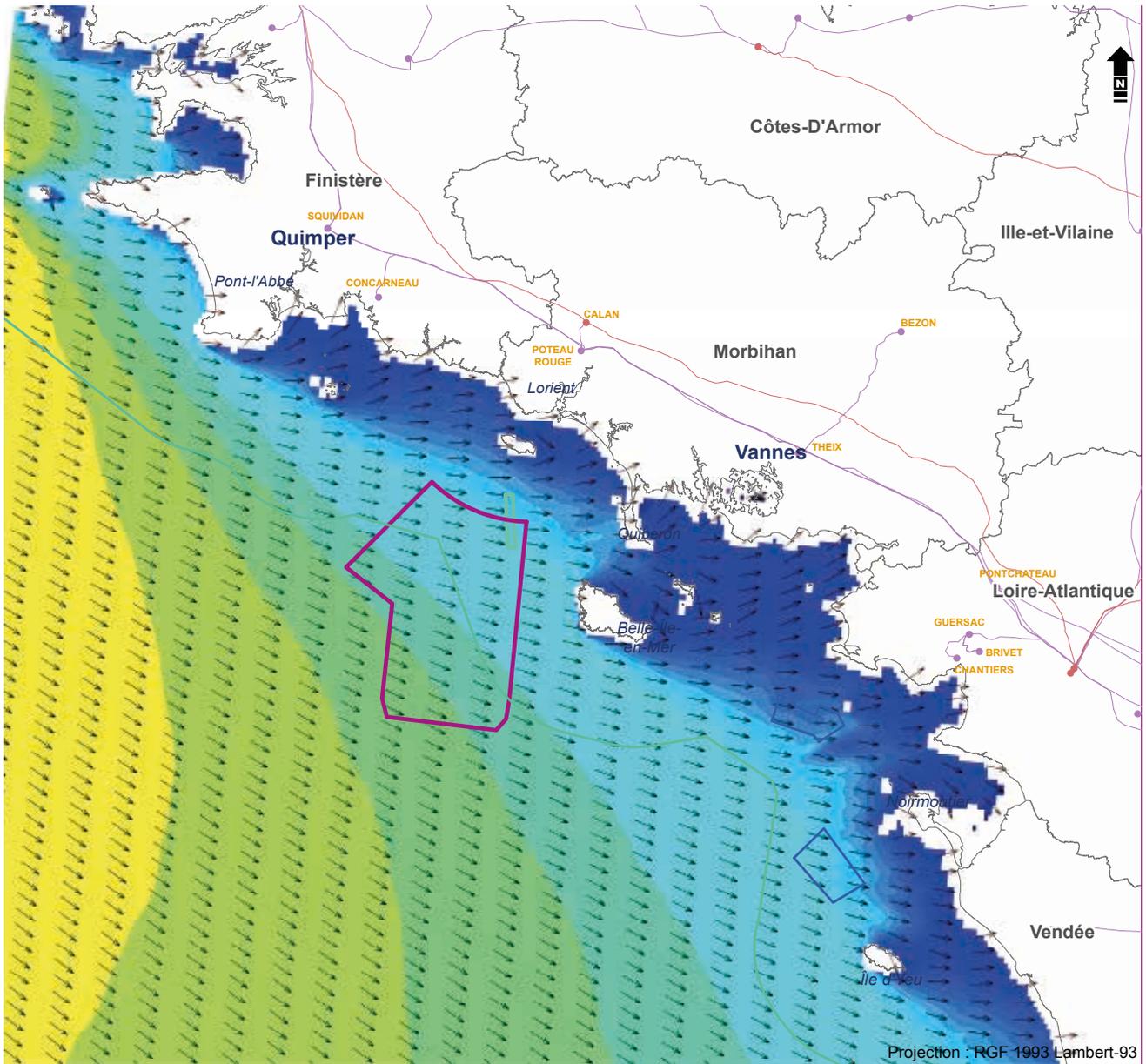


Sources:

MTES: Limites EMR
Shom: Limites maritimes, houle (modèle MANGAS)
RTE: lignes, postes RTE, zones de raccordement
IGN: Limites administratives terrestres

Réalisation: Cerema- Shom 2020

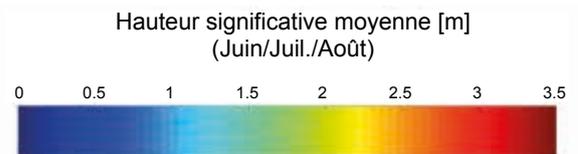
Hauteurs significatives en mètres (couleurs) et directions moyennes (flèches) modélisées en moyenne sur la période 2000-2017 avec le modèle MANGAS en été



- Zone d'étude en mer
- Eolien posé: site attribué ou en projet
- Projet de ferme pilote flottante de Groix Belle-Île
- Limite extérieure de la mer territoriale (12M)

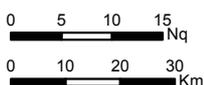
- | | |
|--|--|
| Poste électrique | Ligne électrique |
| • 225 kV | — 225 kV |
| • 400 kV | — 400 kV |

Theix Nom des postes électriques



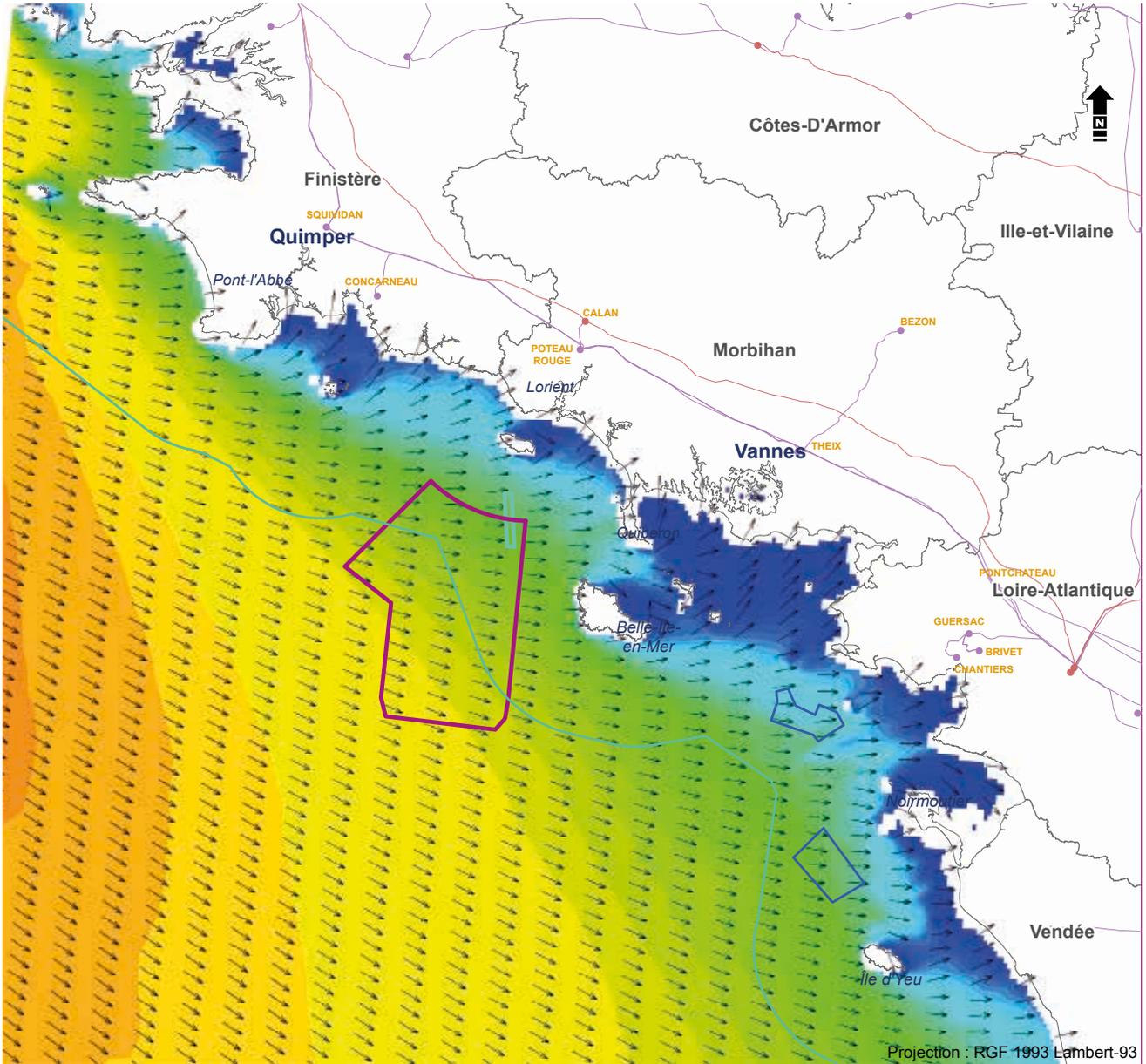
Sources:

MTES: Limites EMR
Shom: Limites maritimes, houle (modèle MANGAS)
RTE: lignes, postes RTE, zones de raccordement
IGN: Limites administratives terrestres



Réalisation: Cerema- Shom 2020

Hauteurs significatives en mètres (couleurs) et directions moyennes (flèches) modélisées en moyenne sur la période 2000-2017 avec le modèle MANGAS en automne

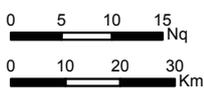
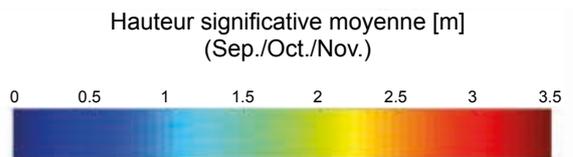


- Zone d'étude en mer
- Eolien posé: site attribué ou en projet
- Projet de ferme pilote flottante de Groix Belle-Île
- Limite extérieure de la mer territoriale (12M)

Poste électrique **Ligne électrique**

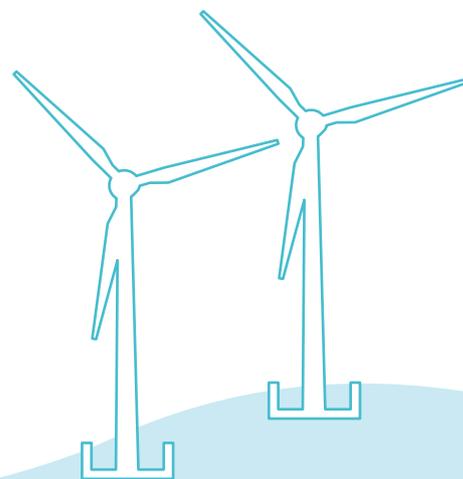
- 225 kV — 225 kV
- 400 kV — 400 kV

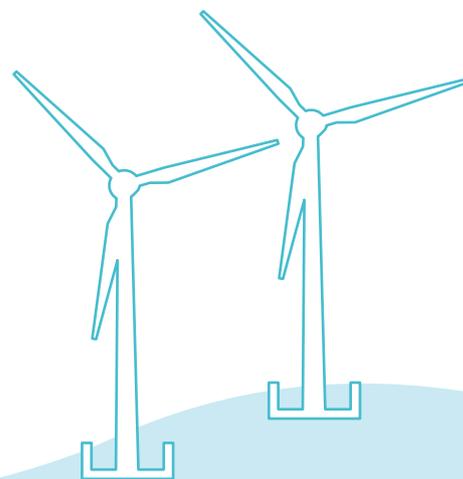
Theix Nom des postes électriques



Sources:
 MTES: Limites EMR
 Shom: Limites maritimes, houle (modèle MANGAS)
 RTE: lignes, postes RTE, zones de raccordement
 IGN: Limites administratives terrestres

Réalisation: Cerema- Shom 2020





En quoi consiste la démarche « éviter, réduire, compenser » ?

Les principaux points abordés

Cette fiche est consacrée à l'évaluation environnementale du projet¹, intégrant la démarche « éviter, réduire, compenser » dite séquence « ERC ». Cette séquence prévoit l'évaluation de l'ensemble des impacts d'un projet sur l'environnement afin de définir des mesures permettant :

- d'éviter les atteintes à l'environnement ;
- de réduire celles qui n'ont pu être suffisamment évitées ;
- et, en dernier lieu, de compenser les effets qui n'ont pu être ni évités, ni suffisamment réduits.

Cette fiche présente :

- les six grandes étapes de mise en œuvre de la démarche « ERC » pour le projet de développement d'un parc éolien en mer ;
- l'exemple des mesures d'évitement, de réduction et de compensation des impacts sur l'environnement mises en place dans les parcs pilotes d'éoliennes flottantes en mer.

L'évaluation environnementale est une démarche continue et itérative, réalisée sous la responsabilité du maître d'ouvrage. Il s'agit d'un processus visant à intégrer l'environnement dans l'élaboration d'un projet, ou d'un document de planification, et ce dès les phases amont de réflexion.

L'évaluation environnementale est un outil d'aide à la décision qui doit donc être amorcée dès les premières réflexions relatives au projet, notamment en cas de pluralité d'autorisations ou de décisions, et doit concerner la globalité du projet et de ses effets. Elle sert à éclairer tout à la fois le porteur de projet et l'administration (autorité décisionnaire) sur les suites à donner au projet au regard des enjeux environnementaux et ceux relatifs à la santé humaine du territoire concerné, ainsi qu'à informer et garantir la participation du public (en application de la Charte de l'environnement)².

Elle doit rendre compte des effets potentiels ou avérés sur l'environnement du projet, du plan ou du programme et permet d'analyser et de justifier les choix retenus au regard des enjeux identifiés sur le territoire concerné. Cette analyse comporte notamment un état des lieux de l'environnement et des impacts prévisibles, une justification des choix par rapport aux variantes envisageables dont la solution « ne rien faire », des mesures pour éviter, réduire voire compenser les incidences sur l'environnement et un résumé non technique.

Dans le cadre de l'évaluation environnementale et conformément au code de l'environnement, la démarche « éviter, réduire, compenser » dite « ERC », définie par le ministère de la Transition écologique, a pour objectif d'intégrer le plus en amont possible la prise en compte des enjeux environnementaux et des usages de la mer lors de la conception d'un projet éolien en mer. Elle correspond à une mise en œuvre opérationnelle du principe de

précaution, et, du principe d'action préventive et de correction, comme définis au L. 110-1 du code de l'environnement.

L'ordre de la séquence « éviter, réduire, compenser » traduit une hiérarchie : l'évitement est à favoriser comme étant la seule opportunité qui garantisse la non atteinte à l'environnement considéré. La compensation ne doit intervenir qu'en dernier recours, quand tous les impacts n'ont pu être ni évités, ni réduits suffisamment. Cette démarche est mise en œuvre dans le cadre du processus aboutissant in fine à la délivrance d'une autorisation de construire un parc éolien en mer. Cette démarche s'applique à tout projet éolien en mer, sur sa partie marine comme sur sa partie terrestre (raccordement).

La tenue du débat public pour le futur parc éolien en mer flottant au large de la Bretagne s'inscrit dans la séquence « éviter » mais il peut être évoqué lors du débat des propositions de réduction, voire de compensation, même si le projet final n'est pas connu. Cette séquence, initiée par les étapes de planification du groupe de travail « énergies marines renouvelables » (GT EMR) de la Conférence régionale pour la mer et le littoral (CRML) et du document stratégique de façade (DSF), consiste à sélectionner des zones préférentielles en évitant au maximum les effets environnementaux. Les mesures précises de réduction voire de compensation des impacts résiduels, qui correspondent à la suite de la démarche ERC, relèveront ensuite principalement des études préalables aux autorisations accordées au lauréat.

L'évaluation environnementale porte sur l'ensemble du projet, c'est-à-dire sur la construction, l'exploitation et l'entretien et le démantèlement du parc en mer par le lauréat producteur désigné par l'appel d'offres et, sur le raccordement en mer du parc à la côte et à terre, de la côte au réseau public de transport d'électricité, par RTE.

¹ Selon la définition au L.122-1 du code de l'environnement : « projet : la réalisation de travaux de construction, d'installations ou d'ouvrages, ou d'autres interventions dans le milieu naturel ou le paysage, y compris celles destinées à l'exploitation des ressources du sol ». La notion de projet au sens de l'évaluation environnementale est associée à sa classification dans l'annexe de l'article R. 122-2 du code de l'environnement.

² <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/evaluation-environnementale>



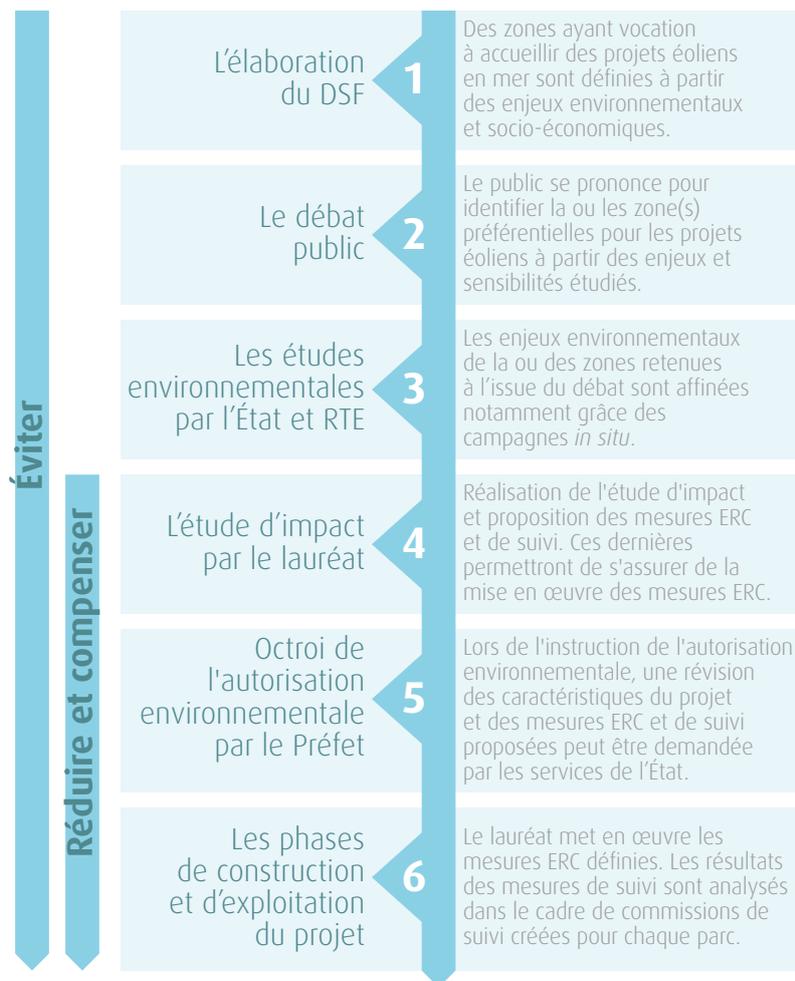
1. La démarche « éviter, réduire, compenser » à chaque étape du projet

L'évitement est première étape de la hiérarchie « éviter, réduire, compenser » inscrite parmi les principes généraux du code de l'environnement au titre du principe d'action préventive - Article L.110-1 (II - 2°) du code de l'environnement : « Le principe d'action préventive et de correction, par priorité à la source, des atteintes à l'environnement, en utilisant les meilleures techniques disponibles à un coût économiquement acceptable. Ce principe implique d'éviter les atteintes à la biodiversité et aux services qu'elle fournit ; à défaut, d'en réduire la portée ; enfin, en dernier lieu, de compenser les atteintes qui n'ont pu être évitées ni réduites, en tenant compte des espèces, des habitats naturels et des fonctions écologiques affectées ». Depuis les ajouts issus

de la loi biodiversité, le principe de « hiérarchie » est renforcé notamment à travers le complément de l'article L.163-1 du code de l'environnement qui donne plus de substance à cette première étape : « Elles [les mesures compensatoires] ne peuvent pas se substituer aux mesures d'évitement et de réduction. Si les atteintes liées au projet ne peuvent être ni évitées, ni réduites, ni compensées de façon satisfaisante, celui-ci n'est pas autorisé en l'état ».

Quelle est la zone d'étude proposée au débat public ?

La démarche « éviter, réduire, compenser » à chaque étape



a. Première étape : la définition des zones à vocation pour accueillir les parcs éoliens en mer

Lors de l'élaboration du document stratégique de façade (DSF), les enjeux environnementaux et socio-économiques ont été évalués sur la façade Nord Atlantique – Manche Ouest (NAMO) et ont été pris en compte pour la détermination des zones à « vocation ». Cette première étape a permis d'exclure les zones présentant, au moment de l'élaboration du DSF, des enjeux incompatibles avec le développement de l'éolien en mer.

Conformément à l'article R. 12217 du Code de l'environnement, le DSF a fait l'objet d'une évaluation environnementale en tant que plan et programme. Cette évaluation environnementale avait pour finalité de s'assurer de la pertinence des choix effectués au regard des enjeux environnementaux, en application du principe de précaution et de prévention. Cette évaluation environnementale apprécie de façon prévisionnelle les impacts sur l'environnement, positifs et négatifs, et propose les mesures visant à éviter, réduire ou compenser les impacts négatifs.

Les documents stratégiques de façade ont fait l'objet de plusieurs étapes de concertation, au niveau national et de la façade maritime.

Le raccordement électrique entre le parc éolien et le réseau public de transport d'électricité réalisé par RTE fera l'objet d'une procédure similaire au sein de la zone d'étude pour le raccordement, tant sur sa partie maritime que sur sa partie terrestre.

b. Deuxième étape : l'identification des zones préférentielles au sein des zones à vocation

Le DSF de la façade maritime Nord Atlantique – Manche Ouest identifie trois zones ayant vocation à accueillir le développement des énergies marines renouvelables, dont une destinée à être étudiée en priorité : la zone 3b.

Par ailleurs, les travaux menés depuis 2013 par le groupe de travail « énergies marines renouvelables » (EMR) de la Conférence régionale pour la mer et le littoral de Bretagne (CRML) ont mis en évidence sur la zone 3b des contraintes à l'installation d'éoliennes en mer, notamment en matière de défense et sécurité maritime.

La zone d'étude en mer soumise au débat public, est ainsi issue des consultations menées dans le cadre du GT EMR de la CRML Bretagne. Elle s'inscrit dans le cadre du document stratégique de façade (DSF). La démarche présentée en débat public vise à déterminer une ou plusieurs zones préférentielles pour des projets éoliens en mer, au sein de cette zone.

Pour mener ce processus, l'État a effectué un recensement des données environnementales et socio-économiques, puis les a analysées de façon spatialisée. Ce travail a été réalisé dans la continuité de celui effectué dans le cadre du DSF à un niveau de détail plus précis. Si le niveau d'incertitude des résultats l'autorise, ce processus d'analyse spatialisée des enjeux permet en premier lieu de connaître, en second lieu d'éviter, les zones présentant de forts enjeux environnementaux vis-à-vis des projets éoliens en mer.

c. Troisième étape : réalisation de l'état initial de l'environnement par l'État et RTE

Une fois que la zone préférentielle pour l'implantation du projet identifiée, l'État et RTE réaliseront un état initial de l'environnement qui sera mis à disposition de l'ensemble des candidats durant le dialogue concurrentiel. Cela permettra aux candidats de prendre en compte les enjeux environnementaux dès le début de la conception du projet, lors de la phase d'élaboration de l'offre. À ce stade du projet, il s'agit principalement de mesures d'évitement, mais ces études peuvent donner aux candidats des informations qu'ils intégreront dans leur offre pour chiffrer des mesures de réduction et de compensation des effets sur l'environnement. Ces études seront également mises à disposition du public.

d. Quatrième étape : conception du projet et réalisation de l'évaluation environnementale par le développeur éolien lauréat et RTE

Conformément à l'article R. 122 2 du code de l'environnement, le lauréat producteur et RTE réaliseront une évaluation environnementale qui contribuera, par itérations successives, à la définition globale du projet et à sa mise en œuvre intégrant notamment l'exploitation, l'entretien et le démantèlement du parc. Les résultats de cette évaluation seront en partie exploités pour la rédaction de l'étude d'impact.

Lors de la conception de leur projet, le lauréat producteur et RTE chercheront d'abord à éviter puis en le justifiant à réduire les effets probables sur l'environnement. Cette optimisation permettra d'argumenter sur les choix effectués et de restituer la manière dont la démarche de conception a été réalisée.

Ils étudieront les effets notables potentiels du projet sur l'environnement et en évalueront les impacts. Au vu de cette analyse, ils modifieront leur projet, justifieront leur choix parmi les variantes étudiées, et proposeront des mesures additionnelles pour éviter et réduire les impacts et, en dernier recours des mesures compensatoires si des impacts résiduels notables persistaient.

Par exemple, le nombre d'éoliennes, leur espacement et leur alignement sont des paramètres influençant l'impact sur l'avifaune. Le lauréat producteur cherchera donc à optimiser ce paramètre pour éviter et réduire ces impacts. Le choix du tracé du raccordement par RTE tiendra compte entre autres des enjeux de l'habitat benthique.

Ou encore, pour éviter l'impact du bruit sur les mammifères marins, le choix du système d'ancrage peut s'orienter sur une technologie ne nécessitant pas de battage. Pour compenser des effets non évitables, des mesures additionnelles par rapport aux politiques publiques déjà existantes, seront prévues.

Enfin, le lauréat producteur et RTE proposeront des mesures de suivi de l'impact du parc et du raccordement, et de leurs modalités de mise en œuvre. Par exemple, des mesures de suivis aériens digitaux permettent un recensement des oiseaux et des mammifères. Pour les populations d'oiseaux, des suivis GPS de certaines espèces permettent d'évaluer les impacts du parc et de proposer en conséquence des mesures correctrices. Pour les mammifères, des suivis acoustiques et télémétriques permettent de suivre l'évolution des populations.

Exemples de mesures « ERC » mises en œuvre dans le cadre de projets d'éoliennes en mer flottantes

Des mesures ERC sont prises pour tout projet d'infrastructure. Ici sont fournis quelques exemples représentatifs d'un parc éolien flottant, à partir exemple des fermes pilotes.

Mesures d'évitement

- éloigner la ferme pilote des côtes (mer) ;
- localiser les sites archéologiques présents pour les éviter (terre et mer) ;
- ne pas employer de peinture *antifouling* (mer) ;
- choisir un système d'ancrage ne nécessitant pas de battage de pieux (mer) ;
- privilégier un tracé de raccordement terrestre au sein des emprises des voiries existantes, franchissement des haies en utilisant les trouées existantes (terre) ;
- ensouiller le câble de raccordement pour éviter les risques de croche et préserver la plage au droit d'atterrage (terre et mer).

Mesure de réduction

Les mesures de réduction sont généralement accompagnées de mesures de suivi afin de vérifier leur efficacité. Voici quelques exemples de mesures de réduction classiques pour des éoliennes en mer :

- localiser la ferme pilote dans un secteur de moindre activité pour la pêche professionnelle (mer) ;
- diminuer la durée et les effets du chantier en mer en réalisant à quai les étapes d'assemblages des éoliennes puis de couplage aux flotteurs (mer) ;
- ajuster l'emprise du chantier, optimiser les temps d'intervention et réduire les conflits d'usage (terre et mer) ;
- adapter le phasage des travaux à la biologie des espèces présentes (terre et mer) ;
- minimiser l'éclairage pour réduire les incidences par collision ou par dérangement induites par la présence de sources lumineuses la nuit pour les oiseaux marins.

Mesures de compensation

Il est à noter que du fait des spécificités du milieu marin, les mesures compensatoires au plan environnemental sont moins connues que dans le milieu terrestre, où leur définition est claire et partagée.

- restaurer/réhabiliter des habitats ;
- participer à des campagnes de repeuplement d'espèce ou d'action de conservation ;
- mesures de suivi et d'accompagnement ;
- participer à des programmes de recherche ;
- mettre en place des mesures de suivi.

Exemple pour une zone humide

S'il est possible d'éviter de traverser une zone humide, au vu de son étendue ou de sa situation au regard du linéaire supplémentaire ou d'autres impacts possibles, des mesures seront mises en œuvre pour réduire les effets : période de travaux adaptée, utilisation de modes opératoires adaptés, largeur de zone de travaux moindre, utilisation de plaques de répartition de charge pour éviter les ornières. Si la surface affectée est importante, par exemple dans la zone d'un futur poste électrique, des mesures de compensations seront étudiées, comme le réaménagement de zones en zones humides.

e. Cinquième étape : instruction et délivrance des autorisations

Une fois l'étude d'impact réalisée, le lauréat et RTE demanderont à l'autorité publique compétente l'autorisation de construire le parc et le raccordement. Dans le cadre de cette procédure, les différents acteurs seront consultés, y compris le public. L'autorité environnementale est également saisie pour avis sur l'étude d'impact des pétitionnaires et sur la demande d'autorisation aujourd'hui unique qu'ils présentent, et elle formule un avis dans lequel elle peut adresser des recommandations, auxquelles le pétitionnaire doit répondre. L'avis de l'Autorité environnementale ainsi que la réponse du maître d'ouvrage sont soumis à consultation du public avant la délivrance des autorisations. À cette étape, les caractéristiques techniques du projet peuvent être revues et les mesures de la séquence « éviter, réduire, compenser » définies par le lauréat et RTE, modifiées et complétées.

f. Sixième étape : la construction et les mesures sur site

Pour construire le parc et le raccordement, le lauréat producteur et RTE réaliseront des mesures sur site plus fines que celles réalisées pour l'état initial mené par l'État.

Pour les espèces dont la variation est très locale comme c'est le cas pour certains habitats benthiques, le lauréat pourrait par exemple découvrir une espèce remarquable au cours de cette campagne de mesures. Puisque le lauréat producteur bénéficiera d'une autorisation stipulant des caractéristiques variables pour son projet, il pourrait éviter cet habitat lors de la construction de son projet.

Ce processus itératif correspond à une mise en œuvre de la séquence « éviter, réduire, compenser ». Les étapes préliminaires permettent plus particulièrement l'évitement des zones à enjeux, alors que la réduction et la compensation seront majoritairement pensées au moment de la conception du parc.

Focus sur les impacts pour le parc et le raccordement au réseau public de transport d'électricité et mesures « éviter, réduire, compenser » associées

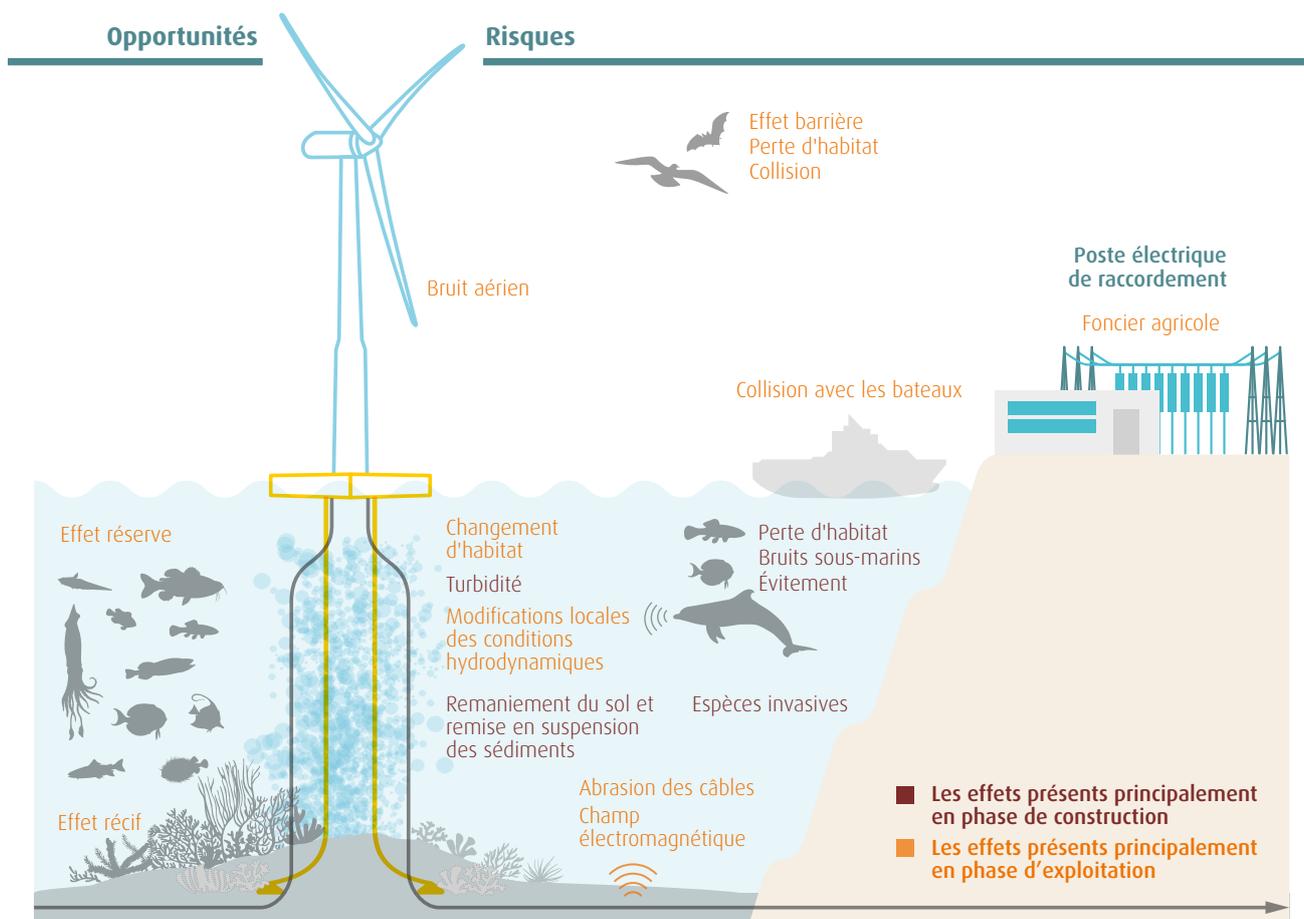
Les principaux points abordés

Cette fiche a pour but de présenter les impacts temporaires et permanents des différents ouvrages construits pour le parc éolien en mer et son raccordement au réseau public d'électricité, à savoir :

- les ancrages et les lignes d'ancrage ;
- les éoliennes du parc ;
- le poste en mer et les liaisons sous-marines entre le poste en mer et le point d'atterrage au niveau du littoral ;
- les liaisons souterraines terrestres entre le point d'atterrage et le poste électrique de raccordement ;
- le poste électrique terrestre de raccordement et l'éventuel poste intermédiaire de compensation.

Pour le raccordement, les mesures « éviter, réduire, compenser » associées sont présentées.

Les opportunités et les risques de l'implantation d'un parc éolien en mer et de son raccordement pour l'environnement



Cette fiche présente les impacts potentiels d'un parc éolien en mer et de ses ouvrages de raccordement sur l'environnement. Les mesures ERC associées au parc sont traitées dans la fiche précédente. Les mesures ERC pour le raccordement présentées correspondent à des mesures génériques habituellement mises en œuvre par RTE au vu des impacts potentiels de tels ouvrages.

On distinguera pour chaque ouvrage :

- les impacts temporaires liés aux travaux d'installation ou aux travaux de maintenance, qui restent exceptionnels ;
- les impacts permanents liés à l'exploitation des ouvrages.

En quoi consiste la démarche « éviter, réduire, compenser » ?

1. Les ancrages et les lignes d'ancrage

Les impacts temporaires potentiels sont liés à l'installation des ancrages pour fixer les éoliennes au fond marin. Les principaux effets sont la pénétration du sous-sol et le remaniement des sols. Lorsque la couche sédimentaire (dépôt de fines particules) est suffisamment épaisse, le sous-sol est trop peu atteint pour être altéré (à quelques exceptions où des brèches peuvent alors se former). La construction donne lieu à une perte ou une modification des habitats benthiques dont l'impact dépend du type de travaux et de la nature du sol. Les travaux liés à la mise en place des ancrages engendrent également une remise en suspension des sédiments. La redéposition des sédiments dépend des conditions hydrodynamiques (courants, houle...) de la zone. Le changement de turbidité induit par ce remaniement du fond marin dépend de la composition des sols et des conditions hydrodynamiques. S'il va concerner l'ensemble de la faune marine, il n'impacte réellement que les espèces benthiques (sur le fond marin) sessiles (fixées au sol) ou peu mobiles qui ne sont donc pas capables d'éviter la zone.

En cas de présence de polluants dans la couche de sédiments, la remise en suspension provoquée par les travaux va contaminer l'eau et ainsi baisser la qualité de l'eau.

Les impacts permanents sont liés au frottement des lignes d'ancrage sur une petite portion du sol, ceci peut avoir un faible effet sur le relief sous-marin. La présence de protections externes peut également provoquer l'érosion par les courants et un affouillement très localisé

2. Les éoliennes du parc

Les impacts temporaires potentiels sont liés au bruit des travaux qui affecte la faune marine selon leur capacité auditive. La faune va donc avoir tendance à fuir la zone des travaux, aboutissant à une perte temporaire d'habitat. Les travaux d'installation d'un parc éolien flottant génèrent moins de bruit sous-marin qu'un parc éolien posé puisque dans un cas, il s'agit de fixer des ancrages, et dans l'autre, des fondations nécessitant le recours à des technologies plus bruyantes et des temps de travaux plus long. Chez les mammifères marins, le bruit sous-marin peut engendrer des dérangements comportementaux, des pertes d'audition voire des blessures. L'impact du bruit sous-marin est moins bien connu pour les autres animaux. On sait toutefois que les poissons dotés d'une vessie natatoire (organe de flottabilité) à proximité de l'oreille interne y sont particulièrement sensibles et peuvent être blessés en cas de forte exposition.

Les impacts permanents sont divers :

- les structures mises en place lors de la construction introduisent ainsi un nouveau substrat, qui peut être progressivement colonisé par les organismes marins. Ce développement de biomasse sur des structures artificielles immergées est appelé « effet récif » ;

- les anodes sacrificielles sur les éoliennes permettent de limiter la corrosion des structures en diffusant une très faible quantité de métaux (aluminium et zinc notamment) dans l'eau. Les concentrations de métaux diffusés par les anodes des éoliennes sont généralement négligeables par rapport aux concentrations mesurées naturellement dans le milieu ;
- le parc éolien représente un nouveau substrat qui peut être colonisé par les espèces benthiques (effet récif). Cette colonisation contribue à l'enrichissement de la biomasse et peut attirer des prédateurs (poissons, oiseaux, mammifères marins) pour qui le parc devient alors une nouvelle zone d'alimentation privilégiée. Cette enrichissement de la faune marine dû au parc est appelé effet réserve ;
- le bruit sous-marin d'un parc éolien en fonctionnement est considéré comme similaire aux bruits d'origine anthropique habituels (trafic maritime notamment). Le bruit sur les espèces en phase d'exploitation est considéré comme bien moins impactant qu'en phase travaux même s'il demeure mal connu ;
- en phase d'exploitation, un parc éolien en mer représente principalement un risque pour l'avifaune. En effet, on sait aujourd'hui qu'une importante proportion des oiseaux vole à moins de 200 mètres d'altitude, ce qui correspond à la hauteur des éoliennes et conduit à un risque de collision. La collision peut ainsi engendrer une surmortalité dans une population. Le risque de collision dépend des conditions météorologiques et varie d'une espèce à une autre ; notamment car il est étroitement lié au comportement de l'oiseau en matière d'évitement, de sa hauteur de vol et de l'usage qu'il fait de la zone du parc. Des stratégies d'évitement à différentes échelles ont été observées. On parle de macro-évitement lorsque les oiseaux évitent la zone du parc, de méso-évitement lorsqu'ils adoptent un comportement de vol au sein du parc adapté à la présence d'éoliennes (vol dans les espaces les plus larges entre les éoliennes, à une certaine distance avec les pales) et de micro-évitement pour les actions en vol de dernière minute pour éviter de percuter l'éolienne. Cependant, plusieurs facteurs des parcs éoliens en mer ont été identifiés comme attractifs pour l'avifaune (augmentation du stock de proies, perchoirs, photoattraction) et augmentent le risque de collision ;
- le parc peut également agir comme un obstacle, poussant les oiseaux à l'éviter en rallongeant leurs vols ; on parle d'effet barrière. Cet évitement entraîne une consommation énergétique additionnelle pour les oiseaux, influençant par conséquent la survie et la croissance des populations. Des modèles ont été conçus pour estimer l'impact lié à cet effet. Le parc peut également prendre la place d'une zone fonctionnelle (alimentation notamment) pour une population et engendre ainsi une perte d'habitat. Comme le risque de collision, l'effet barrière et la perte d'habitat varient selon les espèces d'oiseaux. Ces impacts dépendent aussi beaucoup de la disposition du parc, de sa taille et de sa proximité avec les populations d'oiseaux. L'impact est particulièrement important pour les colonies installées à proximité du parc en période de reproduction. En effet, les adultes passant du temps à aller chercher de la nourriture pour leurs petits, si le parc se trouve entre la colonie et la zone d'alimentation, l'évitement est plus fréquent et consommateur d'énergie ;

- des chauves-souris ayant déjà été observées en mer, on suppose qu'elles peuvent être concernées par le risque de collision ou l'effet barrière. Toutefois, le manque de connaissances sur ce sujet ne permet pas de conclure quant à cet impact. Les chercheurs pensent également que les éoliennes peuvent présenter un risque de barotraumatisme pour les chiroptères, le changement brutal de la pression de l'air provoquée par le mouvement des pales provoquant des lésions internes. Si cet effet a bien été observé sur les parcs éoliens terrestres, ce n'est pas le cas en mer.

Enfin, en phase de construction comme en phase d'exploitation, le recours à des engins et des navires pour les travaux et la maintenance peut avoir différents impacts sur l'environnement :

- risque de pollution et donc baisse de la qualité de l'eau ;
- bruits aériens et activités anthropiques qui peuvent déranger les espèces ;
- risque de collision avec les bateaux, notamment pour les mammifères marins ;
- les lumières sur les bateaux attirent (photoattraction) les oiseaux et les chauves-souris ;
- risque d'introduction d'espèces invasives.

La fiche #10 présente la démarche « éviter, réduire, compenser » (ERC) et des exemples de mesures d'évitement et de réduction des impacts environnementaux d'un parc éolien en mer.

3. Le poste en mer et les liaisons sous-marines¹

Le développement de liaisons électriques sous-marines (LSM) et de postes électriques en mer est susceptible de générer plusieurs types d'impacts sur les organismes et le milieu marin.

Les impacts temporaires potentiels sont liés au bruit généré par les travaux, au relargage éventuel de contaminants, à la modification du substrat (fond marin) et de la turbidité (teneur de l'eau en matière en suspension). Ces impacts ont fait l'objet de nombreuses études et sont maintenant assez bien connus. Ils sont globalement négligeables à faibles pour les câbles. Ils sont limités dans le temps et dans l'espace et font l'objet de mesures d'évitement et de réduction :

- RTE porte une attention particulière aux impacts potentiels sur les espèces et habitats benthiques vulnérables (herbiers marins, bancs de maërl, récifs d'Hermelles, coraux...) liés à la modification du substrat (fond marin). Ils sont évités dans la majorité des cas grâce à la prise en compte des aires marines protégées dans le tracé du câble, un travail bibliographique, des campagnes benthiques alliant prélèvement et imagerie. Un balisage des zones sensibles sera mis en place en phase travaux. Concernant l'atterrissage du câble, un forage dirigé peut être réalisé dans la mesure du possible en alternative au creusement d'une tranchée afin d'éviter des habitats sensibles. Lorsqu'un habitat vulnérable est identifié sur le tracé du câble sans possibilité de contournement, des mesures de réduction d'impact peuvent être mises en œuvre : certains types de charrues ou techniques d'ensouillage ou de pose permettent de réduire la perturbation du fond et de favoriser la recolonisation. La période de travaux peut également être adaptée, dans la mesure du possible, afin de prendre en compte le cycle de vie des espèces vivant sur le fond ;

- le bruit généré par les travaux d'installation de câbles ou de plateformes est limité dans le temps et son impact est variable en fonction du bruit ambiant, de la nature des travaux et du substrat. L'impact est jugé faible pour les poissons. En effet, pour les espèces mobiles, il est probable qu'un simple comportement de fuite soit adopté et que les conséquences soient donc minimales ;

- afin d'éviter et réduire les impacts potentiels sur les mammifères marins, une surveillance peut être mise en place pour le chantier, ainsi que des mesures d'effarouchement ou des techniques de *soft start* (augmentation graduelle du bruit) permettant aux animaux de fuir la zone des travaux. La période de travaux peut également être adaptée, dans la mesure du possible, afin de prendre en compte le cycle de vie des espèces sensibles ;

- l'impact potentiel de la turbidité est ponctuel et localisé. Si la turbidité naturelle du site est déjà importante (estuaires, zones soumises à de forts courants, aux tempêtes...), les espèces présentes y sont adaptées. Si cela s'avère pertinent, un suivi de la turbidité et un protocole travaux adapté peuvent être mis en place en phase travaux. La période de travaux peut également être adaptée, dans la mesure du possible, afin de prendre en compte le cycle de vie des espèces sensibles.

Les impacts potentiels liés au relargage de déchets ou de contaminants sont maîtrisables. Pendant la phase de travaux, ils peuvent être liés à des pollutions accidentelles par les navires ou à la remobilisation de polluants présents dans les sédiments. Des analyses physico-chimiques de la qualité de l'eau et des sédiments sont réalisées en phase de conception du projet et préalablement aux travaux, afin d'éviter le remaniement de sédiments pollués. Lorsqu'une protection des câbles par recouvrement est nécessaire, des matériaux inertes sont utilisés (« *rock-dumping* » c'est-à-dire enrochement ou matelas béton). La gestion des déchets et des pollutions fait l'objet de prescriptions particulières auprès des entreprises prestataires de RTE.

Les impacts permanents potentiels sont liés aux champs électriques et magnétiques, à la température et à l'effet récif :

- Les impacts potentiels liés aux émissions de champs électromagnétiques 50 Hz (CEM 50) font encore l'objet d'incertitudes mais les connaissances scientifiques progressent. L'étude bibliographique réalisée par Ifremer en 2019 sur l'impact des CEM 50 Hz des câbles électriques sous-marins conclut que, ce jour, les études *in situ* n'ont pas mis en évidence d'impact significatif sur la faune benthique et halieutique. Les câbles ne constituent pas une barrière au mouvement pour les espèces étudiées. Le niveau d'incertitude scientifique étant évalué comme moyen, des études complémentaires sont donc nécessaires. Par ailleurs, une grande partie des espèces sensibles au champ magnétique (CM) sont des espèces pélagiques, c'est-à-dire qu'elles vivent dans le haut de la colonne d'eau. Parmi ces espèces, on trouve les mammifères marins, qui utiliseraient le champ magnétique terrestre pour s'orienter durant leurs migrations. Or, le champ magnétique généré par les câbles décroît rapidement avec la distance. Ces espèces ne seront donc pas exposées à des niveaux de champ magnétique importants. Les espèces les plus sensibles semblent être les Élasmobranches (Requins, Raies) qui disposent d'organes (les ampoules de Lorenzini) permettant de détecter les champs électromagnétiques. Comme pour

1 Carlier, A., Vogel, C., Alemany, J. 2019. *Synthèse des connaissances sur les impacts des câbles électriques sous-marins : phases de travaux et d'exploitation*. 101 pp.

les mammifères marins, à moins de se trouver proches des câbles, ils ne sont pas exposés à des niveaux significatifs. À ce jour, les études *in situ* n'ont pas mis en évidence d'impact sur les poissons et la faune benthique ;

- les câbles dynamiques pourraient présenter un risque d'enchevêtrement pour les mammifères marins, mais ce sujet est trop peu étudié pour conclure sur l'impact qu'il représente réellement ;
- les Élasmodontes (Requins et Raies) sont sensibles au champ électrique (CE), utilisé notamment pour la détection des proies. Du fait de leurs dispositions constructives, les liaisons sous-marines de transport d'électricité n'émettent pas de champ électrique. Néanmoins, elles émettent un champ magnétique 50 Hz qui, par effet d'induction, est susceptible de produire un champ électrique de très faible amplitude au voisinage de ces liaisons. Une capacité d'apprentissage et d'adaptation des espèces semble possible ;
- la conception du câble et la profondeur d'ensouillage peuvent atténuer l'exposition de la faune marine aux CEM générés par le câble. Cependant ces mesures peuvent induire des modifications de température du câble plus importantes. Il s'agit donc de trouver le compromis adapté à chaque projet. RTE participe et mène plusieurs projets de recherche visant à mieux caractériser les effets et impacts potentiels des CEM sur les compartiments benthique et halieutique. A ce titre, on peut citer le projet de recherche et développement SPECIES mené par Ifremer et France Énergies marines dans lequel RTE est partenaire. Dans ce cadre, une expérimentation réalisée en laboratoire portant sur l'effet potentiel des CEM 50 Hz sur le juvénile de homard a démontré que le comportement de cette espèce n'était pas modifié à proximité de câbles électriques sous-marins ;
- l'impact potentiel de la modification de la température au voisinage du câble est très localisé et jugé globalement négligeable mais des incertitudes scientifiques demeurent. La modification de la température ne concerne que les câbles électriques ensouillés. Le passage du courant électrique dans le câble induit localement une élévation de la température du sédiment. Comme il s'agit de pertes d'énergie, la conception cherche à les minimiser par un dimensionnement optimal des câbles, notamment fonction de la conductivité thermique du substrat.

4. Les liaisons souterraines terrestres

L'insertion environnementale et paysagère de ses infrastructures est, pour RTE, une préoccupation majeure intégrée au cœur de son activité. L'entreprise est particulièrement attentive au cadre de vie des populations riveraines et aux impacts de l'ouvrage sur le patrimoine naturel, touristique et agricole des zones traversées.

La construction et l'exploitation de ses ouvrages s'effectuent dans le respect des habitats, des espèces animales et végétales et des activités humaines. RTE recherche le maintien de la diversité biologique et l'amélioration de l'insertion du réseau dans le paysage, en relation avec les acteurs concernés.

a. Milieu naturel et biodiversité

Les impacts temporaires : la phase de construction peut être à l'origine de diverses perturbations pour la faune et la flore. Il s'agit notamment :

- du bruit et des activités du chantier pouvant effrayer la faune ;
- de dégradation, voire destruction de certains milieux par piétinements ou tassements.

RTE recherche toujours dans la mesure du possible à éviter les zones les plus sensibles du point de vue du milieu naturel. Ainsi, avant les travaux, la sensibilité des milieux est évaluée pour pouvoir mettre en œuvre au besoin les mesures de préservation adaptées.

RTE, en relation avec les interlocuteurs concernés, prend soin de programmer ses travaux au moment le plus adapté de l'année, afin de respecter au maximum les périodes d'activité et de repos de la végétation et de la faune. Ces effets seront recensés, analysés et traités dans le cadre de l'évaluation environnementale.

Les impacts permanents : ils sont liés à la présence de l'ouvrage qui implique la constitution d'une servitude de 5 m de large au droit de la canalisation incompatible avec toute plantation à racines profondes (arbres).

b. Activité agricole

Avec plus de 75 % de ses ouvrages implantés en milieu agricole, la prise en compte des activités agricoles est une préoccupation majeure de RTE. Depuis 1964, RTE s'emploie notamment à entretenir une relation d'étroite coopération avec le réseau des chambres d'agriculture et leur instance nationale, l'Assemblée permanente des chambres d'agriculture, ainsi qu'avec le syndicat agricole majoritaire, la FNSEA.

Les impacts temporaires : une phase de concertation avec les acteurs du monde agricole permet de limiter ces impacts liés à la phase de construction des liaisons souterraines. De nombreuses mesures de réduction des impacts sont envisageables : définition du tracé de détail avec le monde agricole, tri des terres, remise en état, indemnisation des pertes de récolte, etc.

Les impacts permanents : une fois les liaisons électriques mises en place et les terres végétales préalablement triées et redispuestas, les sols sont à nouveau cultivables (hors plantation arbustive à racines profondes).

c. Circulation et trafic

Les impacts temporaires : lors des travaux, à l'occupation d'une voie et/ou d'un trottoir par le chantier, s'ajoutent le va-et-vient des camions transportant les matériaux divers et le matériel électrique, le déplacement des pelles et des treuils de tirages, etc. La circulation (automobiles, vélos, piétons...) peut être perturbée.

Aussi, des mesures de régulation du trafic routier à proximité du chantier sont systématiquement prises afin d'atténuer la gêne engendrée par les travaux. En cas d'interférence entre les travaux et la circulation routière, l'entreprise chargée du chantier met en place d'une signalisation routière temporaire, validée par le gestionnaire de la voirie.

Pour limiter cette gêne, différentes mesures sont systématiquement prises au cours des travaux comme :

- la limitation de l'emprise (chantier balisé) ;
- la conservation des accès pour les riverains, équipements publics et entreprises ;
- le planning des travaux tenant compte des particularités de la voirie (circulation) ;
- la mise en place d'une signalisation adéquate (panneaux indicateurs voire des feux clignotants, bandes réflectorisées, catadioptriques...);
- la préparation du chantier avec les gestionnaires des voiries.

L'ensemble de ces mesures vise également à sécuriser les déplacements des éventuels promeneurs ou randonneurs, piétons ou cyclistes, qui chemineraient à proximité du chantier.

Les impacts permanents : une fois les liaisons souterraines mises en place, il n'y a pas de visite technique de l'ouvrage nécessitant de perturbations sur la voirie.

d. Paysage et patrimoine

Les impacts temporaires : les impacts sont limités et la pose des liaisons souterraines est sans effet notable vis-à-vis des monuments historiques ou sites. En revanche, le risque de découverte archéologique est possible. Le Service régional de l'archéologie est rencontré en amont du projet et peut prescrire une fouille archéologique préventive avant le lancement du chantier.

Les impacts permanents : les liaisons souterraines ne génèrent généralement pas d'impact paysager une fois les travaux terminés. Néanmoins en zone boisée, leur réalisation et leur fonctionnement impliquent que soit créée une tranchée de déboisement régulièrement entretenue d'environ 5 m de large.

e. Champs électriques et électromagnétiques

En matière d'exposition du public aux champs électromagnétiques 50 Hz, l'ensemble du réseau RTE respecte les limites qui lui sont applicables. Dans la législation française, ces limites sont définies au travers de l'article 12 bis de l'arrêté technique du 17 mai 2001, qui fixe un seuil maximal de 100 μ T (champ magnétique) et de 5 kV/m (champ électrique) pour tous les nouveaux ouvrages dans des conditions de fonctionnement en régime permanent.

Il faut noter que du fait de leur disposition constructive (écrans métalliques), les liaisons souterraines n'émettent pas de champ électrique à l'extérieur des câbles de puissance. Le champ magnétique émis par les liaisons respecte toujours la limite réglementaire de 100 μ T.

S'agissant des éventuels effets de l'exposition aux champs électriques et magnétiques 50 Hz sur la santé, toutes les autorités sanitaires (nationales, européennes et mondiales) s'accordent aujourd'hui sur un point : aucun effet sur la santé n'a été démontré. En effet, en 40 ans de recherche scientifique sur le sujet, aucun lien de cause à effet n'a pu être établi entre l'exposition aux champs électriques et magnétiques et d'éventuels problèmes de santé.

Néanmoins, soucieux de garantir une transparence de l'information, RTE agit pour mettre à disposition des autorités et du public toutes les informations relatives aux champs électriques et magnétiques ; via le site www.clefdeschamps.info² ou encore

au travers d'une convention signée en 2008 avec l'Association des Maires de France (AMF), par laquelle RTE s'engage à répondre à toute demande d'information sur les CEM émis par ses ouvrages.

5. Le poste électrique terrestre de raccordement et l'éventuel poste intermédiaire de compensation

RTE recherche toujours, pour l'implantation de ses postes, un emplacement répondant autant que possible aux critères suivants :

- avoir des pentes de préférence faibles, de manière à éviter des terrassements importants ;
- présenter un intérêt écologique limité ;
- prendre en compte la vocation du site ;
- être situé dans un lieu favorable à son insertion paysagère, à l'écart des sites paysagers ou patrimoniaux emblématiques.

a. Milieu naturel

Les impacts temporaires potentiels durant la phase de construction, comme pour les liaisons souterraines sont principalement liés :

- au bruit et à l'activité du chantier pouvant effrayer la faune ;
- à la destruction de certains milieux, du fait de la construction du poste électrique.

C'est avant tout l'évitement qui est recherché. RTE fait toujours réaliser des expertises écologiques préalables de façon à s'implanter sur un terrain à faible enjeu écologique. Des mesures complémentaires peuvent également être mises si cela s'avère nécessaire (par exemple, adaptation du planning des travaux hors période de nidification et de reproduction des oiseaux).

Les impacts permanents : en période d'exploitation, un poste électrique ne produit aucun rejet, n'induit aucune pollution lumineuse, et ne génère aucun trafic routier car il n'accueille du personnel que lors de certains travaux de maintenance.

b. Eaux superficielles et souterraines

Les impacts temporaires : pour éviter tout risque de pollution, RTE impose sur ses chantiers de construction ou de maintenance une gestion maîtrisée des déchets, qui commence dès leur production par un tri sur site.

Les impacts permanents : c'est l'huile contenue dans les appareils de poste qui constitue le principal risque de pollution. Si, par construction, son confinement est garanti, certains fonctionnements en mode dégradé peuvent néanmoins conduire à une pollution accidentelle. C'est pourquoi RTE met en place des fosses de rétention étanches sous les transformateurs permettant de récupérer de grandes quantités d'huile en cas de fuite accidentelle afin d'éviter tout risque de pollution des eaux. En cas d'incident, l'huile est évacuée par une entreprise spécialisée vers un centre de traitement agréé.

2



c. Activité agricole

Les impacts temporaires : ils sont limités car circonscrits au niveau du terrain du poste.

Les impacts permanents : l'implantation d'un poste électrique modifie de fait la nature de l'occupation du sol. RTE préfère construire ses postes hors espace agricole car un poste électrique s'il est implanté sur un terrain agricole fait diminuer la surface agricole utilisée (SAU) de l'exploitant concerné. Néanmoins, lorsqu'il n'est pas possible de faire autrement, préalablement à l'achat du terrain, RTE vérifie que la suppression des parcelles agricoles ne met pas en péril l'exploitation agricole. Selon le type d'ouvrage, l'emprise est de l'ordre de 3 à 10 ha.

d. Paysage et patrimoine

Les impacts temporaires : ils sont limités aux abords immédiats du poste. En revanche, comme pour les liaisons souterraines, le risque de découverte archéologique est possible. Le Service régional de l'archéologie est rencontré en amont du projet et peut prescrire une fouille archéologique préventive avant le lancement du chantier.

Les impacts permanents : un poste électrique peut avoir des incidences paysagères. Ces dernières sont proportionnelles à la sensibilité du paysage (ouvert/fermé), à la fréquentation du site et à la proximité de zones d'habitation.

L'insertion des postes dans l'environnement (prenant en compte le relief du terrain, le milieu naturel, les zones d'habitation et d'activités...) est systématiquement étudiée. Des aménagements paysagers peuvent être proposés pour une meilleure insertion du projet dans le site. En règle générale, ils comprennent une plantation périphérique d'arbres et d'arbrisseaux. Le choix des essences s'inspire de la végétation environnante de façon à avoir la meilleure intégration visuelle et développement de la biodiversité locale mais aussi le meilleur développement des végétaux.

e. Milieu humain

Les impacts temporaires : ils sont limités car circonscrits au niveau du terrain du poste.

Les impacts permanents : l'hexafluorure de soufre SF₆ est un excellent isolant électrique utilisé dans les matériels de coupure électrique (disjoncteurs). Confiné dans des compartiments étanches et indépendants, le SF₆ se présente sous la forme d'un gaz incolore, inodore et cinq fois plus lourd que l'air. Ininflammable, non corrosif, inexplorable et insoluble dans l'eau, c'est un gaz particulièrement inerte. Il ne présente aucun effet toxique, mutagène ou cancérigène sur la santé.

En revanche, le SF₆ est un gaz à effet de serre. Il est utilisé comme isolant électrique à l'échelle des postes électriques ou de leurs composants pour en réduire l'encombrement. Sa présence dans certains appareils du réseau de transport ne constitue pas un apport significatif au regard de l'effet de serre compte tenu de la faible quantité utilisée, de son emploi en système clos et de sa réutilisation. RTE travaille néanmoins à la recherche de technologies de substitution.

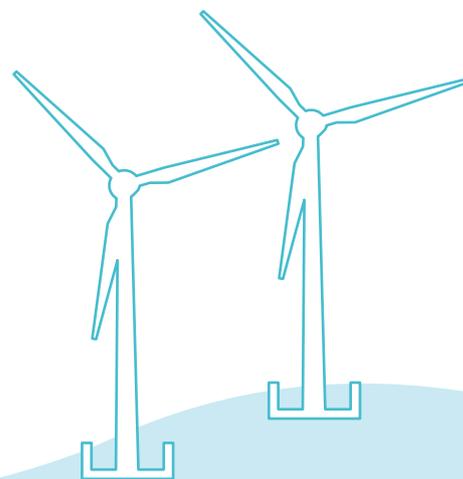
À titre d'information, la contribution du SF₆ aux émissions de gaz à effet de serre en France en 2019, selon les données annuelles du CITEPA (Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique), représente environ 0,03 % de

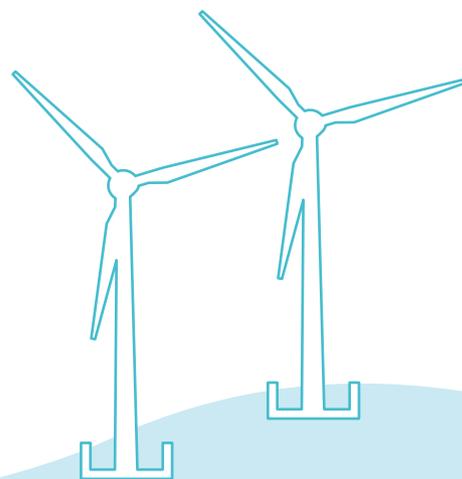
l'ensemble des émissions. Les principaux secteurs d'activité émetteurs de SF₆ sont l'industrie manufacturière pour les deux tiers et l'industrie de l'énergie (dont RTE) pour le dernier tiers. RTE s'attache à limiter les émissions de SF₆ de ses installations.

Par ailleurs, un poste électrique peut être générateur de bruit provenant du ou des transformateurs et de leurs organes de réfrigération. RTE fait systématiquement réaliser une étude acoustique permettant de s'assurer que le poste aura une faible émergence sonore et inférieure aux seuils réglementaires soit 5 dB(A) de jour et 3 dB(A) la nuit. Si cela s'avère nécessaire, des solutions techniques adaptées peuvent être mises en œuvre : création d'enceintes insonorisées, création de murs pare-son, installation de silencieux d'aspiration et de refolement de l'air, utilisation de matériaux antivibratoires...

f. Champs électriques et électromagnétiques

Pour un poste électrique, les champs électriques et magnétiques générés par les équipements électriques sont négligeables par rapport à ceux générés par la ou les liaisons souterraines qui sont raccordées au poste.





Quel est le bilan carbone d'un parc éolien flottant ?

Les principaux points abordés

Cette fiche présente les données aujourd'hui disponibles pour estimer le bilan carbone d'un parc d'éoliennes flottantes en mer.

Elle aborde :

- les grands principes de calcul du bilan carbone : les phases du cycle de vie du projet prises en compte, l'unité de mesure utilisée et les deux indicateurs principaux, à savoir le « facteur d'émission » et « le temps de retour » qui correspond au nombre d'années après lequel le parc aura compensé ses émissions ;
- les bilans carbone des parcs français d'éoliennes en mer posées tels que présentés dans les études d'impacts des différents projets en cours de réalisation ;
- les bilans carbone estimatifs des parcs pilotes d'éoliennes flottantes ;
- l'effet marginal du parc éolien sur les émissions de gaz à effet de serre du réseau électrique français.

Le bilan carbone mesure les émissions de gaz à effet de serre d'une activité humaine. Pour un parc éolien en mer, le bilan carbone permet notamment de déterminer le temps nécessaire pour que le parc compense, par sa production d'électricité, les émissions de gaz à effet de serre engendrées tout au long de son cycle de vie.

1. Les principes du bilan carbone d'un parc éolien en mer

Le bilan carbone d'un parc éolien en mer mesure la quantité de gaz à effet de serre émis pendant toute la durée de vie du parc, depuis sa conception jusqu'à son démantèlement à l'issue de son exploitation : cela comprend notamment les émissions de gaz à effet de serre liées à la fabrication des composants du parc éolien, au transport de ces composants et à leur installation, à l'exploitation et à la maintenance du parc, puis à son démantèlement, y compris à la remise en état du site et au traitement des éléments en fin de vie.

Le bilan carbone est exprimé en tonnes équivalent CO₂.

L'expression « équivalent en dioxyde de carbone » (en abrégé : équivalent CO₂ ou éqCO₂) est définie par la Commission d'enrichissement de la langue française en 2019 comme la « masse de dioxyde de carbone qui aurait le même potentiel de

réchauffement climatique qu'une quantité donnée d'un autre gaz à effet de serre ».

Il vise à calculer un indicateur, le facteur d'émission, qui indique la quantité de CO₂ émise par un kWh d'électricité produite par le parc (exprimé en gramme d'équivalent CO₂ par kWh produit, g éqCO₂ / kWh). Cet indicateur permet des comparaisons entre différents dispositifs de production d'électricité.

L'objectif du bilan carbone est également de calculer le temps de retour du parc, c'est-à-dire le nombre d'années au-delà duquel le parc aura totalement compensé les émissions de gaz à effet de serre dont il est ou sera l'origine.

2. Le bilan carbone d'un parc éolien en mer posé

La filière de l'éolien en mer étant émergente en France, les données sur les bilans carbone des projets ne sont pas très nombreuses. Toutefois, les émissions de gaz à effet de serre des premiers parcs éoliens en mer posés (Yeu-Noirmoutier, Saint-Brieuc, Dieppe-Le-Tréport, Courseulles-sur-mer, Fécamp et Saint-Nazaire) ont été calculées dans les études d'impacts de ces projets.

Quel est le bilan carbone d'un parc éolien en mer ?

Comparaison du bilan carbone de la production d'électricité en France, en Europe et par un projet de parc éolien en mer (exemple du parc éolien au large de Fécamp)

Émission de gaz à effet de serre, exprimée en g éqCO ₂ /kWh produit	
Production moyenne en France	72
Production moyenne UE27	306
Production du parc éolien	14

Comparaison du bilan carbone de la production d'électricité en France par un projet de parc éolien en mer

Nom du parc	Dieppe et Le Tréport	Îles d'Yeu et de Noirmoutier	Courseulles-sur-Mer	Fécamp	Baie de Saint-Brieuc	Saint-Nazaire
Nombre d'éoliennes	62	62	75	83	62	80
Puissance unitaire (MW)	8	8	6	6	8	6
Puissance totale (MW)	496	496	450	498	500	480
Temps d'exploitation (ans)	25	25	25	25	25	25
Bilan carbone du projet (t éqCO ₂)	686449	689954	723 000 (659 000 si valorisation des matériaux en fin de vie)	637 000 (579 000 si valorisation des matériaux en fin de vie)	554500	637 000 (579 000 si valorisation des matériaux en fin de vie)
Facteur d'émission (g éqCO ₂ /kWh)	13,7	14,5	17,6 (avec valorisation des matériaux en fin de vie)	14 (avec valorisation des matériaux en fin de vie)	15,8	17,3 (avec valorisation des matériaux en fin de vie)
Temps de retour (ans) calculé par rapport au bouquet électrique français ¹	5	5	5 à 6 ans	5 à 6 ans	4 ans et 5 mois	5 à 6 ans

Selon le nombre d'éoliennes, leur puissance unitaire et le temps d'exploitation, le bilan carbone des parcs éoliens en mer posés français varie comme suit :

- de 554 000 à 754 000 tonnes éqCO₂ émises ;
- un facteur d'émission entre 14 et 18 g éqCO₂/kWh produit ;
- un temps de retour de 4,5 à 6 ans en France par rapport au mix électrique moyen.

À titre de comparaison, le facteur d'émission des productions électriques renouvelables en France est estimé par l'ADEME² à :

- 14,1 g éqCO₂/kWh pour l'éolien terrestre ;
- 56 g éqCO₂/kWh pour le photovoltaïque.

Pour les énergies fossiles, le facteur d'émission en France est estimé³ à :

- 406 gCO₂/kWh pour une centrale à gaz ;
- 1 038 gCO₂/kWh pour une centrale à charbon ;
- 12 g éqCO₂/kWh⁴ pour une centrale nucléaire (à noter : les phases de démantèlement et de fin de vie des ouvrages ne sont pas intégrées dans les facteurs d'émission retenus).

Ainsi, le bilan carbone de l'éolien en mer posé s'avère donc relativement faible par rapport à l'ensemble de production d'électricité.

3. Le bilan carbone des fermes pilotes d'éoliennes flottantes

Nous ne disposons pas encore de bilan carbone établi pour les parcs éoliens flottants de taille commerciale puisqu'aucun projet équivalent n'a encore été développé en France. Toutefois, le bilan carbone des fermes pilotes est fourni dans leur étude d'impact :

- Éoliennes flottantes de Groix et Belle-Île : le bilan des émissions de gaz à effet de serre présenté dans l'étude d'impact donne une valeur de 36,4 g éqCO₂/kWh ;
- EolMed - Gruissan : l'analyse du cycle de vie du projet EolMed - Gruissan dans son ensemble (fabrication, construction, exploitation et démantèlement) a révélé que les émissions de gaz à effet de serre seront de l'ordre de 47,3 g éqCO₂/kWh d'électricité en entrée de réseau RTE⁵ ;
- Eoliennes flottantes dans le golfe du Lion : sur les vingt années d'exploitation de la ferme pilote, le facteur d'émission du projet atteint de 24,1 g éqCO₂/kWh. Le temps de retour climatique atteint 5,95 années⁶.

1 Estimé par le ministère de la Transition écologique sur la base des informations disponibles dans le bilan carbone du parc réalisé par le porteur de projet.

2 http://www.bilans-ges.ademe.fr/documentation/UPLOAD_DOC_FR/index.htm?renouvelable.htm

3 Rapport Base Carbone de l'ADEME de 2014 :

[https://www.bilans-ges.ademe.fr/static/documents/\[Base%20Carbone\]%20Documentation%20q%C3%A9n%C3%A9rale%20v11.0.pdf](https://www.bilans-ges.ademe.fr/static/documents/[Base%20Carbone]%20Documentation%20q%C3%A9n%C3%A9rale%20v11.0.pdf)

4 Programmation pluriannuelle de l'énergie 2019-2023.

5 Étude d'impact de la ferme pilote EolMed - Gruissan : ferme pilote d'éoliennes flottantes et son raccordement au réseau public d'électricité.

6 Étude d'impact de la ferme pilote « Éoliennes flottantes du golfe du Lion ».

2



3



Ainsi, pour les fermes pilotes, d'après les chiffres connus, le facteur d'émission est de l'ordre de 36 g CO₂ éq/kWh. Toutefois, on observe une forte variabilité (plage de variation de 11 g CO₂ éq/kWh) qui s'explique par les différentes technologies utilisées pour les flotteurs et les ancrages.

Ces données sont néanmoins à manier avec précaution en raison du caractère expérimental des fermes pilotes. En effet, du fait de leur petite taille et de leur faible puissance, les fermes pilotes d'éoliennes flottantes auront un impact carbone plus important que les futurs parcs commerciaux.

4. L'effet sur les émissions du système électrique d'un parc éolien en mer

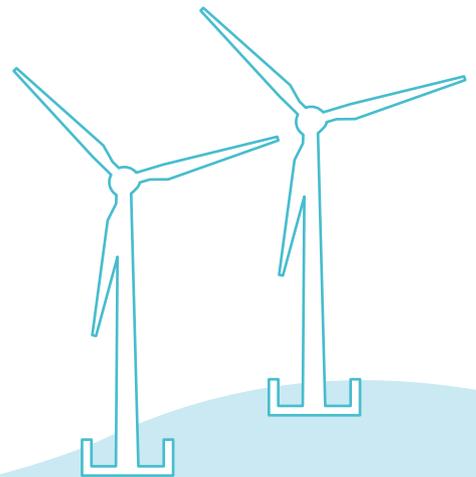
Lorsqu'elles fonctionnent, les éoliennes françaises se substituent à des installations de production d'électricité utilisant des combustibles fossiles en France ou en Europe (dont la part demeure extrêmement importante)⁷. L'électricité produite dispose en effet d'un coût de production marginal nul et est donc plus compétitive que l'électricité issue des centrales de production utilisant des combustibles d'origine fossile.

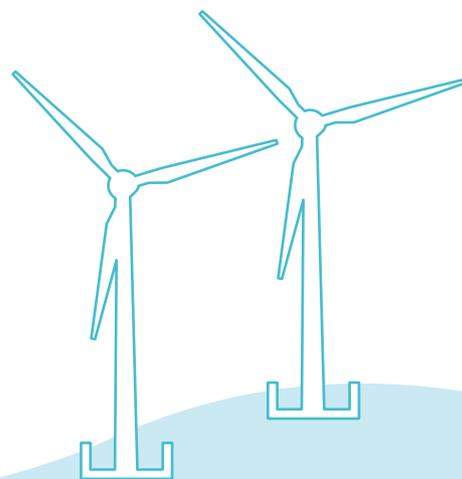
Enfin, les analyses réalisées par le gestionnaire de réseau public de transport RTE ont montré que le système électrique français est en mesure d'intégrer de nombreuses installations de production d'électricité non pilotables (éoliennes, panneaux solaires, etc.) sans nécessiter de nouvelle installation de production utilisant des combustibles d'origine fossile compte tenu des outils de flexibilité existant⁸. Ainsi, l'installation d'éoliennes en mer ne nécessitera pas de construction de nouvelles centrales thermiques.

⁷ À titre d'information, des analyses sur les émissions de gaz à effet de serre évitées avaient été réalisées par l'ADEME sur les éoliennes terrestres. Ces dernières indiquaient que lorsqu'une éolienne fonctionnait, son électricité se substituait pour 77 % à de l'électricité produite par des centrales thermiques utilisant des combustibles fossiles situées en France et à l'étranger. Ainsi chaque kWh d'éolien terrestre permettait d'éviter 430 g de CO₂ en France et en Europe.

⁸ https://www.rte-france.com/sites/default/files/bp2017_complet_vf.pdf
Voir en particulier le scénario AMPERE intégrant une proportion importante d'énergie renouvelable.

8





Quelles retombées économiques attendues pour le Grand Ouest ?

Les principaux points abordés

Le développement au sud de la Bretagne de deux parcs d'éoliennes flottantes en mer et leur raccordement mutualisé s'accompagnera de retombées économiques importantes pour le territoire du Grand Ouest. Cette fiche détaille :

- le renforcement du développement économique en cours, créateur d'entreprises et d'emplois pour les territoires ;
- les opportunités d'aménagement et de développement des activités portuaires ;
- un comparatif des retombées socio-économiques de l'éolien flottant et de l'éolien posé ;
- l'offre de formation qui sera amenée à se développer et à se diversifier sur le territoire ;
- les potentielles retombées fiscales et de redevance d'occupation du domaine public maritime à destination des communes littorales et des acteurs de la mer.

La France est l'un des premiers pays au monde à développer un parc commercial d'éoliennes flottantes. Pionnière sur le marché, elle accompagne déjà deux projets de démonstration [au large de Saint-Anne-du-Portzic (Eolink), ainsi qu'au Croisic (Floatgen)] et quatre fermes pilotes (dont une au large des îles de Groix et Belle-Île) sur ses côtes. Dans le cadre d'une politique ambitieuse de transition énergétique, la France s'inscrit donc dans une dynamique de création d'une filière industrielle, nourrie par de grands projets de territoire.

Le développement de l'éolien flottant au sud de la Bretagne est une grande opportunité économique, sociale et territoriale au regard des relais de croissance qu'elle pourra offrir au tissu économique du Grand Ouest. Les Bretons et les Ligériens pourront en bénéficier en matière de développement économique, d'emplois, de formations et de fiscalité.

L'éolien flottant, qui présente l'avantage d'assembler au port les turbines sur les flotteurs, renforce le rôle de la base logistique terrestre, qui doit être située à proximité du parc en mer.

1. Un développement économique renforcé, créateur d'entreprises et d'emplois

L'industrie de l'éolien, terrestre et marin, contribue d'ores et déjà à l'économie de la France. France énergie éolienne (FEE), à travers son observatoire 2019, évalue à 18 200 emplois directs et indirects en 2018 l'activité sur l'ensemble de l'écosystème éolien, soit une augmentation de 6,4 % par rapport à 2017¹. Au cours de l'année 2016, c'est l'équivalent de quatre emplois par jour que l'industrie éolienne a créés. Il s'agit d'emplois pour partie non délocalisables, au sein de 800 entreprises réparties sur l'ensemble du territoire. Le développement de l'éolien en mer va contribuer à amplifier cette tendance. En effet, de nombreuses entreprises investissent depuis plusieurs années afin de pouvoir se positionner sur les nouveaux marchés.

Les engagements pris lors des premières procédures de mise en concurrence 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, qui emploie 467 personnes et exporte son savoir-faire en attendant la réalisation des parcs éoliens français.

Depuis 2013, General Electric Renewable Energy a réalisé des achats directs et indirects à hauteur de 200 millions d'euros auprès de sous-traitants français pour ses projets aux États-Unis, en Chine et en Allemagne, créant plus de 1 200 emplois indirects

En 2018, la plus grande usine de fabrication de pales pour l'industrie éolienne a été conçue à Cherbourg par LM Wind Power. L'usine employait 120 personnes début 2019 et prévoyait 200 recrutements supplémentaires d'ici fin 2019. À terme, ce sont près de 600 emplois directs et 2 000 emplois indirects que l'entreprise envisage de créer².

Afin de mettre en service les six premiers parcs éoliens en mer entre 2021 et 2023 environ, d'autres engagements vont se concrétiser prochainement avec :

- la construction de plateformes logistiques à Saint-Nazaire et Cherbourg, par General Electric Renewable Energy, et pour lesquelles des études de conception et réglementaires sont en cours, chaque plateforme pouvant générer jusqu'à 80 emplois pendant 18 mois ;
- la création, au Havre, en 2021, d'une usine Siemens-Gamesa 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.



¹ <https://fee.asso.fr/pub/observatoire-de-leolien-2019/>

² D'après les éléments du dossier du maître d'ouvrage de l'appel d'offres numéro 4 en Normandie.

De nombreux sous-traitants français vont pouvoir se positionner sur les nouveaux marchés. D'ores et déjà, l'entreprise Chantiers de l'Atlantique (anciennement STX) a été retenue par le consortium mené par EDF pour la conception et la réalisation des trois sous-stations électriques destinées aux futurs parcs éoliens en mer de Saint-Nazaire, Courseulles-sur-Mer et Fécamp. Les Chantiers de l'Atlantique ont notamment fourni la plus grande sous-station électrique en courant alternatif, inaugurée en 2018, pour le parc éolien en mer d'Arkona en Allemagne, avec un fort contenu de sous-traitance française.

En Bretagne, tous les acteurs économiques et industriels sont mobilisés pour accompagner le développement industriel des énergies marines renouvelables. Région leader de l'économie maritime, forte d'une expérience reconnue dans la construction et la réparation navales, la Bretagne dispose d'un réseau fédéré de 120 entreprises, PME et grands groupes, couvrant l'ensemble de la chaîne de valeur des énergies marines : études, services et supports, fabrication, installation et logistique, exploitation et maintenance, etc. soit plus de 60 secteurs d'activité, allant des matériaux composites à la mécanique.

Les Pays de la Loire sont la première région française en matière d'emploi pour la filière des énergies marines renouvelables disposant d'une chaîne logistique complète tant pour l'éolien posé que l'éolien flottant. L'estuaire de la Loire accueille des outils de production de premier plan en bord à quai : l'usine de fabrication de sous-stations électriques Atlantique Offshore Energy des Chantiers de l'Atlantique et l'usine de construction de turbines et de nacelles de General Electric, tandis que le regroupement d'entreprises dédié aux énergies marines renouvelables de NEOPOLIA structure l'activité de 115 entreprises de sous-traitance.

Les entreprises et les acteurs de la recherche privée et publique des Pays de la Loire sont impliqués dans de nombreux projets de recherche et développement animés par l'IRT Jules Verne, France énergie marine, les pôles de compétitivité EMC2, S2E2, Pôle Mer Bretagne Atlantique. En particulier, le centre de recherches et développement de General Electric implanté à Nantes, les équipes de recherches et développement de Naval énergies qui ont travaillé sur le flotteur retenu pour le projet de ferme pilote de Groix. Le West Atlantic Marine Energy Center (WEAMEC) reconnu au niveau européen, assure la structuration des forces régionales de recherches et développement d'énergies marines renouvelables. La région dispose en particulier d'un réseau d'équipements et de sites d'expérimentation remarquables : bassins d'essais des carènes et de houle de Centrale Nantes et soufflerie climatique du CSTB uniques en Europe ; centrifugeuse géotechnique de l'IFSTTAR et plateforme Systèmes énergétiques marins du CEA Tech Pays de la Loire uniques en France ; SEM-REV, premier site d'essais multi-technologies raccordé au réseau électrique pour les énergies de la mer, qui accueille depuis 2018 la première éolienne flottante française Floatgen.

Cette diversité de savoir-faire régionaux sera capable de répondre aux besoins technologiques segmentés des projets éoliens en mer, posé comme flottant.

Le déploiement des énergies marines renouvelables, avec le développement du projet « Éoliennes flottantes de Groix et Belle-Île » (EFGBI) mais aussi celui des parcs éoliens en mer de Saint-Brieuc et de Saint-Nazaire, a déjà eu des effets concrets sur le paysage industriel du Grand Ouest. Le projet pilote d'éoliennes flottantes au large des îles de Groix et Belle-Île a déjà permis de concevoir des systèmes industriels connectés aux potentialités du territoire. Lorient, par exemple, représente l'un des pôles bretons

pouvant contribuer à l'émergence et au développement de la filière des énergies marines renouvelables au vu de son tissu industriel avec la présence de grandes entreprises et le nombre important de sous-traitants orientés sur la construction-réparation navale.

Du fait de son expansion rapide, le marché a d'importants besoins de main-d'œuvre afin de concevoir, puis produire, de nouvelles machines plus efficaces, qui pourront ensuite être déployées dans le monde entier. De forts enjeux existent également autour des technologies de raccordement (câbles, postes électriques, etc.), qui vont bénéficier à de nombreuses entreprises.

Les industriels et les territoires attendaient les signaux que renvoient les appels d'offres nationaux pour envisager un développement plus ambitieux des énergies renouvelables, et notamment des énergies marines renouvelables. En préparant leurs équipes et leurs infrastructures, ils se sont organisés pour transformer rapidement ces projets en création nette d'activités industrielles sur les territoires. L'ajustement récent des niveaux d'objectifs de la future PPE est un de ces signaux. La loi de transition énergétique rétablit l'équilibre entre une approche purement énergétique visant à diversifier le mix et une approche économique et industrielle qui a vocation à créer des activités sur le territoire. Il s'agit bien de saisir l'opportunité de la transition pour dynamiser des filières, générer de l'activité économique, créer des emplois et des retombées économiques pour les territoires.

Pour le développement économique, avec certaines tâches non délocalisables, l'implantation d'éoliennes représente une opportunité de développement du territoire avec la création d'emplois et le développement de nouveaux sites de formations et de maintenance. RTE encourage notamment les co-usages sur la plateforme en mer (acquisition et transmission de données, valorisation de ressources maritimes, mise en place de dispositifs de recherche, etc.).

Pour consolider leurs projets de développement, les industriels ont besoin de plusieurs éléments : lisibilité des objectifs, ambitions en volumes, stabilité des règles et perspectives de développement tant au niveau national qu'international. Dans cette filière émergente, ces éléments sont essentiels afin que les risques portés par les entreprises restent raisonnables. Ainsi, les industriels, donneurs d'ordres, acteurs de la sous-traitance recherchent une véritable lisibilité industrielle pour s'engager dans ces développements.

Les industriels de la filière de l'éolien en mer ont ainsi besoin :

- de conditions qui consolident leurs positions industrielles sur les filières matures (appels d'offres réguliers sur l'éolien posé) car, dans un contexte de concurrence internationale, les industriels engagés sur ces filières tels que les fournisseurs de turbines, les constructeurs de fondations, les concepteurs de sous-stations... attendent les contours de chaque nouvel appel d'offres qui leur permettent de consolider leurs positions sur les marchés, sachant que l'activité économique est *a priori* d'autant plus facilement ancrée sur les territoires qu'elle est située à proximité des futurs parcs de production ;
- de conditions favorisant le développement technologique des filières émergentes, pour les futurs marchés intérieurs (effet activité économique et production énergétique), mais également pour les aider à se positionner sur les marchés à l'international (effet volume qui consolide les plans industriels).

Par le biais d'une structuration régionale, les entreprises du Grand Ouest doivent pouvoir trouver des débouchés sur les grands projets du territoire et bien au-delà, dans des dynamiques de développement à l'international.

2. Des opportunités d'aménagement et de développement des activités portuaires

a. L'aménagement du terminal colis lourds du port de Brest

Les travaux d'aménagement du port de Brest sont en cours et visent, à travers la création d'un nouveau terminal « colis lourds », à permettre l'accueil des activités industrielles liées aux énergies marines renouvelables sur le port dans les meilleures conditions possible pour les industriels.

À travers cette opération de développement, le Conseil régional conjugue ainsi deux objectifs :

- le développement de l'activité historique du port de commerce par l'amélioration des conditions nautiques d'accès aux quais des terminaux vrac et multimodal ;
- le développement de nouvelles activités industrielles au port de commerce par la création d'un nouveau terminal portuaire adapté aux colis lourds, notamment ceux de la filière des énergies marines.

Le second objectif trouve sa justification dans le potentiel d'attraction du port de Brest vers des activités industrielles ayant des besoins spécifiques en matière de services portuaires :

- le port de Brest est naturellement abrité dans la rade ce qui rend son accès nautique simple pour des navires ou des colis de grandes tailles ;
- le port de Brest dispose de 40 ha de terre-pleins libres et bord à quai et de la possibilité d'augmenter encore ces surfaces en avançant sur la mer, ce qui permet d'offrir la possibilité d'installer des activités qui ont à la fois des besoins en surface très importants (du fait des colis de grande taille qu'elles produisent) et d'un accès maritime immédiat (du fait de la difficulté de manutentionner ces colis de grande taille) ;
- le port de Brest et son arrière-pays disposent de compétences et d'équipements liés à la réparation navale qui peuvent

naturellement s'adapter pour créer une offre de services spécifique à des activités manutentionnant des colis lourds de grandes tailles.

Ces atouts sont facilement valorisables pour saisir l'opportunité économique que représente l'essor des énergies marines renouvelables dans le monde. Ces atouts sont rares dans le monde portuaire et les potentiels de ce port correspondent aux adaptations nécessaires à l'accueil de telles activités, notamment en lien avec l'émergence de nouvelles filières énergies marines renouvelables fortement consommatrices de ressources foncières.

Concernant cette filière, le port de Brest bénéficie d'un atout supplémentaire : sa localisation. En effet, la Bretagne bénéficie d'un potentiel naturel exceptionnel pour le développement de ces technologies et Brest peut desservir la côte sud comme la côte nord. La France se lance dans le développement de cette filière aussi bien dans la Manche que dans l'atlantique. Brest se trouve justement au carrefour de ces deux façades maritimes. Enfin, les pays d'Europe du Nord accélèrent un développement amorcé depuis plus longtemps et Brest est bien positionné pour servir de port de base à des projets situés au sud du Royaume-Uni ou à l'entrée de la mer du Nord.

Les surfaces, linéaires de quai et conditions d'accès en bord à quai à Brest seront particulièrement adaptés aux besoins de la filière, gourmande en surfaces portuaires. Aujourd'hui aucun autre port de la façade atlantique européenne ne présente des caractéristiques techniques équivalentes, et totalement dédiées à l'industrialisation de l'éolien flottant ; en outre, les pôles industriels de la mer du Nord sont trop éloignés pour permettre d'alimenter les zones atlantiques. Le port de Brest pourrait donc être la base d'assemblage de référence pour les projets d'éolien flottant de la façade atlantique française et britannique.

Évolution prévue du port de Brest



Source : Port de Brest



Source : Port de Brest

b. Lorient : base logistique et port de maintenance potentiels

La construction des projets éoliens flottants nécessite par ailleurs la disponibilité d'infrastructures portuaires à proximité immédiate des futurs parcs éoliens, pour assurer les opérations logistiques liées aux systèmes d'ancrage et aux câbles sous-marins. En parallèle des activités de construction et d'assemblage des flotteurs, un espace moindre de quelques hectares, est nécessaire pour le stockage, la préparation et l'assemblage des systèmes d'ancrage (ancres, câbles, chaînes équipements spécifiques) et des câbles spécifiques. Ensuite ces équipements sont transportés et installés sur le site d'exploitation.

Enfin, l'exploitant du parc éolien a besoin d'un port au plus proche du champ éolien pour y installer sa base d'exploitation et de maintenance. Cette base est le centre névralgique pour l'exploitation et la maintenance des éoliennes en mer. Les navires de servitude, les marins et techniciens de maintenance y sont postés.

Le port de Lorient présente toutes les caractéristiques adéquates pour accueillir ces activités de logistique en phase d'installation et des activités de maintenance.

La présence de ports majeurs au sein de la rade de Lorient comme le port de commerce et le port de pêche, premier port français en valeur, complète la richesse économique du territoire. Le nautisme et la plaisance sont des activités dynamiques au sein de l'économie locale. Lorient représente également l'un des pôles bretons pouvant contribuer à l'émergence et au développement d'un véritable port de services pour la filière de l'éolien en mer flottant au vu du tissu industriel, de la présence de grandes entreprises et d'un nombre important de sous-traitants orientés sur la construction-réparation navale.

Si la création d'une base de maintenance offre des opportunités, elle peut aussi générer des effets sur les activités portuaires existantes. Plusieurs pistes peuvent être étudiées pour limiter les effets de l'installation d'une base de maintenance, notamment la mutualisation des aménagements actés pour les premiers parcs éoliens en mer (avec par exemple la possible réutilisation de bases de maintenance des premiers parcs tel que le port de La Turballe, base de maintenance du parc du banc de Guérande, ou la mise en commun d'infrastructures portuaires).

Il peut également être envisagé d'utiliser une alternative en mer comme un bateau base.

c. Port de Nantes-Saint-Nazaire : plateforme logistique et port de construction

Le port de Nantes-Saint Nazaire est le premier port de la façade atlantique et le quatrième port français. Le port constitue également un pôle industriel important, notamment en matière de construction navale (Chantiers de l'Atlantique et Naval Group) et d'énergies marines renouvelables (usine General Electric de Montoir, projet de pôle logistique de 15 ha et le projet de parc éco-technologique de 100 ha au Carnet, dédié aux énergies renouvelables). Comme indiqué précédemment, l'estuaire de la Loire accueille des outils de production de premier plan en bord à quai et la région héberge de nombreuses structures dédiées à la recherche et au développement des énergies marines renouvelables. La poursuite du développement de l'éolien en mer sur la façade atlantique ouvre de nombreuses opportunités de développement pour l'ensemble des acteurs ligériens.

Exemple de métiers pour la fabrication et l'assemblage des éoliennes

- En phase de fabrication, les filières industrielles font appel à de nombreux métiers :
 - les métiers de la chaudronnerie et de la plasturgie : chaudronniers, soudeurs, stratifieurs, drapeurs, etc. ;
 - les métiers de l'assemblage : monteurs-ajusteurs, câbleurs, électrotechniciens, logisticiens, lavageurs ;
 - les métiers « support » : techniciens « qualité, hygiène, sécurité, environnement », ressources humaines, comptables, logisticiens, responsables de site, etc. ;
 - les métiers des domaines maritimes et portuaires.
- En phase d'exploitation, la maintenance des parcs mobilisera entre 60 et 100 emplois par parc, qui feront appel à des profils très différents regroupés en trois catégories :
 - les techniciens de maintenance, chargés d'assurer l'entretien des éoliennes, des câbles, des supports et de la sous-station électrique en mer, représenteront la majorité des effectifs (environ 60 %) ;
 - les marins qui permettront le transport du personnel de maintenance et du matériel (environ 10 %) ;
 - les superviseurs qui seront en charge du suivi de production, du suivi technique, de l'exploitation du parc et de la télésurveillance (environ 30 %). Pour certains de ces postes, l'exploitant pourra faire appel à des profils d'ingénieurs.

3. Pourquoi les retombées socio-économiques de l'éolien flottant pourraient-elles être plus grandes que celles de l'éolien posé ?

- La filière n'est pas encore structurée, même à l'étranger. Il y a donc l'opportunité pour la France de se positionner en pointe sur ce nouveau marché qui est en plein développement et fortement concurrentiel : la prime au « premier arrivé » sera décisive ;
- la technologie des flotteurs nécessite à l'heure actuelle un assemblage de la turbine, du mât et du flotteur, à quai dans un port proche des sites d'implantation des parcs éoliens. Cela assure, *a priori*, des retombées pour les ports et les industries lourdes (chantiers navals, sidérurgie, etc.) dans les zones de développement ;
- comme le montre la liste des industriels impliqués dans les projets de fermes pilotes, de nombreux acteurs français se sont positionnés. Ainsi des retombées bénéfiques sont à prévoir s'ils sont retenus pour les projets de parcs commerciaux, tant pour des emplois de conception et d'ingénierie que pour des emplois d'exécution, notamment dans les chantiers de Naval Group ou sur les sites de Vinci.

Estimation du nombre d'emplois mobilisés sur les différentes phases pour les six premiers parcs éoliens en mer

		Total
Développement		400
Construction	Éoliennes	6 770
	Autres (hors éoliennes)	7 050
Exploitation/maintenance		840
Total		15 060

Source : syndicat des énergies renouvelables

4. Une offre de formation diversifiée

Pour répondre à cet enjeu socio-économique, les acteurs du territoire ont anticipé les besoins en mettant en place, à l'appui d'analyses prospectives, une stratégie efficace de gestion des emplois et des compétences.

La Bretagne forme aujourd'hui à tous les métiers de la mer et des énergies marines et dispose d'une véritable expertise dans les domaines maritime, naval et industriel en la personne de femmes et d'hommes hautement qualifiés : construction navale, océanographie, maintenance, etc.

Du CAP à l'ingénieur, 150 diplômes adaptés aux métiers des énergies marines sont proposés dans les lycées maritimes et établissements d'enseignement supérieur bretons et ligérien³, en

formation initiale ou continue⁴ : avec par exemple l'AFPA Lorient (formation « Technicien supérieur de maintenance en éolien en mer ») ou l'ENSTA Bretagne (master spécialisé « Management de projets maritimes ») et Sciences Po Rennes (master « Terre et Mer »).

Deux défis principaux sont à relever :

- adapter à l'éolien en mer des formations déjà existantes en Bretagne (électromécanique, mécanique industrielle, techniciens de maintenance...) et relancer des formations en perte de vitesse (chaudronnerie par exemple) ;
- former ou qualifier les ressources nécessaires à la création et à l'exploitation de nouveaux sites industriels.

5. D'importantes retombées fiscales et de redevance d'occupation du domaine public maritime à destination des communes littorales et des acteurs de la mer

a. La taxe sur les éoliennes maritimes

La France a mis en place une taxe spécifique aux éoliennes en mer sur le domaine public maritime. Cette taxe annuelle est acquittée par l'exploitant de l'unité de production d'électricité. Elle est définie sur le nombre de mégawatts installés dans chaque unité de production d'électricité. Sur le domaine public maritime, le tarif annuel de la taxe est fixé en 2019 à 16 301 € par mégawatt installé et évolue chaque année comme l'indice de valeur du produit intérieur brut total⁵.

Pour un parc éolien de 250 MW installé sur le domaine public maritime, le montant annuel de la taxe acquittée par l'exploitant de l'unité de production serait de 4 M€ en 2019.

b. Répartition du revenu de la taxe sur les éoliennes maritimes

Le produit de la taxe est affecté au fonds national de compensation de l'énergie éolienne en mer.

Les règles de répartition des ressources de ce fonds sont définies par l'article 1519 C du code général des impôts et par le décret n° 2012-103 du 27 janvier 2012 relatif à l'utilisation des ressources issues de la taxe instituée par l'article 1519 B du code général des impôts :

- 50 % sont affectés aux communes littorales d'où des installations sont visibles. Il est tenu compte, dans la répartition de ce produit entre les communes, de la distance qui sépare les installations de l'un des points du territoire des communes concernées et de la population de ces dernières. Par exception, lorsque les installations sont visibles de plusieurs départements, la répartition est réalisée conjointement dans les départements concernés. Pour un parc de 250 MW, cette portion du revenu de la taxe correspondrait à 2 098 750 € par an en 2019 ;

- 35 % sont affectés aux comités des pêches (15 % pour le comité national, 10 % pour les comités régionaux et 10 % pour les comités départementaux dans le ressort desquels les installations ont été implantées). Ces fonds doivent servir au financement de projets concourant à l'exploitation durable des ressources halieutiques. Pour un parc de 250 MW, cette portion du revenu de la taxe correspondrait à 1 469 125 € par an en 2019 ;
- 10 % sont affectés, à l'échelle de la façade maritime, à l'Office français de la biodiversité. Pour un parc de 250 MW, cette portion du revenu de la taxe correspondrait à 419 750 € par an en 2019 ;
- 5 % sont affectés aux organismes de secours et de sauvetage en mer. Pour un parc de 250 MW, cette portion du revenu de la taxe correspondrait à 209 875 € par an en 2019.

À noter : la taxe éolienne en mer n'est pas applicable dans la zone économique exclusive (ZEE), mais uniquement sur le domaine public maritime. Des réflexions pourront être menées sur la fiscalité en ZEE dans le cadre du débat public.

c. Redevance d'occupation du domaine public maritime

Dans le cadre de concessions d'utilisation du domaine public maritime (CUDPM) accordées à un opérateur d'éolien en mer et à RTE, ceux-ci doivent payer à l'État une redevance annuelle. Le montant de cette redevance est déterminé de la manière suivante :

- une partie fixe : 1 000 € par mât et 0,5 € par mètre linéaire de raccordement pour le domaine public maritime (minimum 200 €), 1 € par mètre linéaire pour le domaine public terrestre (minimum 400 €) ;
- une partie variable : 4 000 € par mégawatt pour le domaine public maritime, 6 000 € par mégawatt sur le domaine public terrestre.

3 ENSTA, université Bretagne-Occidentale, université de Nantes, IUT de Brest, IUT de Quimper, Institut supérieur de l'électronique et du numérique, Polytech Nantes, Centrale Nantes, lycée maritime du Guilvinec, ENSM Nantes, etc.

4 Formations labellisées Pôle Mer Bretagne Atlantique : <https://www.pole-mer-bretagne-atlantique.com/fr/services/formations-labellisees>

5 Cette taxe est prévue par les articles 1519 B et 1519 C du code général des impôts.



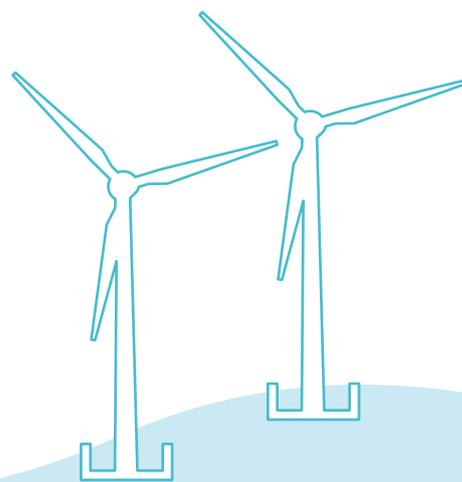
À titre illustratif, pour les parcs éoliens en mer de Courseulles-sur-Mer et Fécamp, cette redevance s'élève respectivement à 2 millions d'euros et 2,4 millions d'euros par an environ pour l'opérateur.

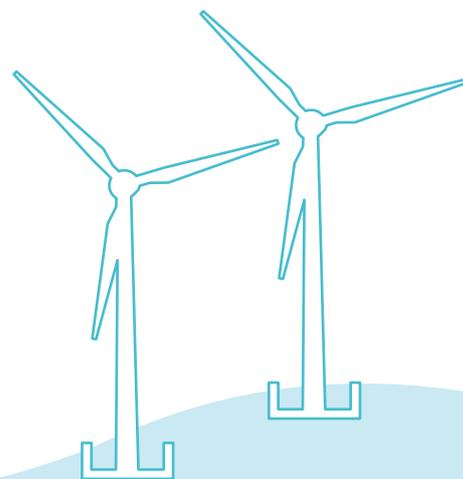
À noter : la CUDPM peut cependant prévoir une occupation à titre gratuit pendant la durée du contrat de complément de rémunération. En effet, l'État fournit un complément tarifaire pendant la durée de ce contrat, en même temps que le porteur de projet paye l'État pour l'occupation du domaine public maritime. La gratuité de la redevance, pendant la durée du contrat de complément de rémunération permet d'éviter des frais financiers croisés entre l'État et le porteur de projet. Toutefois, dès la fin du soutien public, le porteur de projet doit payer la redevance chaque année.

d. Autres retombées fiscales

Les installations d'éoliennes en mer et leurs ouvrages de raccordement constituent également des sources de retombées fiscales non spécifiques aux énergies renouvelables en mer, comme toute activité industrielle ou commerciale : il s'agit notamment de l'impôt sur les sociétés versé à l'État par les entreprises exploitant les parcs éoliens en mer ou la fiscalité locale de certaines installations à terre (comme la taxe foncière, bénéficiant aux collectivités locales, qui représente environ 3 à 5 M€ pour un parc éolien en mer).

De plus, concernant le raccordement électrique terrestre, les postes de transformation électrique sont soumis annuellement à la taxe IFR (Imposition forfaitaire sur les entreprises de réseau), taxe au profit des collectivités locales dont le montant est fonction, pour RTE, du niveau de tension entrant avant transformation.





Combien coûte un parc éolien flottant en France ?

Les principaux points abordés

Cette fiche est consacrée au coût d'un parc éolien en mer et de son raccordement, et aux différents facteurs qui le déterminent.

Ainsi, elle présente :

- le coût général d'un parc éolien en mer flottant et les estimations de coûts qui ont été réalisées pour le projet ;
- le coût du raccordement et les différents éléments qui le déterminent ;
- le retour d'expérience sur le coût des parcs pilotes dans le cadre de l'appel à projets EolFlo ;
- les facteurs qui influencent le tarif de l'électricité demandé par le lauréat.

Depuis la fin des années 2000, le développement des parcs éoliens en mer se fait à un rythme soutenu et continu en Europe. La technologie a également connu de nombreux progrès : la puissance unitaire des éoliennes installées a ainsi été multipliée par trois entre 2010 et 2017. Les coûts de ces parcs ont fortement diminué du fait des progrès technologiques, de la structuration de filières industrielles et par des effets d'échelle. La technologie flottante est plus récente et donc moins éprouvée que celle de l'éolien en mer posé. Toutefois, les acteurs du secteur prévoient une baisse rapide des coûts avec l'accélération du développement commercial de l'éolien flottant, convergeant ainsi vers ceux de l'éolien posé dans les prochaines années.

1. Le coût estimé d'un parc éolien flottant

Il n'existe pas de parc commercial flottant en activité, mais des simulations de coûts ont été réalisées¹, notamment par le centre de recherche ECN (maintenant part de TNO²) aux Pays-Bas. Ces évaluations déterminent le coût d'un projet éolien en mer flottant compris entre 600 et 700 M€ environ pour 250 MW (hors raccordement au réseau de transport, voir point 2).

Comment expliquer la baisse importante attendue des prix de l'éolien en mer flottant ?

Les mêmes facteurs qui expliquent la baisse des prix des projets éoliens en mer posés vont s'appliquer :

- l'effet d'échelle et l'augmentation de la puissance des éoliennes : puissance unitaire déjà augmentée de 30 % depuis 2016. Par ailleurs, les usines de turbines et pales installées en France sont déjà construites et vont donc nécessiter moins d'investissements ;
- des infrastructures portuaires adaptées (de la même façon, contrairement aux premiers parcs français, l'investissement ne supportera plus le coût d'aménagement des ports) ;
- l'optimisation et la mutualisation des moyens d'exploitation et de maintenance ;
- un cadre administratif adapté et flexible qui a fait l'objet de nombreuses réformes favorisant le développement de l'éolien en mer à moindre coût (autorisation environnementale unique, réforme du contentieux avec la suppression d'un niveau de recours, la spécialisation d'une cour administrative d'appel unique - celle de Nantes - et la limitation à un an du traitement des recours par cette cour, simplification du régime d'assurance, mise en place du dialogue concurrentiel, etc.) ;
- la réalisation des premières études techniques et environnementales par l'État en amont de la procédure de mise en concurrence, puis délivrées aux candidats, ce qui leur permet de mieux connaître la zone et de mieux déterminer le coût exact d'implantation du parc (pour les six premiers parcs éoliens en mer, les candidats n'avaient aucune information fournie par l'État sur les possibilités techniques d'implanter des éoliennes) ;
- la prise en charge financière du raccordement par RTE (y compris le poste électrique en mer), et la mise en place d'un dispositif d'indemnités en cas de retard ou d'avarie du raccordement ;
- des conditions de prêt avantageuses du fait du retour attendu des projets pilotes et de la baisse des taux d'intérêt sur les marchés financiers.

¹ Katsouris G., Marina A., *Cost Modelling of Floating Wind Farms*, ECN, mars 2016 : <https://publicaties.ecn.nl/PdfFetch.aspx?nr=ECN-E--15-078>

² Organisme de recherche indépendant : <https://www.tno.nl/>

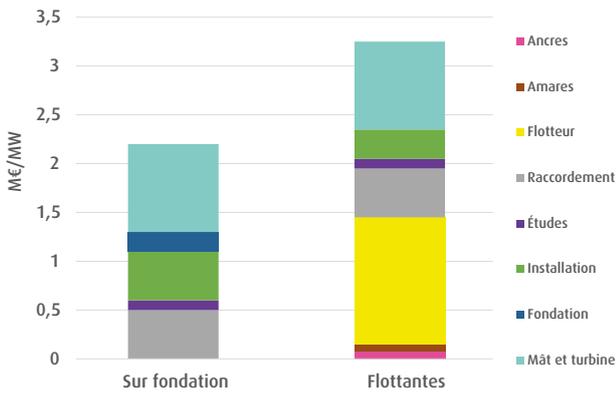
1



2



Principaux postes d'investissement Comparaison entre l'éolien flottant et posé



Source : graphique reconstitué à partir des travaux de Michel Cruciani, dans "L'éolien offshore flottant dans sa dimension industrielle et technologique", IFRI, juillet 2019 (ISBN / ISSN : 979-10-373-0047-8) et d'après Katsouris G., Marina A., Cost Modelling of Floating Wind Farms, ECN, mars 2016.

Avec l'accélération du développement commercial de l'éolien flottant, les coûts de l'éolien flottant convergeront vers ceux de l'éolien posé dans les années qui viennent. Une étude³ 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

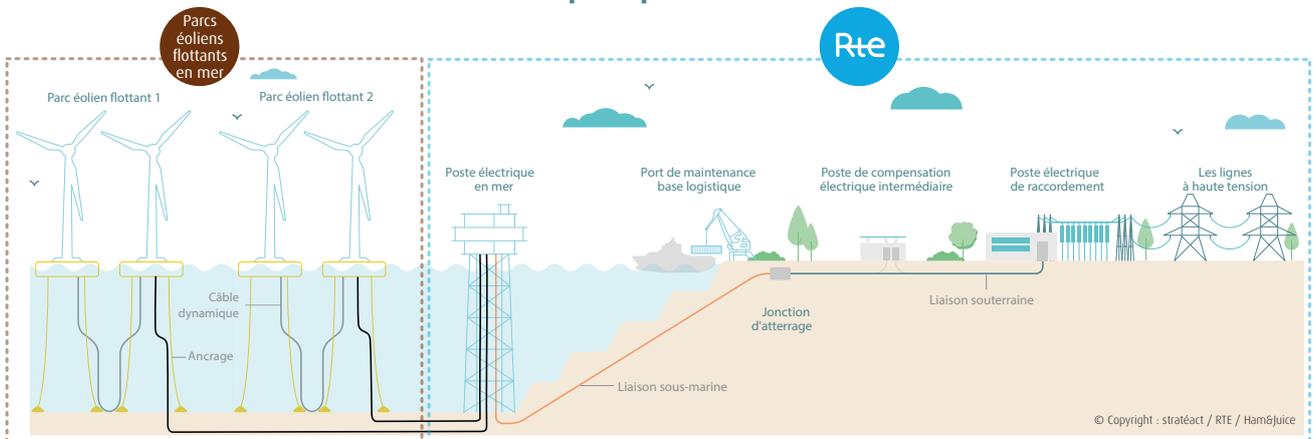
d'une situation de référence en 2015 jusqu'à l'horizon 2030 sur tous les éléments constituant la chaîne de valeur de l'éolien. Cette étude montre que les réductions de coûts sur les turbines (augmentation des performances, augmentation de la taille et la puissance des machines, industrialisation) sont le moteur de la réduction des coûts. Néanmoins, la maturité de l'éolien flottant étant moindre, le soutien public qui lui sera accordé restera plus important pendant encore quelques années.

Ainsi, d'après les études menées, la réalisation de parcs éoliens de 250 MW et 500 MW représenterait un investissement total de 750 M€ puis 1,5 G€ environ (hors raccordement), en fonction des caractéristiques du site et des parcs. En supposant que le premier parc de 250 MW fonctionnerait l'équivalent de 4 000 heures par an (équivalent à environ 46 % du temps à pleine charge), et en supposant un prix de l'électricité fixé par le lauréat à 120 €/MWh et des prix de marché de l'électricité de 40 €/MWh sur 20 ans, le coût de soutien s'élèverait à 80 M€ par an, soit 1,6 G€ sur 20 ans. Néanmoins ce niveau de soutien peut être amené à diminuer si les prix de l'électricité augmentent, ou si les prix de l'éolien en mer flottant baissent plus rapidement qu'attendu. Il pourrait à terme également être envisagé des parcs sans subvention publique (hors raccordement) même si l'incertitude relative aux prix de marché à long terme de l'électricité pourrait freiner leur développement lors des premiers parcs.

2. Zoom sur le coût du raccordement

Le coût du raccordement dépend de nombreux facteurs, les principaux étant la longueur (distance au point de raccordement), la bathymétrie et la nature des sols. Il est donc très variable d'un projet à un autre.

Schéma de principe du raccordement



Les coûts liés au raccordement représentent historiquement une part limitée des coûts complets de l'éolien en mer, évaluée entre 10 et 15 % pour les premières procédures de mise en concurrence attribuées en France, soit à titre indicatif, en moyenne 300 M€ par raccordement⁴.

Comme précisé précédemment, la variabilité est grande d'un projet à l'autre et ces chiffres ne présument pas du coût prévisible de ce projet, dans un sens comme dans l'autre. Les futurs parcs éoliens en mer flottants pourraient être situés à des distances bien plus éloignées des côtes que les parcs éoliens en mer posés issus des premières procédures de mise en concurrence ; le coût de raccordement unitaire de ces futurs parcs sera donc en moyenne supérieur. Par ailleurs, lorsque la distance augmente, des moyens de compensation supplémentaires de l'énergie réactive à terre et/ou en mer doivent être installés.

Une mutualisation du raccordement pour plusieurs parcs éoliens proches les uns des autres permettrait cependant des gains significatifs sur les coûts globaux de raccordement. Pour le présent projet, la solution du raccordement mutualisé est privilégiée par l'État. Cela signifie que le parc de 250 MW et le parc ultérieur allant jusqu'à 500 MW partageraient les mêmes infrastructures de raccordement. Ils s'inscrivent ainsi dans une dynamique novatrice permettant, par la planification, de réduire l'impact environnemental des parcs éoliens en mer et les coûts de raccordement. Il y aurait alors une unique plateforme électrique en mer et des opportunités de mutualisation des tracés et des atterrages.

3

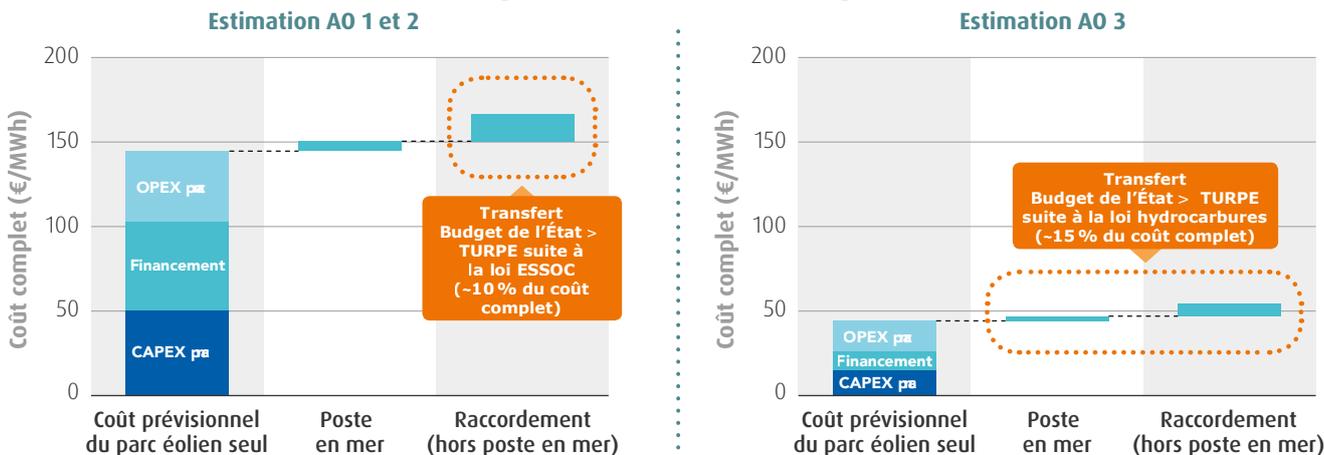


³ <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/innovations-dans-l-eolien-rapport-final.pdf>

⁴ Hors poste en mer, non compris dans le périmètre de RTE pour les deux premiers appels d'offres (c'est-à-dire pour les six premiers parcs éoliens en mer).

Le coût du projet breton dépendra ainsi étroitement de la distance à la côte du futur parc. À titre illustratif, si le poste en mer était situé à 30 km des côtes, la part du raccordement représenterait environ 25 % du coût du parc (sur la base des hypothèses de coût du parc évoquées plus haut), tandis que s'il était situé à 50 km, la part du raccordement pourrait atteindre 30 % ou plus.

Estimation de la décomposition du coût complet de l'éolien en mer



Le coût du raccordement des parcs éoliens en mer à l'étranger⁵

- **Grande-Bretagne** : les projets de raccordement des parcs éoliens en mer britanniques sont portés par les lauréats des parcs éoliens avec un transfert obligatoire de l'actif à des acteurs privés (OFTO) une fois le parc mis en service. Les coûts des raccordements déjà réalisés se situent en moyenne à près de 900 k€/MW (avec une forte disparité), au-dessus des coûts des raccordements des six premiers parcs éoliens en mer pour la France (environ 800 k€/MW en moyenne, y compris le poste en mer). L'écart s'explique entre autres par les spécificités du modèle britannique (projets construits par les développeurs de parcs puis revendus à des opérateurs de réseaux privés, induisant des coûts de transaction et de financement supplémentaires).
- **Danemark et Pays-Bas** : à l'inverse de la Grande-Bretagne, les coûts de raccordement pour certains parcs néerlandais et danois sont aujourd'hui inférieurs à la moyenne envisagée pour les parcs français. En effet, le cadre néerlandais permet de proposer des raccordements mutualisés et standardisés. En outre, aux Pays-Bas comme au Danemark, les conditions physiques des sites sont très favorables pour le raccordement (fonds marins meubles, faible bathymétrie, distance des côtes favorables).
- **Allemagne (mer du Nord)** : les coûts de raccordement sont nettement supérieurs à ces références du fait du choix de la technologie en courant continu et des distances élevées des parcs à la côte.

3. La maintenance et le démantèlement

À ce stade, il est très difficile d'estimer les coûts liés à la maintenance et au démantèlement qui dépendent de plusieurs facteurs : importance du marnage, éloignement du port, choix de la technologie de support et d'ancrage, etc.

Une étude théorique⁶, publiée en mars 2020, modélisant le cycle de vie d'un parc éolien flottant de 25 éoliennes de 5 MW, situé à 165 km du port montre que les coûts de maintenance sont de l'ordre de 18 à 20 % du coût total selon la technologie de flotteur et ceux du démantèlement de 4 à 8 %.

Cette étude s'appuie sur un modèle mathématique et non sur des retours d'expérience. Il s'agit donc d'un éclairage mais qui ne présage pas de la répartition des coûts effectifs des projets de parc soumis au débat.

4. Le retour d'expérience sur les fermes pilotes de l'appel à projets EolFlo

a. EolMed à Gruissan

Ce parc éolien, construit au large de Gruissan dans l'Aude (11) et d'une puissance totale de 30 MW, permettra de produire près de 100 millions de kWh/an soit la consommation électrique annuelle de 50 000 habitants. Le coût du projet est estimé à 212 millions d'euros⁷. Ce montant comprend l'ensemble des études nécessaires aux dossiers de demandes d'autorisations, l'achat des machines, des câbles et ancrages, la construction des flotteurs, le coût de l'installation en mer de ces équipements, ainsi que le démantèlement du parc au terme de la concession (20 ans). Le raccordement au réseau électrique de 27 km financé par le producteur et réalisé par RTE (Réseau de transport d'électricité).

5 RTE, « Schéma décennal de développement du réseau », chapitre 6, 2019.

6 A life cycle cost model for floating en mer wind farms, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114716>

7 <https://www.eolmed.fr/le-calendrier-et-financement/>

6



7



b. Les éoliennes flottantes du golfe du Lion

Le projet prévoit l'installation d'un parc pilote de trois éoliennes flottantes au large de Leucate Le Barcarès dans l'Aude (11) à l'horizon 2022. Les trois éoliennes d'une puissance unitaire de 10 MW environ seront assemblées sur des structures flottantes en acier et installées à environ 16 km des côtes. En captant les vents réguliers et soutenus du large, elles couvriront à elles seules les besoins en électricité de plus de 50 000 habitants du littoral. Le coût initial est estimé à 180 M€⁸. Le raccordement est réalisé par RTE.

c. Provence Grand Large

Les trois éoliennes seront installées sur la zone dite de « Faraman », à 17 km au large de la plage Napoléon située sur la commune de Port-Saint-Louis-du-Rhône dans les Bouches-du-Rhône (13). Le projet sera ensuite raccordé au réseau public de transport d'électricité via un câble sous-marin de 19 km et un câble souterrain de 9 km. Le coût total du projet (développement, construction, exploitation) est estimé à 200 millions d'euros environ⁹.

d. Éoliennes flottantes de Groix et Belle-île dans le Morbihan (56)

Les éoliennes développées par MHI Vestas Offshore Wind offrent une puissance de 9,5 MW chacune. Les trois éoliennes de ce projet pilote, démonstrateur de la technologie flottante, produiront près de 100 GWh alimentant l'équivalent de la consommation électrique de plus de 47 000 habitants par an, soit l'équivalent de près de 80 % de la ville de Lorient.

Le fuseau de passage retenu pour le câble en mer fait environ 33 km de longueur. Le coût actualisé du projet est de l'ordre de 230 M€¹⁰. Pour les projets pilotes le coût moyen global est de 8 M€/MW avec des valeurs comprises entre 7,5 et 8,6.

5. Le tarif de l'électricité demandé par le lauréat et les facteurs influençant son prix

Le tarif de l'électricité demandé par le lauréat est influencé par les caractéristiques du site et par les modalités de partage des risques entre l'industriel, l'État et RTE.

Le choix des zones de projet pour le parc de 250 MW et celui de 500 MW maximum auront donc une influence sur ce prix. Les facteurs relatifs au choix des sites qui influenceront sur ce prix de référence sont :

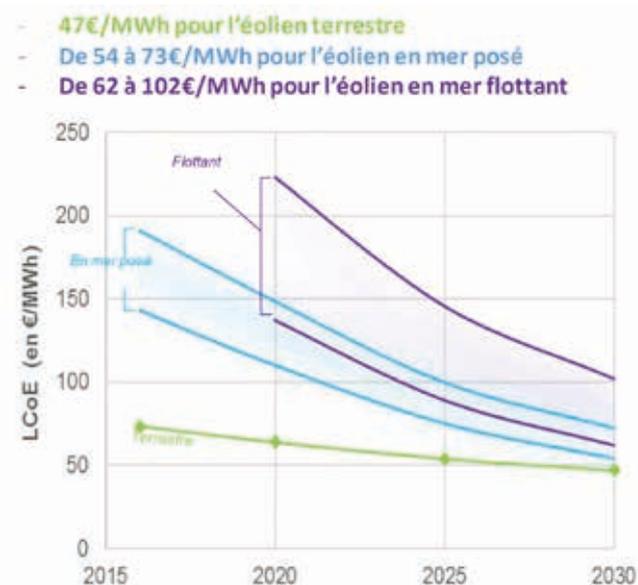
- la force et la régularité du vent : une différence de 1 m/s en vitesse moyenne engendre une différence de 15 €/MWh environ sur le prix de référence de l'électricité ; la régularité du vent est en outre un facteur d'optimisation du facteur de charge des éoliennes ;
- les caractéristiques du sous-sol marin : un sous-sol sédimentaire engendrera des coûts sensiblement moins élevés pour les ancrages qu'un sous-sol rocheux, et facilitera l'ensouillage des câbles inter-éoliennes et des liaisons de raccordement ;

- le marnage (différence entre le niveau minimum et maximum de la mer avec les marées) : plus il est faible, plus l'accès aux éoliennes pour la maintenance est facilité, et moins la technologie des lignes d'ancrage est complexe (les grandes variations de hauteur d'eau complexifiant la fixation du flotteur sur un point donné) ;
- l'éloignement aux ports pour l'acheminement des éoliennes jusqu'à leur zone d'implantation ainsi que la maintenance : les coûts logistiques sont plus importants quand les rotations des navires pour la maintenance sont plus longues.

Par ailleurs, le partage des risques et des coûts entre l'industriel et les autres acteurs (État et RTE) influe également sur le tarif proposé par le lauréat. Ce partage a été rééquilibré par rapport aux premiers projets, afin de réduire les importantes marges de risques prévues dans les premiers appels d'offres : l'État et RTE réalisent désormais des études techniques et environnementales en amont de la mise en concurrence. Transmises aux candidats avant le dépôt de leurs offres, elles leur fournissent un niveau d'information suffisant et permettent de diminuer de manière très significative le niveau de risque pris par les candidats, et donc le prix demandé dans leurs offres. De son côté, RTE réalise des études sur le fuseau de raccordement visant à connaître la zone qui accueillera les câbles des liaisons à terre et en mer et le poste électrique en mer. Une partie de ces études sera menée conjointement par l'État et par RTE pour optimiser leur coût.

En outre, les documents de la procédure de mise en concurrence définissent dorénavant très précisément le partage des responsabilités entre l'État, RTE et l'industriel. Ces éléments sont discutés lors du dialogue concurrentiel, ce qui permet à l'État d'optimiser le partage des risques avec l'industriel lauréat, pour obtenir les tarifs de soutien optimaux.

Évolution des coûts de production annoncés pour un échantillon de projets en fonction de leur date (prévisionnelle ou effective) de mise en service



8



9



10



8 <https://www.debatpublic.fr/projet-parc-pilote-deoliennes-flottantes-eoliennes-flottantes-du-golfe-du-lion-0>

9 <https://www.provencegrandlarge.fr/faq/>

10 <https://www.letelegramme.fr/bretagne/groix-belle-ile-des-turbines-danoises-pour-les-eoliennes-flottantes-07-10-2019-12402613.php>

Quelques notions sur le droit applicable en mer : quelle différence entre domaine public maritime et zone économique exclusive ?

Les principaux points abordés

Cette fiche revient sur la distinction entre deux espaces maritimes, le domaine public maritime (DPM) et la zone économique exclusive (ZEE), et rappelle les différents textes juridiques et les règles qui s'y appliquent. Ainsi, elle présente :

- le domaine public maritime : sa définition, les principes qui guident sa gestion et les grands enjeux de sa conservation ;
- la zone économique exclusive : sa définition et les grandes règles qui régissent son exploitation.

La mer est juridiquement divisée en plusieurs espaces maritimes, chacun soumis à des régimes juridiques différents. Les futurs projets éoliens en mer pourront se situer, suivant les orientations retenues par l'État à l'issue du débat public, dans la mer territoriale et/ou en zone économique exclusive.

1. Le domaine public maritime (DPM¹)

La mer territoriale, qui s'étend jusqu'à douze milles² (soit 22 km) des côtes, appartient à l'État français et fait donc partie de son territoire et de son domaine public. La mer territoriale représentant un espace avec des caractéristiques physiques particulières, elle relève d'un domaine public particulier : le domaine public maritime. À titre d'exemple, il existe d'autres types de domaines publics particuliers : le domaine public fluvial, le domaine public aéronautique, le domaine public hertzien. Chacun peut faire l'objet d'une réglementation particulière qui prend en compte leurs spécificités.

Dans l'espace maritime qu'est la mer territoriale (et qui comprend aussi bien la colonne d'eau que le sol et le sous-sol), la France exerce une souveraineté pleine et entière, c'est-à-dire qu'elle seule est compétente pour autoriser ou interdire les activités qui y ont lieu.

a. La définition du domaine public maritime

Le domaine public maritime (DPM) est constitué, pour l'essentiel, des terrains historiquement recouverts par la mer mais dont elle s'est retirée, ainsi que ceux encore immergés compris entre le rivage de la mer et la limite des eaux territoriales.

Ce domaine est principalement affecté à l'usage direct du public ou à l'accueil de services publics en lien avec l'utilisation ou l'exploitation des ressources maritimes. Pris dans son ensemble, il représente une surface estimée en France à plus de 100 000 km², ce qui en fait l'un des éléments les plus vastes du domaine public de l'État. Toutefois, il convient de distinguer le DPM artificiel et le DPM naturel.

Le DPM artificiel est composé des équipements et installations portuaires, ainsi que des ouvrages et installations relatifs à la sécurité et la facilité de la navigation maritime.

Le DPM naturel est constitué de dépendances dont l'état résulte de phénomènes naturels. Il est composé :

- du sol et du sous-sol de la mer, compris entre la limite haute du rivage, c'est-à-dire celle des plus hautes mers en l'absence de perturbations météorologiques exceptionnelles, et la limite, côté large, de la mer territoriale fixée à 12 milles ;
- des étangs salés en communication directe, naturelle et permanente avec la mer ;
- des lais et relais de la mer (terrains formés par les dépôts de sédiments marins et dont la mer s'est définitivement retirée) ;
- des parties non aliénées de la zone dite des cinquante pas géométriques dans les régions et départements d'outre-mer.

La consistance du DPM naturel repose largement sur la constatation d'un état de fait résultant de l'action de la nature (élévation du niveau de la mer, recul du trait de côte, etc.).

Ses limites ne sont donc pas figées par rapport aux propriétés riveraines. La délimitation du DPM naturel obéit à une procédure spéciale qui a pour principale caractéristique d'être unilatérale, dans la mesure où toute négociation avec les propriétaires riverains pour délimiter ce domaine est interdite.

b. Les principes de gestion du domaine public maritime

Comme tout domaine public, en vertu des principes affirmés dans le code général de la propriété des personnes publiques, le DPM naturel est avant tout insaisissable. Il est également inaliénable et imprescriptible, ce qui signifie, d'une part, que les biens du domaine public ne peuvent être cédés, d'autre part, qu'une occupation ou une utilisation prolongée par un ou plusieurs particuliers qui se succèdent sur cette zone ne leur confère aucun droit réel ou droit de propriété dont ils pourraient se prévaloir à l'égard de l'État.

1



¹ <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/domaine-public-maritime-naturel>

² Le mille correspond à une minute d'angle soit approximativement 1 852 m.

Le DPM naturel doit être utilisé conformément à son affectation à l'utilité publique. Par conséquent, tout projet de construction ou d'installation destiné à être implanté sur ce domaine nécessite au préalable l'obtention d'une autorisation domaniale qui donne lieu au paiement d'une redevance. Cette autorisation est obligatoire au-delà du droit d'usage qui appartient à tous et est toujours

temporaire, précaire et révocable à tout moment. Par ailleurs, le DPM naturel n'ayant pas vocation à recevoir de constructions ou installations permanentes, les dépendances occupées doivent être remises en état à l'expiration des autorisations domaniales. Le maintien de certains ouvrages est néanmoins possible pour des motifs d'intérêt général.

Focus sur les taxes

Le code général de la propriété des personnes publiques (art. R.2124-1 à R.2124-14 et L.2124-3) prévoit que « les dépendances du DPM situées hors des limites administratives des ports peuvent faire l'objet de concessions d'utilisation en vue de leur affectation à l'usage du public, à un service public, ou à une opération d'intérêt général ».

Ainsi, pour ce qui concerne l'implantation d'éoliennes³ :

- toute occupation du domaine public maritime à ce titre doit comporter un état initial des lieux, des modalités de suivi du projet, et de son impact sur l'environnement et les ressources naturelles, et le cas échéant prévoir les opérations nécessaires à la réversibilité des modifications apportées au milieu naturel et au site ainsi qu'à la remise en état, la restauration ou la réhabilitation des lieux en fin d'utilisation. L'avis de la commission nautique locale ou de la grande commission nautique peut être requis, après avis préalable du préfet maritime (navigation, surveillance). Une enquête publique est obligatoire. ;
- en conséquence, l'implantation en mer « doit satisfaire simultanément aux obligations imposées par le code de l'environnement (articles L. 553-2 relatif aux éoliennes, L. 414-4 pour les zones Natura 2000, et L. 214-1 à L. 214-6 au titre de la loi sur l'eau), le code de l'urbanisme et les procédures spécifiques d'autorisation liées à l'exploitation électrique. Ces différents textes imposent chacun étude d'impact et enquête publique. »

La taxe

L'article 1519 B du code général des impôts (CGI) institue au profit des communes et des usagers de la mer, une taxe annuelle sur les installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent situées dans les eaux intérieures ou la mer territoriale.

La taxe spécifique sur les éoliennes en mer (CGI-1519B) est actuellement fixée à 16 790 €⁴ par MW installé et par an.

Les modalités d'application et les règles de répartition des ressources de ce fonds sont définies par l'article 1519 C du CGI et par le décret n° 2012-103 du 27 janvier 2012 relatif à l'utilisation des ressources issues de la taxe instituée par l'article 1519 B du code général des impôts :

- 50 % sont affectés aux communes littorales d'où des installations sont visibles. Il est tenu compte, dans la répartition de ce produit entre les communes, de la distance qui sépare les installations de l'un des points du territoire des communes concernées et de la population de ces dernières. Par exception, lorsque les installations sont visibles de plusieurs départements, la répartition est réalisée conjointement dans les départements concernés (2 098 750 €/an pour 250 MW) ;
- 35 % sont affectés au comité national mentionné à l'article L. 912-1 du code rural et de la pêche maritime pour le financement de projets concourant à l'exploitation durable des ressources halieutiques. Ces projets sont présentés par les comités départementaux ou interdépartementaux ou les comités régionaux concernés par le développement de l'énergie éolienne en mer ainsi que par le comité national lorsque ces projets sont d'intérêt transrégional (1 469 125 €/an pour 250 MW) ;
- 15 % sont affectés, à l'échelle de la façade maritime, au financement de projets concourant au développement durable des autres activités maritimes (629 625 €/an pour 250 MW).

c. Les enjeux de conservation du domaine public maritime

La protection du domaine public est un impératif d'ordre constitutionnel. Dès lors, la conservation et la mise en valeur du DPM naturel impliquent de concilier ses différentes vocations et les différents usages qui s'y exercent (activités balnéaires, pêche, énergies renouvelables, conchyliculture, plaisance, ouvrages de protection, etc.).

Il ne s'agit pas uniquement d'entretenir ou d'exploiter ce domaine, mais également de prévenir et de réparer les atteintes faites à son intégrité. C'est le préfet de département qui a la charge de la gestion du DPM naturel et exerce cette mission par le biais des Directions départementales des territoires et de la mer (DDTM) en France métropolitaine ou des Directions de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DEAL) et directions de la mer (DM) dans les outre-mer.

3



³ <http://www.igf.finances.gouv.fr/files/live/sites/igf/files/contributed/IGF%20internet/2.RapportsPublics/2014/2013-M-039.pdf>

⁴ La dernière actualisation date, au 6 avril 2020, du 8 juin 2019.

En fixant les orientations de gestion de cet espace naturel, la circulaire du 20 janvier 2012 relative à la gestion durable et intégrée du DPM naturel a rappelé la nécessité de prendre en compte les enjeux environnementaux et paysagers au moment de l'instruction des demandes d'autorisation d'occupation ou d'utilisation du DPM naturel. Les éventuelles perturbations des écosystèmes, en particulier ceux faisant l'objet d'une protection réglementaire ou de plans nationaux d'action, doivent alors être considérées.

La loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages du 9 août 2016 a introduit une obligation de compatibilité des décisions ayant trait à la gestion du DPM naturel avec les objectifs environnementaux arrêtés dans le cadre des plans d'actions pour le milieu marin. Dès lors, la gestion du DPM naturel qui passe notamment par la régulation des usages et des pressions contribue à la préservation du bon état écologique du milieu marin⁵.

2. La zone économique exclusive (ZEE)⁶

Elle s'étend au-delà de la mer territoriale jusqu'à deux cents milles marins des côtes au maximum (soit 370 km) et n'appartient pas à l'État français. Elle ne fait donc pas partie de son domaine public. C'est un espace maritime qui est régi par la convention internationale de Montego Bay dont les règles ont été reprises dans le droit français.

La République française exerce, dans la zone économique exclusive, des droits souverains en ce qui concerne l'exploration, l'exploitation, la conservation et la gestion des ressources naturelles, biologiques ou non biologiques, des eaux surjacentes jusqu'aux fonds marins, des fonds marins et de leur sous-sol, comme en ce qui concerne les autres activités tendant à l'exploration et à l'exploitation de la zone à des fins économiques, telles que la production d'énergie.

Dans la zone économique exclusive, les autorités françaises exercent en outre les compétences reconnues par le droit international relatives à la construction, la mise en place, l'exploitation et l'utilisation d'îles artificielles, d'installations ou d'ouvrages, à la protection et la préservation du milieu marin, et à la recherche scientifique marine.

D'une façon générale, toute activité exercée en vue de l'exploration ou de l'exploitation des ressources naturelles ou de l'utilisation des milieux marins, est subordonnée à la délivrance d'une autorisation unique. Cette autorisation unique tient lieu des autorisations, déclarations, approbations et dérogations nécessaires pour la construction, l'exploitation et l'utilisation d'îles artificielles, d'installations, d'ouvrages et de leurs installations connexes.

Le préfet maritime est l'autorité compétente⁷ pour délivrer les autorisations nécessaires à la construction, à l'exploitation et à l'utilisation des îles artificielles, des installations, des ouvrages et de leurs installations connexes sur le plateau continental, ainsi que dans la zone économique exclusive et la zone de protection écologique.

L'autorisation délivrée doit être compatible avec les objectifs environnementaux du plan d'action pour le milieu marin prévu à l'article L. 219-9 du code de l'environnement. Le titulaire de l'autorisation communique à l'autorité administrative les données relatives au milieu marin recueillies dans le cadre du dossier d'étude d'impact⁸, ainsi que dans le cadre de l'exercice de l'activité autorisée dans la zone économique exclusive ou sur le plateau continental.

Le préfet maritime est également l'autorité compétente⁹ pour agréer le tracé des pipelines sur le plateau continental ainsi que celui des câbles installés ou utilisés dans le cadre de l'exploration du plateau continental ou de l'exploitation de ses ressources.

Taxe et redevance dans la ZEE

- À ce jour, il n'y a pas de taxe pour l'installation et l'exploitation d'éoliennes en zone économique exclusive.
- Toutefois, à l'instar d'autres activités, il serait possible d'instaurer une taxe pour l'exploitation d'éoliennes. Par exemple, l'extraction de granulats marins dans la zone économique exclusive et sur le plateau continental est soumise à la taxe générale sur les activités polluantes, conformément à l'article 266 sexies du code des douanes.
- En ZEE, une installation d'éoliennes est assujettie au paiement d'une redevance annuelle au profit de l'Office français de la biodiversité. Cette redevance tient compte des avantages tirés de l'exploitation des ressources, de l'impact environnemental de l'activité ainsi que du risque pour l'environnement.

Ainsi la localisation d'un parc éolien en mer territoriale ou en zone économique exclusive affecte le droit qui s'y applique et donc les autorisations administratives nécessaires à la réalisation et l'exploitation du parc ainsi que ses ouvrages de raccordement. Elle a également une influence sur la fiscalité à laquelle est soumis le parc éolien.

⁵ Loi : <https://www.ecologie-solidaire.gouv.fr/loi-reconquete-biodiversite-nature-et-des-paysages>

Plan d'action : www.dirm.nord-atlantique-manche-ouest.developpement-durable.gouv.fr/plans-d-actions-pour-le-milieu-marin-consultation-a418.html

⁶ Ordonnance n° 2016-1687 du 8 décembre 2016 relative aux espaces maritimes relevant de la souveraineté ou de la juridiction de la République française.

⁷ En application des dispositions du chapitre II du titre II de l'ordonnance n° 2016-1687 du 8 décembre 2016 relative aux espaces maritimes relevant de la souveraineté ou de la juridiction de la République française et conformément aux stipulations des articles 56, 60, 79, 80 et 87 de la convention des Nations unies sur le droit de la mer du 10 décembre 1982.

⁸ Étude d'impact réalisée en application de l'article L. 122-1 du code de l'environnement.

⁹ Mentionnée à l'article 28 de l'ordonnance n° 2016-1687 du 8 décembre 2016 relative aux espaces maritimes relevant de la souveraineté ou de la juridiction de la République française.

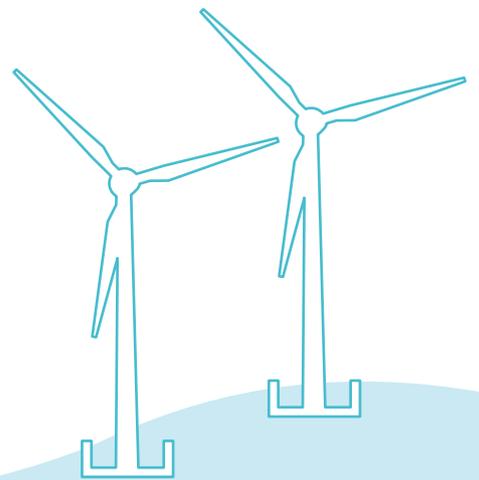
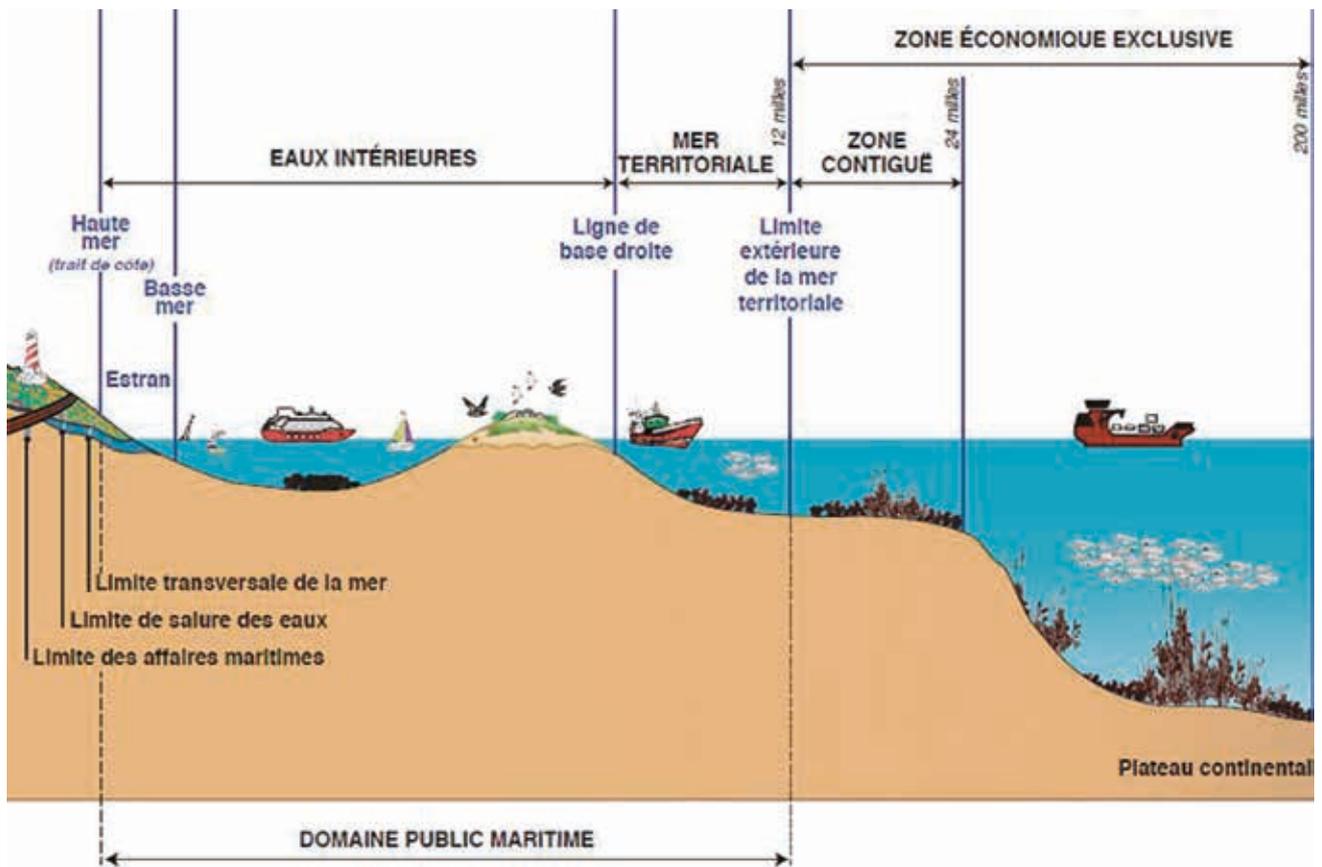
5a



5b



Les différents espaces maritimes



Quelles seraient les grandes caractéristiques des deux parcs éoliens flottants au sud de la Bretagne ?

Les principaux points abordés

Cette fiche décrit les principales caractéristiques techniques d'un parc d'éoliennes flottantes en mer. Ainsi, elle présente :

- les principales composantes d'un parc éolien en mer flottant, à savoir :
 - l'éolienne,
 - le flotteur et le système d'ancrage ;
- les grandes étapes de réalisation d'un parc éolien en mer :
 - la construction,
 - l'exploitation et le démantèlement ;
- l'explication de l'échelonnement du projet en deux temps par la construction d'un premier parc de 250 MW, puis d'un second d'une puissance jusqu'à 500 MW.

Le débat public porte sur la recherche de zones préférentielles pour un parc d'éoliennes flottantes de 250 MW qui fera l'objet d'une procédure de mise en concurrence en 2021 comme le prévoit la programmation pluriannuelle de l'énergie, et pour un second parc de 500 MW maximum qui pourra être attribué à partir de 2024. Le raccordement fait partie intégrante du projet et fait l'objet de la fiche #16.

Compte tenu de la consultation du public à un stade très précoce, le débat public ne porte pas sur un projet précis puisque, hormis la puissance recherchée, les décisions sur ce projet ne sont pas encore prises. Les caractéristiques générales de projets éoliens en mer sont exposées ici afin d'informer le public sur le dimensionnement et le processus d'élaboration de tels projets afin qu'il puisse exprimer son avis en vue de la procédure de choix des lauréats.

1. Les principales composantes d'un parc éolien en mer

a. L'éolienne

Une éolienne est constituée d'un mât, d'une nacelle et de pales. En mer, elle peut soit être posée sur le fond marin (technologie posée), soit reposer sur une base flottante ancrée aux fonds marins (technologie flottante). Compte tenu de la profondeur des fonds marins de la façade Nord Atlantique - Manche Ouest (la profondeur limite de 50 m étant atteinte rapidement), les projets éoliens en mer au sud de la Bretagne utiliseront la technologie flottante.

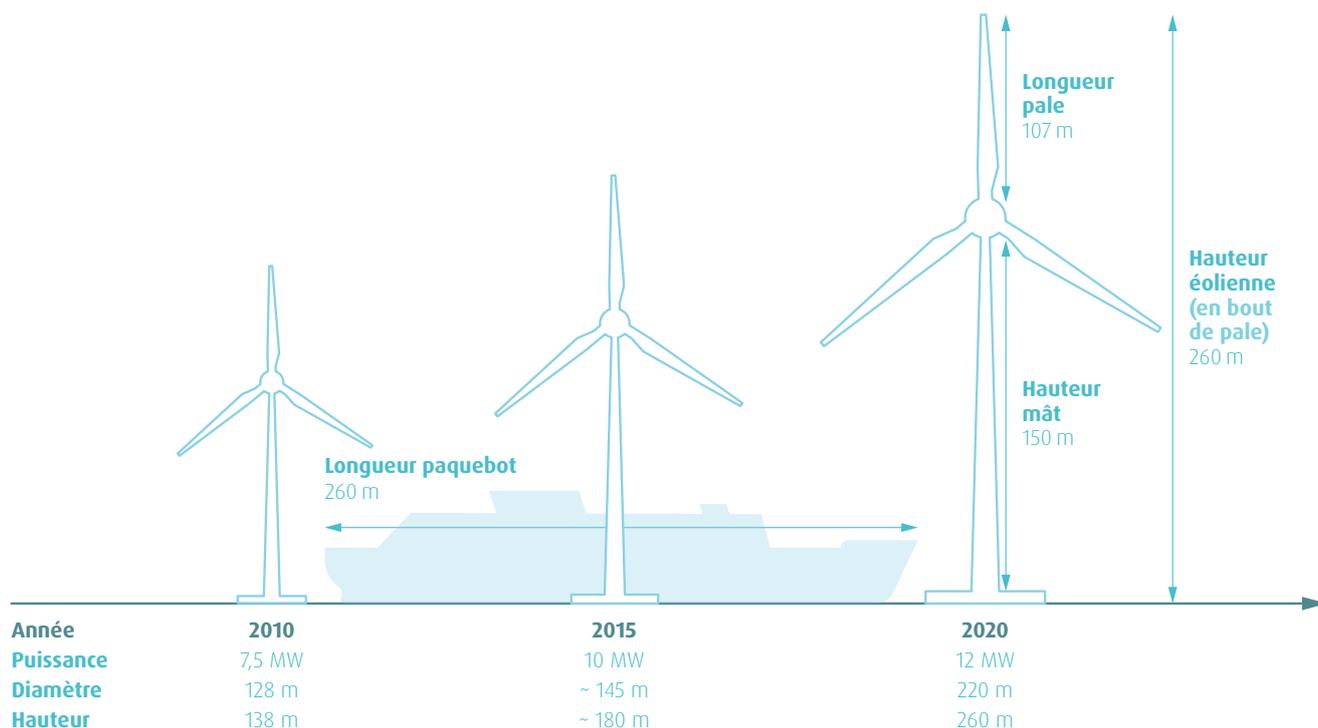
La puissance d'une éolienne est proportionnelle à la surface balayée par ses pales : plus le diamètre de l'éolienne est grand, plus elle peut produire d'électricité. Par conséquent, pour une puissance totale donnée, plus les éoliennes sont grandes et moins elles sont nombreuses. Par exemple, pour réaliser un parc d'environ 250 MW, 42 éoliennes sont nécessaires avec des modèles produisant 6 MW, alors que 25 éoliennes sont nécessaires avec des modèles de 10 MW et 19 avec des modèles de 13 MW.

La surface totale occupée dans ces trois cas de figure resterait globalement identique, car l'espacement entre les éoliennes doit être d'autant plus grand que les éoliennes sont grandes. Cette même surface serait cependant composée d'un nombre bien plus faible d'obstacles, nécessitant moins de travaux d'implantation et d'artificialisation sur les fonds marins.

En France, les premiers parcs éoliens en mer posés occuperont chacun une superficie de l'ordre de 50 km² à 80 km², comprenant 60 à 80 éoliennes, espacées les unes des autres d'environ un kilomètre.

Les progrès technologiques ont été particulièrement rapides dans l'industrie de l'éolien en mer, ce qui se reflète principalement par la hausse de la puissance des éoliennes, comme l'illustre l'infographie suivante. Cette hausse permet de produire plus d'énergie par éolienne, ce qui a permis une forte baisse des coûts de l'éolien en mer. Pour le premier parc de 250 MW envisagé à l'issue du débat public, les éoliennes pourraient disposer d'une puissance de 12 MW et seraient 21 au maximum. Cela correspond au modèle d'éolienne la plus puissante en cours de développement à ce jour, par General Electric. Si avec les progrès technologiques, une éolienne plus puissante était commercialisée entre-temps, le parc envisagé pourrait avoir moins d'éoliennes. Celles-ci seraient alors de plus grande taille, sous réserve de conformité avec les contraintes de défense, notamment.

La hauteur des éoliennes en mer a environ doublé entre 2010 et 2016. L'espace balayé par les pales des nouvelles installations devrait sensiblement augmenter dans les prochaines années.



Les dimensions représentées correspondent à celles de l'éolienne la plus grande construite à ce jour : l'éolienne de GE Haliade-X 12 MW. Les perspectives d'évolution de puissance et de taille des éoliennes dans les années à venir restent difficilement prévisibles.

La superficie de la zone projet identifiée à la suite du débat public devrait faire environ 600 km². Le projet sera ensuite recentré en s'appuyant sur des études plus fines de la zone : *in fine*, l'emprise réelle du projet sera d'environ 150 km² (50 km² pour 250 MW attribués en 2021 et 100 km² pour 500 MW attribués à partir de 2024).

b. Le flotteur et le système d'ancrage

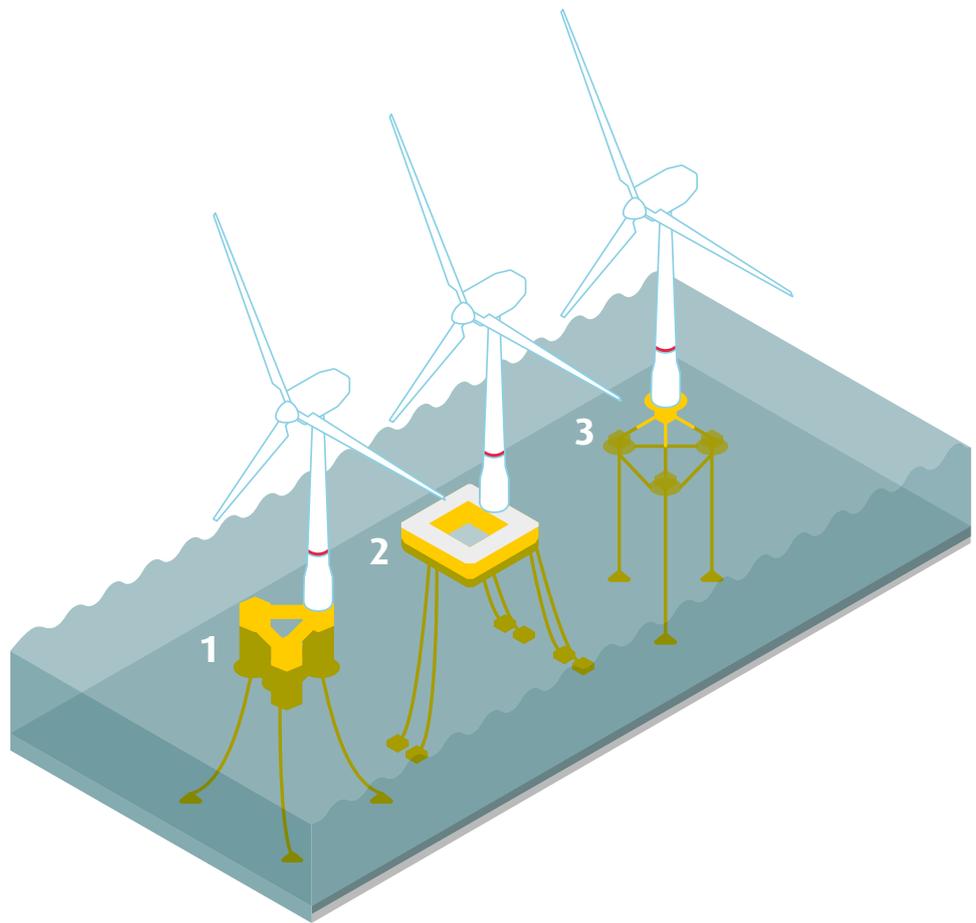
Contrairement aux éoliennes posées en mer, qui reposent sur le fond, les structures flottantes sont maintenues par des lignes d'ancrage reliées aux fonds marins. Plusieurs technologies existent actuellement :

- la plateforme semi-submersible avec ancrage caténaire : le flotteur est stabilisé par sa forme qui comporte des volumes immergés. Les lignes d'ancrage doivent seulement résister aux efforts de dérive ;
- la barge : la fondation flottante est ouverte en son centre afin de permettre une stabilisation du flotteur. Les lignes d'ancrage sont reliées au fond marin de manière à maintenir l'ensemble en position ;
- la plateforme avec ancrage à lignes tendues (*Tensioned Leg Platform* ou TLP) : la stabilité est obtenue grâce à un flotteur maintenu sous la surface de l'eau par des lignes qui le tirent vers le fond. Les lignes d'ancrage verticales doivent résister à des forces importantes dues à la pré tension des lignes, en plus des efforts de dérive. Les ancrages sont en général maintenus par des pieux forés dans le sol ;
- la bouée équipée d'un flotteur de type « bouée crayon » (*Single point anchor reservoir* ou SPAR) : l'équilibre est assuré par le poids du flotteur immergé sur une grande hauteur. Ce concept ne peut s'envisager que si la profondeur d'eau est suffisante, c'est-à-dire supérieure à 100 mètres en général.

Les ancres peuvent être de différentes technologies : ancre de type marine, corps-mort, ancre à succion. Les chaînes d'ancrage sont généralement en acier mais d'autres types de matériaux pourraient être utilisés comme le nylon.

Types d'ancrage pour l'éolien flottant

1. Support semi-submersible à lignes d'ancrage libres
2. Support barge à lignes d'ancrage libres
3. Support flottant à lignes d'ancrage tendues (TLP)



2. Les principales étapes de la réalisation d'un parc éolien en mer

a. La construction du parc éolien en mer

L'assemblage des différentes parties des éoliennes (mats, nacelles, pales) sur leur flotteur sera réalisé à terre ; elles seront ensuite remorquées sur la zone d'implantation.

Les grandes phases de l'installation en mer du parc sont :

- la pose et la protection de la liaison sous-marine du raccordement et jonction avec la partie terrestre ;
- l'installation des ancres et des lignes d'ancrage ;
- le remorquage et la connexion des éoliennes flottantes aux lignes d'ancrage ;
- la pose et la connexion des câbles inter-éoliennes aux éoliennes flottantes ;
- la mise en service du parc et du raccordement.

Les travaux en mer impliqueront la présence simultanée de plusieurs bateaux de différents types (remorqueur, navires de ravitaillement en mer hauturier, navette de transport de personnel, câblage, barge d'assistance, navire auxiliaire et de service, etc.) sur site pendant des durées variables.

Les éoliennes, à l'intérieur d'un parc, seront reliées entre elles et raccordées à un poste électrique en mer par des câbles électriques installés par le producteur.

Un câble électrique sous-marin inter-éoliennes est constitué de trois conducteurs en cuivre, chacun gainé par un matériau hautement isolant, le polyéthylène réticulé, permettant une utilisation jusqu'à un niveau de tension de 66 kV. Une armure extérieure constituée notamment d'une tresse en acier galvanisé, servant à protéger le câble, regroupe les trois conducteurs et

un faisceau de fibres optiques pour former un câble d'un seul tenant. Les fibres optiques permettent de créer un réseau de communication entre les éoliennes et le poste de livraison. Ces câbles sont dynamiques sur une partie (de conception différente) pour absorber les mouvements de l'éolienne flottante liés à la houle ou la marée.

La puissance installée totale du parc serait à terme de 750 MW en deux phases, une première phase de 250 MW sera attribuée en 2021, une seconde jusqu'à 500 MW sera attribuée à partir de 2024 avec un raccordement mutualisé.

Cette mesure permet de limiter l'impact environnemental du raccordement, et d'en réduire les coûts.

Les principales caractéristiques du projet

- Puissance : 250 MW attribués en 2021, jusqu'à 500 MW attribués à partir de 2024
- Technologie : éolien flottant
- Nombre d'éoliennes : avec des éoliennes de 12 MW, 21 éoliennes pour la première phase et 42 pour la seconde
- Superficie du parc : 50 km² environ pour la première phase, 100 km² pour la seconde
- Raccordement : mutualisé

b. L'exploitation et la maintenance d'un parc éolien en mer

L'exploitation et la maintenance des parcs sont réalisées pendant toute la durée de vie du parc (25 à 30 ans environ), depuis la mise en service des installations jusqu'au démantèlement.

Elle est assurée depuis une base portuaire de maintenance située préférentiellement à proximité immédiate du parc, qui doit être accessible 24 h/24 et 7 j/7 en cas d'urgence.

La liaison entre le port et les éoliennes se fait par des navires spécifiques (navire de transport de personnel) disposant d'une étrave (pièce saillante qui forme la proue d'un navire) adaptée permettant un transfert sécurisé des techniciens du navire vers l'éolienne et *vice versa*. En cas d'urgence, un transfert par hélicoptère est possible.

La durée de vie d'un parc éolien en mer dépend de ses caractéristiques et des conditions climatiques auxquelles il fait face. Il existe encore peu de retours d'expérience, mais les industriels estiment aujourd'hui que les installations pourront fonctionner au moins 30 ans avant d'être démantelées. Le premier parc posé en mer installé au monde, à Vindeby au Danemark, a été exploité pendant 26 ans avant d'être démantelé en 2017.

3. Pourquoi d'abord un parc éolien en mer flottant de 250 MW, puis un autre allant jusqu'à 500 MW ?

En repoussant les limites de profondeur d'installation, l'éolien flottant élargit les gisements potentiels pour l'éolien en mer. La France détiendrait le second gisement européen (11 GW), dont une part conséquente au large des côtes bretonnes, après le Royaume-Uni (48 GW)¹.

La filière éolienne flottante est aujourd'hui au stade de développement pré-commercial. Son coût a vocation à baisser rapidement dans le cadre des futures fermes commerciales, et une convergence est anticipée entre les prix de l'éolien flottant et ceux de l'éolien posé d'ici une dizaine d'années, à condition de bénéficier d'un volume suffisant pour créer une filière industrielle compétitive. Une étude 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 la puissance des machines, industrialisation) sont les moteurs principaux de la réduction des coûts. Comme pour l'éolien posé, le développement de la filière conduira à une réduction des coûts de financement.

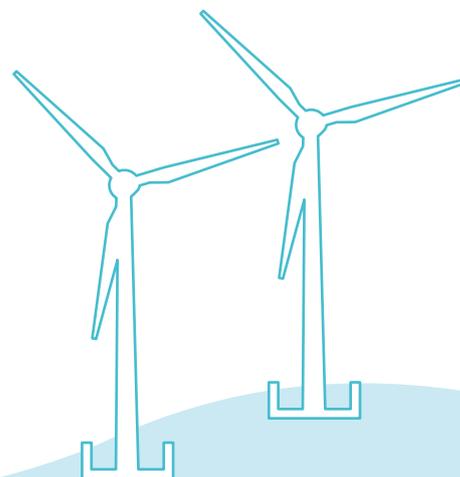
La programmation pluriannuelle de l'énergie prévoit la désignation en 2021 du lauréat pour le premier parc commercial français d'éolien en mer flottant d'une puissance de 250 MW au sud de la Bretagne. Ce premier parc permettra en partie de tirer profit des expériences menées dans les fermes pilotes et notamment celle de Groix - Belle-Île. Elle identifie également d'autres volumes à attribuer pour les années suivantes, avec la programmation d'attribution d'un gigawatt par an à partir de 2024, dont des extensions des premiers parcs flottants de 250 MW avec un raccordement mutualisé. Ce second parc, d'une puissance pouvant aller jusqu'à 500 MW, pourra s'appuyer sur les enseignements tirés du premier et ainsi proposer un tarif d'achat plus attractif, la technologie ayant évolué et gagné en maturité, réduisant les risques, donc les coûts.

Il s'agit d'une accélération significative du rythme de développement des énergies renouvelables. Cette progressivité des volumes des appels d'offres commerciaux vise à permettre à la France d'accélérer concrètement sa transition énergétique et de structurer une filière industrielle qui peut se placer dès maintenant en tête d'un marché mondial.

1



¹ <https://bretagne.ademe.fr/retours-dexperience/energies-renouvelables-et-reseaux-de-stockage/eolien/eolien-en-mer-ou-offshore>



Comment raccorder les parcs éoliens flottants au réseau électrique ?

Les principaux points abordés

Cette fiche présente les modalités techniques et les équipements qui permettront le raccordement du parc éolien au réseau électrique, à terre, à l'atterrage et en mer.

Responsable du réseau public de transport d'électricité en France, RTE est chargé de raccorder le futur parc éolien au réseau électrique. Depuis la loi du 30 décembre 2017 et la procédure de mise en concurrence relative au parc éolien en mer au large de Dunkerque, RTE a vu son périmètre de responsabilité s'étendre : RTE est en

charge de la construction, du financement, de l'exploitation et de la maintenance de la plateforme électrique en mer.

En lien avec le lauréat producteur, RTE conduira une démarche d'évaluation environnementale pour concevoir et réaliser le raccordement tant dans sa partie maritime que terrestre.

En quoi consiste la démarche « éviter, réduire, compenser » ?

1. Les ouvrages types du raccordement d'un parc éolien au réseau électrique

Domaine maritime

- Un ou plusieurs postes électriques en mer : un raccordement mutualisé sur une seule plateforme sera recherché pour y raccorder le premier parc de 250 MW puis le second pouvant aller jusqu'à 500 MW ;
- Plusieurs liaisons sous-marines 225 kV reliant le poste électrique en mer à la zone d'atterrage. Le nombre de liaisons 225 kV à créer dépend de la puissance de production du parc éolien à raccorder : une par tranche d'environ 250 MW.

Atterrage

- Plusieurs chambres de jonction d'atterrage (une par liaison), pour réaliser la transition entre les câbles sous-marins et les câbles terrestres ;
- Plusieurs points d'atterrages sur une même zone géographique pourraient être nécessaires selon la configuration des sites, pour prévoir un espacement suffisant entre les câbles.

Domaine terrestre

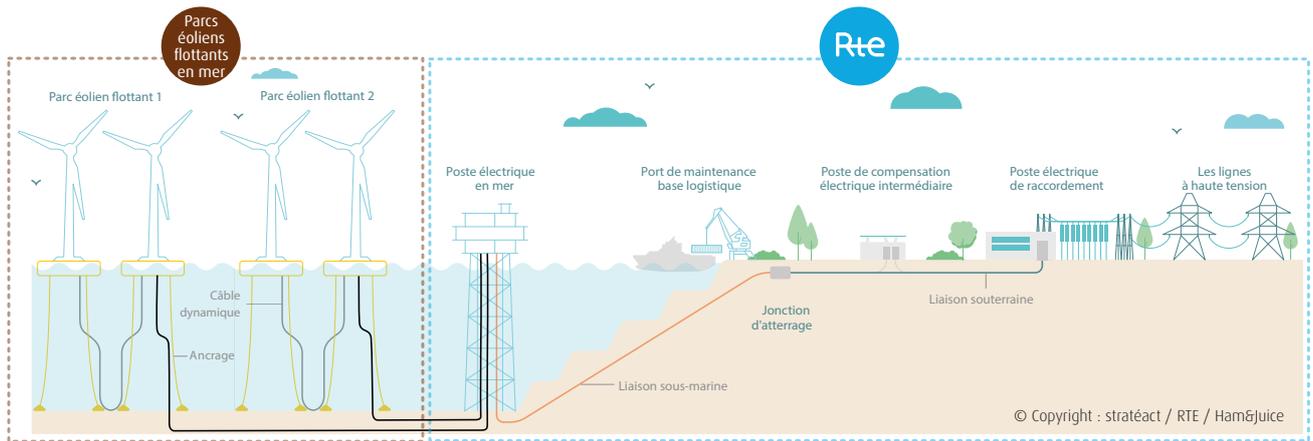
- Plusieurs liaisons de 225 kV (autant que de liaisons sous-marines) ;
- Création d'un nouveau poste électrique de raccordement au réseau 225 kV ou 400 kV ;
- En fonction de la longueur totale de la liaison souterraine et sous-marine, un poste électrique intermédiaire supplémentaire entre l'atterrage et le poste de raccordement peut être nécessaire ;
- Selon les décisions prises à la suite du débat public, un ou deux tracés et points de raccordement à terre pourront être nécessaires.

À quelles procédures et autorisations administratives sont soumis un parc éolien en mer et son raccordement ?

Le raccordement se fera en courant alternatif. Le choix de technologie entre le courant continu ou le courant alternatif se fait notamment au regard du couple puissance/distance : le courant continu est en

général envisagé pour des raccordements d'une longueur totale supérieure à 100 km et/ou une puissance supérieure à 1 GW. Les procédures administratives et autorisations liées à la création de ces ouvrages sont décrites dans la fiche #23.

Schéma de principe du raccordement



2. Les ouvrages en mer

a. Le poste électrique en mer

Le poste, ou plateforme, électrique en mer permet de stabiliser et d'élever la tension de l'énergie produite par les éoliennes (66 kV vers 225 kV), de réduire les pertes électriques potentielles et de réduire le nombre de câbles nécessaires pour transmettre l'électricité au réseau public de transport d'électricité. Avec plus de 50 réalisations en Europe depuis 2002, la technologie du poste en mer est bien maîtrisée. Un poste électrique en mer est généralement composé d'une plateforme de trois à cinq étages, et de fondations pouvant être de différents types : monopode appelé monopile, treillis métallique appelé *jacket*, ou base gravitaire en béton armé. Les structures de fondation du poste en mer dépendent de la nature des sols. Les éventuels ancrages de

fondations (nécessaires pour les fondations monopile et *jacket*) pourront être des pieux battus ou forés dans le sol.

Une plateforme électrique flottante n'est pas envisagée à ce stade pour ce projet, du fait de la non-disponibilité des câbles 225 kV dynamiques sur le marché des câblers (câbles pouvant subir des efforts mécaniques au gré des mouvements de la structure). Les câbles 225 kV étant statiques, une structure posée est nécessaire pour la plateforme. Afin d'éviter les effets de seuil sur les techniques d'installation de fondations en grande profondeur, RTE cherchera à implanter le poste électrique dans une zone où la bathymétrie (profondeur des fonds marins) ne dépasse pas 100 m.

Poste électrique en mer



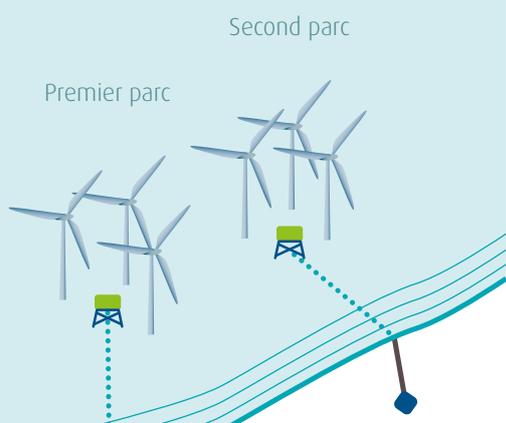
La mutualisation des plateformes

La réforme du raccordement issue de la loi du 30 décembre 2017 ouvre la possibilité pour RTE de développer des plateformes de grande taille mutualisables, à l'instar de la dynamique engagée par les pays autour de la mer du Nord.

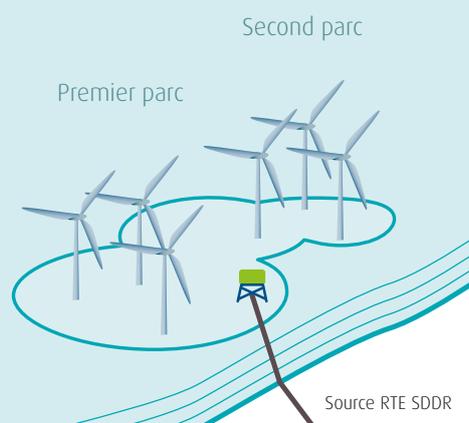
Des parcs éoliens spatialement proches et issus d'une ou plusieurs procédures de mise en concurrence peuvent ainsi être raccordés à une même plateforme en mer. C'est ce qui est prévu dans le cas des projets flottants à construire au sud de la Bretagne, avec un premier parc de 250 MW puis un second allant jusqu'à 500 MW, à créer ultérieurement.

Outre l'avantage économique, une telle mutualisation permettra de réduire les délais, l'impact sur l'environnement et de favoriser la coexistence des usages de la mer.

Postes électriques en mer et raccords non mutualisés

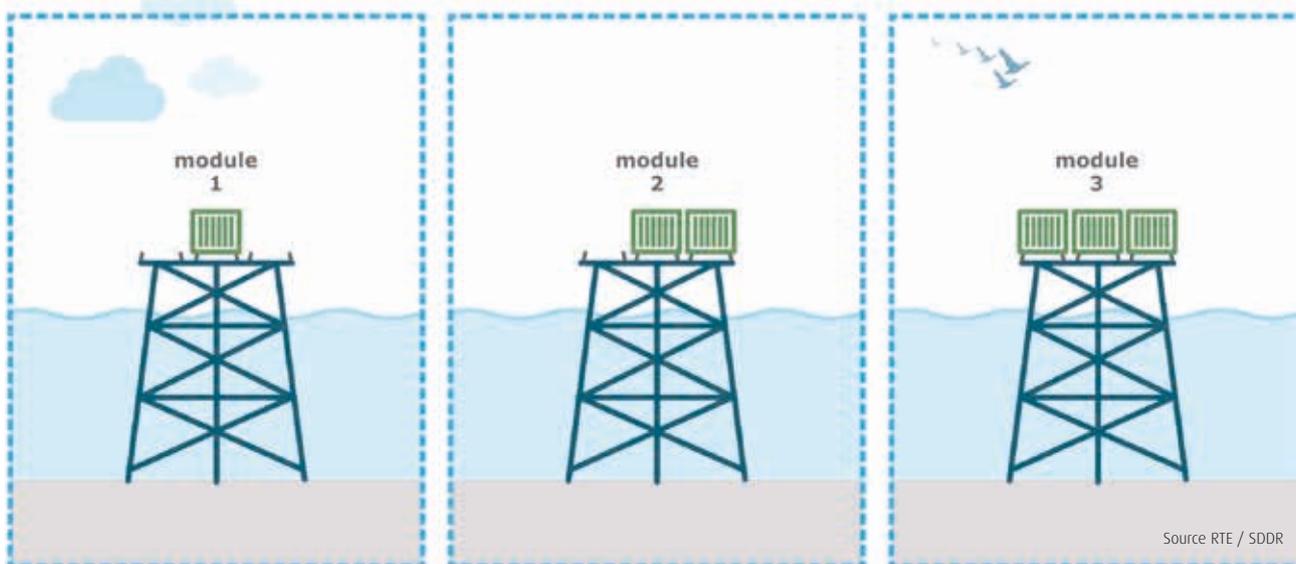


Poste électrique en mer et raccords mutualisés



Selon la configuration des deux futurs parcs et les délais entre projets, RTE pourra proposer un développement modulaire (voir illustration ci-dessous) et par étapes de la plateforme en mer. La structure est alors dimensionnée dès le départ à la puissance visée et les équipements nécessaires sont installés au fur et à mesure. Ces opportunités de mutualisation sont explicitées dans le schéma décennal de développement du réseau de RTE¹.

Développement modulaire de la plateforme en mer



¹ Schéma décennal de développement de réseau de RTE, chapitre 6, p. 174 et suivantes.

b. Les liaisons sous-marines

Les liaisons sous-marines permettent de relier le poste en mer à l'atterrage. Suivant la nature des fonds, et afin d'assurer la sécurité de l'ouvrage, celles-ci seront préférentiellement ensouillées dans le sédiment marin (posés dans une tranchée créée dans le sol à l'aide d'outils adaptés à la nature des fonds) ou recouverts par une protection externe, afin d'éviter le risque d'endommagement des câbles par les ancres des navires ou engins de pêche et de permettre le maintien des activités en mer, au-dessus des câbles. Les moyens maritimes utilisés dépendent de la longueur de câble à poser, de la nature et de la profondeur des fonds marins. Les câbles de la liaison sous-marine peuvent être installés par un navire câblé ou une barge, qui déroule et dépose le câble sur les fonds marins.

L'ensouillage peut être réalisé par différents types d'engins selon la nature des fonds :

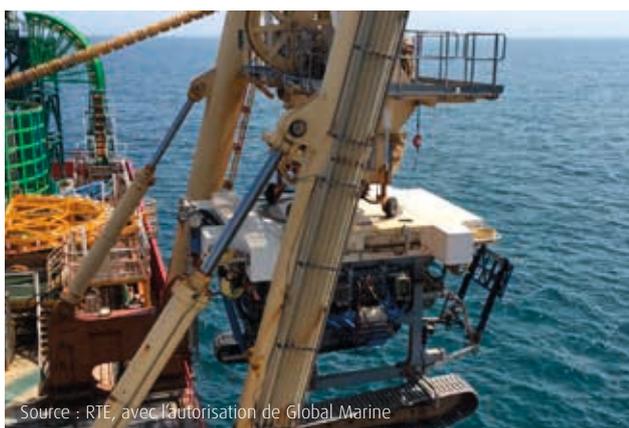
- dans les matériaux meubles, le câble peut être ensouillé au moyen d'une charrue tractée à partir du navire câblé ou d'un autre navire ; la charrue type ouvre un sillon d'environ 0,5 m de large où le câble est déposé et le sillon se referme par gravité ou nivellement par la charrue, quasi simultanément ;
- dans les matériaux sableux, le câble peut être ensouillé au moyen d'une charrue à injection d'eau (*jetting*), qui injecte de l'eau à haute pression pour assouplir la couche sédimentaire et permettre l'ensouillage naturel du câble par gravité, la couche de sédiments se redéposant et se recompressant naturellement ensuite ;
- dans les matériaux plus durs, une trancheuse mécanique peut être utilisée. Il s'agit d'un engin autottracté à chenilles (tracteur à chenilles), équipé d'une roue trancheuse pour des fonds durs ou une chaîne à pic ou à godet pour des fonds sédimentaires compacts.

Pose d'un câble en mer



Source : RTE, avec l'autorisation de Prysmian Group – Navire Cable Enterprise

Engin de water-jetting



Source : RTE, avec l'autorisation de Global Marine

Trancheuse mécanique



Source : ASSO Subsea, avec l'autorisation de ASSO Subsea

En cas de difficultés d'ensouillage ou d'un besoin de protection complémentaire, une solution de protection externe peut être envisagée, par matelas béton, par enrochement, mise en place de coquilles en fonte autour du câble, etc.

Ensouillage – protection extérieure



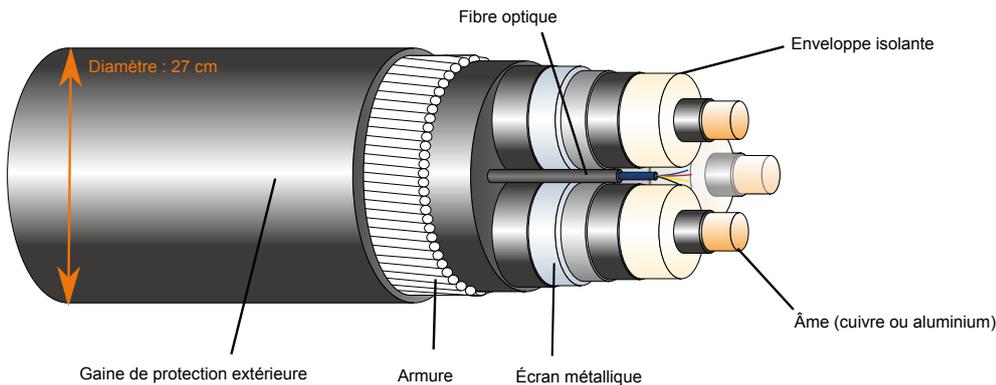
Source : RTE

Chaque liaison sous-marine en 225 kV est composée d'un câble tripolaire, d'un diamètre de l'ordre de 25 à 27 cm et pesant environ 80 à 130 kg au mètre linéaire. Chaque câble intègre un à deux câbles de télécommunications à fibres optiques sous son armure.

La capacité de transport de chaque câble est d'environ 250 à 300 MW, et dépend de nombreux paramètres tels que la distance

à parcourir, l'environnement thermique, le type de conducteur et d'armure, la tension d'exploitation, etc. La pose des câbles dans des tranchées distinctes est impérative pour éviter l'échauffement mutuel des câbles, et ainsi maximiser la capacité de transport par câble. Le schéma ci-dessous détaille les caractéristiques techniques de chacun des câbles sous-marins.

Schéma de principe d'un câble sous-marin tripolaire



Source : RTE

3. L'atterrage

L'atterrage désigne le lieu de la côte où les câbles sous-marins sont raccordés aux câbles souterrains. En raison des différences existantes entre les câbles sous-marins et les câbles souterrains, et pour permettre d'assurer la continuité électrique (en 225 kV), le changement technologique de la liaison sous-marine à la liaison terrestre se fait au sein d'une chambre de jonction. Ces chambres d'atterrage (une par circuit) sont maçonnées et enterrées de dimensions approximatives de 16 m x 3 m, enterrés à 2 m de profondeur en fond de fouille environ. Après raccordement des câbles, les chambres sont recouvertes par des dalles en béton armé puis remblayées.

L'atterrage est souvent un point limitant de la liaison sous-marine en matière de capacité de transport, du fait que l'environnement thermique n'est pas aussi favorable qu'en mer (la température du milieu ambiant et la résistivité thermique du sol y sont plus élevées).

Deux modes de pose sont possibles pour les liaisons à l'atterrage, selon sa configuration :

- *via* une tranchée dans laquelle sont déposés les câbles ;
- *via* un forage dirigé pour passer en dessous de dunes pouvant aller jusqu'à l'estran ;

Ainsi, il est essentiel, pour maximiser les capacités de transport, que le ou les sites d'atterrages réunissent les conditions suivantes :

- possibilité d'espacer suffisamment les câbles et les chambres d'atterrages pour éviter les échauffements mutuels (idéalement une dizaine de mètres entre chaque liaison) ;
- présence d'un sol favorable à l'évacuation de la chaleur (faible résistivité thermique).

4. Les ouvrages à terre

a. La liaison souterraine

Chaque circuit est composé de trois câbles unipolaires indépendants, d'un diamètre d'environ 13 cm, accompagnés d'un à deux câbles de télécommunications à fibres optiques.

Dans le cadre des études de détails, les investigations et analyses de sol permettront de déterminer plus précisément la ou les méthode(s) à employer le long du tracé pour la pose et la protection des liaisons souterraines. Les câbles sont en général déroulés dans des fourreaux, d'un diamètre d'environ 25 cm, en polychlorure de vinyle (PVC) enrobés de béton ou en polyéthylène haute densité (PEHD) selon le milieu traversé. La profondeur de fond de fouille est d'environ 1,70 m, mais peut varier selon la nature du sol.

Chaque tranche de 250 MW nécessitera une liaison 225 kV. Dans l'hypothèse de plusieurs liaisons souterraines parallèles, celles-ci doivent être suffisamment espacées les unes des autres pour limiter le phénomène d'échauffement mutuel des liaisons.

Selon les possibilités en matière de tracés terrestres, les liaisons pourraient être rassemblées sur un unique tracé regroupant plusieurs liaisons, espacées d'environ 2 à 7 mètres entre elles, ou alors réparties sur deux tracés distincts. La première option est fréquemment mise en œuvre à l'étranger pour des liaisons terrestres de ce type.

Exemple de pose de liaison souterraine



Crédit photos : RTE

De plus, il existe plusieurs techniques adaptées aux franchissements d'obstacles en sous-œuvre, comme les routes, les cours d'eau, etc. : forage dirigé, fonçage, etc. Les câbles conducteurs sont déroulés dans les fourreaux sur des tronçons de 800 à 1 200 m environ, puis raccordés entre eux dans des chambres de jonction. Ce sont des ouvrages maçonnés de dimensions de 12 m x 2 m, enterrés à 2 m de profondeur en fond de fouille environ. Après raccordement des câbles, les chambres sont recouvertes par des dalles en béton armé puis remblayées.

b. Les postes de raccordement au réseau terrestre

Le raccordement électrique nécessite la création ou l'extension d'un poste électrique 225 kV, ou 400 kV avec la création d'un échelon 225 kV. Pour les projets de parcs éoliens au large de la Bretagne, ceux-ci devront être raccordés au réseau 225 kV ou 400 kV situé à une vingtaine de kilomètres de la côte à vol d'oiseau, selon leur puissance et leur localisation.

Les liaisons électriques sous-marines et souterraines génèrent de la puissance dite « réactive » qui entame leur possibilité de transit de puissance « active » (utile pour nos usages). Lorsque la longueur totale du raccordement (terrestre et en mer) est importante, la construction d'un poste supplémentaire est nécessaire sur le tracé de la liaison à proximité de l'atterrissage car il permet, au travers d'équipements, de compenser cette puissance réactive.

L'emprise nécessaire à la création de ces ouvrages dépend de la configuration retenue et possible sur le tracé :

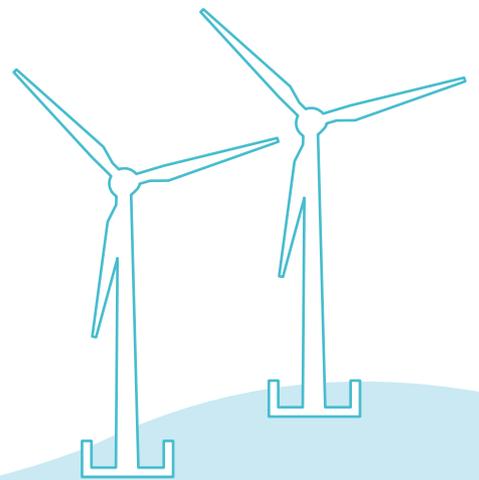
- elle est plus importante si on se raccorde en 400 kV du fait de la création des équipements nécessaires à l'élévation de la tension ;
- elle dépend de la présence ou non du poste électrique intermédiaire.

L'emprise totale de ces deux postes représente, en ordre de grandeur, une dizaine d'hectares.

Exemple d'un poste électrique 225 kV existant



Source : RTE



Comment se fait le démantèlement d'un parc éolien flottant ?

Les principaux points abordés

Cette fiche est consacrée aux enjeux du démantèlement du parc éolien à l'issue de son exploitation. Elle rappelle les principes suivants :

- le démantèlement du parc éolien en mer est une obligation inscrite dans le cahier des charges et prescrite par les autorisations nécessaires à la réalisation du projet ;
- le démantèlement du parc est réalisé par l'exploitant dans le respect de l'environnement et doit permettre le recyclage des composants du parc éolien ;
- des garanties financières sont fournies par l'exploitant à l'État afin de permettre à ce dernier de couvrir les frais du démantèlement si la société exploitant le parc manque à ses obligations. Des pénalités de retard s'imposant à l'exploitant sont également inscrites dans le cahier des charges.

À l'issue de son exploitation, le parc éolien en mer et le raccordement sont déconstruits par l'opérateur d'une part, par RTE d'autre part. Le démantèlement est une obligation réglementaire, inscrite dans les différentes autorisations. Des garanties financières importantes sont constituées auprès de l'État dès le début du projet pour s'assurer du respect de cette obligation. L'État contrôle les opérations proposées par l'opérateur et RTE, y compris les techniques utilisées.

1. L'obligation de démantèlement est prévue par le cahier des charges et prescrite dans les autorisations

L'exploitant d'un parc éolien en mer est contraint de démanteler le parc, à sa charge, en vue de restituer le site dans un état comparable à l'état initial. Cette obligation de démantèlement est inscrite dans le cahier des charges du dialogue concurrentiel et retranscrite dans ses autorisations (Convention d'utilisation du domaine public maritime du lauréat si le projet est situé dans le domaine public maritime, ou autorisation unique si le projet est situé en zone économique exclusive). Pour RTE, l'obligation de démantèlement est également inscrite dans les autorisations.

Pour les parcs précédents, les autorisations prévoient qu'au plus tard trois ans avant le terme de leurs autorisations administratives, le producteur et RTE devront chacun communiquer au préfet du département concerné, pour approbation, une étude portant sur l'optimisation des conditions du démantèlement. Ces études devront impérativement prendre en compte les enjeux environnementaux, ainsi que ceux liés aux activités et à la sécurité maritime, et présenteront un calendrier d'exécution qui sera jalonné par des échéances à respecter.

Le calendrier fait partie intégrante de l'obligation de démantèlement : si le producteur ne respecte pas ces échéances, de lourdes pénalités pourront lui être appliquées (de 10 000 à 40 000 euros par jour dans le cas du projet éolien de Dunkerque par exemple).

2. Les techniques de démantèlement et le recyclage des composants

a. Les étapes du démantèlement d'un parc éolien en mer

Les techniques de démantèlement sont similaires d'un parc à l'autre. Ces opérations sont facilitées par la technologie du flottant (absence d'éléments « fixes » sauf dans le cas des ancrages à jambes de tension).

Les étapes habituelles d'un démantèlement sont les suivantes :

- mise hors service de l'installation électrique du parc éolien ;
- démontage des lignes d'ancrage ;
- les éoliennes seront remorquées à un port (avec des moyens similaires à ceux utilisés pour leur installation) pour être démantelées ;
- retrait si nécessaire des lignes d'ancrage ;
- retrait des protections si nécessaire et récupération des câbles électriques inter-éoliennes et des câbles de raccordement, avec des moyens similaires à ceux utilisés en phase de construction ;
- démontage du poste électrique en mer.

Des études réalisées par le producteur et par RTE permettront d'optimiser les modalités de démantèlement afin que l'ensemble de ces opérations, incluant la gestion de la sécurité en mer, soit réalisé suivant les meilleures conditions environnementales, techniques et économiques. Par ailleurs, si l'étude réalisée par RTE démontre que les effets négatifs du démantèlement sont supérieurs à ceux du maintien (par exemple si le fait de déterrer les câbles en creusant les fonds marins risque d'impacter plus fortement l'environnement que de laisser les câbles sous terre), l'État peut autoriser RTE à déroger à l'obligation de démantèlement, et décider du maintien des ouvrages de raccordement. Les modalités seront définies dans la convention d'utilisation du domaine public maritime (CUDPM), autorisation faisant l'objet d'une consultation du public.

L'État compte indiquer dans le cahier des charges du producteur une obligation de démantèlement des installations du producteur.

b. Le recyclage des composantes du parc éolien

Comme le prévoit le Code de l'environnement, tous les composants rapportés à terre sont démantelés en éléments réutilisables, recyclables ou éliminables. Le démantèlement des éoliennes flottantes s'effectuant à terre, au port, la récupération des terres rares et autres matériaux critiques contenus dans les turbines est facilitée, ce qui doit permettre d'aboutir à un recyclage quasi intégral¹ :

- les parties métalliques comme le mât et le rotor constituent plus de 90 % du poids des éoliennes : leur recyclage est déjà organisé dans les filières existantes. L'acier notamment se recycle très bien, la demande étant en constante augmentation² ;
- le défi le plus important sur le recyclage des éoliennes concerne les 10 % restants, notamment des pales des éoliennes en mer, qui sont faites en matériaux composites.

Elles peuvent alors être broyées et valorisées comme combustible dans les cimenteries, en remplacement des carburants fossiles traditionnellement utilisés. Les cendres servent ensuite de matière première dans la fabrication du ciment. Cette technologie limite donc la production de déchets. Une autre possibilité consiste à utiliser le broyat de pales pour fabriquer de nouveaux matériaux composites. C'est notamment la solution mise au point par l'université de Washington en collaboration avec General Electric (GE) et Global Fiberglass Solutions Inc (GFSI) de Seattle. Le produit obtenu à partir du broyage des pales serait aussi résistant que les composites à base de bois. De très nombreux usages peuvent être envisagés comme des dalles de sol, des glissières de sécurité le long des axes routiers, des plaques d'égout, des skateboards, des meubles ou des panneaux pour le bâtiment. En moins d'un an, GFSI a recyclé 564 pales selon cette méthode, et l'entreprise estime qu'elle pourrait transformer en produits utiles plus de 20 000 tonnes de déchets de matériaux composites dans les deux années à venir.

Des travaux sont en cours pour optimiser le recyclage des parcs éoliens en mer. L'industrie éolienne réalise ces études aux côtés d'autres filières qui utilisent beaucoup les matériaux composites, comme l'aviation et le nautisme.

Retour d'expérience européen sur le démantèlement

Le prototype WF1 ou WindFloat 1 (éolienne de 2 MW installée sur un flotteur semi-submersible conçu par Principle Power) a été installé le 22 octobre 2011 sur le site d'Agucadoura au Portugal, à 5 km des côtes. Après cinq années de test et une production d'électricité supérieure à 17 GWh, flotteur et turbine ont été démantelés comme prévu au cours de l'année 2016.

3. Les garanties financières du démantèlement

L'ampleur des garanties financières exigées et le montant des pénalités applicables au producteur en cas de manquement à ses obligations sont à l'image de l'importance accordée par l'État à la gestion de la fin de vie du projet. Si le producteur manque à ses obligations de démantèlement, ou si la société qui constitue le producteur est dissoute ou liquidée avant la fin du démantèlement, l'État pourra procéder d'office aux opérations de démantèlement. Il fera appel aux garanties financières du producteur pour financer ces opérations et pourra simultanément appliquer les pénalités de retard. Des sanctions administratives pourront également être prises à l'encontre du producteur.

Dès le début de l'exploitation, le producteur devra avoir constitué des garanties financières dédiées au futur démantèlement du parc éolien. Le montant de ces garanties financières doit permettre de couvrir l'intégralité des coûts des opérations de démantèlement et les pénalités applicables en cas de retard dans le calendrier de démantèlement. Le montant est réévalué périodiquement dans le cadre d'une procédure d'expertise réalisée aux frais du producteur et prévue par la CUDPM. Après expertise, le producteur remet des garanties financières dont le montant est égal à celui déterminé par le collège d'expert.

Afin de s'assurer de l'adéquation entre le montant des garanties et le prix d'un démantèlement, le cahier des charges précisera un montant par éolienne. Dans le cas du parc éolien en mer au large de Dunkerque, la garantie devra s'élever à 900 000 € par éolienne au terme de l'exploitation, et à plus d'un million d'euros par éolienne au terme de l'occupation du domaine public maritime. Ce montant peut en outre être révisé à la hausse s'il s'avérait insuffisant.

À noter : dans la mesure où RTE est une entreprise sur laquelle l'État peut exercer directement ou indirectement une influence dominante du fait de son statut, il n'y a pas de garantie versée par RTE au profit de l'État. Toutefois, si RTE venait à ne plus être une société à capital majoritairement public, RTE serait contraint de constituer également des garanties financières pour couvrir les coûts de démantèlement.

¹ https://www.ifri.org/sites/default/files/atoms/files/cruciani_eolien_flottant_2019.pdf

² L'observatoire de l'Éolien 2019 : analyse du marché, des emplois et des enjeux de l'éolien en France, Octobre 2019, réalisé par Capgemini et la FEE ; <https://fee.asso.fr/wp-content/uploads/2019/11/observatoire-2019-final.pdf>

1



2



Quelle sécurité pour l'ancrage des éoliennes en cas de tempête ou de collision avec un navire ou une épave ?

Les principaux points abordés

Cette fiche aborde les enjeux liés à la sécurité d'un parc d'éoliennes flottantes et les risques potentiels d'accident. Elle présente également les autorités compétentes qui assurent les missions de réglementation et de sécurisation de l'infrastructure en mer. Ainsi, sont présentés dans cette fiche :

- les enjeux de la dérive d'une éolienne flottante au sein du parc éolien en mer ;
- les circonstances relativement rares pouvant être à l'origine d'un incident sur le parc et les dispositifs de sécurité qui peuvent être mis en place (signalisation, interdiction de circulation, etc.) ;
- les moyens intégrés dès la conception des éoliennes afin de réduire les risques de dérive ;
- les autorités compétentes en matière de maintien de la sécurité en mer et leurs prérogatives : préfets de région, préfets coordonnateurs de façade, préfet maritime de l'Atlantique et les CROSS (Centres régionaux opérationnels de surveillance et de sauvetage).

1. Les enjeux d'une dérive d'éolienne

Si l'ancrage d'une éolienne était totalement rompu, cela entraînerait une dérive du flotteur pouvant entrer en collision avec d'autres éoliennes ou d'autres objets flottants, constituant ainsi un danger pour le parc ou la navigation maritime. De plus, cela pourrait potentiellement entraîner une rupture des connexions électriques entre éoliennes avec des conséquences sur la production du parc.

2. Des causes d'incident variées, mais un aléa relativement faible

La détérioration d'une ligne d'ancrage peut avoir plusieurs origines :

- la croche par un navire en détresse en cas de mouillage d'urgence (le mouillage désigne l'action d'immobiliser une embarcation au moyen d'une ancre) ;
- la collision du flotteur avec une embarcation désemparée qui vient exercer un effort supplémentaire sur l'ancrage.

Ces causes d'incidents restent relativement rares. Ainsi, en 2018, sur les quelque 3 500 interventions menées par le CROSS Étel (Centre régional opérationnel de surveillance et de sauvetage), 64 % impliquaient la plaisance ou les activités nautiques de loisirs, 10 % la pêche et 3 % le commerce, le reste des interventions n'impliquait pas d'embarcation flottante (accidents de baignades ou plongée, etc.). Ainsi, la part des navires importants en tonnage, donc susceptibles de constituer un danger pour les flotteurs d'éoliennes, et concernés par des demandes d'assistance est faible.

Toutefois, si les opérations menées par le CROSS Étel sont principalement dues à la plaisance, le trafic maritime important qui passe au large de la zone et qui est issu d'une des routes maritimes la plus importante au monde entraîne des accidents dont les répercussions se font sentir sur tout le littoral de la façade atlantique française.

En effet, en raison de l'orientation ouest-sud-ouest des vents, la zone peut être concernée par les navires désemparés ou les éventuelles pollutions consécutives à des événements de mer survenant plus au large.

Plusieurs dispositifs existent pour limiter les accidents :

- selon les enjeux, interdiction de la navigation à proximité ou à l'intérieur du parc ;
- dispositif de signalisation des flotteurs et des lignes d'ancrage conforme à la réglementation de la navigation maritime (feu, corne de brume, etc.) ;
- signalement du parc et des servitudes associées sur les cartes marines.

Si l'accident ne peut être évité, il faut être en mesure d'en réduire la portée.

3. Une conception permettant de réduire les conséquences d'un accident

Dans le cadre des fermes pilotes, le risque a été évalué et la conception des flotteurs est prévue pour résister à la collision avec un conteneur ou même un navire en détresse devenu non manœuvrant.

Le flotteur présente en effet de grandes dimensions de l'ordre de la centaine de mètres avec un tirant d'eau de plus de 15 m. Aussi, par conception, les flotteurs sont en mesure de résister à un choc occasionné par la plupart des embarcations. Seuls les navires de très grosse taille représentent un danger en cas de collision accidentelle.

Par ailleurs, des coefficients de sécurité sont établis pour que le flotteur soit en mesure de maintenir l'éolienne en place même en cas de rupture d'une ou plusieurs lignes d'ancrage. Celles-ci sont redondantes, asymétriques et indépendantes, les rendant aptes à supporter un choc accidentel avec un bateau en détresse.

Enfin, les éoliennes sont pourvues de dispositifs de communication qui transmettent en temps réel des informations relatives à leur fonctionnement. En cas d'avarie, le centre de maintenance sera alerté et pourra intervenir pour mettre l'installation en sécurité.

4. Les autorités intervenant dans la sécurité de l'installation

a. La préfecture de région

Le préfet de région intervient dans le domaine de la gestion de la pêche. Il réglemente dans les eaux territoriales et intérieures, la protection de la ressource et la réglementation de la pêche.

Les différentes autorités compétentes en matière de réglementation applicable à la gestion de la pêche

Sur le plan international, la gestion des pêches est assurée par les organisations régionales de gestion des pêches (ORGP), qui sont des organismes internationaux créés par des conventions ou accords internationaux, tels que la commission générale des pêches pour la Méditerranée créée en vertu d'un accord pris sur la base de la constitution de la FAO (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture).

Au niveau européen, les acteurs de la gestion des pêches ont évolué au gré de la construction de l'Union européenne. Le Traité de Lisbonne a marqué en 2012 un tournant significatif dans les relations institutionnelles européennes. Ainsi, avant son entrée en vigueur, la Commission et le Conseil étaient les deux organes décisifs pour l'élaboration de la gestion des pêches, le Parlement européen n'émettant que des avis. Avec l'entrée en vigueur du Traité de Lisbonne, le Parlement fait désormais partie intégrante de la procédure de l'élaboration des règlements puisqu'il prend part à la décision.

Au niveau national, en application du principe de la compétence exclusive de l'Union européenne, l'État a pour mission de faire appliquer et contrôler la réglementation européenne. Il peut également mettre en œuvre des mesures de gestion nationales lorsqu'elles vont plus loin que les prescriptions communautaires. Si ces règles devaient s'appliquer à des navires d'autres États membres de l'Union, l'État doit alors se concerter avec ces derniers. La nouvelle politique commune de la pêche (PCP) va même plus loin en parlant de « régionalisation » et contraignant les États à se mettre d'accord entre eux pour adopter des mesures communes d'application de la PCP. Ainsi, l'autorité en France responsable de la gestion des pêches est le ministre en charge de ce portefeuille. Le Comité national des pêches maritimes et des élevages marins (CNPME) est consulté sur tous les projets de réglementation concernant le secteur.

Au niveau local, les représentants de l'État sont les préfets de régions et les comités des pêches sont compétents, comme pour le CNPME, pour édicter des normes régionales.

b. Les préfets coordonnateurs de façade

Le décret n° 2012-219 du 16 février 2012 relatif à la stratégie nationale pour la mer et le littoral et aux documents stratégiques de façade crée le document stratégique de façade (DSF). Chaque DSF précise et complète les orientations de la stratégie nationale pour la mer et le littoral au regard de ses enjeux économiques, sociaux et écologiques propres.

Le document stratégique de façade est élaboré, adopté et mis en œuvre sous l'autorité des préfets coordonnateurs. Pour la façade Nord Atlantique – Manche Ouest, les préfets coordonnateurs sont le préfet maritime de l'Atlantique et le préfet de la région des Pays de la Loire. Les préfets coordonnateurs de façade ont donc d'abord un rôle dans la planification des usages de la mer.

c. La préfecture maritime de l'Atlantique

Le préfet maritime est le représentant de l'État en mer, délégué du Gouvernement et représentant direct du Premier ministre et de chacun des ministres. Il est investi d'une « autorité dans tous les domaines où s'exerce l'action de l'État en mer » dont les missions sont fixées dans l'arrêté du Premier Ministre du 22 mars 2007.

À ce titre, le préfet maritime dispose d'un pouvoir de police générale et veille à la défense des droits souverains et des intérêts de la Nation, au maintien de l'ordre public, à la sauvegarde des personnes et des biens, à la protection de l'environnement et à la coordination de la lutte contre les activités illicites.

Sa mission s'exerce en mer à partir de la limite des eaux, sauf à l'intérieur des limites administratives des ports. Les fleuves et les estuaires sont traversés par une ligne fixant la limite transversale de la mer, déterminée par arrêté. C'est la limite des compétences respectives du préfet maritime et du préfet de département.

Le préfet maritime statuera notamment après avis des services et de la grande commission nautique sur les mesures de sécurité à observer aux abords du parc éolien, à sa signalisation et sur la possibilité de navigation à l'intérieur du parc.

d. Le Centre régional opérationnel de surveillance et de sauvetage (CROSS) et ses missions

Dans le cadre de l'action de l'État en mer et sous l'autorité opérationnelle du préfet maritime, les CROSS assurent une mission générale de coordination des activités de sécurité et de surveillance des activités maritimes. Sont présentées ci-dessous les principales missions assurées par les CROSS.

Recherche et sauvetage (SECMAR)

Sous l'autorité du préfet maritime de l'Atlantique, le CROSS Corsen assure la réception des alertes de détresse transmises par téléphone ou reçues grâce à son réseau radio VHF et MHF (phonie et ASN) veillé en permanence, ainsi que par les systèmes de transmission par satellite (INMARSAT, COPSAS-SARSAT). Il dirige et coordonne les opérations de sauvetage et d'assistance, y compris lors des sinistres majeurs, et peut faire appel à l'ensemble des moyens nautiques et aériens des ministères chargés de la Défense, de l'Intérieur, de la Mer et du Budget ainsi qu'aux canots, vedettes et embarcations semi-rigides de la Société nationale de sauvetage en mer (SNSM), son premier partenaire opérationnel.

Surveillance de la navigation

Le CROSS Corsen exerce, sous l'autorité opérationnelle du préfet maritime et avec le concours des sémaphores de la Marine nationale, la surveillance de la navigation.

Il est à la fois :

- service de trafic maritime (STM/VTS) dans une zone circulaire de 40 milles nautiques autour de l'île d'Ouessant, assurant à ce titre :
 - la surveillance du trafic dans le dispositif de séparation mis en place au large de l'île d'Ouessant (DST),
 - la réception et l'exploitation des compte rendus obligatoires transmis par les navires,
 - la fourniture d'informations de sécurité aux navires,
 - la sensibilisation des navires en cas de risque d'abordage ;

- service d'assistance maritime (MAS) pour l'ensemble de sa zone de responsabilité. Il est ainsi chargé de :
 - la réception et de l'analyse des informations relatives à des situations anormales ou d'avarie des navires de commerce,
 - la retransmission de ces informations aux autorités compétentes,
 - le lien entre ces dernières et le navire impliqué ;
- service chargé de gestion des autorisations de mouillage dans les eaux intérieures pour les navires de plus de 25 mètres et en dehors des approches de Brest.

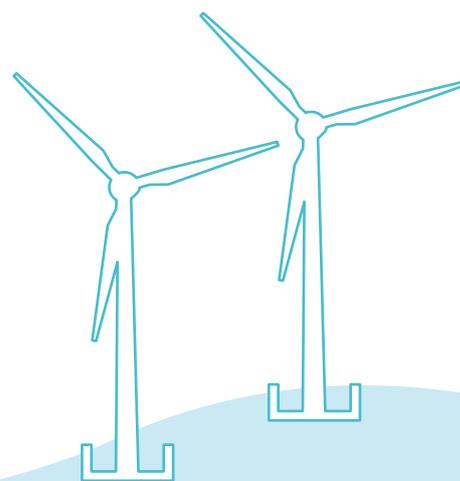
Surveillance des pollutions

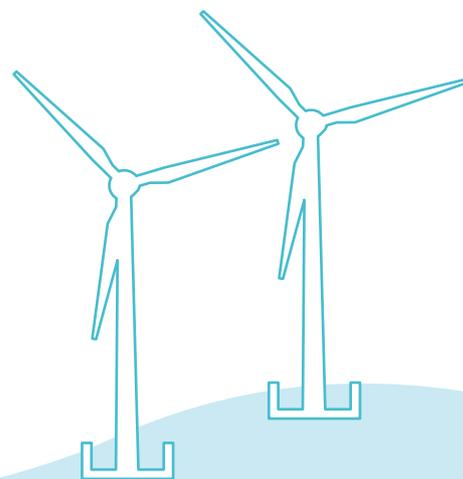
Sous l'autorité du préfet maritime, en liaison avec le procureur de la République près le tribunal de grande instance de Brest, le CROSS assure le recueil et l'exploitation des informations relatives aux pollutions constatées en mer et participe à la recherche des navires auteurs des rejets illicites (mission SURPOL) à l'intérieur de la zone économique exclusive (ZEE). Il est le point de contact opérationnel français, pour la partie de la ZEE s'étendant du golfe de Gascogne à la baie du Mont Saint-Michel, du système de détection des pollutions par satellite CleanSeaNet, mis en œuvre par l'Agence européenne de sécurité maritime (AESM basée à Lisbonne).

Recueil et diffusion de l'information nautique

Le CROSS Corsen assure enfin la diffusion des avertissements de sécurité de la navigation (AVURNAV) et météorologiques par le biais du système NAVTEX (diffusion pour le large). Il diffuse également plusieurs fois par jour, à partir des stations VHF et MHF déployées sur le littoral, les bulletins météorologiques côtiers, larges et spéciaux émis par les services de Météo France.

Ainsi en cas d'avarie d'un navire ou tout autre objet flottant mettant en péril le parc éolien, ou en cas de problème sur le parc lui-même, le préfet maritime a l'autorité et les moyens d'intervention nécessaires pour faire cesser le danger.





Pourquoi est-ce l'État, et non le futur industriel, qui porte aujourd'hui le projet en débat ? Quel est l'intérêt pour le public ?

Les principaux points abordés

Cette fiche présente la procédure de débat public sur le projet de parc éolien porté par l'État. Elle détaille en particulier :

- les évolutions récentes issues de la loi ESSOC qui permettent à l'État d'engager le débat public bien en amont, avant la définition précise du projet ;
- les avantages de cette nouvelle procédure pour le public, qui est désormais associé avant que les conditions de réalisation du projet ne soient fixées, en particulier concernant la localisation du parc éolien et son raccordement ;
- les grands objectifs poursuivis par le débat public ;
- les études environnementales réalisées par l'État et RTE pour accompagner le public dans le cadre du débat ;
- le déroulement du débat public et le rôle de la Commission nationale du débat public.

1. Les évolutions issues de la loi ESSOC concernant le processus de développement d'un parc éolien en mer

Présentation du cadre du débat public : les évolutions réglementaires de la loi ESSOC

Avant la loi ESSOC

Saisine de la CNDP par le développeur éolien, lauréat de l'appel d'offres organisé par l'État

- **Le débat public porte :**
 - sur un **projet aux caractéristiques définies**,
 - **sans modification** possible de la zone de projet,
 - une fois **le lauréat de l'appel d'offres désigné**.
- **Les études** sur la zone soumise au débat public et les études environnementales sont **réalisées par le lauréat**.
- L'autorisation est délivrée pour **un projet dont les caractéristiques sont figées**.
- Les mesures « **éviter, réduire, compenser** » (ERC) **sont en conséquence, non modifiables**.

Après la loi ESSOC

Saisine de la CNDP par l'État

- **Le débat public porte notamment :**
 - sur l'opportunité, le **choix de la localisation** de la ou des zones préférentielles d'implantation des projets,
 - sur **l'ensemble des enjeux** permettant la bonne intégration et mise en service des parcs,
 - avant que le lauréat de l'appel d'offres **ne soit désigné**.
- **Les études initiales** sur la zone soumise au débat public et les études environnementales préliminaires sont **réalisées par l'État et RTE** puis transmises aux candidats.
- À l'issue de l'enquête publique, l'autorisation délivrée est fondée sur des **caractéristiques variables** (puissance, nombre et gabarit des éoliennes, etc.) pour **permettre l'adaptation du projet aux évolutions technologiques**.
- La démarche d'évaluation environnementale produite par le lauréat et RTE étudiera globalement les différents scénarios et proposera **une série de mesures d'évitement**, à défaut de réduction voire de compensation **prenant en compte ces différentes caractéristiques variables**.

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 (ESSOC). Désormais, pour les énergies renouvelables en mer et leur raccordement, un débat public (ou une concertation avec garants selon le choix de la Commission nationale du débat public) sont organisés préalablement au lancement de la procédure de mise en concurrence (en vue de choisir un développeur éolien, qui réalisera et exploitera le parc éolien). Cette nouvelle procédure est fondée sur le retour d'expérience des six premiers débats éoliens en mer qui a démontré l'intérêt d'associer le public au plus tôt dans la définition des projets, notamment en vue de définir la localisation du parc éolien en mer et du raccordement.

Ainsi, le débat public porte non pas sur un projet précis présenté par un lauréat, mais sur des caractéristiques générales d'un ou plusieurs projets, sous l'égide de l'État lui-même.

En outre, dans le cadre de la mise en œuvre du contrat d'action publique pour la Bretagne, le Conseil régional de Bretagne est associé par l'État (article R. 121-3-1 du code de l'environnement). En tant que maître d'ouvrage du raccordement, RTE est également associé conformément aux dispositions de ce même article.

2. L'intérêt de cette nouvelle procédure pour le public

Le débat public intervient avant le lancement de la procédure de mise en concurrence. Ceci permet au public de s'exprimer à un moment du projet où de nombreuses options restent ouvertes. En particulier, dans la procédure précédente, il n'était pas possible de modifier la localisation du parc lors du débat public puisque celle-ci était fixée par la procédure de mise en concurrence. Avec un débat public en amont, le public peut donc participer plus tôt aux principales décisions, et en particulier au choix de la localisation du parc éolien en mer au sein de la zone d'étude en mer et du raccordement au sein de la zone d'étude du raccordement.

Ainsi le débat ne porte pas sur un projet abouti ou sur ses impacts précis puisqu'il intervient avant la définition du projet. En revanche, l'information fournie lors du débat public n'a pas le niveau de détail qui a pu être présenté au public pour les six premiers parcs, notamment en ce qui concerne les impacts sur l'environnement.

3. Les grands objectifs du débat public pour le maître d'ouvrage

Le débat public doit éclairer l'État pour la définition d'une zone préférentielle pour l'implantation des éoliennes en mer et du raccordement mutualisé associé en mer et à terre, mais aussi sur la rédaction du cahier des charges de l'appel d'offres et les conditions de maintenance du parc.

La participation du public est très importante dans le développement des projets éoliens en mer. L'État souhaite, en outre, que la participation du public permette :

- d'engager le public dans la réflexion pour identifier des zones préférentielles. La participation du public doit lui permettre de s'exprimer sur tous les enjeux de la zone d'étude en mer et de la zone du raccordement mutualisé en mer et à terre et la manière dont ils devraient être pris en compte pour définir la zone d'implantation des projets à venir ;
- d'exprimer les conditions préalables au développement de l'éolien en mer et du raccordement dans la zone de débat, ainsi que les modalités propices à l'intégration sur le territoire du projet global ;
- de faire connaître le cadre de la démarche et des processus de développement de l'éolien en mer en France.

La réussite du projet, c'est-à-dire la mise en service d'un parc commercial d'éoliennes flottantes dans les meilleurs délais avec le développement d'une filière économique associée en Bretagne et Pays de la Loire, implique une bonne insertion territoriale de ce dernier. Il est donc essentiel de recueillir les attentes du public au plus tôt et dans une approche systémique (parc, raccordement, maintenance, paysage, environnement, économie, etc.) afin d'identifier l'ensemble des enjeux.

4. Les études environnementales mises à disposition dans le cadre du débat public

Afin d'éclairer le public sur les enjeux de la zone d'étude en mer et de son raccordement à terre, le ministère de la Transition écologique et RTE ont conjointement mandaté des bureaux d'études afin de réaliser une étude bibliographique des enjeux environnementaux de la zone d'étude en mer et des zones d'étude terrestres associées aux possibles points de raccordement au réseau public de transport d'électricité. Il s'agit d'un état de l'art au moment du lancement du débat public. Cette étude a été pilotée avec l'Office français de la biodiversité et l'Ifremer.

Cette étude a été complétée sur les aspects paysagers, météocéaniques, géophysiques, et socio-économiques par les établissements publics et les services de l'État compétents dans ces différents domaines : la DIRM Nord Atlantique - Manche Ouest et l'Ifremer pour les aspects pêche et transport maritime, la DREAL Bretagne sur les enjeux paysagers, la préfecture maritime sur les aspects défense et sécurité maritime, le Service hydrographique et océanographique de la Marine (SHOM) et Météo-France pour la caractérisation météo-océanique et géophysique de la zone d'étude. Le Cerema a appuyé les services de l'État dans ses analyses.

Ces études bibliographiques, établies à partir des données aujourd'hui disponibles, ne constituent pas un état initial de l'environnement à l'échelle d'un projet : celui-ci sera mené par l'État et par RTE sur la ou les zones retenues à l'issue de la participation du public.

Quels sont les points sensibles à préserver dans la zone d'étude en mer ?

Avec quels usages l'activité éolienne devrait-elle cohabiter ?

L'environnement

5. Le déroulement du débat public et le rôle de la Commission nationale du débat public

La CNDP (Commission nationale du débat public) détermine les modalités de participation du public pour les projets dont elle est saisie. Elles peuvent prendre la forme d'un débat public ou d'une concertation avec garants. Pour les projets éoliens flottants au sud de la Bretagne, la CNDP a décidé de la tenue d'un débat public.

La CNDP constitue une Commission particulière du débat public (CPDP) qu'elle charge de la préparation et l'organisation du débat public. Le maître d'ouvrage, l'État, a associé RTE (maître d'ouvrage du raccordement) et le Conseil régional de Bretagne pour présenter le projet.

À l'issue du débat, la CPDP en rédige le compte rendu et la CNDP le bilan. L'État ayant saisi la CNDP, il prendra une décision motivée, en association avec RTE, indiquant le principe et les conditions de la poursuite du projet. Après le débat et jusqu'à l'enquête publique, la CNDP s'assure du respect des bonnes conditions d'information et de participation du public, en particulier grâce à la désignation d'un ou plusieurs garants.

L'association du public se poursuivra à toutes les étapes du projet. À l'issue du débat public, l'État et RTE informent la CNDP des modalités d'information et de participation mises en œuvre jusqu'à la désignation du lauréat ; ce dernier complétera en lien avec RTE leur définition et leur mise en œuvre jusqu'à l'ouverture de l'enquête ou de la consultation publique sur les autorisations. La CNDP peut émettre des avis et recommandations sur ces modalités. En particulier, le raccordement du parc éolien en mer fera l'objet d'une concertation complémentaire à ce processus de participation du public, dite « concertation Fontaine¹ ».

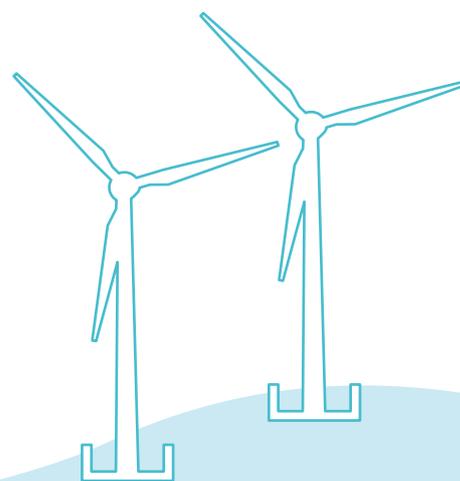
Un dialogue devra en outre s'engager entre les différentes parties prenantes et le lauréat de la procédure de mise en concurrence, pour la détermination exacte de son projet. Le cahier des charges pourra en particulier prévoir la mise en place d'un comité de suivi du projet, piloté par l'État et rassemblant l'ensemble des parties prenantes.

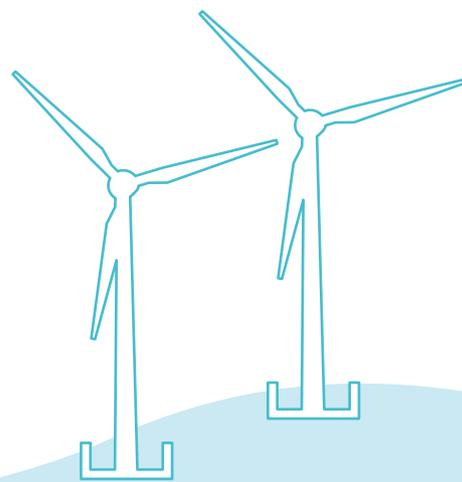
Ensuite, l'enquête publique ou la consultation du public sur les autorisations constituera une nouvelle étape clé de l'association du public à la définition du projet global (raccordement et parc éolien en mer).

1



¹ http://circulaire.legifrance.gouv.fr/pdf/2009/03/cir_26580.pdf





Quelle est la place du débat public dans le processus de décision ?

Les principaux points abordés

Les évolutions récentes de la réglementation permettent désormais de consulter le public très tôt dans la procédure de création d'un parc éolien en mer. C'est ce qui fait l'une des particularités de ce projet et de sa mise en débat. Cette fiche présente :

- les contours juridiques, le contexte du débat et ses objectifs, ainsi que les marges de manœuvre qui seront accordées plus tard, lors de la procédure de mise en concurrence ;
- les principaux sujets mis en débat dans le cadre de ce projet, et sur lesquels il est attendu que le public donne son avis.

1. Le cadre dans lequel se déroule le débat public

Les évolutions récentes de la réglementation permettent désormais de consulter le public très tôt dans la procédure, c'est-à-dire à un moment du projet où de nombreux choix restent à faire, en particulier celui de la localisation. C'est le sens du débat public qui se tient aujourd'hui : l'État en attend qu'il permette de définir une zone préférentielle de 600 km², au sein de laquelle une zone de 200 km² sera identifiée pour lancer une mise en concurrence pour le premier parc éolien flottant en mer français. L'État attend notamment du débat public qu'il permette de converger sur le choix de cette zone, dans une optique de partage des usages de la mer, de cohabitation des activités et du respect de l'environnement.

La participation du public doit également permettre de mieux définir les contours du cahier des charges de la mise en concurrence et identifier les enjeux pour la population pour améliorer le projet que conduiront le lauréat et RTE dans une première phase (2021, 250 MW), puis dans une autre le cas échéant (jusqu'à 500 MW, 2024).

En outre, la réussite du projet implique le recueil des attentes du public au plus tôt, dans une approche systémique (localisation du parc, conditions de raccordement, maintenance et exploitation du parc, paysage, environnement, économie, etc.), pour intégrer le plus précocement possible, l'ensemble des enjeux.

Ainsi, le débat public doit permettre de faire de ce projet un réel projet de territoire, de faciliter la suite de la procédure et de réduire les délais de mise en service, en prenant le temps nécessaire de la concertation : démarche d'évaluation environnementale, instruction des dossiers relatifs à la loi sur l'eau et occupation du domaine public maritime (parc et raccordement).

C'est donc dans un esprit d'écoute et d'ouverture que les services de l'État viennent à votre rencontre vous présenter le projet, répondre à toutes vos questions et recueillir vos propositions et suggestions.

Avant le débat, un processus de concertation initié dès 2015

La zone du débat, fruit d'une réflexion collective menée depuis 2015

À l'issue des premières procédures de mise en concurrence de 2011 et 2013, le Gouvernement a demandé aux préfets coordonnateurs de la façade maritime Nord Atlantique – Manche Ouest d'identifier de nouvelles zones propices à l'implantation de parcs éoliens en mer. Des dialogues ont alors été menés afin de recueillir l'expression des acteurs locaux et du public et d'assurer la prise en compte des enjeux du territoire.

En Bretagne, ces travaux ont été menés par le groupe de travail « énergies marines renouvelables » (GT EMR) de la Conférence régionale pour la mer et le littoral de Bretagne (CRML). Ils ont permis d'associer très en amont tous les acteurs régionaux lors de plusieurs réunions de travail thématiques. Leurs réflexions se sont appuyées sur une étude du potentiel technico-économique réalisée par « Bretagne développement innovation » (BDI), l'agence économique régionale, introduisant des éléments de réflexion sur le coût, au regard des travaux du Cerema et de RTE, également croisées avec les données relatives aux servitudes maritimes et militaires, aux enjeux environnementaux et aux usages. Cette stratégie collaborative a ensuite été validée par le Conseil maritime de façade (CMF).

Un travail de préparation qui duré trois ans, avec 15 réunions de travail thématiques (impacts environnementaux, impacts socio-économiques, contraintes et servitudes, pêche, etc.) et les différentes contributions de ses membres ont conduit la CRML à définir, à l'unanimité en juin 2018, une zone propice au lancement des appels d'offres sur une surface de 516 km² permettant d'accueillir jusqu'à 1 GW à horizon 2030 au sud de la Bretagne.

La poursuite du processus dans le cadre de la concertation sur les documents de planification

Le processus de concertation s'est poursuivi dans le cadre de l'élaboration de la stratégie de façade maritime. Le développement des énergies renouvelables en mer sur la façade maritime est en effet un axe structurant du document stratégique de la façade (DSF) Nord Atlantique – Manche Ouest. Dans le cadre de son élaboration, un état des lieux de l'activité a été effectué et des objectifs de développement ont été discutés avec les acteurs locaux réunis au sein du Conseil maritime de façade (CMF). La commission permanente élargie aux commissions spécialisées, est le lieu de discussion des sujets liés aux énergies renouvelables en mer et à leur développement, en préparation des avis de l'assemblée plénière.

La concertation menée dans le cadre du CMF pour élaborer le DSF, dont le volet stratégique a été approuvé en septembre 2019, a permis de définir plusieurs zones à vocation de développement de l'éolien en mer, notamment les zones 3b « Plateau continental central » au large de la Bretagne et des Pays de la Loire, et 5e « Bretagne Sud ».

La zone d'étude soumise au débat public, issue des consultations menées dans le cadre du groupe de travail « énergies marines renouvelables » (GT EMR) de la Conférence régionale pour la mer et le littoral de Bretagne (CRML) et s'inscrivant dans le cadre du document stratégique de façade (DSF) ; est située en partie sur la zone de vocation 3b et en partie sur la zone de vocation 5e. Cette zone d'étude en mer est limitée par plusieurs zones d'exclusion : au nord par la zone d'approche de l'aéroport de Lorient, à l'ouest et à l'est par des zones de tir.

Le processus de concertation avec les parties prenantes au niveau local a contribué au partage des connaissances et des enjeux sur la zone d'étude en mer présentée aujourd'hui au débat public. L'objectif est ainsi d'assurer la prise en compte de l'ensemble des enjeux du territoire, et par conséquent de faciliter la cohabitation entre les différentes activités sur la façade maritime.

Le débat public s'inscrit dans la suite de ce processus de concertation, en l'élargissant au grand public.

2. Les objectifs du débat public pour l'État

Le débat public va éclairer l'État sur les caractéristiques globales des futurs projets éoliens flottants en mer et en particulier sur la localisation des zones préférentielles pour leur implantation. À l'issue du débat public, l'État avec la participation de la Région dans le cadre du contrat d'action publique pour la Bretagne, rédigera le cahier des charges de la procédure de mise en concurrence, lequel comportera notamment la localisation du parc et ses conditions de construction et d'entretien. La rédaction du cahier des charges se nourrira du bilan du débat public produit par la CNDP, sous réserve des contraintes juridiques imposées par le droit. Le public continuera par ailleurs à être associé à toutes les grandes étapes du projet, notamment lors de la concertation post-débat public et lors de l'enquête publique préalable à la délivrance des autorisations administratives : autorisation environnementale et occupation du domaine public maritime le cas échéant.

a. Partager le diagnostic des enjeux au large du sud de la Bretagne

Le débat est l'occasion pour l'État de bénéficier de « l'expertise d'usages » et des pratiques de terrain. Il est en effet un moment privilégié pour échanger avec le public sur le diagnostic des enjeux de la zone d'étude en terre comme en mer, tel qu'il ressort de l'analyse partagée des données disponibles. Ainsi, le débat doit permettre de présenter les contraintes et les opportunités liées à l'éolien en mer flottant, de nourrir la réflexion sur le diagnostic, de permettre au public de se l'approprier et de donner sa propre vision des enjeux de la zone en mer pour les éoliennes et à terre pour le raccordement et la maintenance.

b. Permettre l'émergence de zones préférentielles de moindre effet

La compréhension partagée des enjeux de la zone vise à désigner une ou plusieurs zones préférentielles prioritaires présentant l'impact le plus faible possible sur les activités et usages existants et sur l'environnement. Le débat permettra d'identifier les opportunités, ainsi que les zones à éviter afin de dégager des zones en mer et à terre de moindre effet prenant en compte les usages et les sensibilités environnementales. Ceci afin de lancer une procédure de mise en concurrence à l'issue du débat public sur cette zone pour un parc de 250 MW attribué en 2021 puis de 500 MW maximums attribué à partir de 2024. En effet, le débat public s'inscrit également dans une vision de moyen terme, afin de faire émerger une zone préférentielle pour une future mise en concurrence.

c. Définir des modalités propices à l'intégration du futur parc éolien en mer sur le territoire

Le débat public est, de plus, l'occasion pour les participants de faire part de leurs observations sur les moyens qu'il leur semble utile de mettre en place pour réduire les effets d'un parc éolien flottant. Il peut s'agir d'une part de ses caractéristiques, mais aussi de mesures liées aux enjeux des zones préférentielles. Ces contributions pourront être reprises dans le cahier des charges de la procédure de mise en concurrence, dans le respect du cadre juridique et des possibilités offertes par cette procédure.

Le débat public constitue également une opportunité de faire s'exprimer des idées sur la façon dont les futurs parcs éoliens flottants pourraient apporter une plus-value au territoire, au-delà de la fourniture d'électricité à partir d'une source renouvelable et des emplois directs et indirects créés. À l'image du concours organisé par RTE sur l'implantation d'autres usages sur la plateforme en mer pour le projet éolien en mer au large de Dunkerque, les suggestions d'optimisation des infrastructures en mer et/ou de leur co-usage pourront être discutées pendant le débat public.

Quelles sont les marges de manœuvre autorisées par le droit dans le cadre d'une procédure de mise en concurrence pour un projet éolien en mer ?

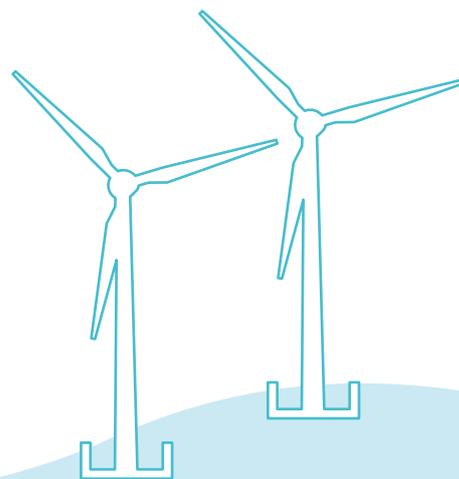
Les procédures de mise en concurrence pour des projets éoliens en mer sont régies par le code de l'énergie, et par le droit européen en matière d'aide d'État. La Commission européenne doit, à ce titre, valider le cahier des charges de la procédure de mise en concurrence au titre de la future aide d'État qui doit être compatible avec les règles européennes. La procédure doit en particulier respecter les critères de transparence et d'égalité de traitement des candidats. La notation des offres remises par les candidats ne peut porter que sur des critères objectifs et non discriminatoires pour les différents acteurs européens de l'éolien en mer, le prix devant constituer le critère principal. Il n'est notamment pas juridiquement possible de prévoir un critère de notation qui porterait sur des engagements relatifs à l'emploi local ou sur la nationalité du candidat.

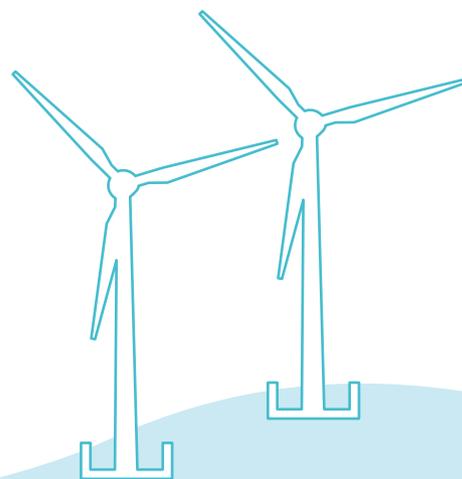
Dans le cas de la procédure de mise en concurrence pour le projet au large de Dunkerque par exemple, le cahier des charges prévoyait les critères de notation objectifs suivants : le tarif de référence de l'électricité comptait pour 70 % de la notation ; la robustesse financière et contractuelle de l'offre comptait pour 10 % ; l'emprise maximale de l'installation et la distance minimale à la côte comptaient respectivement pour 7 et 4 % ; le nombre maximum d'éoliennes comptait pour 4 % ; le montant alloué aux mesures et aux suivis environnementaux comptait pour 5 %.

Même si les possibilités de faire évoluer les critères de notation sont limitées, il est envisageable, au sein du cahier des charges, de fixer des « mesures d'exécution », ou obligations qui s'imposeront à tous les candidats, et donc au lauréat.

Dans le cas de la procédure de mise en concurrence pour le projet de Dunkerque par exemple, des engagements obligatoires étaient inscrits au sein du cahier des charges, que le lauréat – consortium mené par EDF, Innogy et Enbridge – a désormais l'obligation de respecter. Le lauréat devra par exemple sous-traiter à des PME 6 % des travaux de construction (soit environ 60 M€ pendant cette phase de construction), et 3 % des coûts de maintenance (soit environ 1,5 M€ par an pendant la durée d'exploitation du parc, pour une durée estimée à 30 ans). Il devra également respecter ses engagements sur le pourcentage minimal du volume d'heures travaillées à confier à des personnes éloignées de l'emploi ou en apprentissage, ainsi que ses engagements en matière d'insertion économique et de développement local du projet. Le cahier des charges obligeait, de plus, le lauréat à prendre en compte des activités préexistantes sur la zone, comme les activités de pêche ou le trafic maritime. Le respect de l'ensemble de ces engagements sera contrôlé par l'État.

Enfin, à Dunkerque, il est prévu la création d'une instance de suivi et de concertation, pilotée par l'État, lieu d'échange en continu entre le porteur de projet et les parties prenantes, depuis la désignation du lauréat jusqu'au démantèlement de l'installation. Cette mesure a vocation à être reprise pour les prochains parcs éoliens en mer.





Comment contribuer au cahier des charges du projet ?

Les principaux points abordés

Cette fiche décrit le contenu et les modalités de définition du cahier des charges qui sera transmis aux développeurs éoliens dans le cadre de l'appel d'offres pour la réalisation du premier parc d'éoliennes flottantes. Le débat public sera notamment l'occasion pour le public d'exprimer ses attentes concernant le contenu de ce document. Ainsi, cette fiche présente :

- les conditions et les obligations relatives à la construction et à l'exploitation du parc éolien ;
- les garanties financières que devra fournir le lauréat ainsi que les pénalités financières en cas de non-respect des obligations définies par le cahier des charges ;
- les marges de manœuvre dans l'élaboration du cahier des charges, c'est-à-dire les points sur lesquels l'État pourra demander un engagement de la part des candidats, notamment à la suite des remarques formulées dans le cadre du débat public ;
- les critères de notation des propositions des candidats qui permettront de choisir le lauréat de l'appel d'offres.

Le cahier des charges est le document qui décrit le projet à réaliser, fixe les obligations à respecter et précise les critères de notation des offres. Le lauréat désigné aura l'obligation de respecter à la fois le contenu du cahier des charges et les engagements qu'il aura pris dans son offre.

Les étapes de la procédure de mise en concurrence

Le parc d'éoliennes flottantes sera construit et exploité par un consortium d'industriels qui aura été désigné lauréat à l'issue d'une procédure de mise en concurrence. Cette procédure de mise en concurrence comprend quatre phases principales :

1. Dans un premier temps, des consortiums soumettent leurs candidatures, qui sont alors examinées par la Commission de régulation de l'énergie (CRE). La CRE examine les capacités techniques et financières des candidats et détermine lesquels seront admis pour la suite de la procédure ;
2. Dans un deuxième temps, chacun des candidats retenus participe à un dialogue concurrentiel avec la DGEC : en d'autres termes, des réunions sont organisées pour discuter de certains paramètres qui figureront dans le cahier des charges, dans l'objectif de minimiser les risques pour les candidats et de limiter le soutien public financier qui sera apporté. À la fin du dialogue, la DGEC finalise le cahier des charges, qui doit être visé par la CRE et notifié à la Commission européenne ;
3. Dans un troisième temps, une fois l'accord de la Commission européenne obtenu, le cahier des charges est fourni aux candidats qui élaborent alors leur offre et la remettent à l'État ;
4. Dans un dernier temps, les offres sont analysées par la CRE, qui propose au ministre le candidat à désigner comme lauréat.

Le cahier des charges de la procédure de mise en concurrence relative au parc éolien en mer flottant de 250 MW au sud de la Bretagne sera issu des cahiers des charges des procédures précédentes, complété ou amendé par des préconisations formulées pendant le débat public, et finalisé lors du dialogue concurrentiel.

1. Contenu général du cahier des charges

a. Conditions et obligations relatives au développement et à l'exploitation du parc éolien en mer

Le cahier des charges fixe les grandes caractéristiques du parc éolien en mer¹ : puissance du parc (en MW) maximale, nombre d'éoliennes maximal, localisation géographique et emprise maximale, notamment.

¹ Les caractéristiques définitives des éoliennes (nombre, puissance, hauteur, alignement) ne sont pas fixées par le cahier des charges car considérées comme des caractéristiques variables, pouvant être modifiées pour bénéficier des dernières technologies. Seule l'instruction des autorisations fixera ces caractéristiques.

Il définit plusieurs exigences pour le développement et l'exploitation du parc : il fixe les délais des travaux et de mise en service du parc, ainsi que les obligations de démantèlement et les montants des garanties exigées ; il exige que le lauréat conçoive, construise et exploite le parc éolien de manière à minimiser les effets sur l'environnement ; il précise les conditions du raccordement du parc réalisé par RTE et prévoit les conditions d'occupation de l'espace maritime, dont les impératifs en matière de sécurité maritime à respecter ; il prévoit des obligations d'analyse des effets du parc éolien en mer sur les activités préexistantes, et notamment sur la pêche, et prévoit la création d'une instance de concertation et de suivi à qui sont présentés les résultats de ces études. Pour la pêche en particulier, le cahier des charges exige que le lauréat propose des modalités de pêche au sein du parc et des mesures pour compenser la perte potentielle d'exploitation liée à la présence du parc.

Dans son offre, en réponse au cahier des charges, le candidat s'engage sur un tarif de référence de l'électricité produite par le parc éolien, en €/MWh. De ce tarif se déduira le montant du complément de rémunération versé par l'État.

b. Garanties financières et pénalités

Pour s'assurer de la réalisation effective du parc éolien en mer, l'État fixe dans le cahier des charges les garanties financières que le lauréat devra verser au lancement du projet. Par exemple, pour le parc éolien en mer au large de Dunkerque, ces garanties étaient de 50 M€ au moment de la désignation du lauréat, remplacée par une garantie de 90 M€ au moment de la demande d'autorisation. Cette garantie est reversée au lauréat au moment de la mise en service. En outre, pour que les travaux soient réalisés dans des délais optimisés, le cahier des charges prévoit que si le parc n'est pas mis en service un nombre de mois prédéfini après la désignation du lauréat, la durée du contrat de complément de rémunération est diminuée d'autant. Pour le parc éolien en mer au large de Dunkerque, cette durée était de sept ans.

Des garanties sont également demandées au lauréat pour couvrir les coûts engagés par RTE pour le raccordement dans le cas où le lauréat serait défaillant. Dans le cas du parc éolien en mer au large de Dunkerque, ces garanties étaient de 15 à 75 M€ en fonction de l'avancée des travaux de raccordement.

Enfin, des garanties de démantèlement sont prévues dès la mise en service pour couvrir les coûts de démantèlement en cas de défaillance du lauréat. Ces garanties sont de 400 000 € par éolienne lors de la mise en service, et elles augmentent tous les ans jusqu'à atteindre 900 000 € par éolienne à l'échéance du contrat de complément de rémunération. Si des retards sont pris pour les travaux de démantèlement, des pénalités sont appliquées.

2. Marges de manœuvre dans l'élaboration du cahier des charges

Le cahier des charges fixe sur plusieurs thématiques des objectifs minimaux à respecter, sur lesquels le lauréat doit prendre des engagements précis et décrire les processus qu'il mettra en œuvre pour les atteindre. Le cahier des charges pourra ainsi prendre en compte des observations formulées lors du débat public pour fixer ces engagements minimaux, dans le respect du cadre juridique applicable.

Le respect de l'ensemble de ces engagements sera contrôlé par l'État. Ceux-ci peuvent par exemple concerner :

- l'insertion économique et sociale : le cahier des charges peut demander des engagements en matière de développement économique et d'insertion (pourcentage minimal du volume d'heures travaillées à confier à des personnes éloignées de l'emploi ou en apprentissage par exemple) ;
- le recours aux PME et à l'emploi local : le cahier des charges peut fixer un pourcentage minimal de recours aux petites et moyennes entreprises (par exemple dans le cas du parc éolien en mer au large de Dunkerque, il exigeait de sous-traiter à des PME) 6 % des travaux de construction (soit environ 60 M€ de chiffre d'affaires), et 3 % des coûts de maintenance (soit environ 1,5 M€ par an pendant 30 ans) ;
- l'environnement : le cahier des charges peut demander un engagement sur un montant minimum à allouer aux mesures de suivi et de réduction des impacts du parc sur l'environnement ;
- les activités préexistantes, et notamment la pêche ;
- le patrimoine culturel maritime et le tourisme.

En outre, le cahier des charges peut prévoir la mise en place d'une instance de concertation et de suivi du projet, piloté par l'État et rassemblant l'ensemble des parties prenantes, garantissant un échange continu entre le porteur de projet et les parties prenantes.

3. Critères de notation

Les procédures de mise en concurrence pour des projets éoliens en mer sont régies par le code de l'énergie², et par le droit européen en matière d'aide d'État³. La Commission européenne doit à ce titre valider le cahier des charges de la procédure de mise en concurrence au titre de la future aide d'État qui doit être compatible avec les règles européennes. La procédure doit en particulier respecter les critères de transparence et d'égalité de traitement des candidats. La notation des offres remises par les candidats ne peut porter que sur des critères objectifs et non discriminatoires pour les différents acteurs européens de l'éolien en mer, le prix devant constituer le critère principal. Il n'est notamment pas juridiquement possible de prévoir un critère de notation qui porterait sur des engagements relatifs à l'emploi local ou sur la nationalité du candidat.

Dans le cas de la procédure de mise en concurrence pour le projet au large de Dunkerque par exemple, le cahier des charges prévoyait les critères de notation objectifs suivants :

- le tarif de référence de l'électricité comptait pour 70 % de la notation ;
- la robustesse financière et contractuelle de l'offre comptait pour 10 % ;
- l'emprise maximale de l'installation et la distance minimale à la côte comptaient respectivement pour 7 et 4 % ;
- le nombre maximum d'éoliennes comptait pour 4 % ;
- le montant alloué aux mesures environnementales et de suivi comptait pour 5 %.

² Articles L. 311-10 et suivants et R. 311-12 et suivants du code de l'énergie, et R. 311 -25 et suivants pour la procédure de dialogue concurrentiel.

³ Article 107 du Traité de fonctionnement de l'Union européenne, et les « Lignes directrices concernant les aides d'État à la protection de l'environnement et à l'énergie ».

Quelles sont les étapes à venir après le débat public ?

Les principaux points abordés

Cette fiche présente les principales étapes qui auront lieu à la suite du débat public :

- les suites directes du débat public avec la publication du compte rendu du débat public rédigé par la CPDP, le bilan du débat dressé par la CNDP ainsi que la réponse de l'État tenant compte des enseignements tirés du débat ;
- les études environnementales et techniques réalisées par l'État et RTE ;
- la procédure de dialogue concurrentiel associant les acteurs du territoire et qui aboutira à la désignation d'un lauréat pour la construction et l'exploitation du parc d'éoliennes flottantes.

Calendrier prévisionnel du projet

2020 • 2021

- Études techniques et environnementales par l'État et RTE sur la zone préférentielle retenue pour le parc de 250 MW
- Lancement du dialogue concurrentiel
- Désignation du lauréat par le ministre en charge de la Transition écologique
- Concertation dite Fontaine, spécifique au raccordement électrique

2022 • 2024

- Étude d'impact par le lauréat et RTE
- Dépôt des demandes d'autorisation et instruction pour la construction du parc et de son raccordement
- Enquête publique

2024 • 2028

- Obtention des autorisations
- Décision d'investissement et contractualisation avec les différents partenaires et sous-traitants
- Construction du parc et de son raccordement
- Mise en service

2020

- Débat public
- Compte rendu de la CPDP et bilan de la CNDP
- Décision du ministre en charge de la Transition écologique sur la zone d'étude du projet
- Désignation par la CNDP d'un garant chargé de veiller à l'association et à l'information du public jusqu'à sa consultation prévue avant la délivrance des autorisations administratives

Parc éolien flottant de 250 MW

Parc éolien flottant allant jusqu'à 500 MW

2023 • 2024

- Études techniques et environnementales complémentaires par l'État et RTE sur la zone préférentielle retenue pour un parc allant jusqu'à 500 MW
- Lancement de la procédure de mise en concurrence
- Désignation du lauréat par le ministre en charge de la Transition écologique

À court terme : 2020-2021

1. Les suites du débat public

Dans les deux mois suivant la clôture du débat public, conformément à l'article R. 121-7 du code de l'environnement, deux documents seront publiés, notamment sur le site de la Commission nationale du débat public (CNDP) :

- un compte rendu du débat établi par le président de la Commission particulière du débat public (CPDP) ;
- un bilan du débat dressé par la présidente de la Commission nationale du débat public.

L'État disposera ensuite de trois mois pour rendre publique sa décision relative aux projets de nouveaux parcs, traduisant les enseignements qu'il tire du débat public, précisant les zones de projet apparaissant comme préférentielles, en particulier la zone relative au futur projet tel que prévu dans la PPE.

La concertation post-débat

L'article L. 121-14 du code de l'environnement dispose : « Après un débat public ou une concertation préalable décidée par la Commission nationale du débat public, elle désigne un garant chargé de veiller à la bonne information et à la participation du public jusqu'à l'ouverture de l'enquête publique. La Commission détermine les conditions dans lesquelles le garant et le maître d'ouvrage la tiennent informée. Elle assure, si nécessaire, la publication de rapports intermédiaires. Le rapport final du garant est rendu public.

Cette concertation post-débat est mise en œuvre par le maître d'ouvrage, depuis sa décision de poursuivre le projet jusqu'à l'enquête publique.

Le maître d'ouvrage doit tout d'abord informer la Commission :

- des modalités d'information et de participation du public mises en œuvre ;
- ainsi que de celles de la contribution du public à l'amélioration du projet.

2. Les prochaines étapes du projet jusqu'à la désignation du lauréat

a. Des études environnementales et techniques menées par RTE et l'État

À l'issue du débat public, une fois la décision prise de lancer une procédure de mise en concurrence sur une zone de projet, les études de caractérisation sur le site de projet éolien et son fuseau de raccordement seront menées par l'État et RTE, devenu à cette occasion l'un des maîtres d'ouvrage du projet. Il s'agira d'études techniques (vent, houle, courant, bathymétrie, sols, etc.) et des études environnementales (état initial de l'environnement).

Les études techniques menées par l'État seront remises aux candidats, dans le cadre de la procédure de mise en concurrence, leur permettant de proposer une offre qui soit la plus adaptée possible aux caractéristiques de la zone. Certaines études intéresseront également le grand public ou les parties prenantes, comme les études environnementales. Elles seront mises à disposition du public et présentées dans les phases ultérieures de la procédure.

b. La procédure de dialogue concurrentiel et la désignation du lauréat

Le décret du 17 août 2016, codifié aux articles R.311-25-1 à R.311-25-15 du code de l'énergie, prévoit que la procédure de mise en concurrence pour les projets éoliens en mer peut désormais être menée sous la forme d'un « dialogue concurrentiel », forme appliquée pour la première fois à la procédure relative au projet éolien au large de Dunkerque, et qui sera retenue pour la procédure relative au parc objet du débat public. Cette procédure est particulièrement adaptée aux spécificités de l'éolien en mer, sa durée pouvant être réduite ou allongée selon les enjeux et le nombre de candidats intéressés. Son objectif est de permettre à l'État d'échanger avec les candidats pré-identifiés sur le projet de cahier des charges, notamment afin de définir les modalités de la procédure et de partager les risques de façon optimale entre l'État et le futur lauréat. La décision de l'État à l'issue du débat public contribuera au contenu de cette procédure : le cahier des charges précisera la zone de projet apparaissant comme préférentielle à l'issue du débat public, et pourra prendre en compte des observations formulées lors du débat public, dans le respect du cadre juridique applicable.

La procédure de dialogue concurrentiel dure environ un an et demi. Elle se déroule en plusieurs étapes :

- pré-sélection de candidats après manifestation d'intérêt de candidats potentiels : les candidats sont présélectionnés sur la base de leurs capacités techniques et financières, analysées par la Commission de régulation de l'énergie (CRE), autorité administrative indépendante en charge de la régulation du marché de l'énergie ;
- dialogue entre les candidats présélectionnés et l'État sur le contenu du cahier des charges, afin de tenir compte des spécificités du projet tout en garantissant les intérêts publics : le cahier des charges fixe notamment les principales caractéristiques du projet et de son raccordement, mais également les critères de notation des futures offres ;
- transmission, après avis de la Commission de régulation de l'énergie, du cahier des charges aux candidats pré sélectionnés qui élaborent leurs offres : dans son offre, chaque candidat présélectionné s'engage notamment sur un tarif de référence pour l'électricité produite, en €/MWh ;
- désignation du lauréat par l'État, après examen des offres par la CRE : les offres déposées par les candidats ne sont pas publiques car elles contiennent des informations qui relèvent du secret industriel et commercial. Ainsi seule la Commission de régulation de l'énergie procède à l'examen approfondi des offres et à leur notation. Enfin, le ministre en charge de l'Énergie désigne le lauréat sur la base du classement élaboré par la CRE. Les candidats qui se présentent à la procédure sont soit

des énergéticiens exploitant notamment des parcs éoliens en mer, soit des consortiums composés d'énergéticiens, de développeurs de parcs éoliens en mer, de financeurs, d'entreprises spécialisées dans les travaux en mer... Après sa désignation, le lauréat doit créer une société qui portera le projet jusqu'à son démantèlement. Tout au long de cette démarche, les membres du consortium peuvent changer, sous réserve d'un accord de l'État, qui vérifie que les entreprises ont les capacités financières et techniques de réaliser le projet dans de bonnes conditions ;

- à la suite de sa désignation, le lauréat et RTE réaliseront la conception détaillée du parc et du raccordement, les études d'impacts et déposeront les demandes en vue d'obtenir des autorisations administratives.

c. L'association des parties prenantes dans le cadre du dialogue concurrentiel

Dans le cadre du dialogue concurrentiel, des réunions avec certains acteurs spécifiques peuvent être organisées par l'État avec l'ensemble des candidats. Il peut s'agir par exemple de permettre aux gestionnaires portuaires de présenter leurs infrastructures, ou aux élus et/ou usagers de la mer de formuler leurs attentes, ce qui permet également aux candidats d'affiner leur connaissance du contexte local. Dans le respect du cadre juridique, le cahier des charges peut tenir compte des attentes exprimées par les acteurs, par exemple en matière de tourisme, de concertation, ou de prise en compte des activités existantes.

Toutefois cette phase ne concerne pas directement le grand public qui ne connaît le cahier des charges qu'une fois sa publication effectuée par la CRE avec celle du lauréat désigné par le ministre.

À moyen terme : 2022-2025

La concertation post-débat se poursuivra, mais avec un nouveau maître d'ouvrage, passant de l'État au lauréat de l'appel d'offres.

3. Évaluation environnementale de l'ensemble du projet (conception, construction, exploitation du parc et de son raccordement) par le lauréat et RTE

L'état initial de l'environnement démarré par l'État et RTE sera poursuivi par le lauréat et RTE. Cet état initial sera constitutif des études menées pour concevoir le projet dans son ensemble qui sera soumis à une évaluation environnementale.

4. Dépôt des demandes d'autorisation et instruction

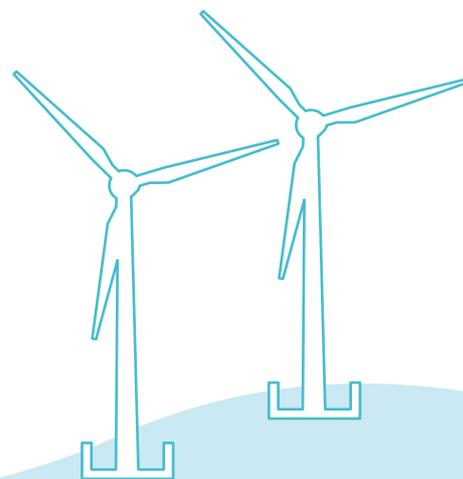
Si l'évaluation environnementale porte sur l'ensemble des enjeux relevant du lauréat et de RTE, l'obtention des autorisations dépend de procédures distinctes en fonction des maîtres d'ouvrage.

En sus, RTE sollicitera une autorisation pour l'occupation du domaine public maritime : câbles sous-marins, atterrissage et, selon le cas, la sous-station en mer.

De la même façon, le lauréat sollicitera, selon la position des éoliennes, une autorisation pour l'occupation du domaine public maritime ou une autorisation unique en ZEE.

Ces autorisations font l'objet d'une enquête publique.

La concertation post-débat prend fin à l'ouverture de l'enquête publique, le compte rendu de la concertation et le rapport du garant sont rendus publics et joints au dossier d'enquête publique.



À quelles procédures et autorisations administratives sont soumis un parc éolien en mer et son raccordement ?

Les principaux points abordés

Cette fiche présente les différentes procédures et autorisations administratives préalables à la réalisation d'un parc éolien flottant. Ces autorisations seront demandées par le lauréat de l'appel d'offres qui assurera la construction et l'exploitation du parc éolien, mais également par RTE pour le raccordement du parc au réseau public de transport d'électricité. Des procédures spécifiques existent en fonction de la zone choisie pour l'implantation du parc : le domaine public maritime (DPM) et la zone économique exclusive (ZEE). Ces procédures sont les suivantes :

- les autorisations pour l'occupation du domaine public et de la zone économique exclusive ;
- les autorisations environnementales ;
- les autorisations spécifiques au réseau public de transport d'électricité nécessaires à la réalisation du raccordement du parc au poste électrique terrestre ;
- les autorisations en matière d'urbanisme notamment pour la construction du poste électrique à terre ;
- la concertation dite « Fontaine » qui sera organisée par RTE et qui portera spécifiquement sur le raccordement.

La construction d'un parc éolien en mer et de ses ouvrages de raccordement nécessite l'obtention d'autorisations administratives, par le lauréat en ce qui concerne le parc éolien en mer, et par RTE pour le raccordement, y compris la sous-station en mer. La nature des autorisations relatives au parc éolien en mer dépend de l'espace maritime dans lequel le projet est situé.

- En **zone économique exclusive (ZEE)**, c'est-à-dire au-delà des 12 milles marins, le parc éolien en mer et le raccordement respectent le régime juridique fixé par l'ordonnance n° 2016-1687 du 8 décembre 2016 et le décret n° 2013-611 du 10 juillet 2013. Ces deux autorisations sont délivrées par le préfet maritime au titre de l'ordonnance du 8 décembre 2016¹.

1. Autorisations pour pouvoir occuper le domaine public maritime et la zone économique exclusive

Des autorisations d'occupation sont nécessaires à la réalisation du parc éolien. Elles sont de deux ordres en fonction de la localisation de l'activité :

- Le **domaine public maritime (DPM)** est constitué du rivage de la mer, du sol et du sous-sol de la mer jusqu'à la limite des eaux territoriales, situées à 12 milles marins des côtes (environ 22 km). Pour occuper le domaine public maritime, le porteur du projet de parc éolien en mer et RTE doivent chacun obtenir une concession d'utilisation du DPM en dehors des ports, délivrée par le préfet de département. Toute occupation du domaine public est en effet conditionnée à l'obtention d'une autorisation dans les conditions fixées aux articles L. 2124-1 et suivants du code général de la propriété des personnes publiques.

2. Autorisations au regard des impacts environnementaux du projet

- **Sur le DPM**, le porteur du projet de parc éolien en mer et RTE pour son raccordement doivent chacun obtenir une autorisation environnementale, conformément aux articles L. 214-3 et L. 181-1 et suivants du code de l'environnement. Le porteur de projet et RTE devront chacun déposer un dossier pour solliciter cette autorisation environnementale. Ce dossier pourra concerner, le cas échéant, plusieurs autres autorisations conformément à l'article L. 181-2 du code de l'environnement, notamment les dérogations à l'interdiction d'atteinte aux espèces et habitats protégées.
- **En ZEE**, c'est l'autorisation unique mentionnée ci-dessus et délivrée par le préfet maritime qui tient lieu d'autorisation environnementale.

La délivrance de ces autorisations est soumise à une étude d'impact et fait l'objet d'une participation du public.

Quelles sont les étapes à venir après le débat public ?

Quelques notions sur le droit applicable en mer : quelle différence entre domaine public maritime et zone économique exclusive ?

1 Ordonnance du 8 décembre 2016 relative aux espaces maritimes relevant de la souveraineté ou de la juridiction de la République française.

3. Procédures spécifiques au réseau public de transport d'électricité

RTE, en tant que gestionnaire du réseau public de transport d'électricité et conformément à l'article L. 323-3 du code de l'énergie, peut demander que les travaux nécessaires à l'établissement et à l'entretien des ouvrages de la concession du réseau public de transport d'électricité soient déclarés d'utilité publique. Cette déclaration relève du ministre en charge de l'énergie pour les niveaux de tension considérés.

La déclaration d'utilité publique (DUP) s'applique à l'ensemble de la liaison électrique, à terre et en mer.

La création ou l'extension d'un poste électrique à terre peut, pour sa part, faire l'objet d'une déclaration d'utilité publique préfectorale en application des dispositions du code de l'expropriation pour cause d'utilité publique.

4. Autorisations au titre des prescriptions en matière d'urbanisme

Un permis de construire pour la construction du poste électrique à terre devra être sollicité par RTE en application des articles L. 421-1 et suivants du code de l'urbanisme.

Le lauréat, ou ses fournisseurs, peuvent également avoir à demander des autorisations dans des ports par exemple, pour construire une base de maintenance.

5. Concertation propre au développement du réseau public de transport d'électricité

Pour chaque projet de développement du réseau public de transport d'électricité, il appartient à l'État, en tant qu'autorité de tutelle, de veiller à ce que RTE s'acquitte de ses missions dans les meilleures conditions, notamment au regard des impératifs économiques, techniques et de protection de l'environnement.

La circulaire dite « Fontaine² » du 9 septembre 2002, relative au développement des réseaux publics de transport et de distribution de l'électricité, prévoit donc que chaque projet de développement du réseau public de transport d'électricité fasse l'objet d'une étude préalable, afin de vérifier l'opportunité du projet, puis d'une concertation spécifique.

Cette étude préalable est matérialisée par l'élaboration par RTE d'un dossier de justification technico-économique. Ce dossier fera l'objet d'un examen par les services de l'État afin de s'assurer que RTE a envisagé toutes les solutions pertinentes au regard des besoins à satisfaire et des contraintes environnementales.

Une fois que le projet sera considéré comme justifié par l'État, RTE mettra en œuvre une concertation sous l'égide du Préfet de département qui doit permettre :

- de définir, avec les élus et les associations représentatifs des populations concernées, les caractéristiques ainsi que les mesures d'insertion environnementale et d'accompagnement du projet ;
- d'apporter une information de qualité aux populations concernées par le projet ; de valider le fuseau et des ouvrages de moindre impact du raccordement.

Cette concertation devra s'effectuer en liaison avec celle mise en œuvre par la CNDP sous l'égide d'un garant à l'issue du débat public, permettant au public d'être associé à la définition des caractéristiques ainsi que des mesures d'insertion environnementale et d'accompagnement du projet avant la validation du fuseau et des ouvrages de moindre impact du raccordement.

La nouveauté introduite par la loi ESSOC : les autorisations peuvent porter sur des caractéristiques variables

La loi pour un État au service d'une société de confiance (ESSOC)³ 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 lors de l'engagement en phase de construction, sans avoir à modifier leurs autorisations ou à en solliciter de nouvelles. Les projets bénéficient ainsi des évolutions technologiques les plus récentes, tandis que les autorisations sont délivrées en prenant en compte ces perspectives d'évolutions technologiques, et donc en prévoyant les mesures ERC (éviter, réduire, compenser) associées.

À titre illustratif, et sans préjuger des futurs projets ou autorisations, pour un parc de 250 MW d'éolien flottant, les autorisations pourraient par exemple prévoir qu'il sera composé au maximum de 21 éoliennes, d'une puissance unitaire maximale de 15 MW, etc.⁴ Dans cet exemple, le porteur de projet pourrait installer soit 21 éoliennes de 12 MW de puissance unitaire (turbine la plus puissante actuellement développée par General Electric), soit 17 éoliennes de 15 MW (si une turbine aussi puissante existait lors de la construction du parc).

Pour le second parc de 500 MW maximums à attribuer à partir de 2024, la procédure à suivre sera similaire à celle décrite ci-dessus. Les démarches devraient cependant être plus simples pour le raccordement, grâce à la mutualisation et aux autorisations obtenues dès le départ pour le raccordement.

2



² http://circulaire.legifrance.gouv.fr/pdf/2009/03/cir_26580.pdf

³ Loi n°2018-727 du 10 août 2018.

⁴ Les principales autres caractéristiques qui pourraient être variables seraient : la hauteur maximale de l'éolienne en bout de pale, la distance minimale et maximale entre deux éoliennes, la distance entre la mer et le bas de la pale, le type de fondations, le nombre de kilomètres de câbles minimal et maximal ou la superficie maximale totale utilisée par le parc.