



FMES

Fondation Méditerranéenne
d'Études Stratégiques

– RAPPORT D'ÉTUDE –
**LES ENJEUX DE SOUVERAINETÉ,
DE SÛRETÉ ET DE SÉCURITÉ MARITIMES
DES PARCS ÉOLIENS EN MER**

**3^o SESSION
DES HAUTES ÉTUDES
MARITIMES**

2024 - 2025

Sous la direction de Thierry Duchesne et de Jean-Michel Martinet

L'Institut FMES

L'institut Fondation Méditerranéenne d'Etudes Stratégiques (FMES) est né il y a plus trente ans de la volonté de mieux faire connaître les enjeux et les perspectives du bassin méditerranéen et du Moyen-Orient aux acteurs politiques, de l'éducation, de l'entreprise, des collectivités, des armées et des administrations.

Centre de recherche spécialisé dans les questions géopolitiques et stratégiques, il dispose aussi depuis 2022 d'un département maritime chargé d'animer la réflexion et l'expertise dans ce domaine.

Il contribue également au développement de l'économie de défense dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur dont il est un centre ressources.

Il assure ses missions grâce à des cycles d'enseignement de haut niveau, des séminaires thématiques, des colloques, des études, des travaux de recherche et des publications.

Il est partenaire de l'Institut des Hautes Etudes de Défense Nationale (IHEDN), des universités de Toulon, de Nice Côte-d'Azur et d'Aix-Marseille, de l'Institut d'études politiques d'Aix-en-Provence et du réseau euro-méditerranéen Euromesco.



FMES
Fondation Méditerranéenne
d'Études Stratégiques

Préambule à l'attention du lecteur

L'institut FMES propose une formation annuelle « Session des Hautes Etudes Maritimes » (SHEM). Elle a vocation à délivrer aux cadres dirigeants des secteurs public et privé des enseignements sur les différentes politiques maritimes conduites en Méditerranée.

Grâce à son approche internationale, interministérielle et interdisciplinaire, cette formation offre aux auditeurs une vision transdisciplinaire, véritable clef de compréhension des principaux enjeux maritimes actuels.

La formation comprend neuf séminaires de conférences par de grands acteurs institutionnels et des visites centrées sur les différents volets des politiques maritimes mises en œuvre en Méditerranée. Un voyage d'étude dans un grand Etat voisin apporte aux auditeurs une analyse comparée des politiques qui peuvent y être conduites.

Elle permet par ailleurs aux auditeurs l'opportunité de prendre du temps pour la réflexion et la conduite de travaux de comité sur un thème correspondant à un grand sujet d'actualité.

Les travaux de comités des auditeurs de la 3^{ème} SHEM ont porté sur « Les enjeux de souveraineté, de sûreté et de sécurité maritimes des parcs éoliens en mer ? »

Le présent rapport rend compte de ces travaux et formule des recommandations à l'attention des responsables des politiques publiques maritimes.

TABLE DES MATIERES

| | |
|---|-----|
| SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE | 10 |
| Les enjeux de souveraineté, de sécurité et de sûreté des parcs éoliens en mer..... | 10 |
| Pour une coordination nationale de cette politique publique majeure de la mer | 11 |
| De nouveaux enjeux de souveraineté à prendre en considération. | 11 |
| De nouveaux enjeux de sûreté maritime | 13 |
| De nouveaux enjeux de sécurité maritime | 15 |
| FICHES D'ANALYSES..... | 17 |
| Fiche n°1 | 19 |
| Les enjeux de la gouvernance de l'éolien <i>offshore</i> dans les espaces maritimes au regard du droit de la mer | 19 |
| FICHE 2 | 27 |
| Le besoin d'une gouvernance à la hauteur de l'ambition et de l'ampleur d'une grande politique nationale..... | 27 |
| Fiche n°3 | 41 |
| Les ports et l'éolien <i>offshore</i> : une opportunité majeure de développement pour les ports français, principalement dans l'éolien flottant..... | 41 |
| Fiche n° 4..... | 57 |
| Comment garantir l'accès aux ressources des turbiniers européens pour garantir notre souveraineté ? | 57 |
| Fiche n° 5 | 63 |
| Un besoin de souveraineté à satisfaire pour l'intervention sur les câbles de puissance et le remplacement des grands composants..... | 63 |
| Fiche n°6 | 75 |
| Les parcs éoliens offshore : une opportunité à saisir par l'Etat pour améliorer la protection des approches maritimes et la maîtrise des fonds marins ? | 75 |
| Fiche 7..... | 83 |
| Sécurité maritime : la coordination entre l'Etat et l'opérateur du parc éolien en mer | 83 |
| Fiche n°8 | 87 |
| De nouveaux besoins de sécurité civile au profit des parcs éoliens <i>offshore</i> | 87 |
| Fiche n°9 | 93 |
| Une régulation des activités maritimes à harmoniser | 93 |
| Fiche 10..... | 105 |
| Les parcs éoliens en mer : un risque pour la navigation maritime à maîtriser..... | 105 |
| Fiche n°11 | 115 |
| L'emploi du vecteur aérien en soutien de l'éolien <i>offshore</i> | 115 |
| FICHE 12 | 125 |
| Le spatial, un outil à valoriser dans la planification et la gestion des parcs éoliens <i>offshore</i> | 125 |
| Fiche n°13 | 133 |

| | |
|---|-----|
| La protection des parcs éoliens en mer : une nouvelle dimension stratégique ? | 133 |
| Fiche 14..... | 141 |
| Les parcs éoliens en mer : | 141 |
| Des zones propices pour les activités illicites | 141 |
| FICHE 15 | 147 |
| Les parcs éoliens en mer : des installations sensibles à protéger des cyber-attaques | 147 |
| Fiche 16..... | 157 |
| Quel rôle pour la sûreté privée dans les parcs éoliens en mer ?..... | 157 |
| FICHE 17 | 161 |
| Les enjeux de souveraineté, de sécurité et de sûreté maritimes des parcs éoliens en mer au Royaume-Uni..... | 161 |

Liste des auditeurs de la 3^{ème} session méditerranéenne des hautes études maritimes

- Aggoune Liza, administratrice principale des affaires maritimes, responsable du service emploi formation de la direction interrégionale de la mer Méditerranée,
- Bernard François, colonel, chef de la section de recherches de la gendarmerie maritime,
- Blanchard Alain, délégué général de l'Association Nationale des Elus des Littoraux,
- Bridier Paul, directeur général des services adjoint auprès de la ville et de l'agglomération des Sables d'Olonne,
- Carbonnière Aurélien, gestionnaire du programme "Zones côtières et littorales, cryosphère marine" au CNES,
- Chenut Benoite, directrice de projets Eoliens flottants en Méditerranée, EDF Renouvelables
- Crépin Matthieu, administrateur de 1^{ère} classe des affaires maritimes, chef du pôle maritime auprès de la direction départementale des territoires et de la mer des Bouches du Rhône,
- Daessle Guillaume, capitaine de frégate, directeur de l'enseignement de l'école des marins-pompiers de la Marine
- De Prémèsnil Charles, responsable stratégie et développement chez Louis Dreyfus Armateurs
- Ferraris Karine, cheffe du pôle Toulon base navale auprès du service du commissariat des armées,
- Fidani Alain, directeur partenariats et financement de l'innovation, chez EXAIL
- Guillou Catherine, cheffe de la division ingénierie du maintien en condition opérationnelle auprès du service de soutien de la flotte de Toulon,
- Harck Philippe, Directeur général groupe OPEX PROTECTION,
- Lavergne Alex, Président d'ASC 13 Conseils,
- Leroy Bénédicte, responsable de la stratégie industrielle, performance et transformation chez NAVAL GROUP,
- Maury Michael, Inspecteur Régional des Douanes de 2^{ème} classe, chef de la brigade de surveillance aéromaritime hélicoptères de Hyères, Service Garde-Côtes des Douanes de Méditerranée,
- Mc Gregor Peggy, commissaire en chef de 2^{ème} classe, chargé de mission droit et enjeux maritimes à la direction des affaires juridique du ministère des armées,
- Olszak Barbara, Directrice de la transformation numérique et de la cyber sécurité des Services - Naval Group - Direction Services,
- Picard Etienne, président directeur général de Brittany AVIATION,
- Riou du Cosquer Olympe, chargée de mission Mer et Littoral pour l'association vendéenne des Elus du Littoral et Ville et l'Agglomération des Sables d'Olonne,

- Sensi Julie, architecte technique d'ensemble des opérations corvettes françaises et européennes chez DGA techniques Navales,
- Vautier Sonia, responsable marketing and business development, chez THALES Underwater System.



Trombinoscope des auditeurs de la 3^{ème} session méditerranéenne des hautes études maritimes

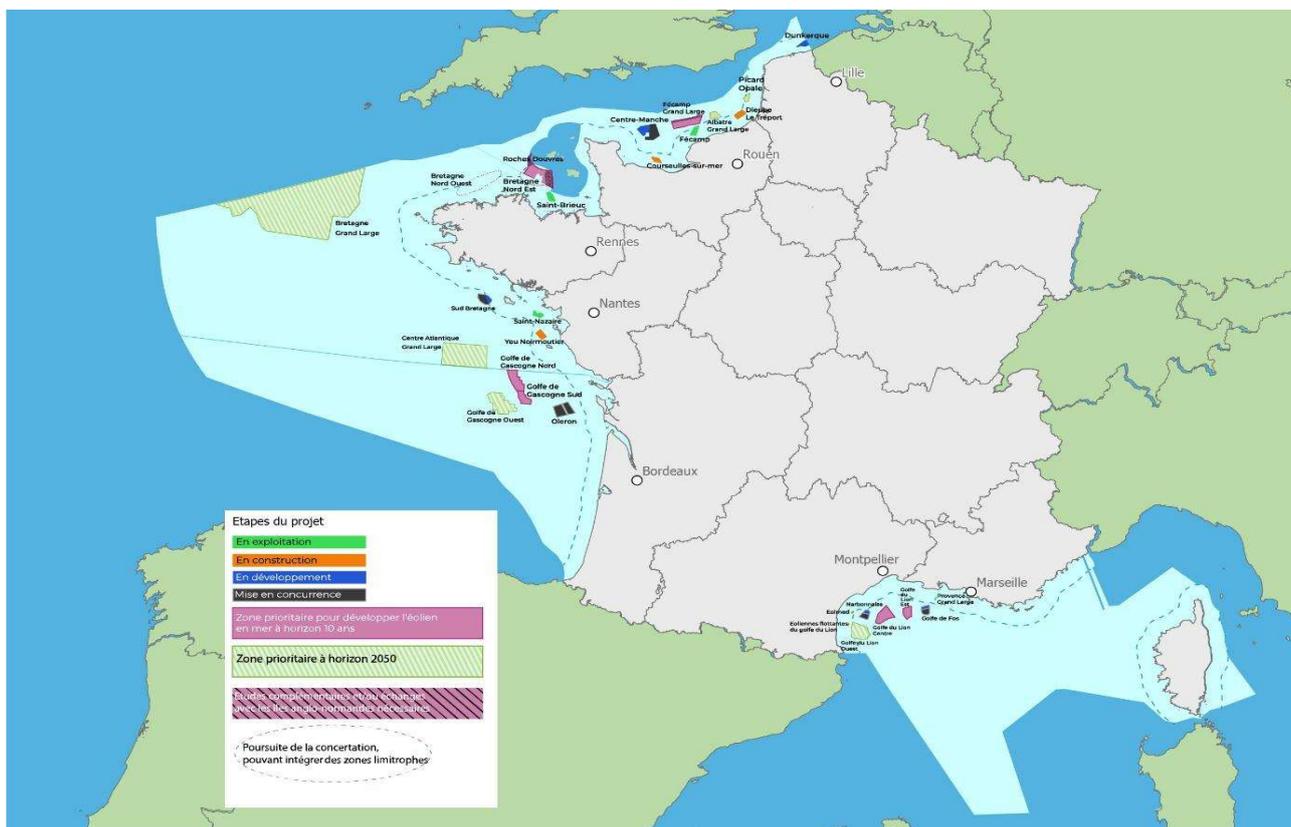


SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE

Les enjeux de souveraineté, de sécurité et de sûreté des parcs éoliens en mer

La France est engagée depuis quelques années dans un défi considérable qui est celui de la décarbonation de son énergie. Au-delà du nucléaire qui constitue une part majeure de sa production d'électricité, la France a décidé de s'appuyer aussi sur les énergies renouvelables pour renforcer son mix énergétique décarboné.

Parmi les nouvelles sources d'énergie, la France a fait le choix d'un plan massif d'implantation de parcs éoliens en mer. Après des années de débat et de tergiversation, un grand plan français a vu le jour. Désormais, le Gouvernement ambitionne de mettre en service 18 GW d'ici 2035, et 45 GW d'ici 2050 représentant une cinquantaine de parcs éoliens en mer.



Source CEREMA

C'est par la Loi que la France s'est fixée deux objectifs majeurs. Celui de la neutralité carbone en 2050 et celui de 33 % d'énergies renouvelables dans la consommation finale brute d'énergie en France d'ici 2030. Cela signifie que dès cette date, 40% de la production électrique devra être d'origine renouvelable. Pour y parvenir, cette énergie proviendra de l'éolien terrestre, du solaire mais aussi des énergies marines renouvelables (EMR), dont l'éolien en mer.

La France dispose de plusieurs atouts dans le domaine de l'éolien en mer. Tout d'abord de grands énergéticiens et une industrie pétrolière et gazière déjà tournée vers l'exploitation en mer et qui peut trouver là de nouveaux débouchés. Mais aussi un gisement de vent en mer important qui pourrait permettre à la France d'atteindre l'objectif en 2050 avec un quart de ses besoins en électricité produit en mer. La mer, c'est aussi une forte productivité énergétique du vent, avec un facteur de charge de 45% en moyenne. L'éolien en mer c'est aussi une technologie faiblement émettrice de CO₂ (facteur d'émission entre 13 et 19 g eq CO₂/kWh produit) et une technologie toujours plus compétitive puisque, le dernier appel d'offres éolien posé a été attribué à un tarif de 45€ / MWh garanti pendant 20 ans¹ (88€ / MWh à terre actuellement).

Désormais la France a pour objectif 50 parcs en service représentant 40 GW installés en 2050 (discours du président de la République à Belfort le 10 février 2022).

¹ Centre Manche 1, attribué le 27 mars 2023 à Eoliennes en Mer Manche Normandie (EMMN), regroupant EDF Renouvelables et Maples Power.

Pour une coordination nationale de cette politique publique majeure de la mer

Dans ce contexte, chaque parc éolien *offshore* va représenter une superficie oscillant entre 80 et 120 km². Si la cinquantaine de parcs prévus par la France se concrétisent, ce sont près de 5000 km² d'espaces maritimes qui seront occupés, générant de nouveaux enjeux de sécurité maritime mais aussi de sûreté et de défense.

Le paradoxe est que si la stratégie énergétique de la France est bien définie avec une Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC) et une Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE), en revanche, cette grande politique publique maritime ne fait pas l'objet d'une stratégie et d'une coordination propre, sans doute par manque d'animateur.

Dans un contexte marqué par une multiplicité d'intervenants (ministères, agences, collectivités, opérateurs), il serait pertinent de désigner une autorité unique de coordination dès lors que les enjeux transcendent le simple cadre énergétique. Le Secrétariat général de la mer (SG Mer), sous l'autorité du Premier ministre, a été conçu pour être le maillon essentiel de la coordination de la politique maritime de la France.

Le SG Mer est d'ores et déjà au centre des décisions relatives à la politique de la mer en France puisqu'il est l'organe de préparation des Comités Interministériels de la Mer (CIMER) dont il assure l'effectivité et l'application des décisions prises.

Il a aussi déjà coordonné de grandes politiques publiques maritimes comme ce fut le cas de 2013 à 2016, pour la politique d'accès aux fonds marins compte tenu de la dispersion des acteurs et du besoin d'une forte coordination qui déjà se faisait ressentir pour cette politique maritime.

Ce leadership s'impose d'autant plus que le SG Mer a développé, depuis 2017, de nouvelles compétences économiques et environnementales, en créant deux importants outils de concertation, le Comité France Maritime (CFM) et le Comité France Océan (CFO). Cette évolution en fait l'organe interministériel le mieux placé pour incarner le pilotage stratégique et opérationnel de la politique éolienne en mer, au-delà de la politique énergétique et de sa réglementation, qui s'inscrit en premier lieu dans un cadre européen.

De nouveaux enjeux de souveraineté à prendre en considération.

Parmi les défis posés par l'éolien en mer, figurent des enjeux de souveraineté pour la France.

Parmi ceux-ci, le sujet du contrôle de la navigation en haute mer, là où plusieurs parcs éoliens seront implantés dans les prochaines années (au titre de la navigation, la ZEE est considérée comme étant de la haute mer). Si la procédure administrative prévoyant l'attribution et la concession de parcs *offshores* dans la ZEE a bien été définie en droit français, en revanche l'incertitude demeure concernant le régime de la navigation maritime dans ces parcs et à leurs approches.

Le droit international autorise l'Etat côtier à prendre une zone de sécurité de 500 mètres de rayon autour d'une île artificielle ; lui permettant d'y réglementer la navigation et de protéger l'installation. Cette réglementation, bien adaptée pour les plates-formes pétrolières et gazières isolées, ne l'est plus pour des parcs éoliens *offshores* concentrant une centaine d'éoliennes. Or, la question est de savoir si la navigation des grands navires dans des parcs éoliens en ZEE sera possible ou non.

C'est pour cette raison que la France pourrait soit intégrer en amont du développement des projets de parcs *offshores* la contrainte posée par la distance de 500 mètres afin de limiter la distance entre deux infrastructures à un kilomètre et ainsi préserver la juridiction de l'Etat côtier, soit prévoir une recommandation de l'OMI sur ce sujet.

En effet, aux abords et dans le parc *offshore*, si la distance de sécurité de 500m s'avèrerait insuffisante au regard des risques posés par le trafic maritime, une demande d'aménagement pourrait être initiée par les autorités françaises auprès de l'OMI pour sécuriser les approches et / ou réglementer la navigation dans le parc afin de réduire les risques en matière de sécurité de la navigation et de dommages à l'environnement et aux activités socio-économiques. Cette demande devrait toutefois être bien évaluée en ayant à l'esprit le principe de réciprocité qui pourrait conduire à ce titre d'autres

Etats côtiers à faire restreindre par des mesures identiques le principe de liberté de la navigation dans leur propre ZEE.

La France a aussi connu une perte de souveraineté industrielle en cédant, en 2014, l'importante branche énergie de Alstom (dont les turbines destinées aux éoliennes) à l'industriel américain General Electric (GE), dans des conditions plutôt troubles (fragilisation de Alstom aux Etats-Unis avec une lourde amende pour des faits supposés de corruption...). Cette sensibilité s'est accrue avec la forte réduction au fil des années de la part des constructeurs européens d'éoliennes. S'il est besoin d'une stratégie industrielle, c'est dans ce domaine aussi qu'il convient d'être très vigilant. Pour répondre à l'enjeu de souveraineté dans la filière éolienne *offshore* et développer une industrie des terres rares nécessaires à l'éolien, l'Europe doit continuer à investir sur toute la chaîne de valeur de cette filière aussi bien en matière d'approvisionnement que de traitement et de recyclage des matériaux critiques. Elle doit continuer à sécuriser ses approvisionnements en diversifiant ses sources mais aussi en recherchant des gisements sur son propre territoire.

La souveraineté passe aussi par la protection de nos installations. Le nouveau contexte international doit nous amener à nous poser les bonnes questions sur la criticité des parcs éoliens en mer. Bien que les champs d'éoliennes *offshores* ne soient pas aujourd'hui considérés comme des infrastructures critiques, leur poids significatif dans le mix énergétique à l'horizon 2050, et certains événements récents de sabotage en mer, nous invitent à considérer de plus près les mesures de surveillance et de protection de ces infrastructures.

C'est pour cette raison que la France devrait favoriser l'acquisition par des acteurs nationaux ou européens de capacités navales d'intervention rapide destinées à rétablir les capacités de production énergétique ; à l'instar du dispositif déjà en vigueur pour les câbles de télécommunication sous-marins. Cela pourrait passer, à moyen terme, par l'acquisition de navires polyvalents à même de renforcer la capacité de réaction en cas d'avarie grave ou d'attaque hybride, tout en participant à l'essor du secteur sur les prochaines décennies. Ce dispositif pourrait aussi être envisagé à l'échelle européenne pour un meilleur partage des coûts.

Dans le domaine de la protection de nos approches maritimes, ces parcs sont plutôt regardés comme des obstacles physiques et/ou des zones de masquage pour les moyens et les installations militaires. C'est le cas, par exemple, pour notre système de surveillance maritime SPATIONAV, pour les centres d'essais (radars et moyens de trajectographie), pour les couloirs de vol de nos avions militaires ou encore, pour les routes maritimes de nos sous-marins.

Mais, est-ce qu'une autre approche ne pourrait pas au contraire, les considérer comme des opportunités ? En effet, ces infrastructures situées au large disposent de moyens d'alimentation en énergie et en télécommunications directement connectés au territoire national. Ils pourraient donc devenir des postes avancés pour la maîtrise de nos approches maritimes et de nos fonds marins.

Dans le cadre de la mission de surveillance maritime, les parcs éoliens pourraient être considérés comme des « sémaphores avancés » et permettre l'intégration de nouvelles données dans le système de surveillance maritime SPATIONAV. Pour la maîtrise des fonds marins, ces infrastructures pourraient être utilisées comme des structures d'accueil de drones sous-marins leur permettant de se recharger, de transmettre les données collectées et de recevoir de nouveaux plans de mission. Les parcs éoliens *offshores* pourraient ainsi permettre de déployer de nouveaux capteurs et des systèmes autonomes dédiés à la surveillance de la colonne d'eau et des fonds marins, en direction du large comme de la côte.

Le dernier défi à évoquer dans le domaine de la souveraineté concerne les ports qui assureront le soutien logistique de cette filière majeure pour notre autonomie énergétique. Pour cela il faut que ces futurs « ports éoliens » soient en mesure de relever certains défis. Tout d'abord, être prêt dans les délais requis pour le déploiement des futurs parcs éoliens français, en avance de phase face à une potentielle concurrence étrangère, tout en préservant l'opportunité de se positionner à l'export sur le marché européen. Ensuite, être en mesure de proposer une offre de services aux futurs industriels qui soit fiable, flexible et compétitive. Enfin, de pouvoir assurer la soutenabilité financière des projets portuaires, en investissement comme en exploitation. C'est à ces conditions que notre souveraineté portuaire pourra être garantie.

De nouveaux enjeux de sûreté maritime

Les installations éoliennes peuvent être exposées à diverses menaces intentionnelles (sabotage, cyber-attaques ou actions militaires). L'atteinte à l'intégrité des parcs éoliens en mer pourra avoir demain des impacts significatifs au regard de leur part croissante dans le mix énergétique.

En octobre 2023, lors d'une conférence à Copenhague James Appathurai, sous-secrétaire général adjoint de l'OTAN pour les défis de sécurité émergents, a déclaré que la menace était désormais bien réelle.

Déjà, en mer du Nord, plusieurs pays surveillent de très près les activités maritimes autour de leurs parcs éoliens. La Russie est en effet devenue une vraie menace pour les infrastructures maritimes critiques qu'elle cible désormais.

Dans ces conditions, quelle doit être la position de la France ? Serait-il souhaitable de donner une dimension stratégique aux parcs éoliens en mer, et donc de les protéger au même niveau que les Points d'Importance Vitale (PIV) définis par le code de la Défense ?

A ce stade de l'étude, le classement en PIV des parcs éoliens en mer ne paraît pas adapté. En effet, un des critères prépondérants de ce statut est celui relatif au principe de non-substituabilité des activités. Or, ce critère n'est pas rempli pour un parc éolien, en raison de la nature intermittente de sa production électrique, à laquelle le réseau doit pallier lorsqu'il ne produit pas. Les parcs éoliens ne représentent, pour le moment, qu'un poids négligeable dans le mix électrique (trois parcs connectés pour une production théorique maximale instantanée de 1,5GW). Un autre critère important est celui relatif à la mise en danger potentielle de la santé des populations. A la différence d'un réacteur nucléaire, un parc éolien dont l'intégrité physique est atteinte ne représente pas de danger pour la santé des populations.

Par ailleurs, il faut aussi prendre en compte le surcoût humain et financier significatif d'un tel classement en PIV pour un exploitant. A ce jour, les contrats de revente de l'électricité à l'Etat par les opérateurs privés de parcs éoliens n'intègrent pas ces hypothèses dans le prix du kWh.

Néanmoins, il paraît important désormais d'intégrer, lors des phases de conception des parcs éoliens *offshores*, des provisions techniques. Elles permettront leur mise en service ou ultérieurement en fonction des besoins en matière de sûreté, leur déploiement graduellement de moyens supplémentaires (capteurs et/ou drones maritimes) permettant de renforcer un niveau de sûreté qui serait requis par de nouvelles circonstances.

Il faut, aussi, engager dès maintenant une réflexion sur la pertinence d'un classement des parcs éoliens en mer parmi les Points d'Importance Vitale (PIV) et, si tel était le cas, décliner les exigences associées et les répercussions à prendre en compte en termes architecturaux, opérationnels, et financiers.

Dans l'immédiat, l'objectif est bien de protéger les parcs éoliens *offshores* contre des risques d'intrusions maritimes ou de sabotage, en renforçant leur sécurité face aux menaces physiques et géopolitiques. Déjà, les Pays-Bas ont mis en place une force spéciale maritime pour surveiller leurs infrastructures énergétiques *offshores* après la montée des tensions géopolitiques en mer du Nord.

Pour la France, les mesures qui pourraient être adoptées consisteraient, si nécessaire, dans l'augmentation de la présence de la Marine nationale et des administrations intervenant en mer (gendarmerie, douanes, affaires maritimes) autour des parcs stratégiques. Toutefois, cela nécessitera d'adapter les procédures et de renforcer les moyens de l'Etat pour répondre aux nouveaux besoins capacitaires (flotte, hélicoptères, etc.). Le déploiement de drones de surveillance et des systèmes de détection maritime pour repérer toute activité suspecte autour des installations *offshores* sera une autre alternative. Il serait ainsi possible d'envisager la mutualisation des drones employés pour le suivi des impacts environnementaux et de la surveillance du parc pour également réaliser de la sûreté. L'installation de capteurs sous-marins, comme par exemple les DAS (*Distributed Acoustic Sensors*), pour surveiller en temps réel l'intégrité des câbles électriques et détecter toute anomalie ou tentative de sabotage serait aussi judicieux.

Les parcs éoliens, au vu de leur nombre et des superficies maritimes, connaîtront sans doute le développement d'activités illicites qui sont en forte croissance ces dernières années avec la «

massification » du narcotrafic, l'augmentation de l'immigration clandestine et les menaces d'actes terroristes. Par leur configuration et leur éloignement des côtes, les parcs éoliens offshore représentent un potentiel intéressant pour les organisations criminelles. Le retour d'expérience des implantations déjà existantes en France et à l'international permet d'ores et déjà d'identifier des menaces et surtout les contre-mesures qui permettront de les prévenir.

La mise en place de technologies avancées, telles que les réseaux de vidéosurveillance, les radars de surface et les drones, couplée à une coopération internationale renforcée, permettra de surveiller efficacement ces zones sensibles. De plus, la formation des personnels et la sensibilisation des usagers de la mer joueront un rôle crucial dans la détection précoce des comportements suspects. En adoptant une approche proactive et collaborative, la France et l'Europe pourront protéger ces infrastructures stratégiques et garantir la sécurité de leurs citoyens tout en poursuivant leurs ambitions énergétiques.

Mais, pour renforcer la sûreté des parcs, une solution judicieuse pourrait consister dans l'externalisation d'une partie de la surveillance et des primo-interventions à des sociétés privées spécialisées. En mer, la lutte contre la piraterie, puis contre le terrorisme a fait émerger la possibilité pour les entreprises de sécurité privée de se voir confier de nouvelles missions qui, auparavant, étaient difficilement envisageables.

Le recours à des sociétés privées pour assurer la protection des parcs éoliens en mer offrirait plusieurs avantages. D'abord en termes de flexibilité, les opérateurs pouvant adapter les moyens de surveillance (navires, drones, personnels) en fonction des besoins spécifiques de chaque parc et des risques identifiés. Ensuite, en termes de réactivité, ces sociétés étant en mesure d'assurer une présence continue et d'agir en premier niveau de réponse en cas d'intrusion ou d'incident avant l'arrivée des forces de l'Etat en cas d'incident. Il est donc important désormais d'aligner les activités de sûreté maritime sur les pratiques terrestres au risque de créer de graves distorsions de concurrence, de ne pas répondre aux nouveaux besoins de sûreté en mer et d'offrir ce marché à des sociétés étrangères qui agissent déjà dans ce domaine.

Depuis quelques années, les cyberattaques ont aussi fortement augmenté dans le monde en raison de plusieurs facteurs majeurs. D'une part, la numérisation croissante des systèmes et des infrastructures multiplie les points d'entrée pour les attaquants, d'autre part la valeur stratégique des données qu'ils peuvent contenir en fait des cibles privilégiées. Cette menace est renforcée par la professionnalisation des cybercriminels, souvent organisés en réseaux structurés et soutenus par des Etats, ainsi que par le modèle lucratif de la cybercriminalité. À cela s'ajoute un contexte géopolitique tendu, où les cyberattaques deviennent de véritables armes de guerre pour affaiblir des adversaires et leur nuire sans confrontation directe. Par ailleurs, le manque persistant de préparation de nombreuses organisations encourage la cybercriminalité. Les parcs éoliens *offshores* sont particulièrement vulnérables aux cyberattaques.

Implantés en mer, les parcs éoliens *offshores* sont par nature isolés, rendant les interventions complexes et limitant les moyens d'accès. Leur architecture s'appuie sur une interconnexion de systèmes physiques et numériques répartis entre les infrastructures *offshores*, les stations terrestres, les liaisons de communication, et les systèmes de supervision, formant un environnement complexe et distribué. La cyber sécurité des éoliennes *offshores* s'inscrit aussi dans un cadre normatif en pleine évolution, tant au niveau national qu'europpéen, avec l'émergence de directives et de règlements imposant des exigences de plus en plus contraignantes. La complexité de la réponse à cette menace cyber provient aussi de la pluralité d'acteurs aux responsabilités partagées. La chaîne de valeur mobilise un écosystème d'intervenants publics et privés – concepteurs, exploitants, mainteneurs, autorités de contrôle, Etat – chacun détenant une part de responsabilité dans la sécurisation des systèmes et des données, et la réponse aux agressions.

C'est pour cette raison qu'il est crucial de mettre en place un référentiel national, technique et organisationnel de cyber résilience, applicable à l'ensemble des parcs éoliens *offshores*.

Ce référentiel technique et organisationnel consisterait de manière concrète à traduire l'ensemble des réglementations et normes pour les adapter au contexte spécifique de l'éolien *offshore*, en synthétisant les exigences applicables à l'ensemble des acteurs de la filière.

De nouveaux enjeux de sécurité maritime

L'acceptabilité sociale et politique des parcs éoliens comme la continuité des activités économiques en mer supposent de pouvoir maintenir un niveau minimum de navigation au sein ou à proximité des parcs, qui ne sauraient être des zones strictement interdites.

Pour autant, et à l'inverse, les impératifs de sûreté et de sécurité maritimes conduisent nécessairement à restreindre les activités autorisées dans les parcs.

Cet équilibre de principe se construit en France depuis l'émergence des premiers parcs éoliens posés en Manche et en Atlantique, mais peine aujourd'hui à être consolidé en raison des revendications des différentes catégories socio-professionnelles du monde maritime. A fortiori, les différences de réglementations d'un parc à un autre nuisent à la lisibilité des règles applicables et soulèvent l'enjeu d'éventuelles distorsions entre les façades maritimes.

Dix ans après les premiers travaux sur la réglementation des usages et avec l'arrivée des parcs éoliens flottants, il est dès lors essentiel de conduire un travail prospectif pour permettre aux pouvoirs publics de définir une politique sur les activités maritimes compatibles avec les parcs.

Aussi, il serait souhaitable qu'une autorité nationale (SG Mer) propose un modèle d'arrêté cadre – à choix multiples – dont pourrait s'inspirer l'autorité maritime pour réglementer les usages dans les parcs. Ce modèle permettrait d'éviter des interprétations locales qui pourraient devenir des sources de fragilité juridique pour les points critiques. Mais, il faudra aussi veiller à laisser au préfet maritime une indispensable faculté d'interprétation locale pour les points moins sensibles.

Par ailleurs, l'identification de la direction interrégionale de la mer (MICO) comme porte d'entrée unique de l'Etat pour chaque façade maritime au profit des lauréats des appels d'offre et des usagers de chaque parc éolien constituerait une avancée importante.

Dans le contexte du développement des parcs éoliens *offshores*, la question de la sécurité maritime, à l'intérieur comme à l'extérieur du parc est un point critique majeur.

Aujourd'hui, il apparaît que la responsabilité de la sécurité, de la prévention à l'intervention, est partagée entre l'Etat et l'opérateur. Cette situation rend encore plus nécessaire la connaissance mutuelle des Parties et leur coordination de chaque instant afin de garantir la sécurité de tous. Ces liens sont définis par le Plan d'intervention maritime (PIM) et doivent être entretenus avec la réalisation d'exercices communs.

Il apparaît nécessaire, comme pour toute installation industrielle majeure et plutôt récente, de constituer une liste des événements majeurs ayant menacé la sécurité des parcs et de la navigation, avec des retours d'expériences utiles. Cette compilation et son analyse doivent se faire à l'échelle de chaque parc puis à l'échelle régionale et nationale (SG Mer). L'organisation d'un retour d'expérience organisé va devenir indispensable avec l'entrée en service de nouveaux parcs. Les incidents et accidents survenus doivent pouvoir servir d'exemples afin qu'ils ne se renouvellent pas ; grâce à la réalisation d'un catalogue partagé des bonnes pratiques recueillies sur l'ensemble des parcs éoliens français.

Pour prévenir les principaux risques maritimes, les premiers parcs éoliens français font déjà l'objet d'une réglementation maritime adoptée par les préfets maritimes qui ont le pouvoir de réglementer la navigation maritime dans les parcs éoliens et à leurs abords, à condition que les installations soient dans la mer territoriale. C'est à ce titre que la navigation maritime des grands navires (plus de 25 mètres) y est interdite, que la vitesse y est limitée et que certaines activités nautiques y sont proscrites. Néanmoins, la navigation maritime transitant à proximité peut représenter des risques pour la sécurité maritime et pour les installations du parc éolien. Ce sont pour ces raisons que des mesures complémentaires peuvent être adoptées pour réduire les risques d'accidents.

Or, il existe des moyens techniques et organisationnels pour éviter les accidents et intervenir efficacement en cas de problème. La mise en place de routes maritimes et de dispositifs d'arrêt des navires, l'implantation de technologies de détection avancées, telles que les radars maritimes et les systèmes de surveillance en temps réel, permettent de mieux anticiper les collisions et d'adapter les routes maritimes en conséquence. En parallèle, une coordination étroite entre les autorités maritimes, les exploitants des parcs éoliens et les acteurs de la navigation garantit une gestion proactive des

risques. Avec une évaluation continue des risques et des mesures de prévention bien établies, les éoliennes en mer peuvent être intégrées en toute sécurité dans les espaces maritimes tout en préservant la sécurité des navires et des marins.

Pour répondre au développement des risques liés à l'implantation de parcs éoliens en mer, la sécurité civile doit aussi savoir prendre en compte ce nouveau besoin. Parmi les évolutions possibles, l'adaptation à ce nouveau défi des moyens de la capacité nationale de renfort pour l'intervention à bord des navires (CAPINAV) de la sécurité civile, mise en œuvre par le Bataillon des Marins Pompiers de Marseille, devient nécessaire. En offrant une nouvelle capacité de renfort nationale dans ce domaine, la CAPINAV apporterait une réponse pertinente à ce nouveau défi technologique en mer.

La création d'un module spécialisé au sein de la CAPINAV, fusionnant les expertises du secours en milieux périlleux et en montagne (SMPM), renforcées par l'intégration de systèmes de drones, constituerait une réponse opérationnelle pertinente.

Cette approche novatrice doit combiner, les technologies de drones, aériennes et maritimes de dernière génération, les systèmes de détection avancées et l'expertise de techniciens spécialisés dans les interventions en grande hauteur, le tout simultanément.

La sécurité passe aussi par une meilleure prise en compte et intégration de l'emploi des vecteurs aériens privés (hélicoptères et drones) dans les parcs éoliens *offshores*. En tirant les leçons du secteur pétrolier et du fonctionnement des parcs éoliens du nord de l'Europe, il apparaît que la logistique aérienne devrait prendre une importance grandissante dans les prochaines années, en complément des services rendus par les moyens de soutien nautiques. Ainsi, le ratio pour la technologie de l'éolien posé est déjà de 40 % pour l'aérien et 60 % pour le maritime et cela devrait tendre à s'équilibrer, voire à s'inverser avec l'émergence des éoliennes flottantes. Or, si l'Etat ne prend pas en compte le soutien aérien très en amont dans le cycle d'attribution des marchés, les opérateurs répondant aux appels d'offre n'auront pas l'opportunité de penser leurs futures opérations aériennes et ainsi être en mesure de pouvoir couvrir des besoins de soutien et de sécurité qui prendront une importance cruciale en cas de besoin d'une intervention d'urgence, de dégradation des conditions météorologiques ; d'autant plus que le parc sera très éloigné des côtes.

La France dispose d'une avance importante dans le domaine de la technologie de l'éolien flottant. Mais, elle doit aussi veiller à conserver cet avantage pour son soutien aérien, en complément du soutien naval et pour la mise en œuvre de drones aériens qui va prendre une importance considérable. Pour ce faire, il est nécessaire de prévoir cette dimension aérienne dès la conception des phases d'exploitation dites « *opération & maintenance* ». Cette mission de cadrage doit être confiée à la DGEC dès la rédaction de l'appel d'offres pour un parc en mer afin de permettre la définition d'un cadre d'emploi des drones aériens, des moyens aériens logistiques ainsi que des infrastructures aéroportuaires *offshores* qui y seront associées.

Enfin, le spatial peut aussi apporter des outils extrêmement intéressants pour la surveillance des parcs éoliens *offshores*. L'instauration de plans de surveillance intégrés des parcs éoliens *offshores* permettrait ainsi de maximiser l'emploi de la technologie spatial.

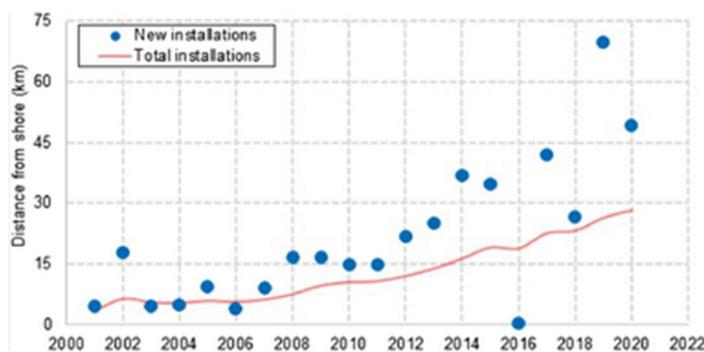
Mais, alors que le potentiel d'emploi du spatial est important durant toutes les étapes du cycle de vie d'un parc éolien en mer (identification de site et estimation de la ressource, réseau et transport, surveillance pour l'optimisation des performances, sécurité, télécommunications, contribution au *reporting* réglementaire etc...), les données satellitaires sont encore trop peu utilisées. Ces réticences sont liées à un sentiment de difficulté d'accès, de craintes sur la complexité à exploiter les systèmes d'information associés et du besoin d'outils « sur mesure » correspondant aux besoins des usages très spécialisés des EMR. La « lisibilité » de l'offre spatiale est un effort sur lequel il y conviendrait de se pencher pour en faire comprendre l'intérêt aux exploitants de parcs éoliens.

FICHES D'ANALYSES

Fiche n°1

Les enjeux de la gouvernance de l'éolien *offshore* dans les espaces maritimes au regard du droit de la mer

Le secteur de l'éolien maritime vit actuellement en France, comme chez nos voisins européens, une phase d'accélération du développement des parcs *offshores* que ce soit dans la mer territoriale comme en zone économique exclusive située au-delà des 12 milles marins (cf. graphique ci-dessous représentant la distance moyenne des parcs éoliens depuis la côte en Europe). Cette territorialisation à grande échelle par les Etats côtiers de leur ZEE, sur laquelle ils exercent des droits souverains et leur juridiction dans un nombre limité de domaines, est inédite² et présente des défis de conciliation avec les autres usages de cet espace maritime, garantis par la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer (CNUDM).



La ZEE est un espace maritime soumis à un régime juridique *sui generis* depuis sa création par la CNUDM, ratifiée en 1996 par la France. La singularité de cet espace au regard du droit de la mer soulève deux principaux enjeux de gouvernance pour les Etats côtiers qui, tels que la France, ont identifié des zones de développement de l'éolien au-delà de la mer territoriale. Le premier enjeu est celui de la mise en place d'une gouvernance adaptée pour mettre en œuvre les régimes d'autorisation administratifs encadrant les activités liées à l'éolien en mer, afin de répondre aux objectifs ambitieux de la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE). Le deuxième enjeu est celui du nécessaire équilibre à trouver entre la protection de ces infrastructures énergétiques et la préservation de la liberté de navigation.

Cette fiche dresse dans un premier temps le bilan de la gouvernance des premiers projets d'éolien en mer territoriale dont la gouvernance est stabilisée, même si des points résiduels de friction demeurent (1). La deuxième partie analyse les enjeux qui peuvent être anticipés en matière de gouvernance des champs éoliens développés au-delà de la mer territoriale du fait du régime singulier de la ZEE (2) afin d'identifier les voies juridiques mobilisables au regard du droit de la mer et formuler une recommandation (3).

1. CONSTAT : UNE GOUVERNANCE DE L'EOLIEN QUI SE STABILISE EN MER TERRITORIALE EN DEPIT DE POINTS DE FRICTIONS RESIDUELS

1.1. Le droit de la mer fonde juridiquement les droits exercés souverainement par l'Etat côtier en mer territoriale en matière d'encadrement des activités liées aux parcs éoliens

En mer territoriale, l'Etat côtier est fondé, au regard du droit de la mer, à prendre les mesures en droit interne pour réglementer la pose, la maintenance et l'enlèvement de câbles, ainsi que les études réalisées préalablement à cette pose ou à leur enlèvement. Les dispositions de la CNUDM lui offrent également la possibilité de recourir à des zones de protection et des dispositifs de navigation au titre de la sécurité de la navigation et de la bonne application du droit de passage inoffensif.

² Le précédent des plateformes offshore pour l'exploitation du pétrole et du gaz en termes d'encombrement de l'espace maritime est sans comparaison. Cf. étude réalisée dans l'article [L'éolien offshore – un défi pour la sécurité et la sûreté maritimes | Theatrum Belli](#)

La pose d'installations et de câbles électriques sous-marins en mer territoriale s'apparente à l'utilisation du domaine public maritime. Or, il résulte de l'article L.2124-3 du code général de la propriété des personnes publiques (CGPPP) que de telles utilisations doivent se faire par le biais de concessions d'utilisation du domaine public. En France, le domaine public maritime naturel est inaliénable et imprescriptible, ce qui signifie, d'une part, que les biens du domaine public ne peuvent être cédés, et d'autre part, qu'une occupation ou une utilisation prolongée par un ou plusieurs particuliers qui se succèdent sur cette concession ne leur confère aucun droit réel, et notamment aucun droit de propriété, dont ils pourraient se prévaloir à l'égard de la personne publique. L'occupation ne peut donc être que temporaire, précaire et révocable.

Conformément au Code Général de la Propriété des Personnes Publiques (CGPPP) dans sa partie relative aux concessions d'utilisation du domaine public maritime en dehors des ports (articles R. 2124-1 à R. 2124-12), la pose d'un câble en mer territoriale nécessite la délivrance par le préfet de département, autorité gestionnaire du domaine public maritime, d'une concession d'utilisation dudit domaine public maritime approuvée par arrêté préfectoral.

Que ce soit pour les parcs éoliens ou pour leurs ouvrages de raccordement situés sur le domaine public maritime (DPM), le régime de l'autorisation environnementale délivré par le Préfet de département tient lieu d'arrêté d'approbation de la Convention d'Occupation du Domaine Public maritime de CUDPM (article L. 181-2), 18°.

Toutefois, les modalités d'instruction de la CUDPM demeurent, à savoir l'avis du PREMAR est recherché par le Préfet de département dès réception de la demande de projet et l'avis est joint au dossier soumis à l'instruction administrative par le Préfet (*R2124-4*) et le service gestionnaire du domaine public maritime consulte les autorités militaires intéressées (*R2124-6*).

1.2. Toutefois des points de friction demeurent dans la gouvernance entre les différents acteurs de l'éolien en mer territoriale

La répartition des responsabilités en matière de déminage en mer n'est pas à ce jour résolue en dépit d'une mesure CIMER 2023 dédiée³, dans l'attente d'un vecteur législatif adapté pour porter la modification du code de sécurité intérieur (CSI). À ce jour, les opérateurs privés de déminage assurent une partie de la recherche et du désensouillage des objets suspects détectés sur le rivage et en mer territoriale dans le cadre de chantiers de génie civil. La Marine intervient ensuite, sous convention, pour toutes les phases de neutralisation (désensouillage complet, déplacement si besoin, destruction). Cependant, la Marine nationale n'a pas la capacité d'assurer ces interventions en soutien des chantiers planifiés en mer du fait du plan de charge des groupements de plongeurs démineurs. Le SG MER a donné un avis favorable à l'intervention de sociétés privées, sous réserve d'une part de l'existence effective d'entreprises privées étant en capacité d'intervenir sur de tels chantiers et sous réserve de l'évolution du cadre juridique.

Le retour d'expérience des derniers exercices de sûreté maritime a également mis en évidence le besoin d'organiser la coopération entre acteurs privés et publics en matière de partage d'informations, notamment s'agissant des images prises avec les caméras installées sur les infrastructures des parcs éoliens.

2. ANALYSE : LES ENJEUX DE GOUVERNANCE LIÉS AU DÉVELOPPEMENT DE L'ÉOLIEN AU-DELÀ DE LA MER TERRITORIALE ET DU DOMAINE PUBLIC MARITIME

2.1. La gouvernance de la planification maritime de l'éolien en mer intègre la nécessaire conciliation des usages prévus par le droit de la mer dans la ZEE

³ Mesure A.3.2 du CIMER 2023

En amont du débat public organisé par la CNDP⁴, l'Etat a défini des zones propices à l'éolien en mer qui répondent à un ensemble de critères⁵ (force du vent, profondeur de l'eau, ...) dont une distance minimale à la côte de 15 kilomètres pour éviter la concentration des activités dans un même espace. La loi relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables (APER) publiée en mars 2023 indique que « *sont ciblées en priorité des zones prioritaires situées dans la zone économique exclusive (ZEE)* », soit à plus de 22 km des côtes.

En ce qui concerne la navigation maritime, une distance de sécurité (10 milles nautiques) a été prise en compte entre les zones prioritaires de développement de l'éolien en mer et les couloirs de navigation agréés par l'Organisation Maritime Internationale (OMI), appelés « *dispositifs de séparation du trafic* » (DST) qui régulent le trafic maritime en mer du Nord et en Manche. Des zones d'activité de la Défense nationale ont également été exclues du débat public car incompatibles avec les infrastructures de l'éolien en mer.

L'implantation de parcs éoliens *offshore* dans une aire marine protégée s'inscrit dans une logique de conciliation des usages et non d'exclusion. Il s'agit alors de préserver la biodiversité dans une logique de cohabitation avec les activités humaines. Ainsi, des parcs éoliens en mer peuvent être développés dans un parc naturel marin ou des sites Natura 2000 à condition que le parc n'ait pas un impact significatif sur les objectifs de conservation sur les espèces et les habitats ayant conduit à la désignation du site⁶.

Enfin, il semble également utile de relever à ce stade que les zones identifiées à l'occasion du débat public n'ont pas été intégralement utilisées dans le cadre des appels d'offres. A titre d'exemple, la zone « Centre Manche », située à plus de 32 km des côtes normandes et d'une superficie de 500 km² a été réduite lors de la procédure de mise en concurrence, notamment dans l'attente d'une caractérisation plus précise du trafic maritime dans cette zone sous forme d'une étude d'analyse de risques⁷.

2.2. Les spécificités du droit de la mer ont été prises en compte dans l'encadrement réglementaire des régimes administratifs d'autorisation des activités liées à l'éolien en ZEE

Au-delà de la mer territoriale, et donc en zone contigüe comme dans la zone économique exclusive, la CNUDM consacre en son article 87 le principe de liberté de navigation, de survol, de pose, de maintenance ou d'enlèvement des câbles sous-marins de communication, ainsi que la liberté d'utiliser la mer à d'autres fins internationalement licites. L'Etat côtier ne peut donc exercer ses droits souverains et sa juridiction au-delà de la mer territoriale que dans un nombre limité de domaines précisés par l'article 56 de la CNUDM : « *des droits souverains aux fins d'exploration et d'exploitation, de conservation et de gestion des ressources naturelles, biologiques ou non biologiques (...) ainsi qu'en ce qui concerne d'autres activités tendant à l'exploration et à l'exploitation de la zone à des fins économiques, telles que la production d'énergie à partir d'eau, des courants et des vents* ».

La Convention des Nations unies sur le droit de la mer (CNUDM) distingue ainsi le régime applicable d'une part aux câbles sous-marins de communication, et d'autre part le régime applicable aux

⁴ Commission Nationale du Débat Public.

⁵ Cf. site [Projet participatif - Pourquoi autoriser les éoliennes en zones protégées ?](#)

⁶ Certains parcs naturels marins (PNM) devraient accueillir des éoliennes en mer en France comme le PNM du golfe du Lion et le PNM des estuaires picards et de la mer d'Opale. On peut aussi rappeler qu'une dizaine de parcs éoliens ont déjà été autorisés dans des zones Natura 2000 en Europe.

⁷ Cf. Rapport préliminaire du Cerema de janvier 2022 de l'étude de trafic macrozone Normandie consultable en ligne via [Etude macrozone Normandie - Cartographie-1\(1\).pdf](#)

installations et ouvrages « affectés aux fins prévues à l'article 56 ou à d'autres fins économiques » (parcs éoliens et leurs ouvrages de raccordement tels que les câbles électriques)⁸, sur lesquels, dans la ZEE, l'Etat côtier exerce « le droit exclusif de procéder à la construction et d'autoriser et réglementer la construction, l'exploitation, et l'utilisation ».

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 son décret d'application⁹ précisent en droit interne les modalités de mise en œuvre des dispositions prévues par le droit de mer. La loi APER précitée et la loi de programmation militaire 2024-2030, ainsi que leurs décrets d'application, ont parachevé l'édifice réglementaire, en métropole et outre-mer. Ainsi, lorsque les ouvrages de raccordement électriques passent par la ZEE et le DPM, le régime applicable est celui de l'autorisation environnementale unique. Le préfet de département saisit pour avis simple l'autorité militaire compétente. Le Préfet de département communique le dossier, pour avis conforme, au représentant de l'Etat en mer compétent (*article R 181-32-1*.)

S'agissant du développement des parcs éoliens eux-mêmes, le législateur a également pris en compte la singularité de la ZEE en adaptant la gouvernance. Le régime d'autorisation unique que doivent solliciter le développeur éolien et RTE, est délivré dans cet espace maritime par le représentant de l'Etat en mer¹⁰, plus à même de prendre en compte les enjeux de conciliation des usages et de défense. Enfin, l'autorisation environnementale (L. 181-2, 17°) ne tient pas lieu d'autorisation unique, contrairement au régime applicable aux parcs éoliens situés en mer territoriale.

2.3.L'enjeu de la préservation des libertés de navigation et de survol dans les ZEE des pays tiers

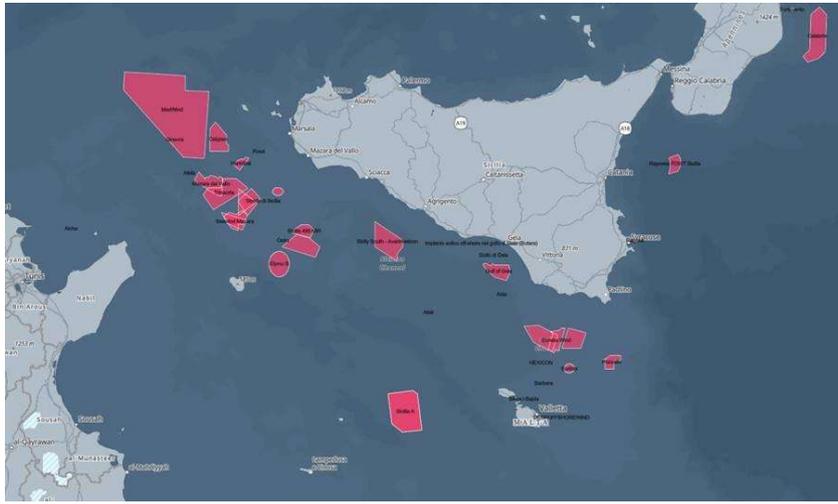
De fait, un paradoxe se crée entre deux libertés, toutes les deux prévues dans la partie V dédiée à la « Zone Economique Exclusive » de la CNUDM. D'une part, celle de la liberté de poser des champs éoliens de l'Etat côtier, prévue à l'article 60, et d'autre part celle de tous les Etats, avec ou sans littoral, qu'est la liberté de la navigation et de survol garantie dans l'article 58. Le champ éolien ne confère cependant aucun droit d'extension des délimitations maritimes à l'Etat côtier, mais il lui permet de contrôler des espaces de haute mer en y interdisant de fait la navigation.

L'exemple des zones identifiées pour le développement à court terme de projets éoliens dans le canal de Sicile illustre l'optimisation de l'emploi de la ZEE par l'Italie en tant qu'Etat côtier. Bien que communément appelée « Détroit de Sicile », cette zone ne correspond pas à un détroit international au sens de la CNUDM, sa partie la plus étroite représentant 140 km et comprenant donc une zone de haute mer entre les mers territoriales italienne et tunisienne. Un DST a été établi afin de réguler le trafic dense entre Gibraltar et le canal de Suez. Son utilisation n'est pas obligatoire, toutefois la mise en place de ce champ rendra son usage inévitable.

⁸ Articles 60.1.b) de la CNUDM.

⁹ Décret n° 2013-611 du 10 juillet 2013 modifié relatif à la réglementation applicable aux îles artificielles, aux installations, aux ouvrages et à leurs installations connexes sur le plateau continental et dans la zone économique exclusive et la zone de protection écologique ainsi qu'aux câbles et pipelines sous-marins.

¹⁰ Article 20 de l'ordonnance de 2016 précitée.



Projet de champs éoliens dans le canal de Sicile

Dans les eaux sous juridiction française, les activités de défense sont prises en compte lors de la consultation de l'autorité militaire dans le cadre des procédures d'autorisation ou d'agrément de constructions des parcs (cf. paragraphe 2.1). Dans les ZEE étrangères en revanche, les parcs éoliens, par leur présence physique étendue, la multiplication des capteurs dont ils disposent (vidéos, radars, hydrophones, ...) et leurs risques inhérents, peuvent contrarier les activités de défense. De plus, l'augmentation continue de la taille des éoliennes peut également gêner la détection, l'intervention ou les entraînements de moyens aériens. Face à cette empreinte, certains pays européens ont décidé de réviser leurs ambitions. La Suède a fait le choix récent d'annuler treize projets d'installation de champs d'éoliennes en mer Baltique au motif de « *risques inacceptables* » pour la défense¹¹.

L'article 87-1-d de la CNUDM reconnaît à tous les Etats, côtiers comme sans littoral, « *la liberté de construire des îles artificielles et autres installations autorisées par le droit international* » en haute mer, au-delà des ZEE. Cette liberté offerte aux Etats, lorsque la technologie le permettra, transposera à la haute mer les questions actuelles sur les ZEE.

3. RECOMMANDATIONS - VOIES JURIDIQUES MOBILISABLES AU REGARD DU DROIT DE LA MER

Recommandation : intégrer en amont du développement des projets de parcs *offshore* la contrainte posée par la distance de 500 mètres maximum autour des installations et ouvrages dans la définition des zones de sécurité prévues par le droit de la mer en ZEE, afin de limiter la distance entre deux infrastructures à un kilomètre et ainsi préserver la juridiction de l'Etat côtier sur l'intégralité de l'espace maritime à l'intérieur du parc et dans ses approches immédiates. À défaut, une recommandation de l'OMI pourrait être recherchée pour étendre cette distance.

Aux abords et dans le parc offshore, si la distance de sécurité de 500 mètres s'avèrerait insuffisante au regard des risques posés par le trafic maritime, une demande d'aménagement pourrait être initiée par les autorités françaises auprès de l'OMI pour sécuriser les approches et / ou réglementer la navigation dans le parc afin de réduire les risques en matière de sécurité de la navigation et de dommages à l'environnement et aux activités socio-économiques. Cette demande devra toutefois être bien évaluée en ayant à l'esprit le principe de réciprocité qui pourrait conduire à ce titre d'autres Etats côtiers à faire restreindre par des mesures identiques le principe de liberté de la navigation dans leur propre ZEE.

¹¹ Cf. <https://www.latribune.fr/climat/energie-environnement/en-mer-baltique-l-impossible-cohabitation-entre-eoliennes-et-defense-1012456.html>

3.1. Systématiser la mise en place de zones de sécurité autour des infrastructures du parc éolien en ZEE dans lesquelles l'Etat côtier exerce sa juridiction

Il importe de rappeler tout d'abord que l'Etat côtier « *a jurisdiction exclusive sur les installations en ZEE, y compris en matière de [...] sécurité* » (article 60-2 de la CNUDM). La compétence juridictionnelle de la France sur les activités opérées sur les installations des parcs éoliens de sa ZEE ne fait donc pas débat.

Au-delà de l'installation elle-même, et au titre de l'article 60.4 de la CNUDM, l'Etat côtier est également fondé à créer des zones de sécurité autour de chacune des installations et ouvrages connexes des parcs éoliens en ZEE, y compris la sous-station électrique. Sous réserve qu'elles soient de dimensions raisonnables (leur distance ne peut s'étendre au-delà de 500 mètres autour de chaque infrastructure), la France peut ainsi prendre « *des mesures appropriées pour assurer la sécurité de la navigation* » à l'intérieur de ces zones. À cet égard, l'article 60-6 de la CNUDM précise en effet que « *tous les navires doivent respecter ces zones de sécurité et se conformer aux normes internationales généralement acceptées concernant la navigation dans les parages des îles artificielles, installations, ouvrages et zones de sécurité* ». Ces zones de sécurité doivent être notifiées.

Outre la réglementation de la navigation à l'intérieur du parc (organisation de corridors, restriction des navires pouvant naviguer dans les zones de sécurité en fonction de leur taille ou de leur activité), les lois et règlements de la République française trouvent à s'appliquer pour le maintien du bon ordre en mer.

Les dispositions de la CNUDM ont été traduites en droit interne dans l'ordonnance sur les espaces maritimes précitée (articles 29 à 32) et confient au représentant de l'Etat en mer la compétence en matière de création de zones de sécurité autour des installations, ouvrages et installations connexes des parcs éoliens. L'article 29 de l'ordonnance interdit de pénétrer sans autorisation, par quelque moyen que ce soit, dans ce type de zones, pour des raisons étrangères aux opérations d'exploration ou d'exploitation et prévoit les exceptions à ce principe. Le même article prévoit également que « *des restrictions peuvent être apportées au survol des îles artificielles, installations et ouvrages et leurs installations connexes et des zones de sécurité, dans la mesure nécessaire à la protection de ces îles artificielles, installations et ouvrages et à la sécurité de la navigation aérienne* ».

L'article 43 de la même ordonnance prévoit en matière répressive que « *I. - Dans les eaux intérieures, la mer territoriale et les zones de sécurité mentionnées à l'article 29, est puni d'un an d'emprisonnement et de 150 000 € d'amende le fait pour tout capitaine, chef de quart, ou toute personne exerçant la responsabilité ou la conduite d'un navire ou d'un engin nautique, de ne pas respecter les mesures prises par le représentant de l'Etat en mer pour le respect de la paix, de la sécurité ou de la sûreté des personnes ou des biens* ».

Le décret 86-606 du 14 mars 1986 modifié relatif aux commissions nautiques prévoit que pour les projets de création d'installations de grande ampleur liées aux énergies marines renouvelables, la commission nautique locale et la grande commission nautique sont successivement consultées. La commission nautique locale se réunit en amont de la grande commission nautique et émet un avis sur le projet, à l'exception des mesures de signalisation maritime des champs éoliens qui relèvent exclusivement de la compétence de la grande commission nautique.

Dans le cas où la distance entre les installations ou ouvrages connexes du parc *offshore* seraient éloignées de plus de 500 mètres les unes des autres, cette distance de sécurité peut être augmentée soit sur la base d'une norme internationale généralement acceptée, soit sur la base d'une recommandation de l'organisation internationale compétente (OMI). Ce point doit être anticipé tant par les opérateurs que par les autorités administratives compétentes afin d'intégrer cette contrainte en amont de la construction du parc ou, à défaut, si des raisons techniques ou économiques ne permettent pas d'espacer les éoliennes de moins d'un kilomètre, étudier le besoin de solliciter l'OMI pour être autorisé à étendre la zone de sécurité au-delà des 500 mètres afin de pouvoir conserver l'exercice de la juridiction sur l'intégralité de l'espace à l'intérieur du parc.

Cette démarche devra toutefois être soupesée au regard du principe de réciprocité qui implique que l'ensemble des Etats côtiers pourront d'inscrire dans cette démarche, contribuant ainsi à territorialiser un peu plus les espaces maritimes au-delà de la mer territoriale.

3.2. Le mécanisme des ZMPV (zones maritimes particulièrement vulnérables) pourrait dans certains cas restreindre la liberté de navigation en conformité avec le droit de la mer aux abords des parcs éoliens

L'OMI a mis en place un mécanisme d'identification et de désignation de zones maritimes particulièrement vulnérables (ZMPV), reconnues pour l'importance de leurs caractéristiques écologiques, socio-économiques ou scientifiques, afin de les faire bénéficier de mesures protectrices contre les dommages causés par les activités du transport maritime international. Certaines desdites mesures prises au-delà de la mer territoriale constituent des restrictions à la liberté de la navigation¹² et prennent appui sur les articles 192 et 194, ainsi que l'article 211, paragraphe 1 de la CNUDM.

Les critères d'identification et le mécanisme de proposition et de validation d'une ZMPV sont décrits dans la Résolution A.982(24) de l'OMI, adoptée en 2005. À ce stade, aucune ZMPV n'a été mise en place dans le but de protéger l'activité socio-économique d'un ou plusieurs champs éoliens.

La mer Baltique et une grande partie de la ZEE française en Atlantique font déjà partie d'une ZMPV reconnue par l'OMI. La région de la mer Baltique a été désignée en raison de son écosystème d'eau saumâtre unique au monde. Du fait de sa vulnérabilité aux perturbations humaines (la mer Baltique voit passer plus de 2000 navires par jour en moyenne), l'OMI a adopté plusieurs mesures de routage et de protection des navires, y compris des zones à éviter, des routes en eaux profondes et des schémas de séparation du trafic.

Les ZEE Atlantique et Manche - mer du Nord françaises sont également en partie comprises dans une ZMPV dite « Europe de l'Ouest » qui comprend abords maritimes d'autres Etats côtiers¹³. Cette ZMPV protège une « zone biologiquement diverse et un environnement marin hautement productif » ainsi qu'une zone importante pour les pêches et qui englobe certaines des voies de navigation les plus fréquentées au monde. Dans cette zone, l'OMI a déjà adopté des zones à éviter, des mesures de routage et imposé un système obligatoire de rapport des navires qui s'applique à tous les pétroliers de plus de 600 tonneaux de jauge brute.



Le principe de la désignation d'une ZMPV en mer Méditerranée nord occidentale a également été récemment validé, dans l'objectif de réduire les risques de collisions des navires avec les cétacés (mise en place d'une distance de sécurité appropriée, adoption d'une vitesse de sécurité en présence de cétacés, signalement des collisions et diffusion d'informations sur la présence de cétacés). Les mesures de protection associées ont été étudiées en mai 2023 et le MEPC 80, qui s'est tenu début juillet 2023, a été invité à approuver définitivement la ZMPV.

¹² Cf. Déclaration de M. Rüdiger Wolfrum, Président du tribunal international du droit de la mer, la liberté de navigation : nouveaux défis.

¹³ Les côtes occidentales du Royaume-Uni, de l'Irlande, de la Belgique, de la France, de l'Espagne, du Portugal, des îles Shetland au nord jusqu'au cap Saint-Vincent au sud, ainsi que la Manche et ses abords.

Dans le cas de parcs éoliens dont l'activité se déroulerait à proximité de zones de passage d'un nombre important de navires, la France serait fondée à solliciter l'OMI pour adopter, au sein de ZMPV préexistantes, un ou des mécanismes de séparation ou de restriction du trafic maritime.

3.3. Les enjeux de sûreté relatifs aux plateformes en mer ne sont pris en compte que partiellement dans les instruments juridiques internationaux existants.

Comme exposé précédemment, les Etats côtiers sont fondés, au regard du droit de la mer, à mettre en place, ou à solliciter auprès de l'OMI, la mise en place de dispositifs liés à la sécurité maritime lorsque cela s'avère nécessaire. En revanche, les voies juridiques mobilisables par l'Etat côtier pour prévenir et réprimer les risques relevant de la sûreté maritime au-delà de sa mer territoriale sont fragiles, alors même que 25 % de l'électricité de la Grande-Bretagne arrive aujourd'hui par les câbles sous-marins électriques et que la France vise les 30 % de son mix énergétique.

En ZEE, l'intervention des moyens de puissance publique de l'Etat côtier sur un navire battant pavillon étranger, en raison de motifs raisonnables de penser que ce navire a l'intention ou a déjà commis un dommage envers une infrastructure du parc éolien ou d'un ouvrage de raccordement, doit s'articuler avec le principe d'exclusivité de la loi du pavillon. Sans la coopération de l'Etat du pavillon, l'Etat côtier ne peut exercer sa juridiction sur le navire soupçonné d'actes malveillants lorsque celui-ci est en dehors du parc éolien ou de la zone de sécurité qui l'entoure. Le phénomène des pavillons de complaisance offre qui plus est aux Etats mettant en œuvre des stratégies hybrides un cadre protecteur pour leurs activités illicites.

La Convention pour la répression d'actes illicites contre la sécurité de la navigation maritime, dite SUA (*Suppression of Unlawful Acts*), et son protocole pour la répression d'actes illicites contre la sécurité des plateformes fixes situées sur le plateau continental, adoptés en 1988, ont été révisés en 2005, par l'OMI à la suite des attentats du 11 septembre 2001. Cette double révision visait à introduire des mesures permettant aux Etats de lutter plus efficacement contre le terrorisme et la prolifération d'armes de destruction massive en autorisant, avec l'accord de l'Etat du pavillon, l'arraisonnement par un Etat en haute mer de navires battant un autre pavillon autre que le sien et impliqués dans une infraction visée par la convention. La ratification en France de cette double révision le 7 août 2018 a entraîné la modification de l'article 689-5 du code de procédure pénale et La loi n° 94-589 du 15 juillet 1994 relative aux modalités de l'exercice par l'Etat de ses pouvoirs de contrôle en mer.

La Convention et son protocole ainsi modifiées ajoutent aux activités pouvant faire l'objet de mesures répressives, l'utilisation d'une plateforme fixe pour préparer et commettre une attaque terroriste, pour aider à la fuite de personnes qui se sont rendues coupables d'une infraction, l'utilisation d'une plateforme comme arme et l'entreposage non autorisé d'armes de destruction massive et de marchandises à double usage.

À l'instar de la France, de l'Allemagne ou encore des Pays-Bas, la Belgique a voté sa loi d'assentiment en 2019¹⁴ afin d'ouvrir la voie à la ratification du Protocole de 2005, précisément pour protéger les plateformes fixes de ses parcs éoliens.

La question se pose toutefois de savoir si la Convention et son protocole révisés, explicitement prévus pour les plateformes fixes de type plateforme pétrolière ou parcs éoliens à structure fixe, couvrent également les champs éoliens flottants tels que ceux en cours d'assemblage en Méditerranée. Il pourrait être mis en avant que bien que flottantes, ces éoliennes et leur sous-station n'en sont pas moins fixées sur le fond par des lignes d'ancrage tendues et qu'à ce titre, la Convention SUA leur est applicable. Il semble judicieux dans l'intérêt des Etats côtiers comme c'est aussi le cas de la France de privilégier cette interprétation et de plaider pour une applicabilité de la Convention SUA et de son protocole révisé aux parcs éoliens flottants.

¹⁴ Texte disponible sous http://www.ejustice.just.fgov.be/mopdf/2019/08/02_1.pdf#Page10

FICHE 2

Le besoin d'une gouvernance à la hauteur de l'ambition et de l'ampleur d'une grande politique nationale

Face à l'urgence climatique et à la nécessité d'assurer la sécurité énergétique de l'Europe, l'Union européenne s'est engagée dans une transformation structurelle de son modèle énergétique. Cette ambition s'est traduite par le Pacte vert pour l'Europe (aussi appelé Green Deal européen), présenté en 2019, qui fixe l'objectif de neutralité carbone à l'horizon 2050, avec des étapes intermédiaires renforcées, notamment une réduction d'au moins 55 % des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2030 par rapport à 1990 (paquet législatif « Fit for 55 » adopté en 2021). Dans ce cadre, les énergies renouvelables sont appelées à jouer un rôle central, et l'éolien en mer est identifié comme un levier stratégique majeur pour produire massivement de l'électricité décarbonée.

L'Union européenne a ainsi adopté en 2020 une stratégie européenne dédiée à l'éolien *offshore*, visant une capacité installée de 60 GW d'ici 2030 et de 300 GW en 2050. Ce changement d'échelle suppose une mobilisation sans précédent des Etats membres, non seulement en matière de planification et de soutien industriel, mais surtout de gouvernance : les projets doivent s'inscrire dans une vision cohérente, anticiper les conflits d'usage, intégrer les contraintes environnementales et impliquer les territoires.

Dans ce contexte européen, la France dispose d'atouts considérables, mais encore largement sous-exploités. Avec une zone économique exclusive (ZEE) de 10,7 millions de km² – la deuxième au monde après les Etats-Unis –, un littoral de 20 000 km dont 5 500 km pour le seul hexagone, et des compétences industrielles existantes dans les domaines de l'énergie, du maritime, du génie civil ou encore du numérique, la France possède tous les atouts pour maîtriser le développement de l'éolien en mer.

Elle n'a cependant adopté une véritable stratégie dans ce domaine qu'à partir des années 2010. Le premier appel d'offres pour des parcs commerciaux date de 2011, mais les projets, dont le premier a été mis en service en 2022, ont connu de longues années de développement, ralentis par la complexité des procédures administratives, des contentieux récurrents, un dialogue inégal avec les collectivités et les acteurs territoriaux potentiellement impactés et un manque de visibilité pour les industriels.

Depuis 2020, une nouvelle dynamique est enclenchée : six appels d'offres ont été lancés, représentant une capacité cumulée de près de 7 GW, venant s'ajouter aux 3,5 GW déjà construits ou en développement. Un dixième appel d'offres devrait être lancé en 2026 pour un total de 8 GW à 10 GW d'éolien en mer, répartis entre projets fixes et projets flottants.

L'objectif désormais inscrit dans le Pacte éolien en mer entre l'Etat est la filière est d'atteindre 18 GW installés en 2035 et 45 GW en service à horizon 2050, avec une montée en puissance progressive de l'éolien flottant pour tirer parti des zones aux profondeurs plus importantes. Le décret de Programmation Pluriannuelle de l'Energie (PPE) actuellement en discussion est attendu à l'été 2025 afin de confirmer ces objectifs. Pour ce faire, la Décision¹⁵ du 17 octobre 2024 consécutive au débat public « la mer en débat » a permis d'actualiser les documents stratégiques de façade et de cartographier les zones maritimes et terrestres prioritaires pour le développement de l'éolien en mer, tout en incluant des zones de protection forte pour la biodiversité, conformément aux engagements pris dans la stratégie nationale pour la biodiversité.

¹⁵ Décision du 17 octobre 2024 consécutive au débat public « la mer en débat » portant sur la mise à jour des volets stratégiques des documents stratégiques de façade et la cartographie des zones maritimes et terrestres prioritaires pour l'éolien en mer

Pour accompagner cette dynamique, plusieurs réformes législatives et réglementaires ont été engagées depuis 2016 afin de prendre en compte le retour d'expérience des premières procédures d'attribution et notamment afin de réduire les délais de mise en service des parcs : autorisation environnementale pour les projets situés sur le domaine public maritime¹⁶, autorisation unique pour les projets situés en zone économique exclusive¹⁷, conditions techniques et financières liées au raccordement¹⁸, autorisation à caractéristiques variables¹⁹, anticipation de la procédure de débat public, compétence du Conseil d'Etat en premier et dernier ressort en cas de recours²⁰, mesures de simplification telles que la présomption de raison impérative d'intérêt public majeur (RIIPM) pour le parc et son raccordement, et de planification²¹.

Ces évolutions traduisent une volonté claire de structurer la filière. Toutefois, les porteurs de projets comme les investisseurs signalent un manque de lisibilité dans les circuits décisionnels, une instabilité dans l'interprétation des règles, et une grande variabilité selon les façades maritimes. Si le cadre macro est désormais plus clair, le pilotage opérationnel reste fragmenté et les calendriers des projets sont difficilement tenus.

Or, le pilotage d'un programme industriel aussi ambitieux que les 45 GW à l'horizon 2050 appelle une organisation adéquate de l'Etat, dans la gouvernance de ce programme d'infrastructures et dans les moyens (humains, financiers) alloués.

¹⁶ Ordonnance n° 2017-80 du 26 janvier 2017 relative à l'autorisation environnementale

¹⁷ 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 précise les modalités de l'autorisation unique dont bénéficient les exploitants de ces parcs lorsque ceux-ci sont implantés en zone économique exclusive ;

¹⁸ La loi n°2017-1839 du 30 décembre 2017 dite « Hydrocarbures » introduit des évolutions législatives relatives au raccordement des installations de production en mer issues d'une procédure de mise en concurrence et prévoit désormais qu'il soit réalisé et financé par RTE ; les délibérations de la CRE n°2021-127 du 6 mai 2021 et n°2021-327 du 21 octobre 2021 fixent le modèle de convention de raccordement au réseau public de transport d'électricité et les conditions particulières pour les installations de production en mer issues d'une procédure de mise en concurrence ;

¹⁹ La n°2018-727 du 10 août 2018 dite « ESSOC » simplifie les procédures d'autorisation avec la création d'une autorisation environnementale à caractéristiques variables, appelée également « permis enveloppe », et l'anticipation de la procédure de débat public, à présent organisée avant la désignation du producteur lauréat ;

²⁰ La loi n°2020-1525 du 7 décembre 2020 dite « ASAP » prévoit la possibilité que les débats publics portent sur le développement de plusieurs projets de parcs éoliens en mer sur une même façade maritime, sur plusieurs années, et rend le Conseil d'Etat compétent en premier et dernier ressort pour les recours formés contre les autorisations liées au développement de ces parcs ;

²¹ La loi n° 2023-175 du 10 mars 2023 dite « APER » introduit un régime juridique propre aux ouvrages flottants, des mesures de simplification pour la réalisation des études et l'obtention des autorisations et prévoit une planification de l'éolien en mer à l'échelle des quatre façades maritimes de la France métropolitaine : le document stratégique de façade devra établir une cartographie des zones prioritaires pour l'implantation, à la fois sur une période de 10 ans et à horizon 2050, d'installations éoliennes en mer. Les débats publics pourront être mutualisés. Cette loi prévoit également qu'après la publication des cartographies des zones maritimes propices au déploiement des énergies renouvelables, le ministre chargé de l'énergie peut demander au gestionnaire de réseau de transport d'engager, par anticipation, les études et travaux de raccordement ; le décret n°2023-1419 du 29 décembre 2023 introduit notamment la possibilité de limiter le nombre de lots qu'un candidat peut se voir attribuer en cas d'allotissement de la procédure de mise en concurrence.

1. Un cadre institutionnel éclaté, générateur de lenteurs et d'opacités

1.1. Un pilotage national dispersé

La structuration de la gouvernance nationale de l'éolien en mer repose sur une architecture complexe, fragmentée entre plusieurs administrations centrales et opérateurs publics.

Le Secrétariat Général de la Mer (SG Mer), est une entité rattachée directement au Premier Ministre, ce qui lui confère une position stratégique pour coordonner les politiques maritimes à haut niveau. Il joue un rôle crucial dans la coordination interministérielle des politiques maritimes, et assure une approche cohérente et intégrée de la gestion des affaires maritimes, incluant la sécurité maritime, la protection de l'environnement marin, et le développement des activités économiques en mer.

La Direction Générale de l'Energie et du Climat (DGEC) joue un rôle clé dans la mise en œuvre de la Programmation Pluriannuelle de l'Energie (PPE). Elle produit les éléments nécessaires aux débats publics préalables, elle assure la coordination des études de l'Etat initial pour chaque site avec les DREAL en Région (cf. partie B ci-après), le pilotage des appels d'offres et le suivi des projets attribués avec les services déconcentrés. Elle contribue également aux évolutions législatives et réglementaires nécessaires à la structuration du secteur.

L'Observatoire de l'éolien en mer rattaché à la DGEC, est une plateforme essentielle pour le suivi des projets ; il assure la transparence envers le public et les parties prenantes et facilite la coordination entre les différents acteurs impliqués. Il mène des études et recherches sur les impacts environnementaux, socio-économiques, et techniques des parcs éoliens en mer, et joue un rôle dans la sensibilisation du public aux enjeux de l'éolien en mer.

La Direction Générale des Affaires maritimes, de la pêche et de l'aquaculture (DG AMPA) est en charge de la dimension relative à la sécurité maritime dans les parcs éoliens et dans leurs approches, à la signalisation maritime et à la planification des espaces maritimes.

La Direction Générale de l'Aménagement, du Logement, de la Nature et des Paysages (DGALN), participe à l'instruction des demandes d'autorisation pour les projets et intervient dans le suivi environnemental via les conseils scientifiques éolien en mer. Elle assure également la mise en œuvre de la SNML (Stratégie National Mer et Littoral), ainsi que la DCSMM (Directive cadre stratégie pour le milieu marin), au travers de DSF (Documents Stratégiques de Façade), pièce maitresse dans la planification de l'espace maritime.

La Direction Générale des Entreprises (DGE), promeut le développement des filières industrielles, favorise la création d'emplois et le développement économique local.

Le Ministère de l'Economie, participe à la définition des critères de sélection des appels d'offres pour s'assurer que les projets sont réalisés de manière économiquement viable et compétitive, supervise également les aides financières et les subventions accordées par l'Etat pour soutenir divers secteurs économiques.

La Direction Générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer (DGITM) est responsable de la planification et de la préparation des infrastructures portuaires pour accueillir les futurs parcs.

La Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC) et la Direction de la Sécurité Aéronautique d'Etat (DSAE) s'assurent de la compatibilité des projets avec les contraintes

aériennes. La DGAC est responsable de la régulation et de la supervision de l'aviation civile. Elle s'assure que les projets, notamment ceux proches des zones aéroportuaires ou des couloirs aériens, sont compatibles avec les exigences de sécurité et de gestion du trafic aérien civil. La DSAE, quant à elle, est chargée de la sécurité aéronautique d'Etat, ce qui inclut la gestion des contraintes liées aux activités aériennes militaires. Elle veille à ce que les projets ne compromettent pas la sécurité des opérations aériennes militaires et qu'ils respectent les réglementations en vigueur.

Plusieurs agences publiques spécialisées interviennent également :

- **La Commission de Régulation de l'Énergie (CRE), autorité indépendante**, supervise les appels d'offres de la préqualification des candidats à l'attribution finale des projets, évalue la pertinence économique des projets et fixe les tarifs de rachat de l'électricité produite.
- **L'Agence de la Transition Ecologique (ADEME)** met en œuvre des programmes de financement dédiés à des projets innovants et à des briques technologiques, à l'image des trois fermes pilotes en Méditerranée (Provence Grand Large, Eolmed, les Eoliennes du Golfe du Lion), dont la première est en service au large de Fos-sur-Mer, et dont les deux autres sont en construction à Port-La Nouvelle.
- **La Commission nationale du débat public (CNDP)** intervient pour piloter les débats publics en amont des appels d'offres et poursuit le suivi de la concertation des projets par des garants.

La gestion du raccordement au réseau électrique est quant à elle confiée à **Réseau de Transport d'Electricité (RTE)**, qui en est le maître d'ouvrage. RTE coordonne la réalisation des études techniques, la concertation publique pour les raccordements, ainsi que la construction des infrastructures nécessaires.

Cependant, malgré cette mobilisation des opérateurs publics, le pilotage reste marqué par de nombreuses contradictions administratives et une absence de vision intégrée. L'organisation actuelle peine à répondre de manière fluide et réactive à l'ensemble des enjeux portés par les projets d'éolien en mer. Ces derniers mobilisent une diversité d'objectifs stratégiques qui dépassent la seule production d'électricité, parmi lesquels la protection de l'environnement, la gestion des conflits d'usage en mer, la sécurité de la navigation, l'aménagement portuaire ou encore le développement économique et social des territoires.

Face à cette diversité d'enjeux, la gouvernance actuelle reste trop cloisonnée. Le manque de coordination interministérielle nuit à l'efficacité des décisions, et crée une forme de concurrence entre administrations. Ces enjeux appellent une approche intégrée de la part de l'Etat, et une coordination renforcée entre administrations compétentes, ce qui fait aujourd'hui défaut. Le pilotage national ne peut plus reposer uniquement sur la DGEC et la CRE : il appelle une instance centrale, interministérielle, capable de réunir, arbitrer et coordonner l'ensemble des politiques publiques en lien avec le déploiement de l'éolien en mer.

1.2. Des compétences territoriales fragmentées

Outre l'implication de l'Etat central et de ses agences, le développement de l'éolien en mer repose également sur un tissu institutionnel et administratif territorial dense, aux compétences multiples.

Différentes structures travaillent en étroite collaboration pour assurer la cohérence et l'efficacité de l'action publique sur le territoire : les représentants et services déconcentrés de l'Etat, les collectivités territoriales, ainsi que des agences territoriales aux compétences multiples.

Les Préfectures et Sous-préfectures, rattachées au ministère de l'Intérieur, jouent un rôle clé dans l'administration territoriale de l'Etat, notamment pour la délivrance des principales autorisations administratives.

Les **Préfectures maritimes**, responsables de l'action de l'Etat en mer, sont garantes de la sécurité maritime des biens et des personnes et de la régulation des activités en mer. Elles doivent composer avec les enjeux de navigation, des activités militaires, des usages traditionnels comme la pêche ou les loisirs nautiques et veiller à l'articulation entre les activités maritimes civiles et militaires. En ZEE, c'est le préfet maritime qui est responsable du domaine public maritime.

Les services déconcentrés de l'Etat interviennent dans la mise en œuvre des projets éoliens en mer au travers de plusieurs institutions :

- **La Direction interrégionale de la mer (DIRM)**, sous l'autorité du Préfet de région et du Préfet maritime, coordonne les enjeux autour de l'environnement marin et anime la gouvernance à l'échelle locale entre l'Etat, les collectivités, les entreprises, les associations et les usagers.
- **La Direction départementale des territoires et de la mer (DDTM)** rattachée au Ministère de la Transition écologique, de la Biodiversité, de la Forêt, de la Mer et de la Pêche (MTEBFMP) : elle est en charge de l'instruction des dossiers de demande d'autorisation sous l'égide du préfet de département (parc éolien dans le DPM) et/ou du préfet maritime (parc éolien en ZEE).
- **La Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL)** aussi rattachée au MTEBFMP coordonne la planification, la réalisation des études de l'Etat initial de l'environnement, et la concertation à l'échelle locale jusqu'à l'attribution des projets à l'issue des procédures de mise en concurrence.
- **La Direction Régionale des Affaires Culturelles (DRAC) et le Département des Recherches Archéologiques Subaquatiques et Sous-Marines (DRASSM)** sont rattachés au Ministère de la Culture. Ils sont responsables de la mise en œuvre des politiques culturelles au niveau régional.

Les collectivités territoriales jouent aussi un rôle déterminant à plusieurs niveaux, en matière de concertation et d'acceptabilité, de logistique portuaire ou encore de développement socio-économique.

Les Régions disposent de compétences centrales en matière de planification territoriale, de développement économique et de gestion des fonds européens. Elles sont souvent chefs de file pour les stratégies industrielles locales, les politiques portuaires (notamment dans le cas des ports régionaux comme Cherbourg, Brest ou Port-La Nouvelle) et les dynamiques d'innovation. Leur implication est stratégique pour ancrer les projets dans les filières économiques régionales et créer des synergies entre les acteurs. Les Régions peuvent également accompagner les besoins de formation.

Les Départements, métropoles et communes littorales sont quant à eux en première ligne pour gérer les effets concrets des projets : acceptabilité sociale, conflits d'usage, relations avec les riverains et gestion des impacts sur le littoral. Leur rôle est souvent sous-estimé, alors qu'ils sont les plus proches des habitants et des usagers de la mer. Certains ports, tel que le port de Fécamp, sont gouvernés par leurs départements.

De nombreux conseils et agences de l'Etat (bien qu'un petit nombre soient des organismes privés) réunissent des compétences clé pour la mise en œuvre des projets :

- **L'Office français de la Biodiversité (OFB)** joue un rôle crucial dans la préservation de la biodiversité et des écosystèmes marins. Il peut être impliqué dans les études d'impact environnemental et la mise en place de mesures de compensation écologique.
- **Les Parcs Naturels Marins** : ces parcs sont chargés de la protection du patrimoine naturel marin. Leur expertise est essentielle pour évaluer les impacts des projets éoliens sur les habitats marins et pour proposer des mesures de gestion adaptées.
- **Le CNPN (Conseil National de Protection de la Nature)** émet des avis en tant qu'instance d'expertise scientifique et technique, compétente en matière de protection de la biodiversité.
- **Les Comités Régionaux des Pêches Maritimes et des Elevages Marins (CRPMEM)** : ces instances privées représentent les professionnels de la pêche et sont des interlocuteurs clés pour discuter des impacts des projets éoliens sur les activités de pêche et pour trouver des solutions de coexistence.
- **Les délégations régionales du Conservatoire du Littoral** : ces organismes sont chargés de la protection et de la gestion des espaces naturels littoraux. Ils peuvent être impliqués dans la planification territoriale et la gestion des impacts des projets éoliens sur les zones côtières.
- **Les Associations de Protection de l'Environnement** : ces associations jouent un rôle important dans la sensibilisation et la mobilisation des citoyens autour des enjeux environnementaux. Elles peuvent être impliquées dans les processus de concertation et de consultation publique.
- **Le Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (CEREMA)** : établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et peut être impliqué dans l'évaluation des impacts environnementaux, la planification spatiale maritime, et la gestion des risques associés aux projets éoliens.
- **Les Autorités Portuaires** : les ports jouent un rôle clé dans la logistique et la maintenance des parcs éoliens en mer. Les autorités portuaires peuvent être impliquées dans la planification et la gestion des infrastructures portuaires nécessaires aux projets.
- **Les clusters régionaux d'industriels** tels que Aquitaine Blue Energies, Bretagne Ocean Power, Neopolia, Normandie Maritime, Wind'Occ et SudEole, aussi réunis sous le nom de **France Offshore Renewables**, aident à la mise en relation des entreprises locales et des projets.
- **Les Syndicats d'Energies Renouvelables** : ces syndicats représentent les acteurs de la filière des énergies renouvelables et peuvent jouer un rôle dans la coordination et la promotion des projets éoliens en mer.
- **Les Chambres de Commerce et d'Industrie (CCI)** : les CCI peuvent contribuer à la promotion des projets éoliens en mer en tant que leviers de développement économique local. Elles peuvent également faciliter les partenariats entre les entreprises et les institutions publiques.
- Les **Directions régionales ou départementales de l'économie, de l'emploi, du travail et des solidarités (DREETS ou DDEETS)** coordonnent les enjeux liés à l'emploi et à l'insertion.
- **Les Organismes de Formation Professionnelle** : ces organismes peuvent contribuer à la formation des travailleurs nécessaires à la construction, à l'exploitation et à la maintenance des parcs éoliens en mer.
- **Les Universités et Centres de Recherche** : ces institutions peuvent apporter leur expertise scientifique et technique pour évaluer les impacts des projets éoliens et pour développer des solutions innovantes.

Enfin, plusieurs instances participent à la concertation à l'échelle régionale ou à l'échelle des façades maritimes :

- **Les Conseils Maritimes de Façade (CMF)** : pilotés par les préfets de région et les préfets maritimes, ce sont les instances de concertation et de coordination entre les différents acteurs

maritimes d'une même façade maritime. Ils regroupent des représentants de l'Etat, des collectivités territoriales, des professionnels de la mer, et des associations de protection de l'environnement. Les CMF jouent un rôle clé dans la planification maritime, la gestion intégrée des zones côtières, et la résolution des conflits d'usage. Ils sont des interlocuteurs privilégiés pour assurer la cohérence des projets éoliens en mer avec les autres activités maritimes et les enjeux locaux.

- **Les Conseils scientifiques de façade** : pluridisciplinaires et multi-acteurs, ils sont composés de divers experts et parties prenantes (chercheurs, scientifiques, représentants des institutions publiques, des usagers ou des associations et ONG). Ils apportent leurs connaissances et compétences scientifiques pour éclairer la gestion et la planification des espaces maritimes.
- **Les Parlements de la mer** pilotés par les Régions (par exemple en régions Provence-Alpes-Côte d'Azur ou Occitanie) ou la Conférence Régionale de la Mer et du Littoral (CRML) en Bretagne

Cette liste illustre la très grande diversité des intervenants qui se traduit souvent par une multiplication des consultations et une superposition de prérogatives. Les concertations locales se heurtent parfois à des décisions nationales mal comprises ou peu concertées, ce qui nourrit la défiance. Le manque d'harmonisation entre l'Etat et les collectivités, qu'il s'agisse de la planification spatiale, du calendrier des projets ou de la distribution des retombées économiques, constitue un facteur d'inefficacité et de tensions. Le constat est donc celui d'un enchevêtrement des compétences, où chaque acteur agit dans son périmètre sans véritable pilotage unifié.

1.3.Des procédures longues, complexes et juridiquement vulnérables

Le développement d'un projet d'éolien en mer s'inscrit aussi dans un parcours administratif dense et séquencé en plusieurs étapes réglementaires qui, cumulées, peuvent représenter un délai supérieur à 10 ans entre la première planification et la mise en service d'un parc.

Le parcours d'un projet de parc éolien en mer est le suivant :

- **Identification des zones favorables à l'accueil des énergies marines renouvelables (ZF-AEMR)** : ces zones sont définies dans les Documents Stratégiques de Façade (DSF), sur la base de critères environnementaux, techniques et socio-économiques, en concertation avec les parties prenantes. Cette phase nécessite un équilibre subtil entre objectifs énergétiques, biodiversité et cohabitation des usages (pêche, navigation, tourisme, défense).
- **Procédures de mise en concurrence encadrées par la Commission de Régulation de l'Energie (CRE)** : l'Etat, par le biais de la DGEC, en lien avec la CRE, lance des procédures de mise en concurrence, souvent longues, nécessitant des études techniques approfondies et des garanties financières solides de la part des candidats. Il met à disposition des candidats des premières études sur l'Etat initial de l'environnement (faune, flore, milieux marins, fonds marins).
- **Etudes d'impact environnemental et concertation publique** : une fois le lauréat désigné, s'ouvre une phase de préparation de l'étude d'impact et de demandes d'autorisations ; domaniale et environnementale. Cette dernière est soumise à une procédure de participation du public, suivie par des garants de la CNDP, au cours de laquelle les oppositions peuvent s'exprimer.
- **Obtention des autorisations administratives** : le porteur de projet doit ensuite obtenir plusieurs autorisations (autorisation environnementale et autorisation d'occupation du domaine public maritime, ou alternativement autorisation unique si le projet se situe en zone économique exclusive, permis de construire pour les ouvrages à terre, etc.) délivrées par le Préfet ou le Préfet maritime si le projet se situe en zone économique exclusive. Préalablement,

des avis doivent être délivrés par les autorités compétentes telles que l'Office français de la biodiversité (OFB), les parcs naturels marins, ou le Préfet maritime en tant que Commandant de zone maritime. Chaque autorisation est susceptible de recours gracieux et/ou contentieux.

- **Construction, raccordement au réseau et mise en service** : enfin, les travaux peuvent commencer après que les actionnaires du projet ont pris la décision finale d'investissement (aussi appelée FID). Pour limiter le risque d'arrêt du projet pendant la phase de réalisation, la FID intervient le plus souvent après la purge complète de l'ensemble des recours. Le raccordement est assuré sous maîtrise d'ouvrage de RTE et représente en soi un chantier majeur puisqu'il concerne une partie en mer (sous-station, raccordement *offshore*) et une partie terrestre (raccordement souterrain, poste de raccordement).

L'ensemble de cette chaîne est exposé à des aléas variés qui ralentissent le délai de réalisation des projets. Tel est le cas des recours venant de collectifs locaux ou d'associations de défense de l'environnement. Ces recours peuvent avoir pour seul but de ralentir, voire d'empêcher les projets, indépendamment de leur fondement juridique.

Pour éviter que l'éolien en mer ne connaisse le même sort que d'autres grands projets d'infrastructures bloqués pendant plusieurs années, il est indispensable d'organiser un pilotage du développement des projets dans un cadre précis et sous la coordination d'un organe compétent.

2. Les enjeux d'une coordination nationale efficace

Le manque d'harmonisation entre l'Etat et les collectivités, qu'il s'agisse de la planification spatiale, du calendrier des projets ou de la distribution des retombées économiques, constitue un facteur d'inefficacité et de tensions.

La mise en œuvre d'une politique énergétique stratégique, essentielle pour la souveraineté de la France, ainsi que le parcours administratif complexe lié au déploiement de l'éolien en mer, soulignent la nécessité d'une coordination renforcée de l'Etat.

De plus, les projets connexes tels que le raccordement ou les infrastructures portuaires doivent être intégrés pleinement par l'ensemble des acteurs dans la stratégie nationale de développement de la filière.

2.1. Une planification stratégique pour limiter les conflits d'usages

A l'instar d'autres pays de l'Union Européenne et du Royaume-Uni, la France a adopté une stratégie de planification afin d'assurer un développement harmonieux de l'éolien en mer.

Ainsi, les Documents Stratégiques de Façade (DSF) ont été mis à jour en octobre 2024 à l'issue du débat public « la mer en débat » afin d'intégrer les zones prioritaires et indicatives pour le développement de l'éolien en mer à l'horizon 10 ans et 2050²². Ces documents de planification maritime sont cruciaux pour orienter le développement des projets éoliens en mer tout en tenant compte des autres usages maritimes tels que la défense, la pêche, le transport maritime et le tourisme et ainsi éviter les conflits d'usage. Le débat public a été mené sur chaque façade maritime dans l'objectif d'avoir une planification harmonieuse et cohérente avec les activités des territoires.

Néanmoins, un exemple²³ récent a montré que les collectivités de la façade Atlantique n'avaient pas eu connaissance des cartes de planification arrêtées par l'Etat en amont de leur diffusion et que ces

²² [Planification et participation du public | Eoliennes en mer](#)

²³ [Eolien en mer : une nouvelle carte dévoilée, des projets potentiels en Vendée et Loire-Atlantique](#)

cartes leur avaient été dévoilées tardivement. Faisant Etat d'inquiétudes notamment en lien avec le tourisme ou la pêche, elles ont manifesté une forte opposition à la proposition de l'Etat.

De même, la coordination avec la défense est un enjeu essentiel. Actuellement, les conflits entre la DGEC et le ministère des Armées prennent beaucoup de temps à être résolus. La DGEC n'étant pas un service avec une culture militaire, les services en charge ont plus de difficultés à comprendre les enjeux respectifs, et les discussions sont parfois inefficaces.

Sur le volet du tourisme et de l'impact paysager, l'essor de la technologie de l'éolien flottant permettra d'accéder à des zones plus profondes et plus éloignées des côtes, réduisant ainsi les conflits d'usage le long du littoral et minimisant l'impact visuel.

Ces exemples montrent qu'une meilleure coordination et une meilleure communication entre l'Etat et les collectivités sont essentielles pour éviter les retards et les conflits. Pour minimiser les conflits entre les différents opérateurs, il est dans certains cas nécessaire de procéder à des arbitrages interministériels afin d'assurer la cohérence entre les politiques publiques et un accès équitable aux ressources publiques, telles que les ressources halieutique et éolienne, sans favoriser un usage particulier. Ainsi, l'Etat peut établir des modalités de coexistence basées sur les principes d'équité et de proportionnalité, garantissant que toutes les activités bénéficient des mêmes droits, sans privilégier certaines au détriment de l'éolien.

2.2. L'implication des parties prenantes : vers une gouvernance territoriale renforcée et coordonnée avec le niveau central

Comme le montre l'exemple ci-dessus de la cartographie sur la façade Atlantique, une gouvernance efficace nécessite une implication forte et continue des parties prenantes. Il est crucial de renforcer les concertations locales avant les décisions finales pour garantir que les projets soient acceptés et soutenus par les communautés locales.

Pour ce faire, les instances telles que les Conseils Maritimes de Façade (CMF) ou les Conseils scientifiques de façade permettent de coordonner la concertation auprès de l'ensemble des acteurs à l'échelle de chaque façade maritime. Ils regroupent des représentants de l'Etat, des collectivités territoriales, des professionnels de la mer, et des associations de protection de l'environnement.

En Méditerranée, le CMF a établi la Commission Spécialisée Eolien Flottant qui joue un rôle clé dans la coordination et la prise de décision. Sur la façade Atlantique, les Commissions Locales de la Mer et du Littoral (CLML) sont mandatées pour diverses activités en plus de l'éolien en mer.

Ces instances coopèrent également avec les organisations professionnelles et les instances consultatives tels que France Renouvelables, le Syndicat des Energies Renouvelables (SER), le Cluster Maritime Français, et les clusters industriels national et régionaux comme *France Offshore Renewables (FOR)*, *Aquitaine Blue Energies*, *Bretagne Ocean Power*, *Neopolia*, *Normandie Maritime*, *Wind'Occ* et *SudEole*, pour renforcer la coordination et le soutien aux projets éoliens en mer.

2.3. Une clarification des mécanismes de financement et des retombées économiques locales

Le modèle économique des projets éoliens en mer est assuré par l'attribution d'un tarif de référence spécifique à chaque projet éolien en mer dans le cadre de chaque procédure d'appel d'offres. Depuis 2016, ce soutien prend la forme d'un contrat de complément de rémunération bidirectionnel pendant

les vingt premières années d'exploitation du parc²⁴. Le producteur vend ainsi l'électricité produite par le parc éolien en mer sur le marché de l'électricité, et perçoit un complément de rémunération de la part de l'Etat si le prix de marché est inférieur au tarif cible. Dans le cas contraire, le producteur reverse à l'Etat la différence.

L'investissement lié au raccordement, qui peut être mutualisé entre plusieurs parcs et dont le calendrier de développement est désormais désynchronisé des projets de parcs éoliens en mer²⁵, est financé par son maître d'ouvrage RTE qui perçoit une rémunération via le TURPE²⁶.

Les investissements portuaires sont financés de deux manières : les gestionnaires de port (principalement l'Etat ou les régions) supportent le coût des infrastructures (quais, terre-pleins, etc.) tandis que des opérateurs privés ont à leur charge le coût des superstructures, ou structures dédiées aux besoins propres des projets éoliens en mer.

Par ailleurs, l'Etat a fixé des objectifs ambitieux en termes de structuration d'une filière industrielle locale et de création d'emplois. Le pacte filière conclu en juin 2021 entre l'Etat français, les acteurs industriels, les développeurs de projets éoliens en mer, et d'autres parties prenantes est une initiative stratégique visant à développer une filière industrielle compétitive et durable en France. Il établit des objectifs en matière de création d'emplois, de formation (en particulier pour les métiers en tension), et de soutien aux PME pour qu'elles deviennent des fournisseurs clés, assurant ainsi des retombées économiques locales.

De même, les chartes de structuration régionale de filière industrielle française sont signées par candidat avec les clusters industriels régionaux pendant la phase d'appel d'offres. Les lauréats sont ensuite engagés dans l'atteinte des objectifs dès la phase amont de développement des projets. Ces engagements visent à faire connaître les opportunités de marché aux entreprises locales, à les informer en amont des processus achat, pour permettre à ces entreprises de se préparer et d'être en mesure de répondre aux attentes des opérateurs. Ce processus est mis en place pour les partenaires industriels et autres fournisseurs sur toute la chaîne d'approvisionnement du projet, du rang n représentant le producteur au rang n-4.

Pour soutenir cette dynamique de création d'une filière industrielle locale, l'Etat a lancé plusieurs politiques de soutien :

- dans le cadre du plan France 2030, l'ADEME a lancé en 2022 deux appels à manifestation d'intérêt (AMI) pour structurer les projets industriels : le premier, destiné aux industriels, concerne la structuration des projets d'usines de composants, les chantiers d'assemblage de flotteurs et les équipements pour l'intégration turbine-flotteur ; le deuxième, destiné aux ports, vise à étudier leur mise à niveau pour accueillir les activités industrielles liées à l'éolien flottant. L'ADEME a ensuite lancé un appel à projets (AAP) en 2024, afin d'attribuer des subventions pour la réalisation des investissements portuaires. Une enveloppe de subventions de 180 M€ a été mobilisée et sera attribuée d'ici la fin 2025 ;
- le Crédit d'Impôt pour Investissements dans l'Industrie Verte (C3IV) est une mesure fiscale introduite dans le cadre de la loi relative à l'industrie verte en 2024, qui a pour but d'inciter les entreprises à investir dans des technologies et des équipements respectueux de

²⁴ [Economie et fiscalité | Eoliennes en mer](#)

²⁵ [Raccordement des parcs éoliens | Eoliennes en mer](#)

²⁶ Le TURPE ou Tarif d'Utilisation des Réseaux Publics d'Electricité, est un tarif réglementé en France qui couvre les coûts liés à l'utilisation des réseaux publics d'électricité. Il est fixé et révisé périodiquement par la Commission de Régulation de l'Energie (CRE) et approuvé par le gouvernement. Le TURPE est facturé aux fournisseurs d'électricité, qui le répercutent ensuite sur les factures des consommateurs finaux.

l'environnement, contribuant ainsi à la transition écologique et à la modernisation de l'industrie française.

Une fois autorisés, les projets de parcs éoliens en mer constituent des sources de retombées économiques spécifiques car ils sont redevables de deux principaux prélèvements :

- la Redevance d'occupation du domaine public maritime, due jusqu'au démantèlement du parc – dont l'opérateur est exonéré (i) pendant les deux premières années à compter de la délivrance de l'autorisation, soit pendant la période où l'opérateur est exposé à un risque de recours contentieux, et (ii) pendant la durée du CCR afin de ne pas mécaniquement augmenter le CCR d'autant. Le bénéficiaire de la Redevance est l'Etat. Une redevance est également due en ZEE, au bénéfice de l'OFB ;
- la Taxe Spéciale sur les Eoliennes en Mer (TSEM), due par l'opérateur dès l'activation du CCR et jusqu'au démantèlement du parc. Les bénéficiaires de la TSEM sont les comités des pêches, l'OFB, la SNSM, les collectivités (sur le DPM) et l'Etat qui l'utilise pour des actions en faveur de la biodiversité, de la pêche ou du développement local (en ZEE).

La taxe éolienne en mer reversée en partie aux collectivités est un bon moyen d'illustrer les retombées économiques et de renforcer l'acceptabilité des projets.

Enfin, l'opérateur verse d'autres contributions financières directement fléchées pour le développement économique local et pour la préservation de l'environnement :

- le fonds actions territoriales qui bénéficie à des initiatives situées dans les départements les plus proches ;
- le Budget ERC (Eviter, Réduire, Compenser) qui permet de financer des actions en faveur de l'environnement directement liées à la présence des parcs éoliens en mer, tels que des mesures de suivi environnemental, des campagnes d'observation, ou des moyens technologiques permettant de mieux appréhender les potentiels impacts des projets sur l'environnement. Les mesures ERC et le suivi environnemental pris en compte sont ceux prescrits par le Préfet maritime dans l'autorisation et dans les arrêtés complémentaires des trois années suivantes ;
- le fonds biodiversité, qui représente une petite partie du Budget ERC, généralement géré par des Agences de l'Eau locales et utilisé pour financer des actions de préservation de la biodiversité potentiellement impactée par le projet et d'amélioration de la connaissance de cette biodiversité ;
- l'opérateur doit proposer un financement ou investissement participatif destiné en priorité aux personnes physiques et aux collectivités territoriales des départements les plus proches.

Bien que ces contributions soient fléchées vers des objectifs bien définis, il devient nécessaire de réévaluer les besoins réels des différents bénéficiaires, et de s'interroger sur les cas spécifiques de la pêche, de la défense et de la sécurité maritime aux abords des parcs et leur potentielle couverture via les prélèvements imposés aux projets.

2.4. Une mise en application rapide, à la hauteur des ambitions nationales exprimées

Pour atteindre les objectifs nationaux, une mise en application rapide et efficace des autorisations est nécessaire. Il est en effet crucial de tenir les calendriers de sécurisation des projets pour maintenir la confiance des investisseurs et des parties prenantes, ainsi que pour permettre une meilleure coordination avec les activités de développement connexes : engager les travaux de raccordement et

d'infrastructures portuaires, donner de la visibilité aux partenaires industriels, mettre en œuvre des plans de formation cohérents avec les besoins de main d'œuvre qualifiée...

Aujourd'hui, plusieurs projets d'éoliennes en mer attribués ces dernières années rencontrent des difficultés qui ont besoin d'un appui national et territorial unifié :

- Certains sont encore en attente de décisions juridictionnelles, ce qui allonge considérablement les délais de réalisation et crée une incertitude nuisible aux investisseurs. Ces recours, s'ils ne sont pas mieux encadrés, risquent de compromettre l'atteinte des objectifs fixés pour 2035 et 2050.
- D'autres se heurtent à des conflits d'usages, notamment avec la Défense, qui auraient pu être anticipés.
- Enfin, certaines instances de consultation telles que le Conseil national de la protection de la nature (CNPN) jouent leur rôle de manière exacerbée avec le sentiment que les autorités administratives ne prennent pas suffisamment en compte leurs recommandations. Depuis quelques années, des positions de crispation sont apparues avec, en particulier pour les projets *offshores*, des avis négatifs quasi systématiques. L'indépendance et la neutralité du CNPN sont clairement mises en cause avec des représentants qui s'affichent et militent activement contre les projets d'ENR, certains membres du CNPN étant attachés au dogme que le développement industriel est incompatible avec la protection de la biodiversité, en contradiction avec les avis des autorités environnementales de l'Etat.

Or, pour chaque projet, les Instances de Concertation et Suivi (ICS) qui se réunissent dès la première année suivant l'attribution des projets, pilotées par le Préfet / PREMAR, jouent un rôle crucial dans le partage et la concertation avec un grand nombre d'acteurs du territoire. Ces instances permettent aux parties prenantes d'avoir un suivi et une communication efficace sur toutes les actions mises en place afin d'éviter tout blocage potentiel.

Pour sécuriser les projets et accélérer leur mise en œuvre, il est nécessaire de :

- mettre en place des mécanismes de traitement efficace des recours, tels que des délais d'instruction contraints pour les juridictions et une reconnaissance des recours abusifs ;
- uniformiser les mesures d'accélération et de simplification pour les parcs éoliens et les ouvrages connexes, y compris les infrastructures portuaires ;
- anticiper dès l'obtention des autorisations en amont du lancement des procédures de mise en concurrence.

De plus, un certain nombre de sujets liés à l'éolien en mer doivent faire l'objet d'arbitrages interministériels. Une coordination interministérielle permanente avec un pouvoir d'arbitrage est nécessaire pour anticiper les situations conflictuelles.

Pour réussir le développement de l'éolien en mer, une coordination renforcée, une planification stratégique, une implication des parties prenantes, une clarification des mécanismes de financement, et une mise en application rapide des projets sont désormais indispensables.

Cette prise de conscience a déjà eu lieu avec la création de la Délégation interministérielle au nouveau nucléaire qui accompagne la relance de cette industrie tout en représentant les pouvoirs publics.

3. Recommandation

Recommandation : Face à ces enjeux qui révèlent une grande complexité dans la coordination de la filière éolienne en mer en France, le constat est unanime : une politique aussi stratégique pour la France mérite une coordination forte par l'Etat.

Dans un contexte marqué par la multiplicité des intervenants (ministères, agences, collectivités, opérateurs), il apparaît alors pertinent de désigner une autorité unique de coordination dès lors que les enjeux transcendent le simple cadre énergétique.

Le Secrétariat général de la mer (SG Mer), sous l'autorité du Premier ministre, a été conçu pour être le maillon essentiel de la coordination de la politique maritime de la France.

Le SG Mer est d'ores et déjà au centre des décisions relatives à la politique de la mer en France puisqu'il est l'organe de préparation des Comités Interministériels de la Mer (CIMER) dont il assure l'effectivité et l'application des décisions prises.

Le SG Mer avait déjà coordonné de 2013 à 2016, une grande politique publique maritime, celle de l'accès aux fonds marins compte tenu de la dispersion des acteurs et du besoin d'une forte coordination pour faire aboutir les projets des industriels dans l'intérêt de la France.

Le SG Mer dispose de cadres issus de la Marine et des affaires maritimes, ce qui serait un atout pour traiter les questions de défense. De plus, le SG Mer a développé depuis 2017 une compétence économique et environnementale, en créant notamment deux importants outils de concertation, le Comité France Maritime (CFM) et le Comité France Océan (CFO). Cette évolution en fait l'organe interministériel le mieux placé pour incarner le pilotage stratégique et opérationnel de la politique éolienne en mer, au-delà de la politique énergétique et de sa réglementation, qui s'inscrit en premier lieu dans un cadre européen.

Tout en laissant le pilotage du calendrier national des appels d'offres par la DGEC, en lien avec la CRE, le SG Mer pourrait ainsi être chargé, dans le cadre des décisions relatives à l'implantation de parcs éoliens en mer, de :

- **coordonner les actions des ministères concernés (écologie, économie, défense, mer, travail) afin d'assurer la cohérence entre les politiques publiques en matière d'énergie, de maritime et d'environnement, y compris la planification spatiale maritime ;**
- **animer le dialogue interservices avec les préfets maritimes et les services déconcentrés ;**
- **garantir la cohérence entre planification, acceptabilité, retombées économiques et logistique portuaire.**

Pour assurer cette coordination nouvelle au sein de ses missions, un nouveau pôle « coordination de l'éolien en mer » pourrait être créé avec un renforcement du SG Mer en moyens humains, juridiques et budgétaires. Ce pôle devrait avoir la capacité à prendre à bras le corps l'ensemble des sujets interministériels liés à l'éolien en mer.

Cependant, cette centralisation ne doit pas se faire au détriment des territoires. Le SG Mer pourrait organiser un dialogue formalisé et permanent avec les collectivités littorales (régions, départements, intercommunalités) et leurs associations représentatives (ex. CMF) pour assurer la concertation, le partage et la transparence des informations. Le SG Mer aurait en outre la capacité de dialoguer avec les représentants des autres usagers (ex. pêcheurs).

Les instances consultatives telles que les CMF, les Parlements de la mer ou le Conseil National de la Mer et des Littoraux (CNML), composées d'élus, d'usagers, de scientifiques et d'acteurs économiques, resteraient une force de proposition et de débat. Elles garantiraient l'implication des parties prenantes à haut niveau, permettant au SG Mer de s'appuyer sur elles.

Recommandation complémentaire : la simplification des procédures administratives

Pour accélérer le processus de développement des projets éoliens en mer, plusieurs propositions pourraient être expérimentées dont des simplifications administratives. Parmi celles-ci, **une simplification environnementale pourrait également mise en œuvre** :

- Des mécanismes de traitement efficace des recours, tels que des délais d'instruction des recours contraints pour les juridictions et une reconnaissance des recours abusifs.
- Les mesures d'accélération et de simplification pour les parcs éoliens pourraient être étendues aux ouvrages connexes, y compris les infrastructures portuaires.

Une mission juridique pourrait être mise en place pour explorer les adaptations réglementaires nécessaires (cf. décret de janvier 2016 sur les modalités et délais de recours, modalités de déclenchement des dérogations sur les espèces protégées...)

Un cadre réglementaire anticipé offrirait au Lauréat l'opportunité de bénéficier des autorisations nécessaires purgées de tout recours.

- Cela impliquerait que, en amont du lancement des procédures de mise en concurrence, l'Etat produise les études d'impact environnemental et délivre les autorisations principales requises pour la réalisation du Projet (en ZEE, autorisation unique ou, en DPM, autorisation environnementale et concession d'utilisation du domaine public maritime).
- Cela permettrait une anticipation réelle des projets et réduirait ainsi significativement les temps de développement entre l'attribution des projets et le début de la construction (atteignant la décision finale d'investissement, FID).

Cependant, l'idée d'une autorisation « totale » délivrée dès le lancement de la procédure de mise en concurrence, dont le cahier des charges devrait donc inclure des garanties sur les caractéristiques du projet et sur les mesures ERC, soulève plusieurs questions.

Une telle autorisation, purgée de tout recours, nécessite un périmètre d'intervention clairement défini dès le début de l'appel d'offres. Cela pourrait inclure des mesures de réduction et de compensation des impacts environnementaux, ainsi que des suivis et accompagnements qui pourraient dépasser les attentes initiales.

Enfin, une prise en charge complète des études et de l'obtention préalable des autorisations des projets par l'Etat nécessiterait un renforcement significatif des moyens de l'administration.

Fiche n°3

Les ports et l'éolien *offshore* : une opportunité majeure de développement pour les ports français, principalement dans l'éolien flottant.

Les ports sont les territoires privilégiés de la décarbonation.

Si, les ports maritimes et fluviaux ont été, à l'après-guerre, le lieu d'implantation de l'industrie lourde (raffineries, pétrochimie, sidérurgie) nécessaire à la reconstruction, ils sont pour les années à venir des lieux privilégiés d'implantations d'activités liées aux nouvelles énergies pour la décarbonation de l'économie et des actifs essentiels au renforcement de la souveraineté énergétique et industrielle de la France.

La décarbonation des activités industrialo-portuaires constitue un changement majeur dans le modèle économique des ports. L'engagement des ports dans l'éolien se fait en parallèle d'une accélération de leurs investissements dans la décarbonation sur d'autres segments de leurs activités (par exemple, l'accueil d'industries vertes ou la production de carburants alternatifs) mobilisant très fortement leur capacité d'autofinancement sur un laps de temps court.

Enfin, il convient de signaler que ces investissements doivent être réalisés dans un contexte de raréfaction du foncier industriel, notamment dans les ports, avec l'objectif du zéro artificialisation nette (ZAN) en 2050. Le foncier dédié à l'éolien représente donc un enjeu fort qu'il convient de sécuriser.

Une accélération et un changement d'échelle sont nécessaires.

Le système portuaire français est organisé aujourd'hui pour des projets flottants de petites dimensions et pour de l'éolien posé mobilisant moins d'infrastructures portuaires que l'éolien flottant.

Compte tenu du changement d'échelle et de technologie nécessaire, la réponse portuaire doit s'envisager de manière robuste et globale. Un seul port ne pourra en effet répondre à lui seul à l'ensemble des besoins et les investissements doivent donc être envisagés de manière coordonnée, dans une logique de synergie, de complémentarité et de fiabilité de la réponse aux besoins industriels.

L'enjeu est de capter la plus grande partie de la chaîne de valeur sur le territoire national et de sécuriser les chaînes d'approvisionnement.

Enfin, au-delà du marché national, les ports français auront des opportunités pour les parcs éoliens à venir en Europe, notamment en Méditerranée et en mer Celtique et sans doute également en Mer du Nord.

Dans ce contexte, le défi est triple pour les ports :

- être prêt dans les délais requis pour le déploiement des futurs parcs éoliens français, en avance de phase face à une potentielle concurrence étrangère, tout en préservant l'opportunité de se positionner à l'export sur le marché européen ;**
- proposer une offre de services aux futurs industriels fiable, flexible et compétitive ;**
- assurer la soutenabilité financière des projets portuaires, en investissement comme en exploitation.**

Relever ces défis conduit à s'interroger tout d'abord sur le ou les positionnements possibles des ports dans la chaîne de valeur de l'éolien flottant, puis à les mettre en perspective au regard des trajectoires de développement de l'éolien offshore en France.

1. Quel(s) positionnement(s) pour les ports dans la chaîne de valeur de l'éolien ?

1.1. L'éolien flottant : une opportunité unique et des risques à lever

L'éolien en mer posé comme flottant suscite un fort intérêt portuaire comme l'ont démontré les réponses de huit ports ou consortia de ports à l'Appel à manifestation d'intérêt France 2030 (ADEME - 2022) et l'attention portée au lancement le 8 mars 2024 de l'Appel à projets pour l'adaptation des infrastructures portuaires métropolitaines pour l'industrie de l'éolien flottant dont la clôture a eu lieu le 31 janvier 2025.

La concrétisation des ambitions françaises, européennes et plus largement internationales qui nécessite une très forte accélération des opérations de déploiement des champs éoliens dans la décennie à venir est en grande partie conditionnée par la disponibilité de capacités portuaires adaptées.

On peut identifier un certain nombre de freins parmi lesquels on peut citer :

- le manque de visibilité sur la demande de la filière vis-à-vis des ports malgré des ambitions générales affirmées ;
- la difficulté à construire un modèle économique soutenable pour les ports ;
- le risque de surinvestissement dans les capacités portuaires ou de choix technologique non pertinent (marché émergent non mature sur les technologies de flotteurs notamment) ;
- la qualité et la disponibilité des dessertes maritimes et terrestres nécessaires à l'approvisionnement des ports pour ces trafics spécifiques représente un verrou connexe à l'adaptation des infrastructures portuaires ;
- la raréfaction du foncier portuaire. En effet, la réindustrialisation verte en cours, notamment dans les ports, dans le contexte de la mise place du Zéro Artificialisation Net pourrait conduire à mettre en concurrence les projets d'infrastructure pour l'éoliens avec d'autres projets portuaires potentiellement moins risqués financièrement. Au-delà du foncier, il existe des enjeux sociaux et opérationnels notamment liés au maintien (coactivités) et au développement d'autres trafics ;
- les questions d'acceptabilité, visuelle notamment, peuvent également représenter un frein au développement de cette filière.

Compte tenu des freins identifiés, un soutien financier, politique et réglementaire spécifique apparaît nécessaire.

L'enveloppe France 2030 de l'appel à projets ports alloués à l'adaptation des infrastructures portuaires ne permettra pas, à elle-seule, la mise à niveau requise du système portuaire français pour atteindre les objectifs annoncés. Elle permet néanmoins d'accélérer la mise en ordre de marche des ports et pourrait servir de fonds d'amorçage pour les projets qui démarrent ou d'aide au bouclage financier pour les projets qui sont les plus avancés.

Le soutien des autorités portuaires régionales au financement des modèles économiques et financiers des ports, la recherche de subventions complémentaires notamment européennes, le recours aux prêts bancaires ou encore la recherche de partenariats publics/privés nécessitent de disposer d'une visibilité sur les attributions des parcs à venir (géographiquement mais également du point de vue du rythme de déploiement) et le niveau de sécurisation du contenu local.

Face à ces freins et à ces risques, une cohérence d'ensemble est nécessaire via notamment une triple planification de l'éolien en mer :

- planification géographique et temporelle ;
- planification de l'adaptation des infrastructures portuaires ;
- planification des infrastructures électriques de raccordement.

Parallèlement, l'ambition de création de valeur en France nécessite d'une part, un soutien à la création d'une offre industrielle française, via des dispositifs comme le crédit d'impôt investissements industrie verte et à travers la prise en compte de considérations environnementales, de cybersécurité et de résilience dans les appels d'offres et d'autre part, le développement de la formation et des compétences.

Les besoins des industriels rejoignent ceux des ports avec des enjeux de visibilité en volume et en rythme, de simplification administrative et de niveau de financement.

1.2. Hypothèses sur des mesures concrètes à adopter

1.2.1. Définir un plan de financement adapté

La recherche d'un modèle économique soutenable sur les segments portuaires dédiés à l'éolien flottant encore peu matures (filrière émergente devant encore gagner en maturité technologique et soumise à des risques forts), conduit à rechercher des modèles de financement nouveaux permettant au système portuaire d'être au rendez-vous du rythme annoncé pour le déploiement des futurs parcs.

Compte tenu du changement d'échelle et de technologie nécessaire à l'atteinte des objectifs de déploiement, la réponse portuaire doit s'envisager de manière robuste et globale.

L'enjeu est de capter la plus grande partie possible de la chaîne de valeur sur le territoire national et de sécuriser les chaînes d'approvisionnement.

Enfin, au-delà du marché français, des opportunités pourraient être saisies par les ports français pour les parcs éoliens à venir en Europe, notamment en Méditerranée (zones propices au développement de l'éolien flottant identifiées au large de la Catalogne et des îles Baléares, nombreux projets en développement en Italie) et en mer Celtique (l'Irlande et le Royaume-Uni ont des objectifs ambitieux d'éolien flottant dans cette zone) par exemple.

Il est aussi important de noter que les ports de la façade Atlantique-Manche seront mobilisés sur de nombreux projets posés entre 2031 et 2040 et qu'il est important de bien dimensionner l'offre portuaire dans son ensemble pour que des adaptations des ports pour l'éolien flottant ne mettent pas en péril les projets déposés.

Des critères multiples sont à prendre en compte quant à l'identification des ports dont l'adaptation est requise pour atteindre le premier objectif de 18GW en service en 2035 :

- géographique : par rapport au positionnement attendu des champs et des capacités RTE de connexion au réseau ;
- temporel : les capacités des ports de la Manche pourraient être saturées sur le déploiement de projets d'éoliennes posées sur la décennie 2030 et peut-être même au-delà de 2040 ;
- environnemental : la capacité des ports à mener les premiers investissements nécessaires pour répondre aux besoins des premiers parcs flottants est fortement dépendante de la maturité environnementale des projets (débat public, attribution, instruction de l'autorisation, enquête publique, délivrance autorisation environnementale et éventuel recours administratif...) ;
- industriel : stratégie par façade avec complémentarité des projets avec l'écosystème industriel en place ou pressenti ;
- ressources en main d'œuvre et en compétences ;
- crédibilité : ports ayant acquis une compétence sur le posé ou les démonstrateurs flottants.

Des investissements conséquents ont déjà été réalisés dans certains ports. Cependant, en prenant en compte les cartes des zones prioritaires et les objectifs aux horizons 10 ans et 2050, il reste un besoin de financement massif pour adapter le système portuaire métropolitain.

1.2.2. Visibilité et planification

Le volume des appels d'offres et l'échelonnement dans le temps de leur mise en œuvre est un point clé pour les investissements portuaires. En effet, et notamment pour l'éolien flottant, le montant des CAPEX²⁷ à engager nécessiterait probablement de prévoir un cadencement des mises en service associées à chaque port, afin de sécuriser à la fois les investissements du projet, le volet autorisations et la rentabilisation des investissements portuaires qui pourraient ainsi être étalés de manière sécurisée sur une dizaine d'années.

S'il existe un risque clair de défaut de coordination entre ports d'une même façade, il est également nécessaire de prendre en compte les temporalités propres à chaque façade.

En effet, la temporalité des projets posés en Manche semble renvoyer à un horizon post-2040 la contribution des ports de cette façade à l'éolien flottant. Or la décennie 2030 verra probablement la filière s'organiser sur l'Atlantique et sur la Méditerranée. Dans ces conditions, l'émergence d'un nouveau pôle éolien flottant en Manche ne semble pas acquise malgré des atouts avérés (existence d'une filière pour l'éolien offshore, zone de chalandise des zones prioritaires identifiées en sortie du débat public, positionnement des champs en Bretagne Nord, proximité pour les opportunités de marchés dans le nord de l'Europe).

²⁷ Extrait du Lefebvre Dalloz : traduit en français par "dépenses d'investissement de capital", les CAPEX regroupent toutes les dépenses effectuées par une société se rattachant à ses investissements matériels.

1.2.3. Sécurisation du contenu local

Si les règles européennes interdisent aujourd'hui l'utilisation de critère discriminant sur le plan géographique, le *Net Zero Industry Act* européen (adopté le 27 mai 2024) représente une opportunité pour la mise en place de critère hors-prix plus ambitieux. Ce règlement vise d'une part à rendre plus homogène la prise en compte des considérations de durabilité, de cyber sécurité et de normes sociales dans les dispositifs de soutien public au déploiement des ENR au sein de l'Union européenne et, d'autre part, à renforcer la résilience de la filière européenne de l'éolien en mer.

Les cahiers des charges des procédures de mise en concurrence viseront à faciliter l'intégration socio-économique des projets. Les procédures de mise en concurrence intégreront, lorsque cela est jugé pertinent, les possibilités ouvertes par le NZIA, notamment en matière de résilience des approvisionnements, de cybersécurité, de normes sociales ou encore d'impact environnemental.

D'une manière générale, l'intégration de critères hors-prix est à rechercher autant que possible et en conformité avec le droit européen afin de mettre en valeur les avantages de l'industrie française et soutenir le développement de la filière industrielle.

Foncier portuaire : dans la chaîne de valeur de l'éolien flottant c'est la fabrication, l'assemblage et le stockage des flotteurs qui semble particulièrement dimensionnant pour la mise à niveau des infrastructures portuaires. Le besoin de linéaire de quai pour réaliser des opérations d'intégration est également à sécuriser ainsi que des zones de stockage de flotteurs (maintien des cadences), d'éoliennes intégrées et les accès nautiques correspondants.

Une cartographie et une planification de la vocation du foncier portuaire disponible, prenant en compte et identifiant les ressources nécessaires à l'éolien flottant aux horizons 2035 et 2050 (en cohérence avec la planification énergétique) pourrait être réalisée afin de donner une visibilité aux développeurs dans le contexte de la réindustrialisation verte et du ZAN.

Dans ce contexte, la sécurisation de foncier portuaire pour les activités liées à l'éolien en mer revêt un enjeu particulier pour les ports.

Besoins en main d'œuvre : des besoins en main d'œuvre sont également identifiés dans les régions qui accueilleront des activités portuaires et industrielles nécessaires au développement de l'éolien flottant.

L'appel à manifestation d'intérêt « Compétences et métiers d'avenir » (AMI CMA), déjà adapté pour les filières industrielles des énergies renouvelables, pourrait servir de vecteur pour les acteurs portuaires qui souhaitent ouvrir des dispositifs de formation dédiés.

Incitations financières : le crédit d'impôt investissements dans l'industrie verte (C3IV), introduit dans la loi de finances 2024, permet d'accompagner les investissements des industriels en complément de ceux des ports. Il permet de couvrir une partie de l'investissement (CAPEX) des acteurs industriels, notamment pour la mise en place d'usine d'assemblages de flotteurs ou de fabrication de sous-composants dédiés.

D'autres voies de cofinancements seraient à explorer, par exemple en recherchant la mise en œuvre d'un dispositif pluriannuel, d'un système d'avances remboursables, d'une garantie de l'Etat ou encore par exemple l'utilisation de fonds européens comme *le Fonds pour l'Innovation* ou le Fonds de développement régional (FEDER).

Raccordement au réseau électrique : la planification des futurs parcs éoliens en mer conduit RTE à définir des priorités de disponibilités de raccordement et les aménagements du réseau à prévoir. La cohérence entre le site d'atterrage, la capacité de raccordement et la position du champ éolien est un prérequis nécessaire à l'installation des futurs champs éoliens.

Selon son Schéma décennal de développement du réseau, RTE consacre plus de 10% de son budget d'investissement en 2024 à la réalisation des raccordements pour les parcs éoliens en mer, soit 258,3 millions d'euros.

RTE, les Chantiers de l'Atlantique et Hitachi Energy ont annoncé un contrat de 4,5 milliards d'euros pour construire des sous-stations électriques destinées à équiper les futurs parcs éoliens de Normandie (Centre Manche 1 & 2) et d'Oléron. Ces plateformes (courant continu) permettront de transporter l'électricité sur de plus grandes distances qu'en courant alternatif. Les pertes électriques seront réduites ainsi que le linéaire de câbles requis. Les Chantiers de l'Atlantique vont doubler leur capacité de production et investir plus de 100 millions d'euros⁵ dans ce projet.

Il est à noter que les infrastructures portuaires pourront également s'avérer indispensables pour fiabiliser la fabrication des sous-stations électriques.

Simplification des procédures : les délais pour l'obtention des autorisations et la complexité des procédures administratives peuvent entraîner des retards et des surcoûts dans le déploiement des parcs éolien en mer. Plusieurs évolutions réglementaires ont déjà eu lieu pour réduire notamment les délais de contentieux sur les projets éoliens et pour les infrastructures portuaires nécessaires. Cependant, une nouvelle évolution du droit visant à raccourcir les délais de recours des projets d'infrastructures portuaires liées à l'éolien en mer pourraient constituer un levier potentiellement intéressant à expertiser.

Enjeux militaires, aéronautiques et paysagers : les contraintes liées à la présence d'un port militaire sont à prendre en considération dans le développement de la filière. Un travail est à réaliser sur ce point. Un rapprochement et une coopération pourraient s'avérer nécessaires afin de permettre la réalisation de projets éoliens dans certaines zones maritimes stratégiques. Certains ports comme Toulon, Brest ou Cherbourg sont des ports clés pour l'expérimentation et l'évaluation des impacts potentiels du développement de la filière sur les activités militaires.

Les servitudes aéronautiques semblent quant à elles particulièrement critiques en phase d'intégration des éoliennes du fait de la très grande hauteur de ces structures. Un travail est à approfondir avec la Direction générale de l'aviation civile (DGAC) sur le sujet.

Enfin, les ports devront prendre en compte les particularités paysagères de ces nouvelles activités portuaires.

Un ensemble de freins et d'hypothèses sont à prendre en compte afin d'abaisser le niveau de risques pesant sur les ports et sécuriser ainsi leurs décisions d'investissements dans

l'adaptation des infrastructures portuaires pour l'éolien flottant. La définition d'un niveau de risque acceptable est essentielle pour que les ports puissent concevoir un modèle économique soutenable.

2. Considérations sur le modèle économique portuaire

L'accueil de ces activités nouvelles, dont les paramètres techniques et les critères de performance ont peu en commun avec les activités traditionnelles de manutention de marchandises par les terminaux des ports de commerce, peut répondre à plusieurs objectifs économiques cumulatifs, tels que :

- le développement d'une activité et d'un revenu de substitution, total ou partiel, à la diminution voire à la disparition des activités liées à l'importation d'énergies fossiles ;
- la mise en place d'une filière territorialisée attractive en termes de création de valeur et d'emplois qualifiés en rapport avec la mer ;
- le renforcement d'un écosystème industriel préexistant et / ou l'accueil de ses mutations.

Au-delà de l'affirmation qu'il s'agit de développer des « relais de croissance », l'annonce par les ports d'objectifs économiques précis conditionne la structuration du modèle économique qui pourra être proposé pour chacun d'entre eux.

Sans entrer dans le détail de l'élaboration précise de tel ou tel modèle économique particulier, les facteurs qui suivent devraient avoir chacun une incidence structurante pour la construction d'un projet portuaire soutenable économiquement :

- les hypothèses sur la demande future pour l'énergie éolienne posée et flottante, et le volume attendu de projets qui seront développés dans la région desservie par le port ; turbines et de fondations, et d'autres acteurs de l'industrie pour maximiser l'utilisation du port ;
- les hypothèses sur les capacités techniques du port à développer des infrastructures spécifiques pour l'éolien flottant ou posé, notamment des espaces de stockage des composants, des quais adaptés aux navires spécialisés, aux flotteurs de divers gabarits ou aux navires de transport de colis lourds et des zones d'intégration de turbines ou d'assemblage de flotteurs, en prenant en compte les possibilités d'évolution de ces installations qui pourront nécessiter des modernisations ;
- les hypothèses sur les investissements initiaux nécessaires pour adapter le port aux besoins de l'éolien flottant ou posé, incluant les coûts de construction et / ou de modernisation des installations préexistantes ;
- les hypothèses sur la disponibilité de subventions, d'incitations fiscales ou d'autres formes de soutien public visant à développer les activités portuaires liées à l'éolien flottant ou posé (comme les crédits d'impôts sur les investissements industriels), qui créeront ou renforceront des capacités de production sur les sites portuaires ;
- les hypothèses sur les coûts d'exploitation et de maintenance associés aux activités portuaires liées à l'éolien flottant ou posé, y compris les coûts liés à la manutention, au stockage des composants et à l'activité de maintenance des champs ;
- les capacités du port à facturer les services portuaires, tant pour l'accueil des navires que des flotteurs (nus ou intégrés) mais également pour celui des activités

industrielles de stockage, de production, d'assemblage, d'intégration et tous les services logistiques associés.

Les pratiques de tarification observées sur l'éolien posé restent essentiellement fondées sur les deux piliers classiques que constituent les droits de port et les revenus domaniaux. Néanmoins, dans certains ports où les terminaux éoliens sont opérés en régie, des recettes d'outillage sont également perçues et sont nécessaires à l'amortissement des moyens de levage mis en œuvre.

La gestion du domaine public portuaire, qui pourrait être adaptée (par exemple, par l'expérimentation d'AOT courtes, à définir en fonction du séquençement et de la successifs), sera possiblement l'un des piliers du modèle économique de l'éolien flottant.

Il n'en reste pas moins qu'une visibilité de long terme est nécessaire pour assurer un taux d'utilisation optimum des infrastructures portuaires. La visibilité sur le choix des ports envisagés par les développeurs ainsi que leur durée d'utilisation devraient être acquises dès les réponses aux appels d'offres ou très rapidement après la désignation du lauréat.

La raréfaction du foncier portuaire devrait en renchérir mécaniquement le coût, générant ainsi des gains permettant de soutenir les investissements d'adaptation des infrastructures portuaires à condition qu'il n'atteigne pas un niveau qui constituerait de fait un frein à l'installation des industriels par rapport à la concurrence étrangère.

Une discussion sur le niveau de redevance domaniale au niveau national pourrait être envisagée, de même que sur l'avenir des équipements déployés (restent-ils sur le port ou sont-ils à démanteler à l'issue de chaque chantier ?) ou sur la présence ultérieure de services de maintenance. Ces travaux pourraient permettre de donner une visibilité supplémentaire aux ports sur les recettes, donc sur la capacité à investir pour accueillir l'activité.

S'agissant d'activités industrielles nouvelles, dont les paramètres de performance sont bien différents de ceux de la manutention portuaire classique, de nouvelles approches pourraient également être envisagées.

Dans des conditions encadrées par le code des transports, les ports peuvent prendre des participations dans des entités de droit privé dont les activités concourent notamment au développement des activités portuaires, ce qui est le cas de l'éolien en mer.

Le périmètre d'un tel partenariat public – privé peut représenter un « paquet » de services logistiques et portuaires relativement standardisé, reproductible, afin de donner de la visibilité aux acteurs de la filière et notamment aux développeurs qui devraient utiliser les ressources portuaires à tour de rôle, au fur et à mesure des attributions de champs éoliens suite aux appels d'offres.

Cette approche est génératrice de gains mais entraînerait également un transfert de risques sur le port, tout en engageant directement sa crédibilité (contexte social, capacité à tenir les délais, enjeu de compétence).

Dans la recherche d'un modèle économique soutenable, les choix d'investissements des ports devront pouvoir s'appuyer pour l'éolien sur des taux de rentabilité interne (TRI) et de valeur nette actualisée (VAN) dont les niveaux seraient comparables aux autres projets industriels candidats à l'implantation sur le domaine portuaire.

Dans le même temps, de nouveaux dispositifs publics ont vocation à accompagner les industriels de l'éolien flottant qui s'installeront dans les ports pour la conduite de différentes activités : assemblage des flotteurs, intégration des turbines sur fondations flottantes notamment grâce au mécanisme du crédit d'impôt investissements dans l'industrie verte (C3IV), créé en 2024, qui permettra d'accompagner les investissements complémentaires à ceux réalisés par les ports.

Des montages financiers permettant le cas échéant de trouver des partenaires privés avec un partage de la valeur, tout en sécurisant l'équilibre financier pour le port peuvent être recherchés.

Cependant, les projets d'adaptation des ports ne concernent pas que des infrastructures et le développeur lui-même devra également réaliser des investissements.

Tout montage avec co-financement privé lié au développeur entraînerait toutefois une diminution des revenus du port issus des redevances domaniales.

Il est nécessaire de prendre également en considération les options qui s'offrent au développeur. Se positionner sur un projet unique de champ revient à faire supporter à sa seule offre le coût des travaux d'adaptation des infrastructures, ce qui n'est pas nécessairement soutenable.

Une seconde stratégie pourrait consister, pour le développeur, à s'implanter sur le port pour un temps plus long misant sur l'avantage que lui conférerait cette présence pour remporter de futurs appels d'offres (AO) de proximité.

Quel que soit finalement le ou les modèles que les ports choisiront, l'enjeu est d'emporter à la fois l'adhésion de leurs organes de gouvernance, l'approbation de leurs actionnaires publics ou privés le cas échéant, et de convaincre les établissements financiers prêteurs sans perdre de vue la nécessaire acceptabilité sociétale liée au développement des ports.

2.1. Positionnement des ports dans la chaîne de valeur de l'éolien flottant : analyse des forces et des faiblesses

2.1.1. Le port constructeur de flotteurs

Il s'agit d'un port se spécialisant sur la brique de la construction et/ou de l'assemblage des flotteurs (acier ou béton).

Les atouts : ce type d'activité requiert un foncier moins étendu qu'un positionnement sur la totalité de la chaîne de valeur (autour de 30 à 40 hectares pour 500 MW/annuel) mais nécessite néanmoins des infrastructures maritimes dédiées (linéaire de quai, souille de mise en flottaison ou outil de mise à l'eau). Le port constructeur n'est pas tenu de se trouver à proximité immédiate des champs à installer car sa zone de chalandise est importante (jusqu'à plusieurs milliers de kilomètres). Les opportunités à l'export peuvent donc être envisagées.

D'autres part, les chantiers de constructions de flotteurs, en particulier s'il s'agit de flotteurs béton, génèrent sur du foncier portuaire une activité industrielle pérenne et créatrice de valeur. Cette activité devrait permettre de promouvoir l'emploi localement et d'assurer une continuité de revenus stables pour le port.

Les faiblesses : le port constructeur est soumis à la potentielle concurrence des ports situés au sein de sa zone de chalandise (notamment en Europe, l'Espagne ou la Turquie par exemple) ainsi qu'à la concurrence asiatique notamment sur la technologie des flotteurs en acier (via transport maritime depuis l'Asie).

Le port constructeur est également dépendant de la technologie choisie par le développeur qui, d'un projet à l'autre, pourrait imposer des contraintes substantiellement différentes aux infrastructures portuaires et à la logistique. Il est donc essentiel que le port constructeur fasse preuve d'une adaptabilité, d'une interopérabilité et d'une flexibilité importantes.

Les verrous : le port assembleur doit disposer de capacités de stockage tampon à flot suffisamment importantes pour alimenter les sites d'intégration dans les fenêtres de temps

attendues. Enfin, la question des compétences et des ressources humaines disponibles localement est une donnée clé.

2.1.2. Le port intégrateur

Il s'agit d'un port se spécialisant sur la brique de l'intégration des turbines sur les flotteurs.

Les atouts : ce type d'activité requiert un foncier moins étendu qu'un positionnement sur la totalité de la chaîne de valeur ou uniquement sur la brique d'assemblage (autour de 20 hectares) mais nécessite néanmoins des infrastructures maritimes dédiées (quai d'approvisionnement, quai d'intégration, postes de *commissioning*...).

Cette brique de la chaîne de valeur positionne le port en bonne place pour assurer la maintenance lourde des éoliennes ce qui assure une activité relais une fois les champs déployés.

La zone de chalandise des éoliennes intégrées est plus faible que celle concernant les flotteurs (probablement autour de quelques centaines de kilomètres), ce qui restreint la concurrence potentielle d'autres ports intégrateurs pour un même champ. En l'absence de ports de proximité, on ne peut pas exclure la possibilité de remorquer une éolienne intégrée sur une plus longue distance.

Les faiblesses : Le port intégrateur est très dépendant du positionnement des champs. L'activité est saisonnière (même si en Méditerranée, cette saisonnalité est moins affirmée que sur la façade Atlantique-Manche) et les infrastructures portuaires doivent pouvoir être réemployées lorsque la saison d'intégration est terminée. La conception des infrastructures portuaires doit intégrer ce besoin de flexibilité. Du fait de la saisonnalité, la création de valeur locale et d'emplois pérennes est à questionner.

Le port intégrateur est fortement dépendant d'un ou d'autres ports pour la fabrication et l'approvisionnement des composants.

Cette activité est la plus consommatrice de CAPEX dans un projet portuaire d'infrastructures pour l'éolien flottant (portance des quais sous les engins de levage, flexibilité...). Cet aspect doit être mis en rapport avec les risques pesant sur cette brique de la chaîne.

Les verrous : la disponibilité d'engins de levage adaptés est une donnée clé. L'activité étant saisonnière par nature, le port intégrateur doit disposer de capacités de stockage d'éléments stratégiques (2 mois de composants environ) pour alimenter la chaîne d'intégration en continu.

L'exigence de fiabilité est aussi un point critique (disponibilités des ressources RH par exemple ou contexte social).

Le tirant d'air est un verrou important également (ouvrages, servitudes aériennes...) de même que la question spécifique des autorisations de stationnement en mer.

2.1.3. Le port multi-spécialiste (pouvant tout faire à la fois)

Il s'agit d'un port se positionnant sur la totalité de la chaîne de valeur, il combine les forces et faiblesses de ports intégrateur et constructeur.

Les atouts : positionnement sur des activités industrielles pérennes sur le foncier portuaire. Ces activités créatrices de valeur permettent de promouvoir l'emploi localement et d'assurer une continuité de revenus stables pour le port.

La brique intégration positionne le port sur la maintenance lourde des éoliennes, ce qui lui assure une activité relais complémentaire une fois les champs déployés.

Au sein d'une même façade maritime, les synergies établies avec d'autres ports positionnés sur la chaîne de valeur de l'éolien flottant peuvent permettre de créer des pôles de référence dotés d'une forte crédibilité et d'une grande flexibilité. Ces pôles sont des atouts pour le captage des marchés, notamment à l'export.

Cependant, certains de ces atouts sont également des faiblesses.

Les faiblesses : le foncier portuaire à mobiliser est très vaste (entre 60 et 80 hectares pour 500 MW/an ainsi que des capacités de stockage tampon à flot).

Les investissements requis sont très importants. Ils doivent être mis en rapport avec les risques liés à une filière émergente dont les technologies ne sont pas complètement matures et dépourvues de visibilité sur le marché au-delà de 2030.

Les verrous : la concurrence avec les autres activités et trafics du port est un point clé. La présence d'un écosystème local industriel et humain robuste est une condition de succès.

2.1.4. Le port généraliste (pouvant tout faire mais pas tout à la fois)

Il s'agit d'un port se positionnant potentiellement sur la totalité de la chaîne de valeur mais en des temps différents en fonction des projets. C'est un port dont le foncier disponible pour l'éolien est limité.

Les atouts : Il s'agit d'un positionnement opportuniste sur tout élément de la chaîne de valeur en soutien d'autres ports. La spécialisation du port peut intervenir dans un second temps.

Cependant, ce positionnement opportuniste est générateur de faiblesses.

Les faiblesses : la création de valeur locale et d'emplois pérennes est à questionner ainsi que la soutenabilité du modèle économique. En effet, la difficulté à industrialiser et à massifier peut générer des pertes de compétitivité et dégrader la fiabilité (risque de tenue de planning notamment).

Les verrous : la maturité environnementale et l'interopérabilité des infrastructures sont deux points clés pour un positionnement opportuniste du port.

Les Appels à Manifestation d'Intérêt (*sourcing*) réalisés par certains ports leur permettent de mieux appréhender la demande industrielle, d'affiner leurs positionnements envisageables et les schémas contractuels possibles.

Il est donc important que les ports, dont la composante publique est majeure, recherchent des modèles économiques prenant en compte les incertitudes inhérentes à ces multiples hypothèses, tout en intégrant des flexibilités pour faire face aux évolutions technologiques et commerciales liées à la constitution d'une filière émergente.

Le niveau de risque liés aux investissements portuaires spécifiques liés à l'éolien flottant (renforcements très lourds, zone de stockage à flot, souille de mise en flottaison...) est très supérieur à celui d'infrastructures plus traditionnelles (quai / terre-plein) et plus aisément réemployables.

Il est donc important qu'une visibilité suffisante soit donnée aux ports par l'ensemble des parties prenantes (Etat, régions, industriels, développeurs...) pour que les ports puissent sécuriser les investissements dans une temporalité compatible avec les objectifs de déploiement.

Au-delà des ports dont le positionnement est stratégique sur les briques de production, assemblage ou intégration, certaines places portuaires ont un rôle important à jouer comme

pôle de recherche et de développement sur différentes briques technologiques de la filière grâce aux écosystèmes portuaires et maritimes en place.

3. Quelle(s) trajectoire(s) de développement de l'éolien en mer en France d'ici 2050

Les besoins industriels pour structurer efficacement la filière de l'éolien flottant en France se concentrent autour de plusieurs axes clés : visibilité et soutien à long terme, structuration des projets industriels, financement et incitations fiscales, et infrastructures portuaires.

3.1. Une adaptation nécessaire des infrastructures portuaires

Les gisements spécifiquement accessibles à l'éolien flottant sur les côtes françaises atlantiques et méditerranéennes sont très importants du fait de la taille de l'espace maritime métropolitain et des profondeurs de fond considérées. L'éolien flottant est donc appelé à se développer rapidement et massivement en France, contribuant ainsi à assurer l'indépendance énergétique de la France, tout en préservant de manière pérenne un système électrique décarboné. La quasi-totalité des zones identifiées sur la période 2040-2050 sont par ailleurs flottantes : elles seront raccordées une fois la technologie de sous-station électrique flottante HVDC disponible (à compter de 2040 selon les estimations actuelles).

L'aménagement des infrastructures portuaires est dès lors un prérequis indispensable pour le développement de la filière de l'éolien flottant en France.

Les volumes de production potentiels identifiés nécessitent une adaptation rapide et substantielle des ports français des façades Atlantique et Méditerranée.

Lors des Assises de l'économie de la mer fin 2023, le Président de la République a annoncé la publication de l'Appel à projets Ports France 2030 (AAP Ports), destiné à soutenir le financement des infrastructures portuaires nécessaires à l'accueil des activités industrielles liées à l'éolien flottant dont les lauréats seront connus en 2025.

La date de clôture de l'AAP Ports en était fixée au 31 janvier 2025, pour permettre aux ports de prendre en compte les résultats de l'exercice de planification de l'éolien en mer ainsi que les premiers résultats des études de faisabilité pour la structuration des ports vers les activités industrielles liées à l'éolien flottant, lancés dans le cadre de l'Appel à manifestation d'intérêt Ports France 2030 (AMI Ports) de 2022.

Plusieurs maillons de la chaîne de valeur sont susceptibles d'être assurés dans les ports : fabrication ou stockage de flotteurs, intégration de turbines sur les flotteurs, assemblage des sous-stations électriques, opérations de maintenance sur les éoliennes flottantes, qui nécessitent de grands espaces à terre et en mer.

- La construction de composants et l'assemblage des flotteurs. Le stockage des flotteurs et des éléments des turbines nécessite à la fois de l'espace à terre mais également du stockage à flot pour les flotteurs nus ou les éoliennes intégrées : ancrage, échouage, amarrage sur duc d'albe.
- L'intégration des turbines sur les flotteurs est une opération réalisée à quai contrairement à l'éolien posé où cette opération est réalisée en pleine mer. Cela nécessite environ 200 à 800 m de quai avec des zones renforcées pour l'accueil des grues de levage ainsi qu'un tirant d'eau compris entre 10 et 16 mètres. Des zones de stockage tampon des éoliennes intégrées et de flotteurs en attente d'intégration sont nécessaires avant le remorquage sur le champ mais aussi en cas d'aléas météo.

- Des zones de stockage à quai pour assurer des opérations de maintenance lourde.

3.2. Hypothèses de développement de l'éolien flottant en Europe, risques et opportunités pour le marché français

Sur les façades Méditerranée et Atlantique-Manche, les ports français pourront compléter leurs programmes industriels par de l'export, sur la base des objectifs de déploiement et des projets identifiés chez nos voisins européens et ainsi saisir l'opportunité de massifier les flux.

La zone de chalandise associée à l'export de flotteurs est extrêmement large, au regard du coût et de la facilité technique à transporter des flotteurs sur des centaines de kilomètres. Sur des zones de projets européens plus proches, l'intégration des turbines ou la maintenance lourde pourraient également être réalisées par des ports français.

L'ambition du Royaume-Uni est de déployer en moyenne 2,5 GW par an d'éolien flottant, entre 2030 et 2040. Treize ports écossais ont formé une alliance (SOWPA) dont l'objectif affiché est de maximiser les retombées de l'éolien en mer pour ces ports.

Selon les rythmes définitifs qui seront adoptés pour le déploiement de l'éolien flottant, il est estimé qu'il faudrait entre 2 et 5 ports d'intégration en Ecosse pour atteindre les ambitions nationales. Qu'il s'agisse de déploiement de projets éoliens posés ou flottants, les ports du Royaume-Uni doivent être adaptés et le gouvernement britannique a mis en œuvre depuis 2023 un dispositif *Floating Offshore Wind Manufacturing Investment Scheme* (FLOWMIS) de soutien aux investissements portuaires doté de 160 M€. Les ports de Port Talbot au Pays de Galles et de *Cromarty Firth* en Ecosse sont d'ores et déjà lauréats.

Le *Round 5*, projet de déploiement de 4,5 GW d'éolien flottant en Mer Celtique (par lots de 1,5 GW maximum) constitue une opportunité intéressante pour les ports français de la zone de chalandise.

L'Irlande s'est doté d'un objectif de 7 GW d'éolien en mer installés en 2030, 20 GW en 2040 et de 37 GW pour 2050 confirmés en mai 2024 « *Future Framework for Offshore Renewable Energy – May 2024* ».

Des appels d'offres par tranche « *Offshore Renewable Electricity Support Scheme* » sont lancés (ORESS 1, ORESS 2, ...).

En termes de capacités portuaires, Belfast dispose d'ores et déjà des capacités requises pour l'installation de champs posés, tandis que Rosslare et Cork, au sud-est de l'Irlande, et Shannon Foynes à l'ouest, proposent des plans de développement de leurs capacités. Un investissement minimum de 1 milliard d'euros serait nécessaire pour adapter les capacités et ressources portuaires selon une étude du *Royal Haskoning*.

Précisément, le projet de *Rosslare* porte un projet (> 200M€) dont la faisabilité technique pourrait répondre aux besoins de l'éolien posé. Le port de Cork pourrait aussi développer un projet (> 120M€) en plusieurs sites, répondant potentiellement aux besoins de l'éolien posé voire de l'éolien flottant.

Enfin, les ports situés dans l'estuaire de *Shannon Foynes* disposent de qualités naturelles permettant de créer des capacités d'accueil pour l'éolien flottant, dont l'investissement serait supérieur à 500 M€.

En Manche, les capacités portuaires devraient être intensément sollicitées entre 2030 et 2040. Cherbourg appuyé par *Haropa Ports* tout comme Brest ont clairement l'opportunité de servir des projets situés en Mer Celtique ou en Manche côté Royaume- Uni, et sont d'ailleurs d'ores et déjà approchés à ces fins, notamment dans le cadre du *Round 5* britannique qui prévoit 4,5 GW d'éolien flottant d'ici à 2035.

A ce jour, ni l'Espagne ni l'Italie n'ont attribué des champs éoliens flottants commerciaux. Cependant les potentiels que représentent les projets dans ces pays est à la fois une opportunité et un risque pour les capacités portuaires françaises.

L'Espagne s'est dotée d'une feuille de route nationale pour le développement de l'éolien *offshore* avec l'objectif d'atteindre jusqu'à 3 GW d'éolien flottant en 2030.

Une consultation du public sur un projet de décret visant à encadrer la production d'énergie à partir d'éoliennes flottantes a été lancée en mars 2024. Le décret prévoit un processus de mise en concurrence pour l'accès aux zones de production, un régime économique ainsi qu'un cadre réglementaire des concessions d'utilisation du domaine public. Une phase de dialogue public-privé est envisagée.

L'Italie, qui dispose du seul parc éolien *offshore* actuellement en service (*Beleolico* – 30MW), en Méditerranée, a revu son objectif de capacité installée pour l'éolien *offshore* à 2,1 GW d'ici 2030. 64 manifestations d'intérêt pour développer des projets d'éolien flottant ont été formulées, provenant de groupes comme *Copenhagen Infrastructure Partners* (CIP), *RWE* et *Vestas*, principalement au large des côtes des Pouilles, de la Sicile et de la Sardaigne.

Le processus réglementaire doit encore être précisé ainsi que les processus d'autorisation et les subventions envisagées.

L'Italie ambitionne de créer une chaîne d'approvisionnement nationale pour l'éolien flottant. Dans ce cadre, un appel à manifestation d'intérêt visant à identifier au moins deux ports éoliens dans le Sud de l'Italie a vu les ports de Tarente, Brindisi et Augusta se positionner.

D'autre part, le projet éolien *offshore* flottant *7SeasMed* de 250 MW a obtenu l'approbation de son évaluation d'impact environnemental par le ministère italien de l'Environnement et de la Sécurité énergétique. *Copenhagen Offshore Partners* (COP), qui est le développeur principal du projet, est détenu par un consortium comprenant GreenIT (une coentreprise entre *Plenitude* (*Eni*) et *CDP Equity*) et *Copenhagen Infrastructure Partners* (CIP). *7SeasMed* serait situé à environ 35 kilomètres au large des côtes de Marsala, en Sicile.

7SeasMed fait partie d'un portefeuille éolien *offshore* de 3 GW en Italie, détenu par le partenariat *GreenIT* et CIP, pour lequel COP est le partenaire de développement principal. Ce portefeuille, inclut également les projets *Ichnusa* (504 MW, Sardaigne), *Tyrrhenian* (500 MW, Latium), *Nurax* (500 MW, Sardaigne) et *Poseidon* (1000 MW, Sardaigne).

Un nombre croissant de projets de parcs éoliens flottants voit ainsi le jour dans les pays voisins et dans la zone de chalandise des ports français. Constatant le manque de capacités portuaires adaptées dans ces pays, les ports français qui ont acquis une expérience et une crédibilité dans les projets posés et les démonstrateurs flottants ont une opportunité unique de se positionner comme premier entrant dans cette filière émergente de l'éolien flottant.

4. Recommandation

Sur l'objectif de 45 GW d'éolien en mer en 2050, la puissance éolienne en mer installée en France est à ce jour d'environ 1,5 GW : les parcs de Saint-Nazaire (480 MW), Fécamp (497 MW) et Saint-Brieuc (496 MW) sont raccordés au réseau. La cadence de déploiement va donc connaître une forte accélération.

Un sous-dimensionnement de l'offre portuaire serait synonyme de surcoûts pour le déploiement des parcs et d'une perte globale de captation de valeur pour les territoires au profit de pays tiers et de ports concurrents.

Or les leviers d'adaptation des ports aux objectifs de développement de la filière sont de diverses natures.

Ils demandent tout d'abord une **plus grande visibilité quant à la localisation des futurs parcs et leur calendrier de déploiement** en grande partie remplie avec l'annonce à l'automne de la décision du 17 octobre 2024 incluant les zones prioritaires pour le développement de l'éolien en mer à l'horizon de 10 ans et 2050.

Ils nécessitent en deuxième lieu que soit poursuivie la **dynamique de simplification des procédures d'instructions** engagée jusqu'à présent. La tenue des délais d'instruction et la **sécurisation des projets dans ses dimensions financière et environnementale** conditionnera fortement la capacité des ports et des industriels à répondre à un rythme satisfaisant aux différentes étapes de la chaîne de valeur. Il convient ainsi d'identifier les évolutions éventuelles du cadre réglementaire permettant de faciliter l'implantation durable de la filière sur le domaine portuaire (statut des flotteurs, partage de responsabilité entre les ports, les développeurs, l'Etat quant à la sécurisation du plan d'eau, partage de responsabilité entre les ports et l'autorité maritime lorsque les zones de stockage à flot sont situées en dehors des limites administratives des ports, servitude aéronautiques...)

S'agissant d'une filière nouvelle en France et en Europe, **l'adaptation des infrastructures portuaires à l'éolien flottant devra s'accommoder de certaines incertitudes résiduelles**. L'enjeu pour les ports comme pour l'ensemble des acteurs industriels intervenant dans la chaîne de valeur sera de définir de la manière la plus objective possible le niveau de risque acceptable pour chacun d'entre eux.

Pour les ports, la définition fine de ces niveaux de risque doit pouvoir s'opérer aux termes d'un **examen de modèle économique qui reste à mener dans chaque port**. Les efforts de convergence réalisés sur chaque façade sont un cadre permettant, sur la base d'une planification claire des déploiements éoliens, de construire un système portuaire clefs de la chaîne de valeur. Par ailleurs, le modèle économique, la maturité, la capacité de lever des fonds sont indissociables du modèle de gouvernance de chaque port. Le modèle économique reste ainsi à consolider dans chaque port sur la base d'une analyse capacitaire commune, assurant une juste adéquation entre l'offre et la demande.

La poursuite d'un dialogue pérenne par façade regroupant les ports décentralisés, les Grands Ports Maritimes, les régions et les acteurs concernés est susceptible d'accompagner efficacement le déploiement de la filière. Le niveau de maturité de l'éolien flottant entraîne une incertitude sur les technologies susceptibles d'être déployées dans les projets commerciaux à compter de 2030, ce qui complexifie les investissements portuaires. Des échanges réguliers avec la filière EMR, notamment, mais aussi avec les filières industrielles présentes sur le territoire français et européen permettraient d'affiner l'analyse pour anticiper

le type de technologie le mieux adapté ou susceptible d'être mise en œuvre en fonction de la zone géographique.

Face, d'une part, à la difficulté d'avoir une pleine maîtrise du rythme de déploiement des projets, des technologies et schémas industriels, et d'autre part dans l'objectif de bâtir une filière industrielle française, créatrice d'emplois et d'activités pérennes dans les ports, quelques opportunités sont à saisir nationalement, notamment pour tenir compte des forces et faiblesses actuelles des ports et de leur tissu économique local :

- **consolider les grandes bases industrialo-navales préexistantes** : les actifs et savoir-faire industriels sont en place dans certains ports et offrent la possibilité de renforcer l'ancrage des futurs emplois créés par le nouveau segment de l'éolien flottant en faisant émerger des pôles de rang européen. Leur capacité à se déployer à l'échelle des façades maritimes, mais également à l'international, offre de la flexibilité industrielle face aux risques liés aux incertitudes de localisation et de rythme de déploiement des futurs champs éoliens locaux. La diversification des activités au sein de ces bases industrielles, la polyvalence de leurs installations, et la mutualisation des moyens industrialo-portuaires qu'elles permettent, offrent également des éléments de robustesses face aux différents verrous identifiés notamment ceux liés à la saisonnalité et la cyclicité des projets, aux besoins de formation et de main d'œuvre qualifiée ;
- **accompagner les ports vers des activités de substitution des trafics énergétiques fossiles** : l'émergence de la nouvelle filière de l'éolien flottant, génératrice de nouveaux trafics portuaires à forte valeur ajoutée, doit permettre d'accompagner socialement et économiquement les places portuaires qui sont dans leur majorité exposées à la baisse programmée des trafics liés aux énergies fossiles.

Fiche n° 4

Comment garantir l'accès aux ressources des turbiniers européens pour garantir notre souveraineté ?

1. L'enjeu des turbines des éoliennes

L'Europe est en train d'opérer une mutation importante dans la production de son énergie en disposant d'une quantité croissante d'énergie issue des énergies renouvelables, notamment celle en provenance des parcs éoliens dont la part prend une place grandissante dans le fameux mix énergétique.

Cette sensibilité est accrue par le fait que la part des constructeurs européens d'éoliennes s'est sensiblement réduite au fil des années. C'est, notamment, le cas des fabricants des turbines des éoliennes (« turbiniers ») qui servent à convertir l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique, puis en énergie électrique. Ces turbines sont devenues les éléments critiques du marché de la transformation de l'énergie du vent en électricité utilisable par les éoliennes. Ce domaine devrait être priorisé dans le cadre d'une stratégie industrielle de l'éolien ; ce que la France n'a pas su faire en 2014 en cédant des parts significatives de ses technologies dans le domaine de l'énergie (dont les turbines destinées aux éoliennes) à l'américain *General Electric*. S'il est besoin d'une stratégie industrielle, c'est dans ce domaine qu'il convient d'être vigilant.

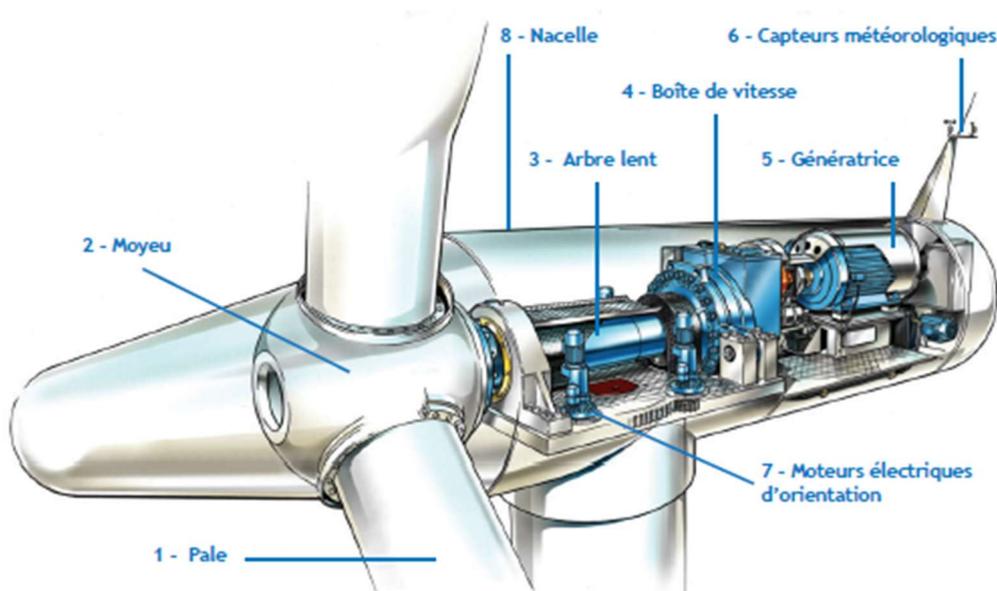
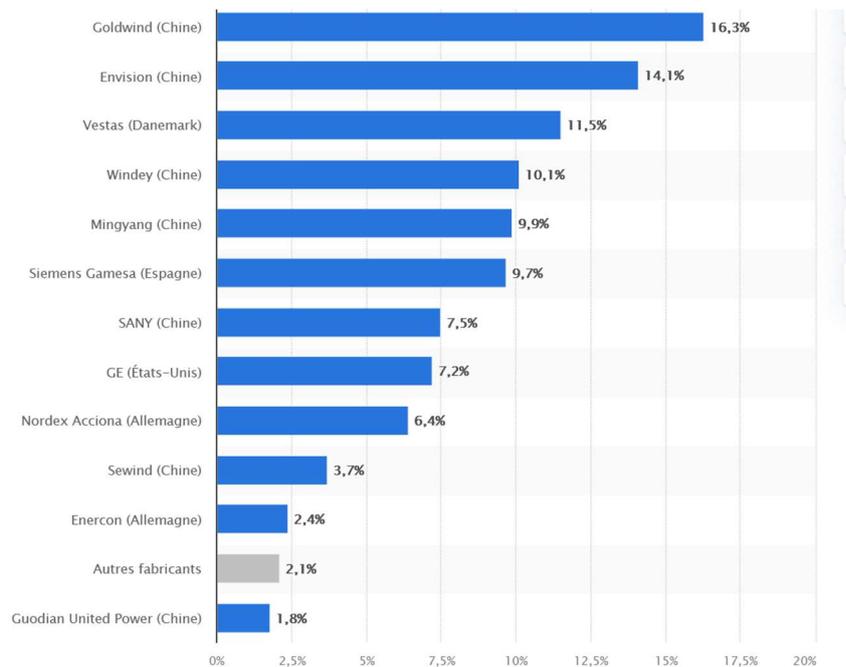


Image descriptive d'une turbine extraite du site Q ENERGY France SAS

En effet, une trop grande dépendance de l'Europe aux fabricants étrangers de turbines éoliennes deviendrait un sujet sensible dans le contexte de l'actuelle transition énergétique et de la sécurité des chaînes d'approvisionnement. La Chine est désormais l'un des plus grands producteurs mondiaux de turbines éoliennes et de composants associés (comme les générateurs, les pales et les systèmes électroniques). Actuellement, plus de la moitié du marché des turbines éoliennes est détenue par des entreprises chinoises. Parmi les cinq fabricants de turbines détenant plus de 10% du marché, quatre sont chinois : *Goldwind* qui est le premier producteur mondial, *Envision*, *Windey* et *Mingyang*. Pour l'Europe, le Danemark avec l'entreprise *Vestas* est en troisième position, suivi par l'espagnol *Siemens Gamesa* en sixième place.

Classement des plus importants fabricants de turbines éoliennes dans le monde en 2023, selon leur part de marché (Publié par Statista Research Department, 23 mai 2024)



Par ailleurs, même si les turbines sont assemblées en Europe, il est important de prendre en considération que de nombreux composants clés peuvent provenir de Chine, ce qui peut générer des fragilités dans la chaîne logistique. Cette dépendance peut aussi représenter des risques pour la sécurité des approvisionnements, la maîtrise des coûts et le contrôle des technologies.

2. Les enjeux d'un marché européen bousculé par la montée en puissance des turbiniers chinois

Le marché européen des turbiniers est actuellement bousculé par la montée en puissance des entreprises chinoises qui se développent rapidement. Ces dernières font aussi preuve de réelles qualités technologiques en étant en mesure de mettre sur le marché des turbines toujours plus puissantes. Elles ont un atout supplémentaire qui est de produire avec des coûts de production généralement plus faibles, ce qui leur permet de proposer des offres plus attractives. Par conséquent, les turbiniers chinois se positionnent afin de remporter des contrats et s'installent ou prévoient de s'installer dans certains pays européens pour construire des usines.

La possibilité d'une baisse de la demande pour les turbiniers européens pourrait entraîner un ralentissement de l'industrie mettant en péril également des milliers d'emplois. L'Europe investit dans le développement de sa propre industrie éolienne, encourage la fabrication locale, et cherche à diversifier ses fournisseurs. Des initiatives sont également en place pour renforcer la recherche et l'innovation dans ce secteur. La question de la dépendance est aussi liée aux enjeux géopolitiques, avec un intérêt accru pour la souveraineté technologique et énergétique. En résumé, l'Europe dépend dans une certaine mesure des fabricants chinois de turbines éoliennes, mais elle met en œuvre des stratégies pour limiter cette dépendance et renforcer sa résilience industrielle.

Une autre conséquence serait de développer une dépendance trop forte à l'égard des fournisseurs chinois et donc de fragiliser l'autonomie énergétique de l'Europe.

L'enjeu est de pouvoir garantir notre souveraineté tout en développant le marché des turbiniers européens face au « *dumping* » chinois et au protectionnisme américain. Actuellement, il ne reste que peu d'entreprises européennes comme *Siemens Gamesa* et *GE Vernova*, *Vestas*, *Enercon*, *Nordex Group*...

Il est donc indispensable de prendre les mesures suffisantes pour renforcer et protéger la filière européenne des turbiniers tout en développant la concurrence européenne afin de favoriser notamment l'innovation. Ces mesures permettront de sécuriser le marché des turbiniers tout en maîtrisant la sécurité et la sûreté au sein de l'espace maritime concerné par les éoliennes *offshores*.

Le deuxième enjeu concerne certains éléments de la chaîne de valeur de la filière des turbinières. En effet, certains éléments constitutifs de la turbine, comme les terres rares, sont fournis presque exclusivement par des fournisseurs chinois.

Cette forte présence mondiale des turbinières non européens et notamment provenant de Chine sur les infrastructures représente un risque non maîtrisé de la filière des éoliennes engendrant un risque de sûreté et de sécurité des espaces maritimes mais également un risque de perte d'autonomie énergétique de l'Europe sur ce marché.

3. La sécurisation de la filière européenne des turbinières : l'accès aux terres rares.

Recommandation : pour répondre à l'enjeu de souveraineté dans la filière éolienne *offshore* et développer une industrie des terres rares, l'Europe doit continuer à investir sur toute la chaîne de valeur de cette filière aussi bien en matière d'approvisionnement que de traitement et de recyclage des matériaux critiques. Elle doit continuer à sécuriser ses approvisionnements en diversifiant ses sources mais aussi en recherchant des gisements sur son propre territoire. Elle n'a en revanche pas d'inquiétude à avoir concernant la production de terres rares car elle dispose d'un réel savoir-faire dans ce domaine ; à condition que son industrie de transformation fasse aussi l'objet de la priorité stratégique évoquée.

La sécurisation de la filière européenne des turbinières passe par plusieurs leviers qui vont des domaines de la souveraineté énergétique aux domaines industriels (optimisation des coûts de production et de maintenance, des coûts de recherche) au partage de la montée en compétences dans le domaine énergétique (formation) tout en passant par le renforcement de l'expertise technologique européenne.

Mais un des aspects clefs de cette filière concerne la sécurisation de l'accès aux matières premières, notamment les terres rares qui sont indispensables pour la fabrication des aimants contenus dans les turbines des éoliennes.

Aussi, afin de sécuriser la filière et de renforcer la souveraineté européenne, l'Europe impose des critères privilégiant les acteurs européens en mettant en place le *Net Zero Industry Act (NZIA)*. Le NZIA vise à soutenir la décarbonation des industries européennes. Ce règlement prévoit des mesures permettant d'accélérer les projets en établissant des procédures d'autorisation simplifiées pour les projets d'énergies renouvelables. Il permet également de soutenir la fabrication locale en favorisant les investissements dans les usines de production de technologies vertes au sein de l'Union européenne.

L'objectif indicatif, donc non contraignant, est de parvenir à une couverture, pour chaque Etat, de 40 % de leurs besoins en technologies stratégiques pour la décarbonation (solaire, éolien, batterie, pompe à chaleur, hydrogène, biogaz et nucléaire).

Dans les appels d'offres, au moins 30 % des volumes annuels de chaque pays membre devront aussi inclure des critères de résilience, comme la provenance des composants ou le respect de normes sociales et environnementales.

La mise en place du *Net Zero Industry Act* est une réponse à l'IRA (*Inflation Reduction Act*), ce plan américain promulgué en 2022, sous le président Biden, destiné à favoriser l'énergie verte aux Etats-Unis. Il prévoit de mobiliser 369 milliards de dollars sur 10 ans en subventions et en crédits d'impôt. Mais, depuis janvier 2025, le gouvernement Trump a commencé à remettre en question cette politique.

En ce qui concerne la provenance des matériaux et la maîtrise de la filière des turbines, il va être indispensable d'identifier une solution pour sécuriser la production des terres rares légères, constituants des aimants permanents. Les aimants permanents sont également nécessaires pour la filière des voitures électriques car ce sont aussi des constituants des batteries automobiles. Les aimants utilisés dans ces générateurs contiennent généralement environ 30 % de Néodyme en poids, et la majeure partie du poids restant est constituée de matériaux ferreux à faible coût. Actuellement, 98 % des terres rares utilisées dans l'UE sont importées de Chine, qui dispose donc d'un quasi-monopole dans le secteur.

Or, il existe un risque que la Chine restreigne ses exportations dans ce domaine, comme elle le fait déjà pour les terres rares lourdes.

Dans un contexte où la demande de l'UE en métaux des terres rares, utilisés dans les éoliennes et les véhicules électriques, devrait augmenter de cinq à six fois d'ici 2030 et de six à sept fois d'ici 2050, il est devenu stratégique de développer ces chaînes de valeurs européennes.



Avant de pouvoir utiliser les terres rares dans le processus industriel, plusieurs étapes sont nécessaires. La première concerne l'extraction de ces minerais dont les mines se trouvent principalement en Chine (60 %), aux Etats-Unis (16 %), au Myanmar (12 %) et en Australie (7 %). Les autres étapes sont le raffinage, la production de métaux, la métallurgie d'alliages magnétiques puis la production d'aimants permanents.

La ressource en terres rares est relativement abondante. Encore, début juin 2024, un des plus importants gisements du monde a été détecté au sud-est de la Norvège avec près de 10 millions de tonnes de terres rares. Récemment, les déclarations du président Trump ont mis en avant le potentiel d'autres gisements importants comme ceux du Groenland ou de l'Ukraine.

Cette priorisation en France s'est illustrée avec l'inauguration, en avril 2025, d'une nouvelle ligne de production de l'entreprise française Solvay visant à retrouver ses anciennes capacités en matière de traitement des terres rares pour les aimants permanents. Cette usine basée à La Rochelle, était, il y a 40 ans, l'un des plus grands sites de raffinage de terres rares du monde. Le groupe est prêt à investir 100 millions d'euros supplémentaire et à se concentrer sur deux éléments essentiels pour la fabrication des aimants utilisés dans les véhicules électriques et les éoliennes : le néodyme et le praséodyme. L'entreprise a pour objectif de couvrir 30% de la demande européenne en terres rares traitées pour les aimants d'ici 2030.

Strategic Projects for the EU

MAP LEGEND



| | |
|------|------------------------------------|
| Al | Aluminium |
| B | Boron |
| BRMs | Battery Raw Materials ¹ |
| Co | Cobalt |
| Cu | Copper |
| Ga | Gallium |
| Ge | Germanium |
| C | Graphite |
| Li | Lithium |
| Mg | Magnesium |
| Mn | Manganese |
| Ni | Nickel |
| PGMs | Platinum Group Metals |
| REEs | Rare Earth Elements |
| W | Tungsten |

¹ Battery Raw Materials refer to lithium, cobalt, nickel, manganese and graphite

Disclaimer: The location of projects is based on a regional scale and doesn't reflect their exact geographical locations



Graphique des 47 projets d'extraction et de traitement des terres rares et des métaux stratégiques, approuvés par la Commission européenne, dans 13 pays de l'UE. Source : commission européenne pour réduire sa dépendance excessive à l'égard de la Chine

Fiche n° 5

Un besoin de souveraineté à satisfaire pour l'intervention sur les câbles de puissance et le remplacement des grands composants

Le développement de l'éolien en mer a été identifié par le gouvernement français (discours d'Emmanuel Macron à Belfort sur la stratégie énergétique de la France prononcé le 10/02/2022) et par l'Europe comme une contribution essentielle à la souveraineté énergétique du continent en permettant de réduire la dépendance aux énergies fossiles importées (charbon, pétrole et gaz, qui représentent en 2023 environ 50 % de la consommation d'énergie primaire en France²⁸ et plus de 75 % à l'échelle européenne²⁹). Les dix à quinze prochaines années devraient voir les capacités installées d'éolien offshore augmenter de façon très significative (capacité cible de 260 GW installés dans l'Union Européenne en 2040³⁰ pour 21 GW effectivement installés à fin 2024), et devenir un pilier essentiel de l'approvisionnement énergétique européen afin de répondre à la forte électrification des usages attendue sur la période.

La nature décentralisée de la production éolienne la rend par essence moins vulnérable et plus résiliente que la plupart des autres sources de production électrique, que ce soit à des incidents ou à des actes de malveillance. Cependant, la multiplication attendue des parcs éoliens en mer, la taille de ces parcs (typiquement 1 à 2G W par parc) et leur poids dans un mix énergétique décarboné vont donner à ces nouvelles infrastructures un caractère critique, notamment dans une optique de besoin de souveraineté énergétique accrue au milieu d'un contexte géopolitique instable. Par ailleurs, les champs éoliens présentent des points de faiblesse structurels avec le poste électrique en mer et les câbles de puissance sous-marins. Il convient pour ces points de faiblesse d'identifier les contre-mesures à mettre en place afin d'assurer la remise en service rapide des infrastructures dans le cas d'une panne ou d'une attaque de type hybride et à même de garantir cette souveraineté énergétique.

1. Le maintien en condition opérationnelle des champs d'éoliennes *offshore* nécessite des moyens et des compétences variées, dont la mise à disposition dépend du niveau de criticité et de la probabilité d'occurrence d'un incident

Le champ d'éoliennes *offshore*

Un champ d'éoliennes en mer est composé des principaux éléments suivants :

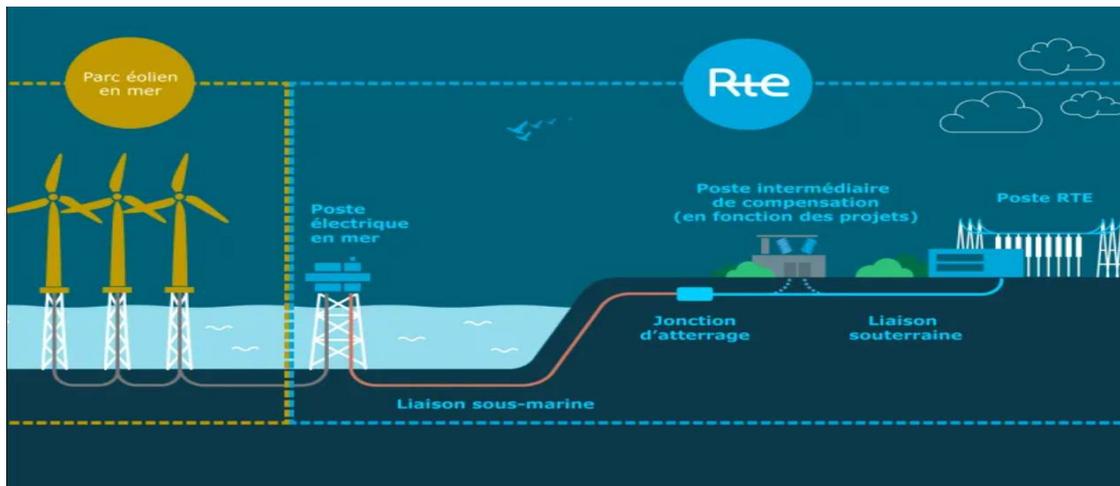
- Les éoliennes (turbines)
 - o il y a typiquement entre 50 et 100 turbines sur un champ, pour une puissance unitaire d'environ 15 MW à l'heure actuelle ; des turbines de plus de 20 MW sont en cours de développement
 - o elles sont composées d'un mât, d'une nacelle et de pales et qui permettent de convertir l'énergie du vent en électricité
- Le poste électrique en mer
 - o il concentre l'énergie produite par les éoliennes et la transforme vers une tension plus élevée pour le transport à terre (typiquement 225 kV aujourd'hui, 400kV demain).
 - o il est composé de deux convertisseurs principaux, de tableaux électriques, de systèmes de protection et de nombreux auxiliaires (ventilation, refroidissement, communication, etc.)

²⁸ <https://www.notre-environnement.gouv.fr/themes/economie/article/l-energie#:~:text=La%20consommation%20totale%20d'%C3%A9nergie,Comment%20se%20r%C3%A9partit%20Delle%20%3F>

²⁹ <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/edition-numerique/chiffres-cles-energie/11-international>

³⁰ https://energy.ec.europa.eu/news/member-states-agree-new-ambition-expanding-offshore-renewable-energy-2024-12-18_en#:~:text=As%20a%20result%20the%20cumulative,356%2D366%20GW%20by%202050.

- les fondations, qui soutiennent les actifs (turbines et poste électrique) et les ancrent au fond marin. Il existe différents types de fondations, comme les monopieux, les structures jacket, les tripodes, et les fondations flottantes pour les eaux plus profondes.
- les câbles électriques sous-marins qui permettent le transport de l'électricité produite, avec une distinction entre :
 - o les câbles inter-éolien, qui relient les éoliennes à la sous-station sous forme de « chaînes » (« string » en anglais), typiquement composées de 4 à 8 éoliennes ; ces câbles sont aujourd'hui alimentés en 66kV (développement en cours de connections 132kV pour les turbines de plus grande capacité)
 - o les câbles export, qui relient le poste électrique en mer au réseau terrestre, typiquement en 225 kV



Parc d'éoliennes posées (source : RTE)

Les moyens courants de maintien en condition opérationnelle

Les turbines et le poste électrique en mer nécessitent des inspections et une maintenance quasi quotidienne, justifiant le déploiement permanent de navires de soutien, selon les caractéristiques du champ (distance et nombre de machines notamment). Ces navires sont de type **CTV** (*Crew Transfer Vessel*) ou **SOV** (*Service Operation Vessel*).

Pendant la période de garantie (typiquement 5 à 15 ans), **les turbines** sont maintenues par le turbinier. Des stocks de pièces stratégiques sont constitués par le fournisseur selon ses propres objectifs, en phase avec le cours normal des opérations et en prenant en compte les retours d'expérience des champs existants.

En France, à partir de l'AO3 (parc de Dunkerque), la **sous-station** et les **câbles export** sont sous la responsabilité du gestionnaire de réseau (RTE). Selon les pays, cette répartition des rôles et des responsabilités peut varier. Il est à noter qu'un défaut sur une éolienne n'a en général pas d'impact sur la production du reste du champ. A l'inverse, **un défaut sur la sous-station ou sur les câbles export peut générer une perte de production partielle ou totale de l'ensemble du champ.**



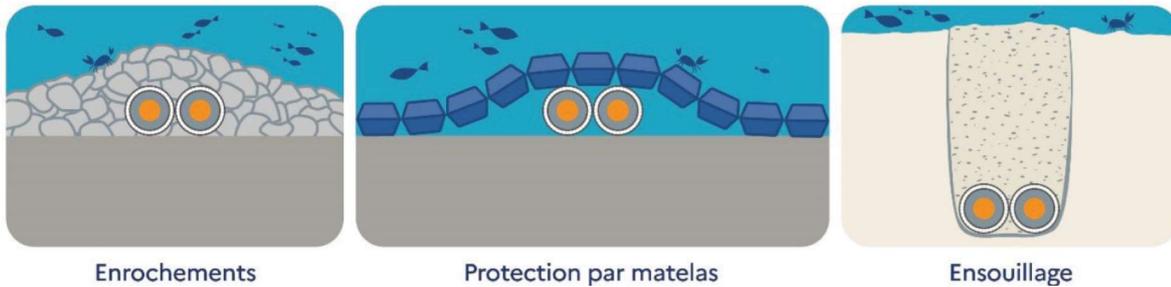
CTV (source : LDTide)



Service Operation Vessel – SOV (source : Acta)

Les **fondations** ne nécessitent pas de maintenance particulière pendant la durée de vie du champ (30 à 35 ans), mais font l'objet d'inspections sous-marines régulières afin d'identifier d'éventuels défauts. Ces inspections peuvent être réalisées avec les moyens nautiques présents sur le site et peuvent être aisément planifiées.

Les **câbles sous-marins** font eux l'objet de **mesure de protection spécifiques** lors de leur pose, de façon à réduire le risque de défaut. Il s'agit essentiellement de protéger physiquement le câble, afin (i) d'éviter des mouvements de ragage et (ii) rendre le câble plus résistant aux agressions extérieures (ancres de bateau, filet, etc.). Diverses techniques peuvent être déployées selon les caractéristiques géologiques spécifiques des sols et sous-sols sur le champ, tel que l'enrochement, la protection à l'aide matelas en béton ou de coquilles en fonte, ou encore l'ensouillage du câble à l'aide de trancheuses sous-marines.



Techniques de protection physique des câbles sous-marin (Source : <https://www.eoliennesenmer.fr/>)

Cette protection permet de réduire fortement les dommages accidentels aux câbles susceptibles de nécessiter des réparations. Il est à noter qu'**un défaut sur un câble inter-éolien impactera a minima la production des turbines situées en amont du défaut sur la « chaîne » d'éoliennes considérée**, mais n'impactera pas le reste du champ. A l'inverse, **un défaut sur le / les câbles export peut mener à un arrêt complet de la production du champ.**

Les moyens lourds de maintien en condition opérationnelle

Certaines maintenances nécessitent des moyens beaucoup plus lourds, mobilisés seulement en cas de besoin, et dont la disponibilité sur le marché est parfois restreinte.

Ainsi, le changement de grand composant sur les turbines (par exemple pâle, boîte de vitesse, palier) nécessite l'intervention de navires de type « *jack-up* ». Ces interventions sont en général planifiées longtemps à l'avance (plusieurs mois), de façon à identifier le navire disponible et assurer l'approvisionnement des pièces nécessaires. L'augmentation régulière de la taille des nouvelles turbines exige la construction de nouveaux navires d'installation, poussant les navires plus anciens avec des capacités plus limitées vers ces tâches de maintenance.



Wind Turbine Installation Vessel - Jack-up vessel (Source : Jan de Nul)

La réparation ou le remplacement d'un câble nécessite l'intervention d'un navire câblé dédié, et l'utilisation de câbles de remplacement conservés en cas de panne (la fabrication d'un nouveau câble nécessiterait plusieurs mois, voire années étant donné la complexité industrielle et le niveau de charge actuel des usines de fabrication de câbles).



Cable laying vessel (source : Seaway 7)

Ces interventions revêtent un caractère d'urgence beaucoup plus marqué (perte de production total ou partielle en cours sur une partie du champ, voire sur l'ensemble du champ pour les câbles export). La disponibilité des navires associés peut être problématique, dans un contexte global de forte activité et avec un nombre restreint d'acteurs techniquement capables.

2. Dans un contexte instable et face à l'émergence de nouvelles menaces (par exemple guerre hybride) ces infrastructures industrielles présentent des points de vulnérabilité, en particulier les câbles export et la sous-station électrique

Le contexte géopolitique actuel amène à se poser de nouvelles questions sur la criticité et la vulnérabilité de nos infrastructures, notamment énergétiques. Bien que les champs d'éoliennes *offshore* ne soient pas aujourd'hui considérés comme des infrastructures critiques, leur poids significatif dans le mix énergétique à horizon 2050 et certains événements récents (par exemple le

sabotage supposé par un navire russe du câble d'interconnexion *Eastlink 2* en décembre 2024³¹, un mois après le sabotage supposé par un navire chinois de 2 câbles de télécommunications en mer Baltique³²) nous invitent à (i) considérer de plus près les mesures de surveillance et de protection de ces infrastructures en prévention d'un défaut, et (ii) à identifier les mesures spécifiques de réserve à même de permettre un rétablissement dans des délais raisonnables des capacités en cas de défaut avéré.

Des points de vulnérabilité identifiés

Le point névralgique du champ est le poste électrique en mer. Celui-ci pourrait être impacté par une attaque directe d'une puissance ennemie (étatique ou non-étatique). La mise hors service de cet équipement générerait la mise à l'arrêt du champ, avec une remise en Etat potentiellement difficile, selon les dégâts constatés (les équipements clé, par exemple les transformateurs principaux, ont des délais de fabrication qui sont de l'ordre de 1 à 2 ans et ne peuvent raisonnablement pas faire l'objet de stockage préventif à l'heure actuelle). Ce cas, même s'il ressort d'un niveau d'un cas de figure plus rare, ne doit pas être écarté. Les moyens de surveillance de l'espace maritime mis en œuvre par les armées et les administrations intervenant en mer, tel que détaillé dans les fiches 12 et 13) doivent permettre de couvrir ce risque.

Le cas des câbles est singulièrement différent, avec une capacité de surveillance plus limitée et, par conséquent, un potentiel d'action discret par des acteurs étrangers plus élevé. Malgré un suivi en temps réel de l'Etat des câbles et le développement de techniques de surveillance sophistiquées pour certains câbles (en exploitant un système de détection acoustique distribuée (DAS) ou de réflectomètre optique (OTDR), qui identifie des variations de chemin optique d'un signal envoyé dans une fibre optique installée dans le câble de puissance provoquées par une onde incidente sur le câble), le consensus dans l'industrie est qu'il est aujourd'hui irréaliste de sécuriser entièrement les câbles sous-marins contre toutes les formes d'agression ou d'accidents. L'espace maritime à surveiller et le caractère isolé des câbles rend illusoire une surveillance de chaque tronçon de câble. Par conséquent, les efforts doivent se concentrer sur une identification efficace et la mise en place de mécanismes de réponse rapide plutôt que sur une protection sans faille. Les techniques de surveillance existantes ou en cours de développement permettent d'identifier rapidement tout signe de dommage ou de sabotage, de le localiser avec une précision croissante pour pouvoir réagir en conséquence (levée de doute ou réparation).

Les moyens d'action identifiés et leur disponibilité

Les moyens de réparation actuels (navires *jack-ups* pour des opérations de maintenance de grands composants, ou navires câbliers pour des opérations de réparation de câble) ont aujourd'hui un niveau d'utilisation élevé, notamment lié à l'ensemble des réparations « habituelles » réalisées sur les champs d'éoliennes *offshore* ou sur les câbles d'interconnexion. Le besoin moyen de ce type de tonnage peut être évalué en considérant des taux de panne statistiques (tel que pratiqué dans les câbles de télécommunications pour déterminer le nombre de navires nécessaire pour couvrir une certaine zone et un nombre de kilomètres de câbles, avec un temps de réponse statistiquement en dessous d'un seuil acceptable).

Cependant, il est à noter (i) qu'il s'agit de marchés de niche (flottes composées de [30-40] unités, hors Chine, avec des caractéristiques et capacités variées), dont (ii) les évolutions répondent à des mécaniques complexes (marché par essence « *spot* » car lié à des projets courts (de quelques jours à quelques mois selon les cas), influence croisée d'autres secteurs, notamment *Oil & Gas*, effets de saisonnalité pour les navires d'installation), et (iii) qui sont dominés par seulement quelques acteurs spécialistes des activités de *contracting*. Par ailleurs, les investissements associés sont très significatifs (de l'ordre de 200 à 500M€ par navire selon les cas), ce qui ne favorise pas le développement de l'offre dans un contexte de manque de visibilité à long-terme (tant en termes d'activité que

³¹ <https://www.theguardian.com/world/2024/dec/27/estonia-begins-naval-patrols-to-protect-cable-after-suspected-sabotage-finland>

³² <https://www.theguardian.com/world/2024/nov/20/sweden-denmark-undersea-cable-sabotage-navy-investigation>

d'évolutions réglementaires), avec un impact direct sur la capacité à financer ces actifs dont l'horizon de vie dépasse les 30 ans.

Ainsi, la disponibilité et le prix de ces actifs sur le marché est très difficile à anticiper et les taux d'affrètement peuvent varier de façon extrêmement forte selon les périodes. Les opérateurs économiques, le développeur, le turbinier et l'opérateur de réseau dans le cas d'un champ d'éoliennes en mer, appliquent aujourd'hui deux principales stratégies :

- Se reposer sur le marché spot et accepter de porter le risque d'indisponibilité de tout ou partie du champ (risque qui peut être partiellement couvert par des assurances spécifiques couvrant les pertes d'exploitation mais dont le coût est élevé) : c'est typiquement le cas des développeurs qui raisonnent projet par projet. Cet effet « marché *spot* » est renforcé par la structuration des projets d'éoliennes en mer, où chaque projet fait l'objet d'un financement dédié et dont l'actionnariat multiple est très rarement identique d'un projet à un autre ; cette mécanique rend complexe la mutualisation de moyens entre les projets.
- Affréter des moyens sur des durées relativement longues (3 à 5 ans), afin de couvrir les besoins estimés sur un ensemble de projets. C'est le cas des *jack-ups* utilisés pour la maintenance de grands composants, affrétés par les turbiniers pour assurer les obligations de maintenance de leurs équipements. En effet, ces derniers ont la capacité de mutualiser un moyen qui pourra potentiellement opérer sur de nombreux projets. Cependant, cette logique ne s'applique pas aux câbles de puissance, dont les défauts sont moins anticipables et qui nécessitent une réaction plus immédiate.

De façon générale, la disponibilité de ces actifs spécialisés a tendance à diminuer sous la pression conjointe (i) de tous les nouveaux champs et systèmes d'interconnexion en construction ou prévus en Europe et (ii) d'un renouvellement de la flotte encore très limité. Le cas des câbles de puissance (en particulier câbles export mais à plus forte raison câbles d'interconnexion), qui nécessitent des interventions rapides afin de rétablir le service, pourrait donc devenir critique en cas d'attaque hybride qui pourraient générer plusieurs défauts simultanés. De nouveaux modes d'intervention doivent donc être envisagés pour répondre à cette menace.

3. La souveraineté énergétique nationale et européenne ne peut être garantie sans la mise en place de nouveaux modes d'intervention sur les câbles de puissance.

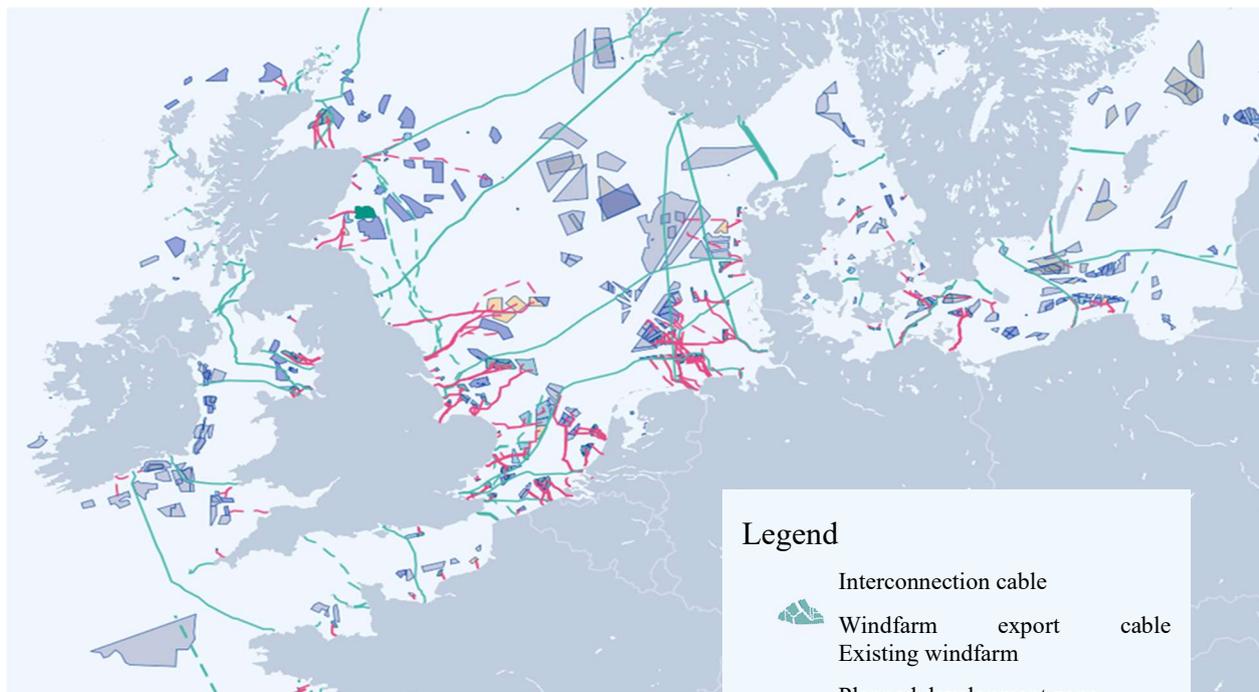
Recommandation : À court terme, favoriser l'acquisition par des acteurs nationaux/européens de capacités d'intervention rapide (« *spread* » de pose de câbles modulaire, mobilisable sur un navire d'opportunité) par un soutien direct (par exemple subvention en échange d'une priorité sur l'utilisation de ces équipements). A moyen terme, soutenir l'acquisition de navires polyvalents (garanties bancaires, engagement d'utilisation, autre) à même de renforcer la capacité de réaction en cas d'attaque hybride, tout en participant à l'essor du secteur sur les prochaines décennies. A une échelle européenne, envisager la création d'un modèle assurantiel, partagé entre les principaux opérateurs de réseaux électriques européens, avec la mise en place d'une flotte de maintenance dédiée, sur le modèle des câblers de réparations pour les câbles de télécommunications.

Comme cela a été évoqué précédemment, la disponibilité limitée des moyens nautiques lourds, en particulier des navires câblers à même de réaliser des réparations sur les câbles de puissance sous-marins, fait peser un risque sur la souveraineté énergétique de la France et de l'Europe.

Les mécanismes du droit de la réquisition, dans un cadre réglementaire très spécifique et suivant une panoplie d'instruments juridiques proportionnés à la gravité des circonstances, de l'accord amiable à la réquisition militaire, permettent à la puissance publique de faire appel à des navires civils sous pavillon français, en soutien d'opérations militaires et en cas d'urgence. Cependant, ces dispositifs s'appliquent aujourd'hui aux flottes de transport maritime et excluent pour le moment les navires spécialistes, câblers notamment, comme souligné par le Rapport de réévaluation du dispositif de

flotte stratégique du 17 juillet 2023³³ du député Yannick Chenevard. Par ailleurs, force est de constater que les navires câbliers souvent évoqués dans les réflexions sur la flotte stratégique sont des navires de pose et de maintenance de câbles de télécommunications qui, comme évoqués plus haut, ont des caractéristiques techniques différentes des navires de pose de câble de puissance dont les spécificités opérationnelles nécessitent des équipements particuliers. Le pavillon français dispose ainsi à l'heure actuelle d'une flotte de navires de pose et de maintenance de câbles de télécommunications importante ; en revanche, aucun des navires de pose de câbles de puissance n'arbore le pavillon français (marché dominé par les pavillons norvégien, danois et hollandais).

Dans l'optique de garantir la sécurité des approvisionnements énergétiques du pays en produits pétroliers, les dispositifs législatifs du code de l'énergie (loi du 31 décembre 1992, réformée par la loi du 17 août 2015 relative à la transition énergétique et complété par la loi du 20 juin 2016 pour l'économie bleue) ont imposé aux opérateurs importants du pétrole brut ou des produits pétroliers (produits déjà raffinés) une obligation de pavillon français pour une partie de la flotte de transport utilisée, garantissant une capacité de transport minimale sous pavillon français. L'évolution en cours et la perspective annoncée d'approvisionnements énergétiques reposant beaucoup plus fortement sur le système électrique dans son ensemble (notamment pour réduire la dépendance aux énergies fossiles), les câbles de puissance, en mer notamment, vont également nécessiter la mise en place de dispositifs spécifiques. L'approvisionnement étant assuré par les câbles eux-mêmes, il s'agit donc de garantir les moyens d'intervention sur ces câbles dans des délais acceptables par la mise à disposition de navires techniquement capables et de compétences à même de réaliser ce type d'intervention. Dans cette optique, plusieurs pistes complémentaires peuvent être envisagées.



Map of North European existing power cables and planned offshore windfarms (source: Spinergie)

« Spread » de pose de câble

Une première piste à envisager est la mise à disposition de « *spread* » de pose de câbles sous-marins, c'est-à-dire d'un ensemble d'équipements mobilisables sur un navire de travail *offshore* disposant de capacités données (notamment en termes de capacité de positionnement dynamique, de capacité d'emport, d'espace de pont disponible et de capacité de grue). La flexibilité apportée pour le choix du navire (navires de type *subsea vessel*, *multi-purpose supply vessel* ou *light construction vessel* qui se sont assez largement développés en mer du Nord pour l'exploitation pétrolière) permet d'augmenter la réactivité en identifiant le navire *ad hoc* disponible au bon moment et au bon endroit pour réaliser une opération donnée dans un marché plus large et moins contraint que le marché de niche des

³³ Mission gouvernementale relative à la réévaluation du dispositif de flotte stratégique, CHENEVARD Yannick, député, 17 juillet 2023

câblers. Cet ensemble d'équipements inclus principalement un carrousel (cuve tournante qui permet de stocker le câble), des systèmes de manutention du câble (tensionneur, machines à câble), un quadran (qui permet de réaliser la phase finale de dépose du nouveau câble) et un ROV (robot sous-marin permettant de suivre visuellement les opérations de pose du câble sur le fond marin).



Spread de pose de câble (source : LD Travocean)

Ce type de « *spread* » peut être mobilisé en l'espace de quelques semaines sur un navire adapté et accroître ainsi rapidement la capacité d'intervention sur les câbles énergétiques. La mise à disposition de ce type d'équipements doit également être réalisé en lien avec la mise à disposition et la formation de personnel spécialisé et qualifié, en particulier pour ces opérations spécifiques et complexes que sont la pose de câbles de puissance.

Flotte polyvalente

A moyen terme, et pour pallier un marché des navires câblers qui représente un élément limitant important, il semble nécessaire de développer le marché des navires capables d'intervenir sur les réparations de câbles de puissance, en stimulant le marché. Etant donné le coût associé à la construction de navires dédiés (investissement de l'ordre de 200 à 300M€ pour les quelques navires de grande capacité aujourd'hui en construction) et les risques associés (manque de visibilité suffisante sur le développement du marché à moyen / long-terme pour des investissements dont les horizons de temps se comptent en plusieurs dizaines d'années), il semble difficile de compter sur un développement « naturel » du marché suffisant. Aussi, comme le propose le haut-représentant de la Commission Européenne pour les affaires étrangères et la politique de sécurité dans sa communication sur la sécurité des câbles³⁴, il pourrait être envisagé un soutien des armateurs européens à l'acquisition de navires polyvalents ou « *multi-purpose* », qui rejoindraient une flotte de réserve capable d'intervenir (en installation ou en réparation le cas échéant) sur les câbles de puissance ou de fibre optique permettant l'interconnectivité entre les différents territoires de l'Union Européenne. L'acquisition de ces navires pourrait par exemple se faire par co-financement de l'Union Européenne en utilisant le fond « *Connecting Europe Facility* », ou encore par l'apport de garanties des Etats

³⁴ Joint communication to the European Parliament and the Council, EU Action Plan on Cable Security, High representative of the Union for foreign affairs and security policy, 21/02/2025

auprès de l'armateur (à l'instar de la Garantie des Projets Stratégiques - GPS - mise en œuvre par la BPI en France).

Ces nouvelles capacités pourraient ainsi opérer sur le marché européen, et être mobilisables dans des conditions de marché normales avec par exemple un accès prioritaire des Etats en cas d'urgence identifiée. En possédant l'outil industriel pour construire ces navires spécialisés et la construction de telles unités, l'Europe pourrait contribuer à la Stratégie Industrielle Maritime (en cours de définition à l'échelle de l'UE, avec une avancée significative lors de la déclaration de Szczecin du 15 mai 2025 en présence des ministres des Etats membres en charge de la mer) qui vise à renforcer le secteur industriel des chantiers navals en Europe. Enfin, ces capacités supplémentaires permettraient de stimuler la concurrence sur un marché très concentré et dominé par une poignée d'acteurs.

Modèle assurantiel – flotte dédiée de navires de réparation – modèle du câble de télécommunications

Dans une logique de mutualisation des moyens et des coûts, une autre piste à envisager est la mise en place d'un modèle assurantiel, regroupant les propriétaires de câbles (Etats, opérateurs de réseau, opérateurs de champ éolien). Ce modèle permettrait la mise en commun de navires dédiés à la réparation de câbles de puissance dans une zone suffisamment large pour assurer une maîtrise des coûts satisfaisante pour chaque propriétaire de câble, comme cela est appliqué depuis de nombreuses années dans les câbles de télécommunications.

Appendice

Focus : modèle du câble de télécommunications

Modèle assurantiel (contrats privé ou logique de club selon les cas), fonctionnant sur le principe suivant :

- un montant annuel fixe, payé par chaque membre, notamment lié au nombre de kilomètres de câbles installés et/ou au niveau de risque associé à chaque câble, permettant de couvrir les coûts récurrents du/des navire(s) (capex, frais de financement, opex de base)
- un délai d'intervention garanti, dans la mesure de la disponibilité du navire (système de liste d'attente)
- un coût direct lié à la réparation, supporté par le propriétaire du câble réparé, permettant de couvrir tous les coûts spécifiques au projet de réparation donné (au-delà des coûts récurrents du navire).

Les mers et océans sont ainsi répartis en zones, avec un nombre de navires affectés à chaque zone selon le nombre de câbles à maintenir et la probabilité d'occurrence d'un défaut.



Carte des zones des « Cable Maintenance & Repair Agreements » (source : Global Marine)

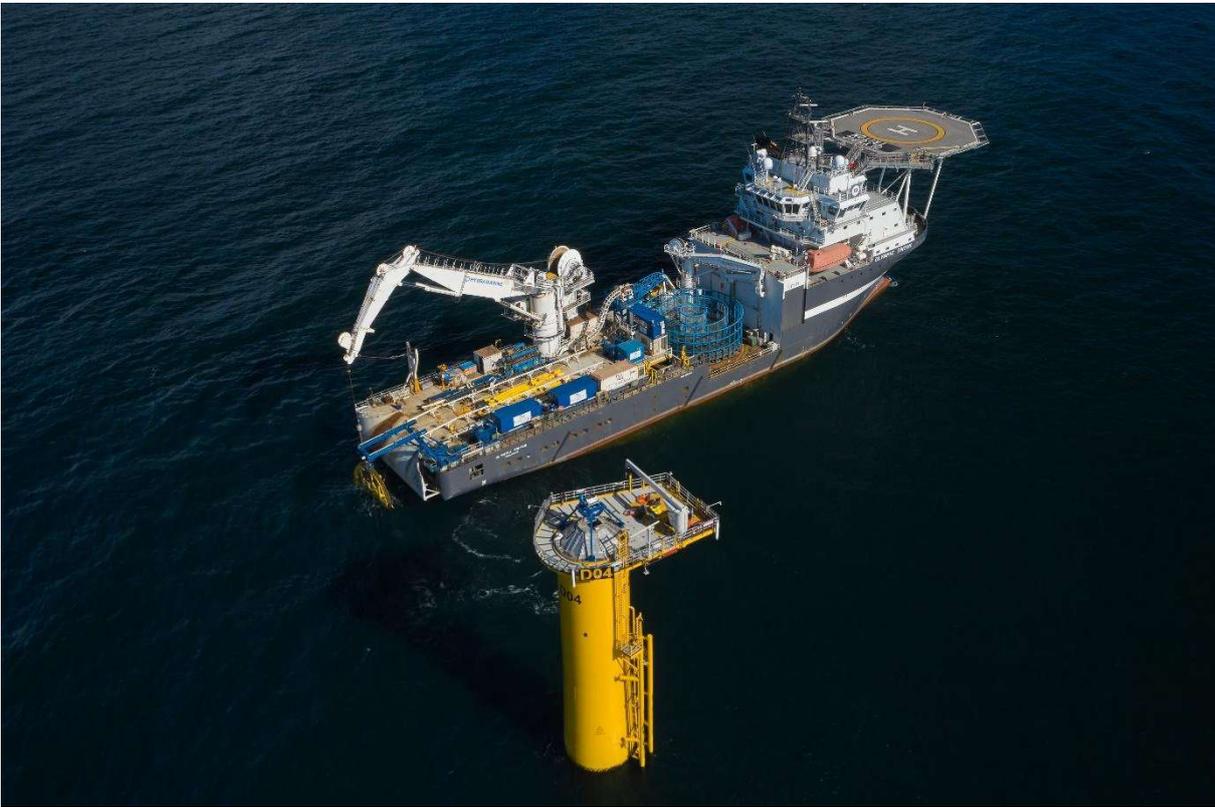
Il y a ainsi environ 25 câbliers de réparation dans le monde répartis sur ces contrats (accords de consortium et accords privés), répartis dans les ports stratégiques des zones à couvrir afin d'optimiser les temps d'intervention potentiels.



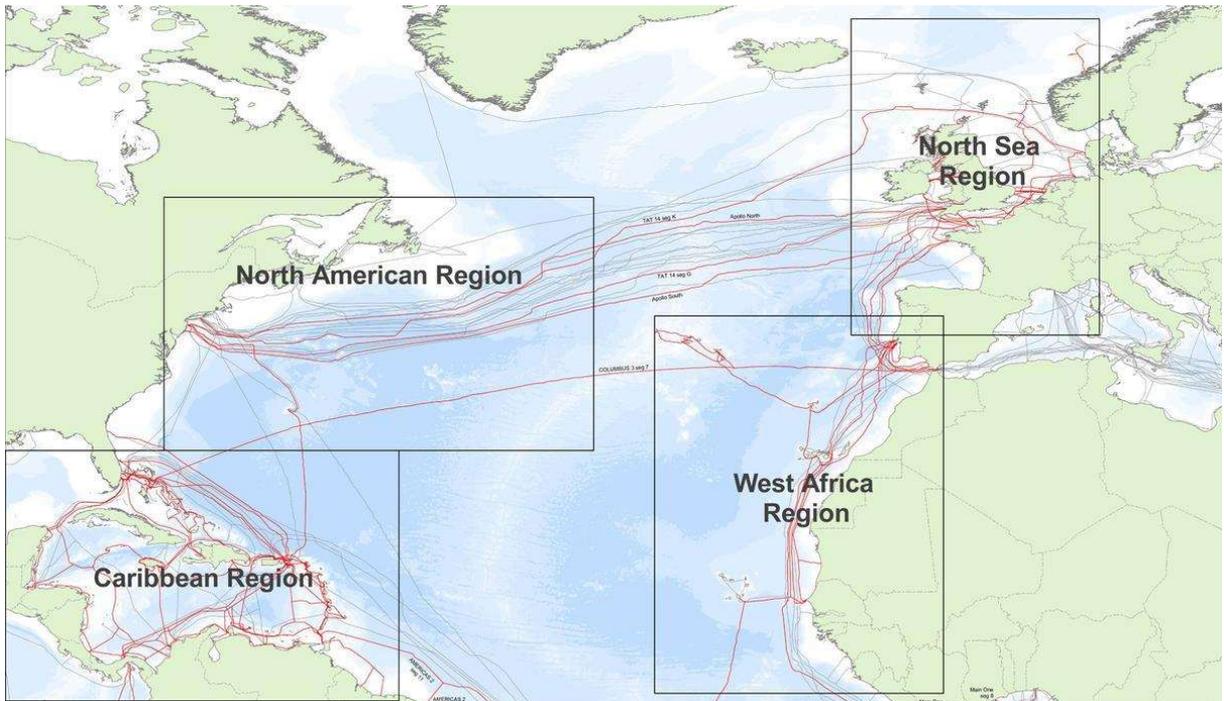
Mechanical trencher (Source : LDTravocean)



Semi-Submersible Crane Vessel (source : Heerema)



Saint-Nazaire project – cable laying spread (Source : LD Travocean)



Example of ACMA (Atlantic Cable Maintenance & Repair Agreement) zones (source : acma)

Fiche n°6

Les parcs éoliens offshore : une opportunité à saisir par l'Etat pour améliorer la protection des approches maritimes et la maîtrise des fonds marins ?

1. L'implantation de nombreux parcs éoliens *offshore* constitue de nouvelles contraintes et de nouvelles responsabilités pour la Marine nationale et les administrations de la fonction garde-côtes

Le débat public sur l'implantation des parcs éoliens en mer a permis de mettre en lumière, malgré la diversité des points de vue des acteurs et les multiples enjeux à prendre en compte, la nécessité de décarboner nos modes de vie et donc nos modes de production d'électricité, en complément de la sobriété et de l'efficacité énergétique. Une partie de cette production d'électricité est prévue à travers la mise en service, à un rythme accéléré, de parcs éoliens offshore qui seront connectés au réseau terrestre de RTE.

La plupart de ces nouveaux parcs seront éloignés des côtes, bien souvent en haute mer dans la zone économique exclusive française. Ils seront aussi plus étendus, plus nombreux.

Rappelons ici quelques notions importantes :

- L'objectif final de production est de 45 GW en service représentant une cinquantaine de parcs installés en 2050, avec un objectif intermédiaire de 18 GW dès 2035 ;
- Les turbines seront plus puissantes (jusqu'à 20 MW) et pourront culminer à 350 mètres au-dessus de la surface de l'eau ;
- Ces parcs, suivant la carte ci-dessous, seront en ZEE soit entre 25 et 40 km des côtes.
- Environ 2 / 3 de ces parcs pourraient être équipés avec des turbines montées sur flotteur (éolien dit « flottant »)

L'expression des acteurs a contribué à construire des compromis pour retenir les zones maritimes de moindres contraintes permettant de répondre à ce besoin énergétique, dans une approche intégrée avec les autres enjeux de la planification maritime. Les résultats de ces concertations sont parus en 2024 et sont illustrés par la carte (Appendice).

Les futurs parcs éoliens offshore qui résultent des conclusions de la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE), des études de planification spatiale et du débat public entre toutes les parties prenantes, seront répartis sur l'ensemble des trois façades maritimes de la métropole. La cinquantaine de parcs prévus à l'horizon 2050 représentent de nouveaux défis et de nouvelles contraintes pour la Marine nationale et les administrations de la fonction garde-côtes. Par exemple, pour le ministère des Armées, ces parcs peuvent constituer des obstacles physiques et / ou des zones de masquage pour les moyens et les installations militaires. C'est le cas par exemple du système de surveillance maritime SPATIONAV³⁵, des centres d'essais (radars et moyens de trajectographie), des couloirs de vol de nos aéronefs ou encore, des routes maritimes de nos sous-marins.

Si actuellement, les parcs éoliens *offshore* sont considérés comme des contraintes par le ministère des Armées est-ce qu'une autre approche ne pourrait pas au contraire, les considérer comme des opportunités ? En effet, ces infrastructures situées au large disposent de moyens d'alimentation en

³⁵ Ce dispositif de surveillance maritime, le plus complet et intégré d'Europe, s'appuie notamment sur 19 sémaphores positionnés sur la côte méditerranéenne et 40 sur la façade Atlantique, Manche et Mer du nord. SPATIONAV V2 permet aux administrations concernées par l'action de l'Etat en mer de disposer d'un système intégré offrant une vision globale et en temps réel de la situation au large des côtes françaises. Pour cela, il fédère de nombreuses informations recueillies par les systèmes de surveillance côtiers, comme les radars et les caméras d'observation, ou encore les données fournies par des satellites, des avions de surveillance maritime ou des bâtiments en mer. S'y ajoutent d'autres données, issues par exemple des systèmes d'identification automatiques des navires (AIS) ou encore des services de renseignements. Le tout au sein d'une architecture hautement sécurisée dotée de protocoles d'accès à telle ou telle information suivant le degré d'accréditation de chaque opérateur

énergie et en télécommunications directement connectés au territoire national. Ils pourraient donc devenir des postes avancés de nos approches maritimes et des fonds marins.

A l'instar des sémaphores, ces parcs doivent aussi être regardés comme des opportunités d'accroître la surveillance sur les espaces maritimes du large, que ce soit au profit du préfet maritime (action de l'Etat en mer) ou du commandant de zone maritime (défense maritime du territoire) qui sont en réalité incarnés dans la même personne.

2. De nouvelles technologies de surveillance maritime pouvant utilement être déployées à partir des parcs éoliens en mer

En raison de leur emplacement en haute mer (ZEE) et de la hauteur des infrastructures, ces futurs parcs éoliens pourraient constituer des supports permettant à l'Etat d'améliorer sa surveillance des espaces maritimes, mais aussi élargir ses options pour le déploiement de sa stratégie de maîtrise des fonds marins (2022).

Localisation stratégique

Les futurs parcs seront implantés loin des côtes, dans des espaces maritimes ouverts, ce qui pourrait permettre d'étendre la portée des moyens de surveillance maritime ; notamment dans les zones « Bretagne grand large », « Centre Atlantique Grand Large » et « Golfe de Gascogne Ouest » qui sont des zones importantes pour les trafics maritimes nationaux, internationaux, civils et militaires.

Capteurs et systèmes de surveillance

Même si les opérateurs privés de ces parcs et l'Etat se sont mis d'accord pour intégrer quelques capteurs de compensation en mer (deux radars et deux caméras vidéo pilotées (caméra PTZ) connectés au poste sémaphorique du CROSS le plus proche), ces contreparties demeurent modestes et pourraient être sensiblement améliorées. En effet, les infrastructures en mer de ces parcs pourraient être équipées de systèmes de surveillance additionnels à poste fixe (radars, boules optroniques EO/IR, capteurs acoustiques sous-marins, DAS, etc.) ou mobiles (drones maritimes aériens, de surface et sous-marins), pour détecter des activités suspectes, depuis la côte jusqu'en haute mer, au niveau de la surface comme dans la colonne d'eau et sur les fonds marins.

Drones aériens, de surface et sous-marins

La technologie des drones maritimes (sous-marins, surface, et aériens) est aujourd'hui mûre et leur utilisation est une réalité opérationnelle et commerciale, aussi bien dans le domaine civil que dans le domaine de la défense. Dans ce dernier secteur, le ministère des Armées par la voie de la DGA, a engagé ces dernières années des programmes d'acquisition et des expérimentations emblématiques. Cet engagement peut être avantageusement combiné avec la planification du développement de l'éolien *offshore*, et ces deux volontés étatiques concomitantes peuvent constituer des opportunités mutuellement bénéfiques, brièvement décrites ci-après :

Drones aériens : depuis 2023, la Marine Nationale a procédé à l'acquisition de drones aériens pour mener des expérimentations et pouvoir à terme, réaliser des opérations de surveillance maritime depuis des sémaphores. Les premiers qui ont été équipés sont en Normandie et dans le Pas-de-Calais. Ces drones pourront bientôt assurer quotidiennement des missions de surveillance aérienne côtière, de cartographie des zones sensibles, et soutenir des opérations de recherche et de sauvetage, ou encore enrichir des banques d'images.

Il pourrait donc être envisagé de déployer ce type de drones depuis la sous-station électrique d'un champ éolien offshore et/ou depuis une des éoliennes les plus éloignées de la côte, de manière à élargir la portée de la surveillance sémaphorique, depuis la limite des eaux territoriales en direction de la haute mer en ZEE. Cette capacité pourrait facilement être mise en œuvre à condition de prévoir une station pour le décollage/atterrissage, la recharge en énergie et les échanges de données.

Drones de surface : En décembre 2024, le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM) a annoncé l'acquisition d'un drone de surface autonome (USV) pour la réalisation de missions d'hydrographie en zone côtière. Ce drone de surface sera équipé d'un sondeur multifaisceaux conçu pour la cartographie des fonds en zone côtière, d'un sondeur de sédiments, et d'une sonde hydrologique ayant la capacité de mesurer les paramètres de la colonne d'eau.

A des fins de surveillance maritime, il pourrait être envisagé d'équiper ce type de drones de surface d'une boule optronique EO / IR intégrée sur leur mâture pour détecter et classifier des cibles d'intérêt évoluant sur le plan d'eau, autour et au-delà du parc éolien *offshore*, en ZEE. En fonction de leur endurance, ces drones pourraient être déployés depuis la côte ou bien se servir d'une station de recharge dédiée qui ferait partie intégrante du parc, soit au niveau de la sous-station électrique, soit au niveau du pied d'une éolienne.

Drones sous-marins : le programme SLAM-F (Système de Lutte Anti-Mines marines du Futur) en cours, a pour objectif le renouvellement des capacités de guerre des mines de la Marine Nationale. Sa dimension sous-marine doit être assurée avec la mise en œuvre depuis un USV, de drones sous-marins autonomes (AUV) équipés de capteurs acoustiques très haute résolution (sonar à antenne synthétique) permettant la détection et la classification de petits objets, en l'occurrence des mines, sur le fond ou dans la colonne d'eau. Dans le cadre de sa stratégie de Maîtrise des Fonds Marins, la Marine Nationale a également décidé de se doter d'ici 2027 d'une capacité d'intervention dans la colonne d'eau et jusqu'à 6000 mètres de fonds à travers un AUV pouvant intégrer une gamme variée de charges utiles et d'effecteurs qui seront sélectionnés en fonction des missions à réaliser et des effets à produire. Toujours dans le cadre de cette stratégie, la DGA poursuit parallèlement les études d'un engin de type XL-UUV (*Extra-Large Unmanned Underwater Vehicle*) à long rayon d'action et à grande endurance qui permettra de mettre en œuvre un certain nombre d'effecteurs en sous-ordre.

Il pourrait être intéressant d'étudier comment ces parcs, ou au moins certains d'entre eux, pourraient constituer des points d'appui, des bases logistiques réparties tout le long de nos côtes, dans le cadre du déploiement de ces drones sous-marins autonomes et de la mise en œuvre de la stratégie de MFM. Cet objectif, s'il s'avère pertinent, pourrait être atteint en dotant ces parcs de stations de *docking* (recharges) sous-marines et d'échanges de données. Ils deviendraient alors un outil précieux contribuant à la construction de la partie sous-marine de la RMP (*Recognized Maritime Picture*), depuis la côte jusqu'en haute mer (ZEE).

Détection et localisation de phénomènes physiques par la technologie DAS (*Distributed Acoustic Sensing*)

La technologie DAS permet de détecter et de localiser, en temps réel, sur plusieurs dizaines de kilomètres des phénomènes physiques exerçant une contrainte mécanique (pression, déformation, vibration) sur un câble. Le système DAS est constitué d'une fibre optique intégrée sur toute la longueur d'un câble, qui joue le rôle de capteur, et d'un interrogateur à base de source/récepteur laser qui permet d'envoyer des pulses laser dans la fibre optique et de récupérer et d'analyser la lumière rétrodiffusée par cette dernière. Ce système permet de transformer la fibre optique en capteur de très grande dimension, linéairement distribué le long du câble dans lequel elle est intégrée. Par exemple, le 12 mars 2025, EDF a reçu la confirmation du financement par l'Etat du projet *VigieCable*, consacré au développement d'un système de surveillance structurelle des câbles dynamiques pour l'éolien flottant.

Dans le cadre de ce projet, ces DAS et / ou des fibres optiques supplémentaires pourraient être exploités par le ministère des Armées pour couvrir des besoins de surveillance sous-marine, de détection et de classification dans le volume. De même, les câbles sous-marins électriques posés sur le fond et reliant les éoliennes entre elles et à la sous-station, ainsi que les câbles d'exportation de la production électrique depuis la sous-station vers le poste à terre pourraient en être équipés. Pour aller encore plus loin, et contribuer au développement de nos capacités de MFM, il pourrait également être envisagé de déployer des câbles additionnels low-cost constitués d'une seule fibre optique, non fonctionnels pour le parc, mais qui permettraient de projeter encore plus loin vers la haute mer nos capacités d'écoute dans la colonne d'eau.

La collecte des données de signature de navires par les radars

DGA MI (Maîtrise de l'Information)³⁶ a réalisé des travaux d'analyses pour mettre en place, soit à partir d'un radar déjà opérationnel du réseau SPATIONAV (pour les sémaphores / CROSS et unités de l'Etat-Major de la Marine), soit par un radar dédié à cette activité (mais autant que possible associée aux observations des guetteurs sémaphoriques et aux données disponibles dans SPATIONAV), la collecte de données de signatures des bâtiments transitant dans leur zone de couverture maritime. Les parcs éoliens s'ils sont dotés de radars et d'autres moyens d'observation (boules OE / IR, magnétomètres, capteurs RF, etc.) pourraient venir enrichir la base de données sur les navires en transit dans nos espaces maritimes et à proximité de nos approches portuaires. Ils pourraient compléter les données déjà collectées par les moyens de l'Etat. Une base de données plus riche serait alors un vecteur d'amélioration des performances des algorithmes de classification IA développés et déployés par le ministère des Armées.

Recommandation

Recommandation : les parcs éoliens présentent un intérêt pour y implanter des dispositifs de surveillance maritime. En utilisant ces infrastructures maritimes, l'Etat pourrait être en mesure de renforcer deux de ses missions en mer :

- dans le cadre de la mission de surveillance maritime, utiliser les parcs éoliens en mer comme des « sémaphores avancés » et intégrer les données acquises dans le système de surveillance maritime SPATIONAV ;
- dans le cadre de la mission de maîtrise des fonds marins, utiliser ces infrastructures au profit des drones sous-marins comme structure d'accueil leur permettant de se recharger, de transmettre les données collectées et de recevoir de nouveaux plans de mission. Les parcs éoliens *offshore* pourraient permettre de déployer de nouveaux capteurs et des systèmes autonomes dédiés à la surveillance de la colonne d'eau et des fonds marins, en direction du large comme de la côte.

Les parcs éoliens en mer pourraient devenir des points d'appui en mer en permettant d'accéder à de nouvelles capacités et à des gains de performance dans l'exécution de missions importantes, et ce, à un coût marginal pour l'Etat.

Pour y parvenir, il apparaît nécessaire d'engager rapidement un dialogue entre le ministère des Armées et les développeurs-opérateurs privés de ces parcs de manière à mettre en place un partenariat public-privé mutuellement bénéfique pour les parties. En particulier, cela implique une étude pour analyser et s'accorder sur un partage des responsabilités et des coûts concernant l'acquisition (CAPEX) et l'exploitation (OPEX) de ces moyens additionnels.

Une façon de procéder pour la mise en place concrète d'un tel partenariat serait par exemple de profiter de l'actuelle séparation public-privé qui existe de fait, au niveau de la sous-station électrique *offshore*. Cette dernière est de la responsabilité de RTE, donc de l'Etat. On pourrait imaginer qu'elle puisse constituer une base depuis laquelle l'Etat met en œuvre une partie des capteurs et/ou drones maritimes sélectionnés. D'autres capteurs et / ou drones maritimes pourraient néanmoins être connectés et mis en œuvre depuis des infrastructures dont l'opérateur privé est en charge.

Pour être tangible, deux propositions peuvent être formulées. L'Etat pourrait prendre en charge l'intégration et l'opération d'une station d'accueil de drones à partir des infrastructures du parc, ou encore se charger de l'acquisition, du déploiement, et de l'exploitation d'un câble DAS qui serait déployé depuis l'éolienne la plus éloignée des côtes jusque vers le large. Pour l'opérateur privé, il suffirait de prévoir, dans la conception des câbles sous-marins, l'adjonction de paires de cuivre et de fibres optiques supplémentaires. Ces provisions dans la conception et leur intégration au moment de la construction peuvent se matérialiser très facilement et à coût très marginal. En revanche, les services rendus aussi bien du côté étatique que de l'opérateur privé seraient significatifs.

³⁶ La mission de DGA Maîtrise de l'information est d'apporter son expertise technique (contribution à la maîtrise du risque technique, capacité d'ingénierie des systèmes et systèmes de systèmes) et sa capacité en moyens d'essais au profit de ses clients dans ses domaines de compétences. Son expertise s'exerce du composant électronique aux systèmes de systèmes, pour tout type de milieu (terrestre, naval, aérien, spatial, cyber)

Aujourd'hui, en cas de masquage de la zone de surveillance d'un poste sémaphorique, l'opérateur privé et l'Etat se sont déjà mis d'accord sur des mesures de compensation qui se matérialisent par l'installation de deux radars et de deux caméras PTZ dont les images peuvent être directement transmises au sémaphore concerné. Il s'agit d'aller plus loin pour remplir les objectifs énoncés ci-dessus. Pour cela, il faudrait :

- étudier les **concepts d'emploi** et préciser le **type, le nombre, la localisation, les performances, les modes opératoires**, etc... de ces capteurs et drones maritimes additionnels par rapport aux besoins, enjeux, objectifs qu'il est désirable de se fixer pour remplir les deux missions concernées ;
- une fois ces concepts d'emploi élaborés et ces moyens supplémentaires identifiés, étudier les interfaces (mécaniques, électriques, équipements et protocoles de communication, formats de données ...) entre ces derniers et les infrastructures de manière à **intégrer des provisions dans la conception des infrastructures de ces parcs** pour se garder l'option pendant toute la phase d'exploitation du champ, d'acquiescer et / ou de mobiliser, connecter et opérer ces moyens supplémentaires en fonction des menaces perçues et des réponses que l'on souhaiterait alors mettre en œuvre. Il serait souhaitable que la définition de ces interfaces soit standardisée pour être commune à tous les projets, et non-propriétaire.

De cette manière, il serait alors possible de fournir les informations collectées par les capteurs et / ou drones maritimes au système SPATIONAV qui pourrait aussi le relayer au centre dédié à la mission de maîtrise des fonds marins du ministère des Armées.

Il faudrait profiter de l'acquisition permanente de nouvelles données (collectées par les capteurs et / ou drones) dans le cadre de ces deux missions **pour enrichir les bases de données maritimes et améliorer les performances des algorithmes d'IA** au bénéfice des services spécialisés du ministère des Armées : DGA Maîtrise de l'Information (DGA MI), Agence Ministérielle pour l'IA de Défense (AMIAD), etc, ainsi que de certains industriels de la BITD. Il faudra prévoir des dispositions particulières au-delà de la simple collecte d'informations et y associer un processus de « labellisation », prenant en compte notamment un maximum d'informations relatives à la vérité-terrain tant sur les navires/porteurs ciblés que sur les conditions environnementales associées. En effet, DGA MI conduit déjà, en collaboration avec l'AMIAD, des activités sur la classification automatique de navires (notamment basée sur de l'apprentissage profond IA principalement sur des images radars SAR / ISAR³⁷ ou par des profils de distances de modes haute résolution (niveau signal). Ils s'intéressent également aux aspects multi-senseurs et donc à la collecte d'infos de signatures dans différents domaines physiques (notamment radar et optronique).

Enfin, il serait pertinent de tirer avantage des **synergies** qui existent entre différents acteurs (Ministère des Armées, administrations de la fonction garde-côtes, opérateur privé, sociétés de services *offshore*, organismes scientifiques, ...) poursuivant différents objectifs mais dont la coopération, à travers la **mutualisation de certains équipements** et / ou le **partage de certaines données collectées**, permettrait de rendre l'ensemble des opérations plus efficaces et d'en minimiser le coût. En effet, il est raisonnable de penser que les capteurs et / ou drones maritimes opérant sur ou en périphérie des parcs dans le cadre des deux missions décrites dans cette fiche pourraient également apporter une contribution à certaines missions liées à la protection de ces parcs eux-mêmes (mission de sûreté), à la caractérisation fine et rapide de situations de détresse au large

³⁷ Un radar à synthèse d'ouverture (RSO ou l'abréviation anglo-saxonne SAR : Synthetic Aperture Radar) est un radar imageur qui permet d'obtenir des images en deux dimensions ou des reconstitutions tridimensionnelles d'objets visés. Pour cela, **il effectue un traitement des données reçues afin d'améliorer la résolution en azimut**. Le traitement effectué permet d'affiner l'ouverture de l'antenne. On parle donc de synthèse d'ouverture, contrairement à un radar à visée latérale classique, d'où le nom de ce type de système. Les radars à synthèse d'ouverture s'opposent aux « radars à ouverture réelle » (RAR ou real aperture radar en anglais) pour lesquelles la résolution azimutale est simplement obtenue en utilisant une antenne d'émission/réception possédant un lobe d'antenne étroit dans la direction azimutale. Cela permet au radar à synthèse d'ouverture d'utiliser une antenne relativement petite pour obtenir une grande résolution qui ne dépend pas de la hauteur du porteur du radar.

(mission de sauvetage), au *monitoring* de l'intégrité des infrastructures (O&M opérateur privé), ou encore au suivi scientifique des impacts de ces parcs sur l'environnement.

Parallèlement, il serait pertinent que le ministère des Armées et nos autorités soient en contact régulier et force de proposition auprès des différentes instances, organismes de l'Union Européenne et/ou des Etats-membres qui se sont mobilisés et ont créé une **véritable dynamique, en particulier les pays de l'Europe du Nord et l'Italie très actifs, suite aux actes de guerre hybride caractérisés qui sont intervenus ces trois dernières années**. Les thématiques de protection des infrastructures critiques et de maîtrise des fonds marins (*Critical Underwater Infrastructure Protection, Seabed Warfare, Maritime Domain Awareness*) font l'objet d'une attention particulière et **des financements sont mobilisés pour le développement et l'acquisition de solutions technologiques répondant à ces besoins**. On peut citer par exemple les programmes mis en place par la Commission européenne, à travers le **Fonds Européen de Défense** (2021-2027), les Etats-membres, à travers la **Coopération Européenne Permanente Structurée** (PESCO MAS-MCM, PESCO CSIP, etc...) et l'Agence Européenne de Défense, à travers le **CAPTECH MARITIME**. De même, plusieurs initiatives **OTAN** ont été lancées, on peut citer notamment la **Task Force X en mer Baltique**, dont l'ambition est d'être une force internationale de systèmes autonomes déployés pour assurer la surveillance des infrastructures critiques, collecter des données, les analyser et les communiquer aux acteurs concernés. Il est envisagé d'en déployer les premiers éléments avant la fin 2025.

Appendice



Fiche 7

Sécurité maritime : la coordination entre l'Etat et l'opérateur du parc éolien en mer



Dans le contexte du développement des parcs éoliens *offshore*, la question de la sécurité maritime, à l'intérieur comme à l'extérieur du parc est un point critique majeur.

Aujourd'hui, il apparaît que la responsabilité de la sécurité, de la prévention à l'intervention, est partagée entre l'Etat et l'opérateur. Cette situation rend encore plus nécessaire la connaissance mutuelle des Parties et leur coordination de chaque instant afin de garantir la sécurité de tous. Ces liens sont définis par le Plan d'intervention maritime (PIM) et doivent être entretenus avec la réalisation d'exercices communs.

Au-delà du cadre existant, il apparaît utile d'approfondir les conditions de la survenance d'une crise survenant dans un parc éolien ou dans ses approches et les modalités de la gestion de cette crise.

1. Les enjeux de la sécurité maritime dans un parc éolien

Dès le 28 juillet 2017, une note technique de la sous-direction de la sécurité maritime de la direction des affaires maritimes a fait l'inventaire des principaux risques pour la navigation maritime dans un parc éolien et dans ses approches. Les risques identifiés sont les suivants :

- risque de collision, dû à la confusion dans l'appréciation des conditions de navigation par les navires présents à l'intérieur du champ ou à ses abords immédiats (entrave potentielle de la vue des autres navires et des éventuels amers et marques de balisage) ;
- risque de collision par un élément provenant de l'extérieur du champ (navire ou engin flottant hors de contrôle, conteneur perdu...) ;
- croche de câble à l'intérieur du parc éolien ;
- manœuvrabilité du navire à l'intérieur et en bordure du champ ;
- perturbation potentielle des systèmes de radar, de radiocommunication et de positionnement en mer ;
- modification potentielle des fonds marins, des courants de marée et des conditions de vent (par exemple, effet du rotor de turbine) ;
- restrictions d'action pour les moyens de secours.

Les conséquences d'un incident ou d'un accident dans le champ éolien ou à ses abords pourraient être :

- une pollution (notamment d'hydrocarbure) en cas de collision avec un impact sur le milieu, y compris hors du champ éolien ;
- un arrêt partiel ou total de la production d'électricité ;
- des risques supplémentaires encourus par les unités de secours compte-tenu de l'environnement de

l'intervention ;

- une perturbation de la navigation et de ses moyens de surveillance.

1.1. Le rôle de l'Etat au titre du bon ordre en mer

Dans les parcs éoliens, l'Etat, au travers de son représentant, le préfet maritime, va veiller à trouver le bon équilibre entre le développement des énergies renouvelables en mer et la préservation des autres usages maritimes, en garantissant la sécurité maritime et le respect des réglementations maritimes.

L'Etat doit d'abord s'assurer du respect des engagements pris par l'opérateur, notamment pour les mesures de protection de la biodiversité (bruit sous-marin, migration des oiseaux, pêche). Il peut notamment intervenir en cas de non-respect ou de mise en danger de l'environnement mais aussi de la sécurité maritime.

Dans tous les cas, l'Etat reste responsable de la navigation maritime (sécurité du trafic), de la protection militaire de la zone et de la gestion de la co-activité avec les autres usagers de la mer que sont, par exemple, les pêcheurs ou les plaisanciers.

En phase d'exploitation, le préfet maritime définit les règles de navigation dans le parc éolien. Dans le cas du parc de Saint-Nazaire, il a autorisé la navigation des navires de moins de 25 mètres, notamment de pêche et de plaisance, à condition de respecter une distance minimale de 50 mètres autour des éoliennes. En revanche, certaines activités nautiques comme le kitesurf, la planche à voile, le kayak ou la plongée individuelle sont interdites dans la zone du parc.

Pour prévenir les risques liés à l'exploitation du parc, le préfet maritime veille à la mise en place de dispositifs de surveillance renforcés comme l'installation de radars ou de caméras haute définition. Les informations collectées permettent à l'Etat d'avoir un visuel sur l'activité dans le parc ou à proximité.

1.2. Le rôle de l'opérateur

L'opérateur est responsable de la sécurité des installations (chutes, incendies, maintenance) et des activités professionnelles en mer (HSCT) mais aussi de la protection de l'environnement. Ainsi, il met en œuvre des mesures de surveillance écologique, imposées par l'Etat et il est responsable de la prévention et de la réparation en cas de dommages à l'environnement (pollution accidentelle, etc.).

L'exploitant du parc éolien en mer doit faire certifier l'installation dans son ensemble par un organisme disposant d'une accréditation ou d'un agrément délivré par l'un des Etats membres de l'Union européenne. Cette accréditation a pour objet, notamment, d'apporter des garanties sur la fiabilité des instruments, des composants matériels et des logiciels, des systèmes de contrôle commande, servant au fonctionnement des moyens liés à la sécurité maritime.

Il doit s'engager à :

- concevoir une installation permettant l'accès et le trafic des moyens de sauvetage et de remorquage, et facilitant les communications VHF ;

- équiper l'installation d'un dispositif de balisage normalisé et agréé ;

- installer des dispositifs permettant l'identification du parc éolien par des systèmes d'identification automatique (AIS) ;

- installer un réseau de vidéo-surveillance (jour et nuit) contribuant notamment à la surveillance de la navigation maritime au sein et en périphérie du parc. Il sera relié au CROSS géographiquement compétent ;

- équiper si nécessaire le champ au maximum de deux radars de compensation de la surveillance maritime (un radar dédié à surveiller l'intégralité du champ éolien et un radar dédié à la surveillance

des approches du champ) ;

- installer des plateformes d'accueil de naufragés au niveau de chaque éolienne ;
- établir puis actualiser, en lien avec le CROSS géographiquement compétent et la Préfecture Maritime de Manche Mer du Nord, un plan d'intervention maritime (PIM). Le PIM s'articule également avec le dispositif d'Organisation de la Réponse de Sécurité Civile (ORSEC) maritime ;
- conclure une convention avec le centre de consultation médicale maritime afin de définir les modalités de la prise en charge médicale en mer des travailleurs éoliens et d'assurer la formation des personnes employées dans les parcs à la consultation télé-médicale et à l'aide médicale en milieu isolé ;
- présenter au Préfet maritime une analyse de sûreté et des risques maritimes liés au projet avant le début des travaux, incluant les retours d'expérience sur l'éolien en mer et sur la zone d'implantation ;
- contribuer à l'organisation d'exercices de sûreté organisés par le Préfet maritime ;
- s'assurer que les navires dédiés au transport du personnel industriel, à la construction, l'entretien, l'exploitation, la réparation et le démantèlement de l'Installation sont conformes aux exigences de la réglementation nationale relative à la sécurité des navires ;
- Assurer le maintien en condition de sécurité de l'Installation pendant toute la durée d'exploitation.

1.3. Dans la pratique, le risque de cas non conformes et de défaut de maîtrise aux conséquences dommageables existe

a) Cas réel : l'accident d'un bateau de pêche dans le parc éolien du banc de Guérande.



Pour illustrer le risque maritime planant sur les parcs éoliens en mer, il est intéressant de se pencher sur un accident récent survenu au parc de Saint-Nazaire le 4 avril 2025 à 1 heure du matin. Le navire de pêche LOLA JULIA, basé à La Turballe (44), qui était en transit dans le parc éolien a heurté une éolienne sur le banc de Guérande. La collision a entraîné une voie d'eau importante. L'équipage et le navire ont pu être secouru par plusieurs moyens de secours de la SNSM (3 vedettes) et un autre navire de pêche. Aucune victime n'a été déplorée, le navire de pêche a pu être ramené à terre (voir photo ci-dessus) grâce à la mise en œuvre d'une pompe et l'éolienne n'a pas subi de dégât structurel.

b/ Au-delà des cas constatés, une nécessaire prise en compte de situations inédites

Au regard de la multiplication d'accidents tels qu'illustrés plus haut, mais aussi des risques majeurs

aux lourdes conséquences d'ordre énergétique, économique, écologique ou liés à la sécurité des biens et des personnes, il apparaît nécessaire de définir une doctrine et d'enrichir par amélioration continue un dispositif opérationnel de partage de responsabilités, en réponse aux enjeux de sécurité des parcs.

Recommandation : le dispositif de prévention et de protection prévu, notamment, par le plan d'intervention maritime (PIM), doit être conforté en continu grâce à l'organisation d'un retour d'expérience (RETEX) au niveau de chaque parc, de la zone maritime et national (SG Mer). Des exercices réguliers (mises en situations concrètes) avec toutes les parties prenantes du parc, permettraient en complément de permettre à tous les intervenants potentiels de se connaître et d'améliorer les réponses à apporter à un incident ou un accident touchant le parc.

2. Enrichir la doctrine

Il apparaît nécessaire, comme pour toute installation industrielle majeure et plutôt récente, de constituer une liste des événements majeurs ayant menacé la sécurité des parcs et de la navigation, avec des retours d'expériences utiles. Cette compilation et son analyse doivent se faire à l'échelle de chaque parc puis à l'échelle régionale et nationale (SG Mer). L'organisation d'un retour d'expérience organisé va devenir indispensable avec l'entrée en service de nouveaux parcs. Les incidents et accidents survenus doivent pouvoir servir d'exemples afin qu'ils ne se renouvellent pas ; grâce à la réalisation d'un catalogue partagé des bonnes pratiques recueillies sur l'ensemble des parcs éoliens français.

3. Développer un dispositif opérationnel d'amélioration continue à l'échelle du parc et à l'échelle nationale en réalisant des exercices aux scénarios les plus extrêmes

Afin de mieux se préparer à toute éventualité, il convient d'organiser des mises en situations concrètes sous la forme de véritables « *war games* » faisant intervenir des cas non conformes, extrêmes, ou non encore constatés : par exemple, celui d'un navire pétrolier qui dérive et menace de heurter un mat d'éolienne qui générerait un risque de marée noire, d'interruption durable du parc, et avoir un impact à long terme pour les activités avoisinantes (pêche, tourisme...).

Il sera recherché le cumul d'événements en format de gestion de crise, dans lequel d'autres acteurs que l'Etat et l'exploitant sont impliqués (SNSM, utilisateurs privés de l'espace maritime tels que les clubs nautiques, pêcheurs, moyens de remorquage des ports locaux...). Cela permettra une meilleure approche de la coordination des moyens mis en œuvre en cas de besoin, mais aussi de vérifier si les capacités d'intervention locales sont suffisantes au regard des risques identifiés.

Cela n'exonérerait pas l'exploitant et la préfecture maritime d'organiser plus fréquemment des exercices légers de simulation d'incident ou d'accident au sein du parc éolien comme à ses abords puisqu'il convient de prendre aussi en considération le poste électrique en mer ainsi que les câbles sous-marins.

De ces mises en situations de différents niveaux doivent découler des propositions d'amélioration des dispositifs de protection et d'intervention existants. Ces propositions pourraient découler de la tenue annuelle d'une commission *ad hoc* réunissant les différents acteurs. L'opérateur du parc éolien est donc responsable de la mise en place de moyens de sécurité passive et de proposer un plan d'intervention maritime. Mais c'est l'Etat qui conserve la maîtrise de l'espace maritime et la coordination des opérations de secours. Ils partagent tous les deux la responsabilité de faire évoluer leurs dispositifs, tant de surveillance pour l'un que d'intervention pour l'autre. Eprouver des situations extrêmes mettant le parc éolien en péril permettra d'évaluer la pertinence des plans et des moyens disponibles sur zone.

Fiche n°8

De nouveaux besoins de sécurité civile au profit des parcs éoliens *offshore*

Le développement rapide et croissant des parcs éoliens *offshore* au large des côtes françaises constitue un défi technologique mais aussi un défi pour la maîtrise des risques en mer.

Ces installations font apparaître de nouveaux risques maritimes et humains qu'il convient désormais de prendre en compte. La collision d'un chalutier avec une éolienne du parc éolien *offshore* de Saint-Nazaire (Loire-Atlantique), dans la nuit du jeudi 3 au vendredi 4 avril 2025, est venue illustrer la nature de ces nouveaux risques et les besoins de réponses adaptées.

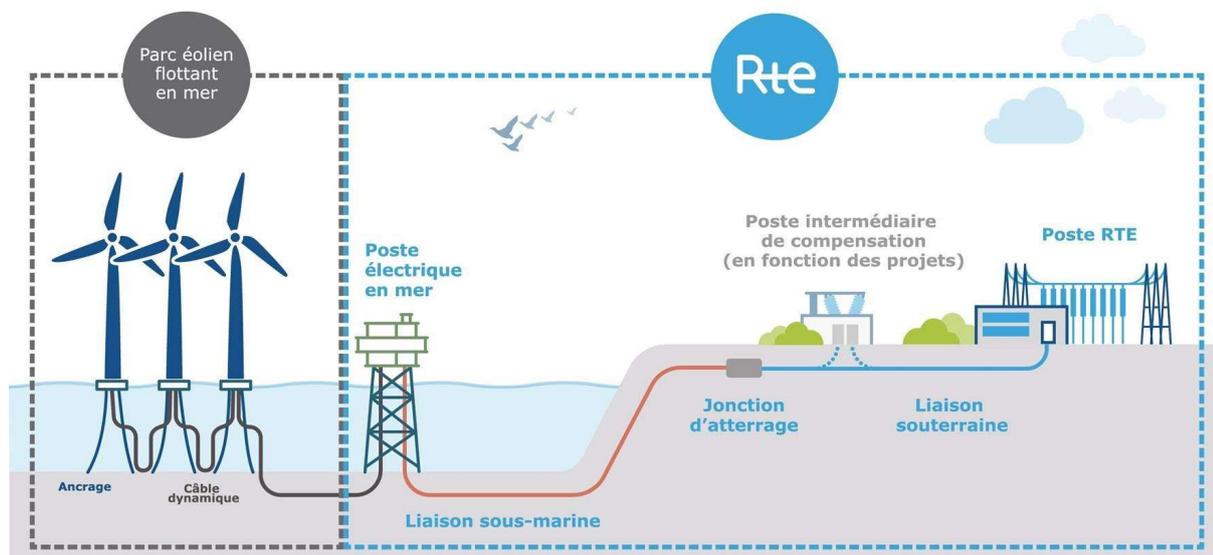
L'implantation de la plus importante infrastructure que l'Homme n'ait jamais réalisée en mer introduit de nouveaux enjeux et des besoins accrus en matière de sécurité civile, nécessitant une adaptation des moyens d'intervention et des stratégies de gestion des risques existants.

1. Les nouveaux risques de sécurité civile liés à l'implantation d'éoliennes en mer

L'implantation de parcs éoliens en mer fait naître de nouveaux risques technologiques et industriels liés à l'environnement maritime mais aussi humain.

L'exposition de ces parcs aux conditions météorologiques extrêmes peut endommager les structures, entraîner des ruptures d'amarrage ou des défaillances structurelles des fondations. Ces situations peuvent avoir pour conséquence des risques d'accident pour le personnel lors des opérations de maintenance (chutes en hauteur, électrocution, écrasement par des pièces mécaniques, noyade lors des transferts de bateau-plateforme ou isolement en cas de détérioration soudaine des conditions météorologiques). Or, l'éloignement des côtes complique considérablement les opérations de secours.

Les risques d'incendie et de pollution doivent aussi être pris en considération. Les postes électriques et les nacelles contiennent des équipements à risque d'incendie (transformateurs, huiles diélectriques, composants électroniques), qui génèrent des feux en mer particulièrement difficiles à combattre. Ce type de sinistre peut entraîner le déversement d'huiles ou de liquides de refroidissement des turbines, de composés chimiques ou d'autres produits pouvant provoquer une pollution environnementale.



À ce titre, il est nécessaire d'anticiper les mesures de sécurité civile à apporter pour répondre aux risques des parcs éoliens *offshore*, conformément au Code de la sécurité intérieure (art.L721-1) qui lui confie la mission de protection des personnes, des biens et de l'environnement³⁸. En mer, cette

³⁸ Le traitement des risques incendie s'inscrit dans le cadre de l'arrêté du 22 décembre 2010 relatif à la prévention des risques accidentels dans les installations classées, applicable aux postes électriques *offshore*.

responsabilité s'appuie sur le dispositif ORSEC maritime (Instruction du 29 mai 2009) dont le directeur des opérations de secours (DOS) est le préfet maritime, responsable de la coordination des moyens de secours (décret n°2004-112 du 6 février 2004).

2. La mise en œuvre des moyens de sécurité civile en mer

2.1. Les moyens de l'Etat

La Direction Générale de la Sécurité Civile et de la Gestion des Crises (DGSCGC) est chargée de coordonner les actions interservices ou interministérielles en matière de sécurité civile. C'est pourquoi elle dispose du Centre Opérationnel de Gestion Interministérielle des Crises (COGIC, défini par l'article R*122-8 du code de la sécurité intérieure), qui permet de piloter des opérations complexes et qui peut mobiliser des experts techniques et des moyens spécialisés en fonction des besoins. Cette direction intervient en appui du préfet maritime lorsque l'ampleur de l'évènement dépasse les capacités du dispositif ORSEC maritime. Elle peut mobiliser des moyens nationaux supplémentaires (mentionnés ci-dessous) et assurer la coordination interministérielle dans les conditions fixées par la circulaire n°747 du secrétariat général de la mer (SG Mer) du 13 mai 2013.

La DGSCGC peut mobiliser, si nécessaire, des moyens aériens significatifs pour des opérations de secours en mer. Notamment, sa flotte d'hélicoptères EC145 équipés pour intervenir dans des conditions météorologiques difficiles, soumises néanmoins à certaines limitations. En complément des moyens des Armées (Marine nationale) dont le concours peut être demandé et de ceux des administrations intervenant en mer (douane, gendarmerie), elle dispose également d'avions de reconnaissance et de surveillance pouvant être utilisés rapidement pour évaluer des situations d'urgence sur de vastes zones maritimes. À ces moyens aériens viennent s'ajouter des unités d'intervention spécialisées comme les Formations Militaires de la Sécurité Civile (FORMISC). Ces dernières peuvent être déployées pour des opérations de grande envergure, mais sont sans réelle compétence maritime à ce jour.

2.2. Les services départementaux d'incendie et de secours

Les services de secours traditionnels, en particulier dans les départements côtiers, disposent déjà de compétences et de matériels pertinents pour les interventions en milieu maritime.

Leurs moyens incluent des embarcations légères et semi-rigides adaptées aux interventions en zone côtière. Elles sont en revanche limitées par leur autonomie et leur capacité à affronter la haute mer, ce qui constitue une contrainte (faiblesse) pour les interventions dans des parcs éoliens souvent situés à des distances importantes du littoral. Néanmoins, les services d'incendie et de secours (SIS) disposent d'équipes spécialisées en sauvetage aquatique, y compris des nageurs-sauveteurs côtiers formés pour intervenir dans des conditions difficiles. Certains SIS ont également développé des compétences spécifiques liées aux risques technologiques et industriels, avec des équipes spécialisées en risques chimiques et en feux industriels. Ces expertises pourraient être pertinentes dans le contexte des parcs éoliens *offshore*. En matière de secours aux personnes, ils sont équipés pour la gestion des blessés graves et l'organisation d'évacuations médicalisées, et disposent d'équipements de communication terre-mer pour la coordination d'opérations mixtes. Toutefois, ces moyens de communication peuvent montrer leurs limites lorsque les distances augmentent et que les conditions météorologiques se dégradent.

2.3. Le Bataillon de marins-pompiers de Marseille (BMPM)

Le Bataillon de Marins-Pompiers de Marseille (BMPM) représente une force atypique dans le paysage de la sécurité civile française au regard de ses capacités de secours en mer.

Au-delà des moyens qu'elle consacre à la défense de la deuxième ville française, cette unité de la Marine nationale est spécialisée dans les interventions en milieu maritime et portuaire. Elle dispose notamment d'embarcations rapides d'intervention équipées pour la lutte contre les incendies de navires. En revanche, elle ne dispose pas en propre de navires capables d'opérer en haute mer.

Les Marins-Pompiers ont acquis une expertise unique dans la lutte contre les incendies sur les navires et installations maritimes et sont formés aux techniques spécifiques de lutte contre les feux en milieu confiné et en environnement maritime. Ils disposent également d'équipements adaptés, comme des lances à incendie haute pression résistantes à l'eau de mer et des systèmes de pompage puissants.

Le BMPM maintient des capacités de plongée professionnelle, ce qui peut s'avérer crucial pour des opérations sur les structures immergées des éoliennes. Ils possèdent également des compétences en matière de risques chimiques en milieu maritime, avec des équipements de détection et de protection adaptés à l'environnement salin.

Toutes ces spécificités (liste non exhaustive) sont regroupées au sein du BMPM sous le nom de CAPINAV (capacité nationale de renfort pour les interventions à bord des navires), créée spécifiquement pour des interventions maritimes qui requièrent des compétences et des équipements spécifiques. Elle représente un maillon essentiel dans la chaîne de sécurité maritime française, particulièrement dans le contexte du développement des infrastructures énergétiques en mer.

En complément de la CAPINAV, une particularité notable du BMPM est sa capacité à coordonner des interventions complexes impliquant simultanément des moyens terrestres, maritimes et aériens, capacité qui pourrait se révéler particulièrement adaptée aux interventions sur les parcs éoliens *offshore*.



3. Prendre en compte les nouveaux risques technologiques en mer liés à l'implantation de parcs éoliens.

L'espace maritime, caractérisé par sa fluidité et son absence de frontières naturelles, connaît une transformation majeure avec la multiplication des installations fixes en mer : parcs éoliens offshore,

plateformes énergétiques, extensions territoriales artificielles à l'image des projets monégasques. Cette évolution soulève des enjeux inédits en matière de gouvernance maritime et de réponse de sécurité civile.

Recommandation : pour répondre au développement des risques liés à l'implantation de parcs éoliens en mer, la sécurité civile doit aussi savoir prendre en compte ce nouveau besoin. Parmi les adaptations possibles, l'évolution des moyens de la capacité nationale de renfort pour l'intervention à bord des navires (CAPINAV) de la sécurité civile mise en œuvre par le Bataillon des Marins Pompiers de Marseille devient nécessaire. En offrant une nouvelle capacité de renfort nationale dans ce domaine, la CAPINAV apporterait une réponse pertinente aux nouveaux défis opérationnels de la sécurité civile en mer.

Cette évolution du paysage maritime impose une adaptation substantielle des capacités françaises d'intervention en mer. L'intégration de nouvelles technologies et de compétences spécialisées devient impérative pour maintenir un niveau de sécurité optimal.

La création d'un module spécialisé au sein de la CAPINAV, fusionnant les expertises du secours en milieux périlleux et en montagne (SMPM), renforcées par l'intégration de systèmes de drones, constitue une réponse opérationnelle pertinente.

Cette approche novatrice doit combiner, les technologies de dronies, aériennes et maritimes de dernière génération, les systèmes de détection avancée et l'expertise de techniciens spécialisés dans les interventions en grande hauteur, le tout simultanément.

Cette mutualisation des compétences et des moyens permettrait d'optimiser l'efficacité opérationnelle tout en rationalisant les investissements publics dans le domaine de la sécurité civile en mer.

Pour permettre à la CAPINAV de parvenir à cette capacité d'intervention dans les parcs éoliens en mer, des évolutions sont nécessaires.

3.1. Mettre à niveau les équipements de la CAPINAV

3.1.1. Des systèmes intégrés de surveillance et d'alerte précoce

Essentielle pour la prévention des accidents et la détection rapide des incidents, il est important d'être en mesure de combiner les senseurs implantés sur les structures des éoliennes (détecteurs de température, de vibrations, de fumée) avec des systèmes de caméras thermiques et optiques et des radars de surveillance périphérique. Un réseau de bouées instrumentées, placées stratégiquement autour des parcs éoliens et équipées de capteurs météorologiques et océanographiques, permettrait aussi de surveiller les conditions environnementales et de détecter d'éventuelles pollutions ou débris flottants.

Une innovation significative pourrait consister dans le déploiement de drones marins autonomes ou semi-autonomes, équipés de caméras et de capteurs variés, capables de patrouiller en permanence autour et à l'intérieur des parcs éoliens pour transmettre en temps réel des données à un centre de contrôle. Certains modèles pourraient même être équipés de moyens primaires d'intervention, comme des extincteurs automatiques pour les départs de feu. Les données captées par ces drones pourraient également servir les besoins de protection de ces installations (voir FICHE XX).

Une autre avancée majeure (notamment dans le cadre d'un plan POLMAR) serait de déployer des drones maritimes spécialisés dans la détection et le traitement des pollutions, équipés de capteurs chimiques et optiques avancés et potentiellement de systèmes de confinement ou d'épandage de dispersants voir de techniques de bioremédiation³⁹ pour les fluides industriels des éoliennes.

³⁹ Le procédé de dépollution biologique (bioremédiation) au moyen de microorganismes spécifiques est une technique durable et économique permettant l'élimination des déchets. Elle utilise des bactéries, des champignons et des plantes choisis pour retirer ou neutraliser les polluants des sols ou des eaux.



3.1.2. Des moyens de projection rapides

En complément, il serait pertinent de développer l'entraînement et la formation des unités d'hélicoptères de secours avec un équipement pour les interventions sur les parcs éoliens *offshore*.

Ces unités devraient recevoir une formation combinant les techniques de sauvetage en hauteur, de sauvetage hélicoptéré et d'intervention en milieu maritime en fonction de leurs spécialités d'origine. Des équipements spécifiques seraient nécessaires comme les dispositifs d'amarrage rapide aux structures des éoliennes ou les systèmes de descente contrôlée adaptés aux géométries particulières des nacelles. Le développement de systèmes d'interface standardisés entre les hélicoptères et les nacelles des éoliennes permettrait des opérations de transbordement sécurisées, y-compris en conditions météorologiques difficiles. Des programmes de formation spécifiques incluant des simulations sur des modèles réalistes d'éoliennes *offshore* devraient préparer les équipes à faire face à diverses situations d'urgence.

L'intégration de ces risques dans la formation des unités existantes, tel le Groupe d'Intervention Maritime Aéroporté (GIMAé) du BPM serait une démarche pertinente mais aussi pour les unités de sauveteurs spécialisés hélicoptérés (USSH) des zones de défense. Une collaboration est également à rechercher pour la FMPA (formation de maintien des acquis) dans ce domaine ultra spécifique.

3.1.3. Des moyens de projection lourds

Le développement de navires d'intervention spécifiques est primordial car rien n'existe à ce jour. Ces navires pourraient être soit des navires spécialisés, soit, plus économiques et plus efficaces, des capacités à développer sur les navires assurant déjà le soutien des parcs éoliens. En disposant d'une plus grande autonomie pour atteindre des parcs éloignés des côtes et grâce à une stabilité accrue pour opérer dans des conditions météorologiques défavorables, ces navires permettraient des interventions plus lourdes. Leur système de positionnement dynamique leur assurerait le maintien d'une position stable à proximité des structures éoliennes lors d'interventions. Ils devraient être équipés de systèmes de lutte contre l'incendie adaptés aux spécificités des éoliennes, tels les canons à eau et à mousse pour envisager une attaque du sinistre en partie haute des installations. Des équipements médicaux avancés pour la stabilisation des blessés graves avant leur évacuation, et des zones d'appontage pour hélicoptères, faciliteraient les transferts rapides de personnel ou de victimes. L'intégration de systèmes de connexion sécurisée aux structures des éoliennes permettrait aux équipes d'intervention d'accéder directement aux plateformes sans recourir à des techniques d'escalade complexes en situation d'urgence. Ces navires pourraient également embarquer des drones maritimes semi-autonomes capables d'atteindre rapidement des zones d'intervention avant l'arrivée des équipes principales, fournissant une évaluation initiale de la situation.

3.1.4. Des moyens de protections individuels

Les interventions des marins-pompiers présentent des défis particuliers en termes de protection et nécessitent des équipements de protection individuelle (EPI) adaptés à cet environnement.

Ces EPI devraient combiner une résistance aux intempéries, une flottabilité intégrée, et une protection contre les risques électriques et mécaniques. Des systèmes de communication robustes et redondants permettraient aux sauveteurs de rester en contact permanent avec leur base, même dans des conditions difficiles. Des EPI spécifiques pour le travail en hauteur dans des environnements venteux et exposés, utilisés dans l'industrie éolienne elle-même (normes GWO - Global Wind Organisation), pourraient être adaptés et renforcés pour les besoins de la sécurité civile.

3.2. En termes de savoir-faire

Enfin, l'émergence des parcs éoliens *offshore* représente un défi qui exige une préparation grâce à des exercices sur site. Une formation et une préparation innovantes sont essentielles pour garantir l'efficacité des opérations de secours. Le développement de programmes de formation spécifiques est crucial, combinant apprentissage théorique et exercices pratiques dans des conditions réalistes pour s'adapter à ces infrastructures nouvelles. La coordination entre les multiples acteurs s'avère essentielle et doit être régulière. L'utilisation de simulateurs avancés, utilisant la réalité virtuelle et la réalité augmentée pour reproduire fidèlement les conditions d'intervention sur des éoliennes *offshores*, permettrait aux équipes de s'entraîner à des scénarios variés sans les risques associés à des exercices réels en mer.

Cependant, des simulations réelles, à l'instar de l'exercice sur le parc éolien dans les Côtes-d'Armor le 8 octobre 2024, permettent d'anticiper divers scénarios critiques et d'éprouver la capacité de réponse globale des autorités maritimes jusqu'à intégrer la dimension juridique.

L'approche holistique garantit une préparation complète, essentielle face à l'évolution constante du paysage énergétique côtier français.

En conclusion, la sécurisation des parcs éoliens *offshore* représente un défi majeur qui nécessite une adaptation significative des capacités de la sécurité civile.

Si les moyens actuels des pompiers, des marins-pompiers et de la sécurité civile offrent une base solide, ils doivent être adaptés et complétés pour répondre efficacement aux spécificités de ces installations. Les innovations proposées, axées sur le développement de moyens d'intervention spécialisés, de systèmes de surveillance avancés, d'équipements de protection adaptés, d'une coordination renforcée et d'une préparation optimisée, sont cruciales pour assurer la sécurité de ces infrastructures stratégiques pour la transition énergétique. Une coordination essentielle entre les acteurs publics (préfectures maritimes, CROSS, COM, COGIC et SIS) et privés (exploitants des parcs) est fondamentale pour une gestion efficace de la sécurité et pour l'élaboration de plans d'urgence et d'interventions maritimes spécifiques à chaque champ éolien.

En tant que garant de la sécurité maritime, le Préfet maritime joue un rôle central dans la régulation des usages et l'autorisation des activités au sein et aux abords des champs éoliens. L'intégration des risques liés à l'éolien *offshore* dans les formations et les exercices conjoints est indispensable pour une réponse coordonnée et efficace en cas d'incident.

Fiche n°9

Une régulation des activités maritimes à harmoniser



Des navires en action de pêche dans un parc éolien en Mer du nord ©Patrick Bonnor

L'acceptabilité sociale et politique des parcs éoliens comme la continuité des activités économiques en mer supposent de pouvoir maintenir un niveau minimum de navigation au sein ou à proximité des parcs, qui ne sauraient être des zones strictement interdites.

Pour autant, et à l'inverse, les impératifs de sûreté et de sécurité maritimes conduisent nécessairement à restreindre les activités autorisées dans les parcs. L'exemple du « *Lola Julia* », chalutier qui a percuté une éolienne du parc de Saint-Nazaire dans la nuit du 3 au 4 avril dernier en est probant⁴⁰ : si l'accident provient probablement d'une erreur humaine, la multiplication des usages maritime à proximité des parcs accroît mécaniquement le risque d'accident, quelles qu'en soient les causes immédiates.

Cet équilibre de principe se construit en France depuis l'émergence des premiers parcs éoliens posés dans la Manche et en Atlantique, mais peine aujourd'hui à être consolidé au regard des revendications des différentes catégories socio-professionnelles du monde maritime⁴¹. *A fortiori*, les différences de réglementations d'un parc à un autre nuisent à la lisibilité du droit en la matière, et soulèvent l'enjeu d'éventuelles inégalités entre façades.

Dix ans après les premiers travaux de réglementation des usages et à la veille des parcs éoliens flottants, il est dès lors essentiel de conduire un travail prospectif pour définir la stratégie à adopter par les pouvoirs publics quant à l'autorisation des activités maritimes dans les parcs. En parallèle, si la prise en compte des enjeux environnementaux est prépondérante dans l'instruction des projets éoliens par les services de l'Etat (identification des zones les plus propices au niveau national, études d'impact, autorisation environnementale ou autorisation unique au niveau de la façade, etc.), elle ne sera pas traitée ici, le travail d'analyse se concentrant uniquement sur le volet de la sécurité maritime.

1. Une politique pragmatique de régulation des usages par les préfets maritimes

1.1. Classification des activités maritimes susceptibles d'intervenir dans les parcs et des enjeux de sécurité qu'elles représentent

⁴⁰ Ouest France (version numérique), "Un bateau de pêche percute une éolienne au large du Croisic, l'équipage secouru par la SNSM", 4 avril 2025

⁴¹ Voir en ce sens : Le Marin (version numérique), "Pêche et éolien en mer ne sont pas incompatibles selon une étude portée par la région Bretagne", 29 avril 2025

En fonction de leur localisation en mer (façade et littoral concernés, proche côtier ou au large), les parcs éoliens *offshore* perturbent des activités maritimes de nature différente⁴². Sur la base d’une analyse de risques des retours d’expérience des services de l’Etat ayant instruit et réglementé les usages des parcs existants⁴³, le tableau ci-dessous en propose une courte synthèse⁴⁴, sans rentrer dans le détail des particularités locales et ce bien que les usages peuvent grandement différer d’une façade à une autre.

À noter que des prestations de découverte en mer des parcs éoliens (embarquement de passagers à des fins touristiques) commencent à émerger sur les différentes façades⁴⁵. Ces activités induites par l’existence même du parc sont intégrées dans le tableau ci-dessous (« plaisance professionnelle » et « transport de passagers »).

| Activité maritime | Occurrence moyenne | Risques représentés |
|---|---|--|
| Activités nautiques (voile légère, engins de plage, plongée, scooters des mers) | Faible | Collision, accidents de personne |
| Plaisance privée (voiliers, petits navires à moteur) | Régulière | Amarrage aux éoliennes, dérive dans le parc en cas d’avarie, collision, accidents de personnes |
| Plaisance professionnelle (voiliers et navires à passagers de petite dimension, yachting) | Régulière | Dérive en cas d’avarie, collision, accidents de personne |
| Transport de passagers (navires à passagers de grande dimension) | Faible à régulière (fonction des routes maritimes et de la localisation du parc) | Dérive en cas d’avarie, collision, détérioration d’éolienne, crochage de câble, masque radar |
| Transports de marchandises > 500 UMS (cargos, rouliers, vraquiers, porte-conteneurs, pétroliers, etc.) | Faible à régulière (fonction des routes maritimes et de la localisation du parc) | Dérive en cas d’avarie, collision, détérioration d’éolienne, crochage de câble, pollution marine, masque radar |
| Petite pêche (navires de moins de 12 mètres) | Faible | Dérive en cas d’avarie, collision, crochage de câble |
| Pêche au large aux arts trainants (chaluts, dragues) | Fréquente | Dérive en cas d’avarie, collision, détérioration d’éolienne, crochage de câble |
| Pêche au large aux arts dormants (casiers, filets, lignes) | Fréquente | Dérive en cas d’avarie, collision, détérioration d’éolienne |

⁴² Voir en ce sens l’annexe 2 de la lettre cadre n°1703/SGMER du 20 octobre 2013 du Secrétaire général de la mer : “Développement de l’éolien en mer en cohérence avec les exigences de la sécurité et de la sûreté maritimes”

⁴³ Informations issues du webinaire “éolien en mer” de la DGECC du 20 novembre 2024 : retour d’expérience sur les usages et navigation dans les premiers parcs éoliens en mer français (Saint-Brieuc, Saint-Nazaire, Fécamp)

⁴⁴ Synthèse notamment des éléments d’analyse établis par le SGMer dans la note du 20 octobre 2013 susmentionnée, ainsi que par le directeur des affaires maritimes dans la note technique du 11 juillet 2016 relative aux mesures de sécurité maritime applicables à la planification d’un champ éolien en mer, et 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

⁴⁵ Exemples des prestataires : “En mer avec Eole” à Saint-Nazaire, des vedettes de Bréhat à Saint-Brieuc, “La mer pour tous” à Fécamp

1.2. Méthodologie de l'élaboration de la réglementation : quelles procédures de prise en compte des enjeux locaux et de concertation sont aujourd'hui mises en œuvre ?

Intimement liée au contexte local de chacun des parcs, l'identification des usages maritimes et des risques qu'ils sous-tendent doit nécessairement passer par un travail d'évaluation et de concertation menées avec les usagers de la mer.

Ce travail est aujourd'hui réalisé en continu, de la planification des projets jusqu'à leur réglementation, à travers cinq étapes essentielles, qui n'excluent pas l'organisation par l'autorité maritime (Préfet maritime) ou son représentant dans le département (DDTM / DML⁴⁶) d'autres réunions de travail (groupes de travail thématiques menés avec les différents professionnels maritimes).

1- Sur la base de la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE), la DGEC⁴⁷ identifie des zones propices au développement de l'éolien en mer. Cette première prospection prend en compte les usages maritimes préexistants comme les impératifs de défense.

2- En lien avec la DGEC, la DIRM conçoit un document stratégique de façade (DSF, mis à jour tous les 6 ans) dans le cadre de la politique maritime intégrée⁴⁸ :

- le DSF est rédigé grâce à une comitologie spécifique⁴⁹ qui intègre l'ensemble des acteurs maritimes de la façade. Il est ensuite soumis à un débat public dont la commission nationale du débat public se porte garante ;
- le DSF propose une « carte des vocations » des différentes zones maritimes, laquelle inclut les potentiels projets de parcs éoliens. Il est validé par le préfet de région et le Préfet maritime, coprésidents du conseil maritime de façade (CMF).

3- En accord avec l'identification des zones par la DGEC et le DSF, des appels d'offre sont publiés et attribués par l'Etat à des porteurs de projet, sous-couvert de s'engager au respect d'un cahier des charges qui peut inclure les enjeux de sécurité maritime.

4- Que ce soit au titre des études préalables affectant les conditions de navigation (conduites notamment avec RTE pour le raccordement à terre) ou des travaux de construction du parc en eux-mêmes, le bénéficiaire de l'appel d'offre doit présenter son projet aux collèges de commissions nautiques. En accord avec le décret n°86-606 du 14 mars 1986 modifié relatif aux commissions nautiques, la note 5 février 2015⁵⁰ précise le rôle de chacune d'entre elles :

- commissions nautiques locales (CNL), réunies pour évaluer les mesures nécessaires pour garantir la sécurité maritime (communication, réglementation) à la fois lors de toutes les phases d'étude, et une fois le parc éolien mis en service.
- grande commission nautique (GCN), réunie pour définir les mesures de signalisation maritime du parc éolien, assimilable au sens du décret à un « chantier d'exploitation des ressources du plateau continental ». La GCN doit être réunie impérativement 45 jours après la CNL ayant rendu un avis sur le projet de parc éolien.

⁴⁶ « Direction départementale des territoires et de la mer », qui intègre en son sein une « Délégation à la mer et au littoral »

⁴⁷ Direction générale de l'énergie et du climat, placée – en juin 2025 – sous la responsabilité du Ministère de la transition écologique, de la biodiversité, de la mer et de la pêche.

⁴⁸ Issue de la directive cadre de l'UE « stratégie pour le milieu marin » (DCSMM, 2008) et complétée par la directive cadre pour la planification de l'espace maritime (DCPEM, 2014). Elle est mise en œuvre en France à travers la stratégie nationale de la mer et du littoral (SNML).

⁴⁹ La commission administrative de façade (CAF) s'appuie sur les travaux de groupes de travail et sous-comités thématiques spécifiques dont l'objectif est d'alimenter les concertations au sein du comité maritime de façade (CMF)

⁵⁰ Note relative à la consultation des commissions nautiques dans le cadre de la création d'installations liées aux énergies marines renouvelables, Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie.

5- Sur la base, à la fois des travaux de concertations menés en amont et de l'avis des commissions nautiques, le préfet maritime adopte une réglementation (arrêté préfectoral) spécifique au parc éolien

Ces différentes étapes garantissent une consultation des acteurs maritimes et la prise en compte des spécificités locales. Les grandes commissions nautiques et commissions nautiques locales, dernières étapes avant l'adoption de la réglementation par le préfet maritime, rassemblent à ce titre exclusivement des marins et usagers de la mer, lesquels sont chargés de rendre leurs avis et préconisations uniquement au titre de la sécurité maritime.

1.3. Diversité des réglementations existantes compte tenu des spécificités locales

Aujourd'hui, en France et hors fermes pilotes, trois parcs commerciaux sont en service. Il s'agit des parcs éoliens posés de Fécamp (2024, 71 éoliennes sur fondations gravitaires), Saint-Brieuc (2024, 62 éoliennes sur jackets) et Saint-Nazaire (2022, 80 éoliennes sur monopieux). Le tableau ci-dessous opère une synthèse des réglementations de la navigation qui ont été adoptées par les préfets maritimes de la Manche et de l'Atlantique.

| Parc éolien Activités | Fécamp | Saint-Brieuc | Saint-Nazaire |
|--|---|--|---|
| <i>Navires de moins de 25 m</i> | Autorisés *à moins de 12 nœuds *à plus de 50 mètres de chaque éolienne *à plus de 200 mètres de la sous-station-électrique | Autorisés *à moins de 12 nœuds *à plus de 50 mètres de chaque éolienne *à plus de 200 mètres de la sous-station-électrique | Autorisés *à moins de 12 nœuds *à plus de 50 mètres de chaque éolienne *à plus de 200 mètres de la sous-station-électrique |
| <i>Navires de plus de 25 m</i> | Interdits à moins de 200 mètres du parc ⁵¹ | Interdits | Interdits à moins de 200 mètres du parc |
| <i>Navires à passagers</i> | Interdits à moins de 500 mètres du parc, sauf dérogation du préfet maritime | Interdits, sauf dérogation du préfet maritime | Interdits à moins de 500 mètres du parc, sauf dérogation du préfet maritime |
| <i>Navires de jauge supérieure à 500 UMS</i> | Interdits à moins de 2 milles nautiques du parc | Interdits | Interdits à moins de 2 milles nautiques du parc |
| <i>Activités de pêche</i> | *Autorisées dans les zones prévues par l'arrêté *Activités aux arts trainants interdites à moins de 150 mètres ou 200 mètres des éoliennes | *Autorisées dans les zones prévues par l'arrêté *Interdites à moins de 150 mètres des éoliennes (sauf filières, autorisées jusqu'à 50 mètres) | *Activités aux arts dormants autorisées *Activités aux arts trainants interdites à moins de 100 mètres du parc |
| <i>Activités subaquatiques</i> | Interdites sauf activités encadrées de plongée sous-marine de loisir, de jour uniquement | Interdites | Autorisées sous couvert d'un préavis de 48h à l'opérateur et au sémaphore |
| <i>Activités nautiques</i> | Interdites | Interdites | Interdites |
| <i>Mouillage</i> | Interdit | Interdit | Interdit à moins de 100 mètres du parc, sauf urgence |
| <i>AIS (pour les navires qui n'y sont en principe pas déjà soumis)</i> | Obligatoire | Obligatoire | Obligatoire si : *navigation de nuit *visibilité inférieure à 5 km *vent supérieur ou égal à force 4 BF |

Si les réglementations visent avant tout à s'adapter au contexte géographique et technique du parc (emplacement, nombres et écartement des éoliennes, système de pose, etc.) ; elles sont également le fruit de négociations continues avec les usagers de la mer, qui cherchent à maximiser leurs activités

⁵¹ Les distances mentionnées par rapport au parc sont calculées à partir de la périphérie du parc, définie par l'emplacement des éoliennes situées à chaque extrémité de ce dernier

dans les parcs. Ainsi, le caractère conditionnel de l'AIS dans le parc de Saint-Nazaire (nuit, visibilité, vent) provient de revendications des groupements de plaisanciers, qui suite à l'arrêté du préfet maritime de décembre 2022 avaient formulé un recours gracieux. De nouveaux groupes de travail puis la commission nautique locale du 4 juin 2023 ont justifié une modification de l'arrêté, supprimant l'obligation systématique.

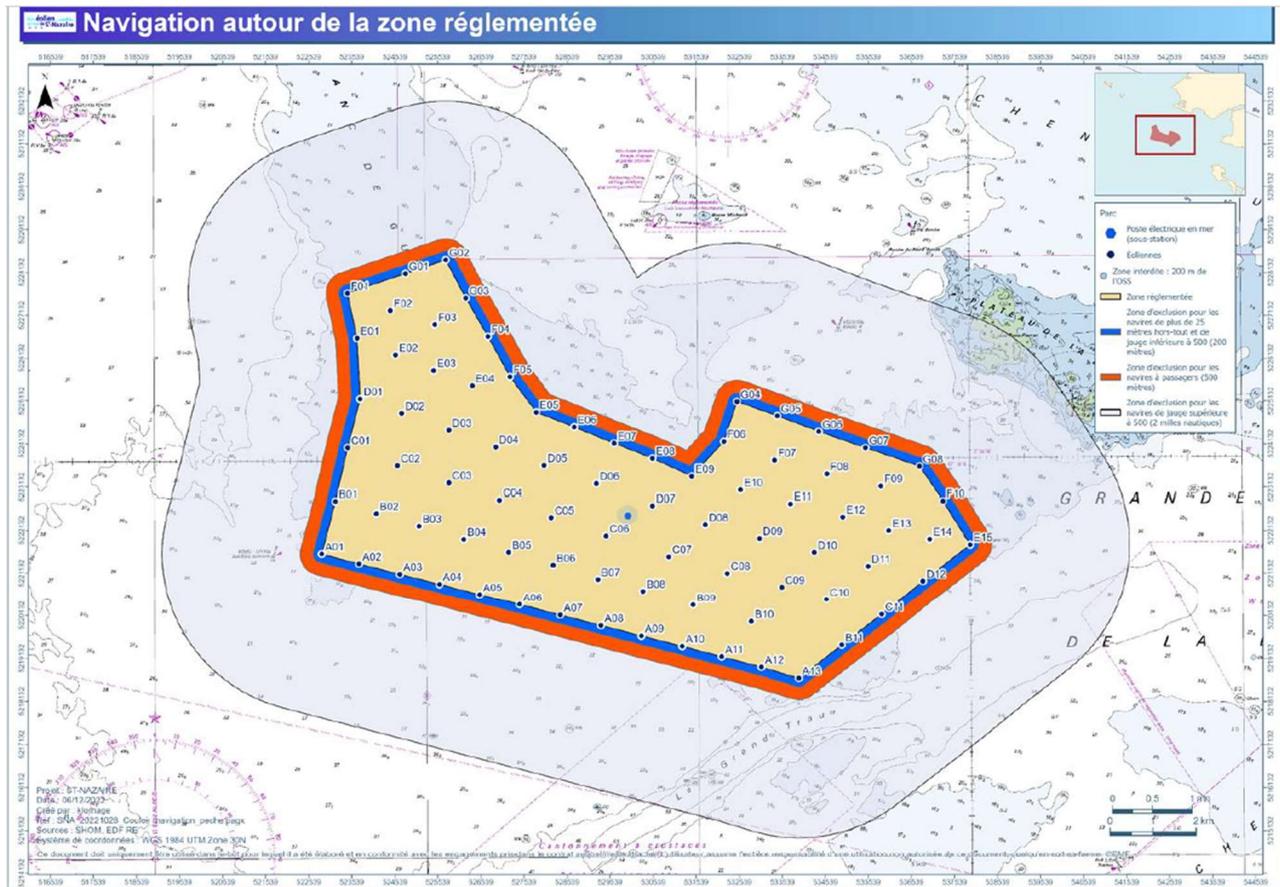


Fig. 1 : Cartographie en annexe de l'arrêté du préfet maritime réglementant le parc éolien de Saint-Nazaire

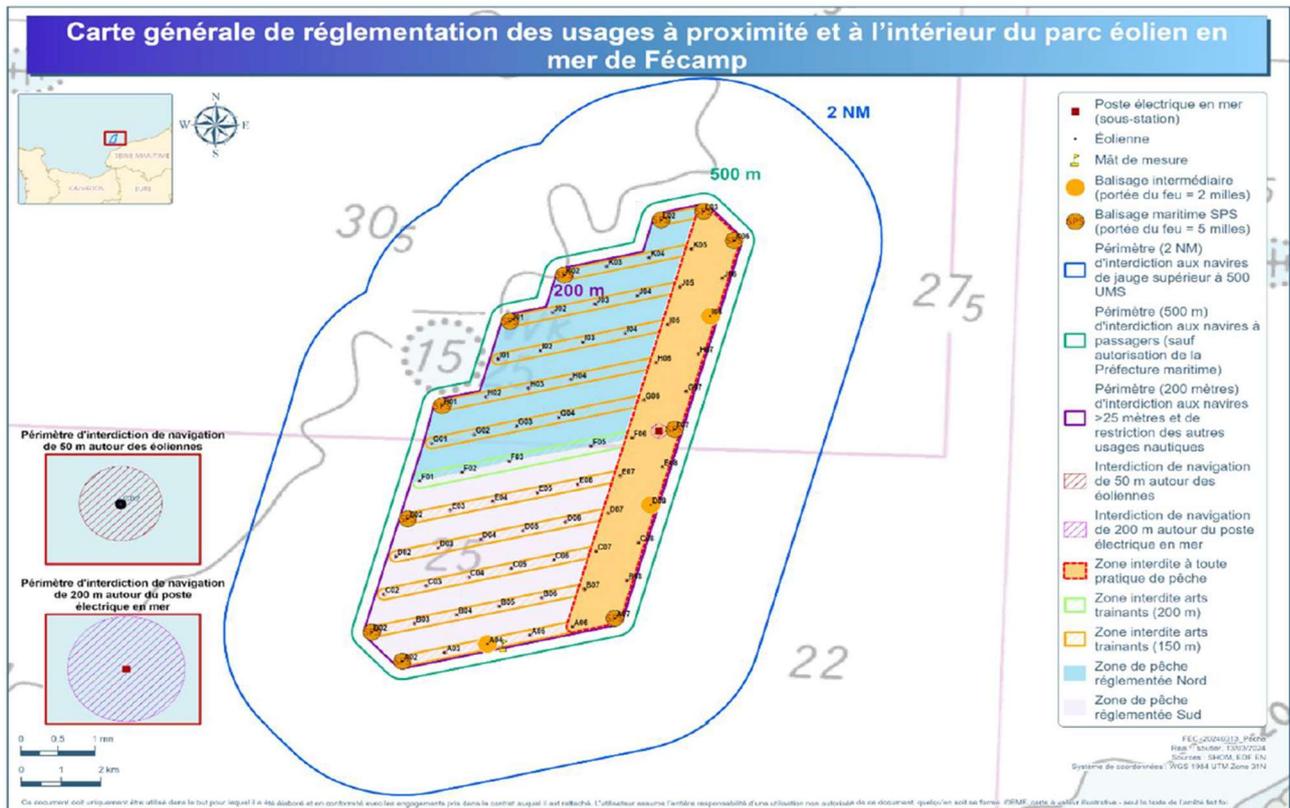


Fig. 2 : Cartographie en annexe de l'arrêté du préfet maritime réglementant le parc éolien de Fécamp

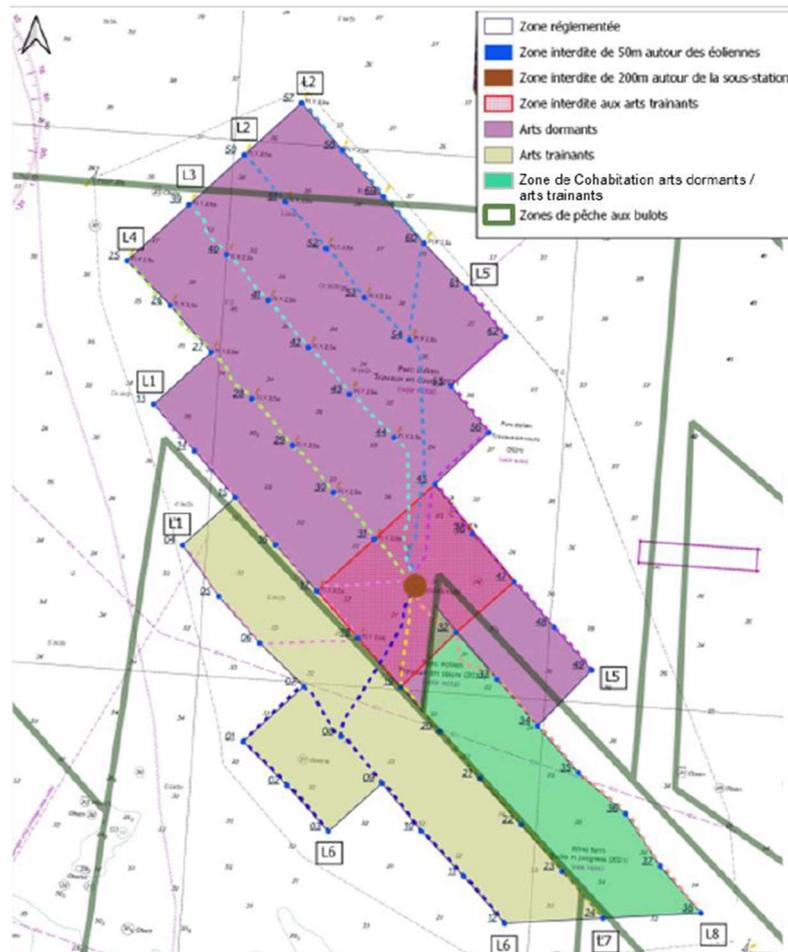


Fig. 3 : Cartographie en annexe de l'arrêté du préfet maritime réglementant le parc éolien de Saint-Brieuc

2. Une réglementation maritime délicate en raison des besoins de conciliation des usages au sein d'un même parc et d'égalité de traitement des activités maritimes entre les façades

2.1. Spécificité technique de l'éolien flottant : un nouveau défi réglementaire

Le développement des parcs éoliens flottants soulève, en lui-même, deux enjeux réglementaires nouveaux :

- les prochains parcs éoliens flottants seront situés au-delà de la mer territoriale. Dès lors, le Préfet maritime ne sera pas compétent pour y réglementer la navigation ou le mouillage (voir fiche 1);
- les flotteurs nécessitent un raccordement électrique entre éoliennes et avec le poste électrique en mer par des câbles dynamiques situés dans la colonne d'eau. Ces câbles, d'une importance stratégique pour le fonctionnement du parc et la production d'énergie, représentent un nouvel obstacle à la navigation et un risque pour la sécurité, que ce soit celle des parcs ou celle des activités maritimes.

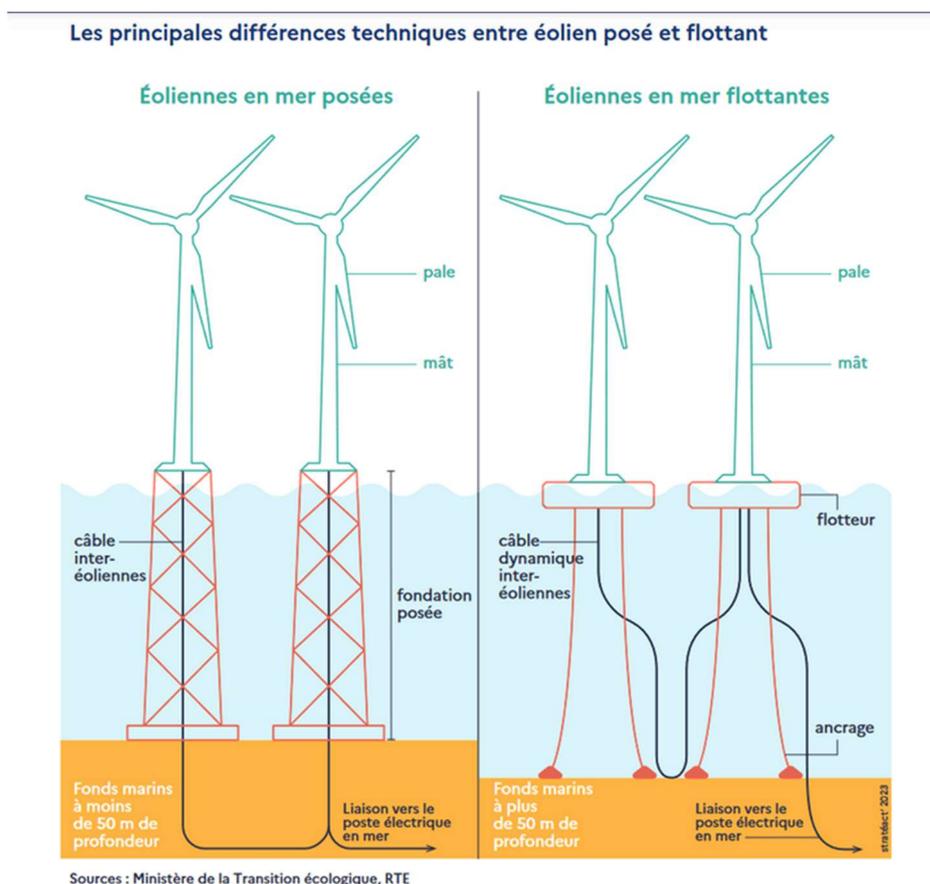


Fig. 4 : schéma des modes d'implantation et de raccordement des éoliennes

De ce fait, il n'est pas possible d'envisager une réglementation des usages dans les parcs flottants et à leurs abords qui puisse être strictement identique à celle des parcs posés. Ce travail prospectif et adapté aux spécificités techniques du flottant, engendrera nécessairement des inégalités de traitements des activités maritimes d'un parc à un autre.

Un exemple récent de cet écueil est celui des interrogations autour de l'acceptabilité des activités de pêche dans les futurs parcs flottants. Si la pêche est autorisée dans les parcs posés (sous conditions, cf. 1.3), l'immersion d'un engin de pêche dans la colonne d'eau (arts dormants et traînants confondus) présente un risque de croche nouveau en raison de la présence des câbles dynamiques inter-éoliennes. Cette situation à risque semble justifier une interdiction de pêche de principe dans le parc. Pour autant, une étude récente commandée par la région Bretagne⁵² considère que la cohabitation

⁵² Etude réalisée par un groupement composé par Meresco, Innosea, et l'Université technique du Danemark, avril 2025

de ces usages est bien possible, signe que l'arbitrage des activités maritimes spécifiques aux parcs flottants, encore en débat, reste à construire.

2.2. Procédure normative complexe à la fois parce qu'elle met aux prises de nombreux interlocuteurs et à la fois parce qu'elle peut diverger d'un territoire à un autre

Comme évoqué *infra* (1.2), l'élaboration de la réglementation des usages en mer suit une chronologie visant à prendre en compte de la manière la plus fine possible les enjeux de sécurité maritime soulevés par l'installation d'un parc. Dès lors, il est essentiel d'assurer *ab initio* la participation de l'ensemble des représentants des catégories d'activités maritimes pour garantir l'exhaustivité de l'évaluation des enjeux. Cette nécessité se confronte toutefois rapidement à deux limites :

- certains secteurs d'activités ne sont pas représentés par une structure précise, ou cette dernière souffre d'un manque de légitimité (représentativité partielle des adhérents : cas notamment des associations de plaisanciers, souvent locales ou à l'inverse, peu familières des enjeux spécifiques d'une zone) ;
- la multiplication des interlocuteurs nuit à la qualité des échanges, notamment en ce que certains représentants d'une même activité (pêche *e.g.*) ne sont pas d'accord sur les solutions proposées.

Ces contraintes se trouvent à tout niveau de la procédure d'élaboration réglementaire et se concrétisent, *in fine*, au niveau local au moment de la définition des vocations des différentes zones maritimes de la façade (DIRM, étape 2) et à celui des résultats des CNL (DDTM, sous l'autorité du Préfet maritime, étape 4), où les représentants de l'autorité maritime doivent définir les représentants légitimes des activités maritimes à associer à la concertation.

La prépondérance de ces acteurs locaux, dont les fonctionnements diffèrent souvent d'une façade à une autre implique également de potentielles disparités de mise en œuvre des procédures, et de ce fait, un besoin de coordination nationale. Ainsi, l'élaboration des réglementations des parcs de Fécamp, Saint-Brieuc et Saint-Nazaire – si elle a évidemment respecté les grandes étapes obligatoires – a été concertée différemment par les DDTM de la Manche, des Côtes d'Armor et de la Loire Atlantique⁵³.

Ces différences engendrent nécessairement un manque de lisibilité du parcours réglementaire pour les usagers et le porteur de projet et par là même, une certaine insécurité juridique. Or les textes d'orientations nationales publiés à ce jour⁵⁴, ne répondent que partiellement à ce besoin de coordination et de stabilisation des procédures d'un territoire à un autre : si la typologie des risques à prendre en compte et les mesures correctives à leur associer par les préfets maritimes sont assez détaillées, aucun cadre précis n'est posé sur les modalités impératives de concertation des usagers par les DDTM (acteurs invités, périodicité des réunions, objectifs des concertations, etc.).

2.3. Arbitrage entre soutien politique et cohérence de la réglementation tant dans le parc qu'entre les parcs

De surcroît, les spécificités des territoires littoraux font qu'un type d'activité maritime dispose d'un poids politique ou économique plus ou moins important d'un département à un autre⁵⁵. Au titre de l'acceptabilité sociale des parcs, l'autorité maritime peut ainsi être amenée – dans le cadre des concertations locales qu'elle mène – à privilégier certains usages plutôt que d'autres ou à déroger ponctuellement à certains impératifs de sécurité maritime.

⁵³ Comme présenté lors du webinaire "éolien en mer" de la DGEC du 20 novembre 2024 : le nombre et les thématiques des groupes de travail et de concertation préalables aux CNL diffèrent largement d'un département à un autre.

⁵⁴ Corpus composé par les textes mentionnés *infra* : la lettre cadre n°1703/SGMER du 20 octobre 2013, la note du 5 février 2015 relative à la consultation des commissions nautiques, la note technique du 11 juillet 2016 relative aux mesures de sécurité maritime et la note technique du 28 juillet 2017 relative à l'organisation des usages maritimes et leur sécurité

⁵⁵ Voir en ce sens l'étude réalisée par l'Insee : "L'économie maritime : des activités diverses et localisées", *in* Insee Première n°1573, 03 novembre 2015, ou le rapport annuel sur l'économie bleue publié par le Cluster maritime français

Les évolutions réglementaires autour de l'emport de l'AIS dans le parc de Saint-Nazaire constituent une illustration de ces écarts de réglementation : à la différence des parcs de Fécamp et de Saint-Brieuc, l'AIS n'est désormais obligatoire pour les navires de moins de 15m qu'en cas de mauvaise visibilité (dont nuit) ou mauvaises conditions météorologiques, bien que le Secrétaire général de la mer avait identifié en 2013, dans sa lettre cadre sur la sécurité maritime dans les parcs éoliens, l'activation d'un AIS comme une règle obligatoire de navigation dans les parcs⁵⁶.

Si la mise en œuvre de cette mesure n'emporte pas fondamentalement de conséquences directes sur la sécurité maritime du parc de Saint-Nazaire (seules les petites unités de moins de 15m sont concernées dans des conditions où la navigation n'est pas dangereuse), cette dernière opère toutefois une différence notable de traitement des activités maritimes.

3. Recommandation

Recommandation : l'importance stratégique des parcs éoliens et le niveau des investissements financiers consentis nécessitent désormais une meilleure organisation de l'Etat sur ces dossiers.

Aussi, il serait souhaitable que le SG Mer propose modèle d'arrêté cadre – à choix multiples – dont pourrait s'inspirer l'autorité maritime pour réglementer les usages dans les parcs afin d'éviter des interprétations qui pourraient devenir des sources de fragilité juridique pour les points critiques ; tout en conservant une indispensable faculté d'interprétation locale pour les autres sujets.

Par ailleurs, l'identification de la direction interrégionale de la mer (MICO) comme porte d'entrée unique de l'Etat pour chaque façade maritime au profit des lauréats des appels d'offre et des usagers de chaque parc éolien constituerait une avancée importante.

Enfin, une meilleure définition des règles et de l'objet des étapes de concertations locales apporterait une meilleure compréhension de la procédure d'encadrement des activités maritimes, pour les usagers et pour les porteurs de projet (lauréats, RTE, maîtres d'œuvre).

Les enjeux soulevés ci-dessus posent des difficultés en raison des incertitudes pesant sur les usages maritimes finaux pour :

- le lauréat de l'appel d'offre, qui ne peut anticiper précisément les règles de navigation qui lui seront appliquées dans le parc éolien et les adapter dans son modèle prévisionnel et sa réponse au cahier des charges, a une mauvaise maîtrise des coûts opérationnels à mettre en œuvre ;
- les usagers de la mer qui, au moment de la concertation relative au principe même d'installation d'un parc en mer (DSF, carte des vocations, étape 2) ne sont pas en mesure de connaître les conséquences pratiques du parc sur leurs activités ;
- l'autorité maritime et les services de l'Etat, qui ne bénéficient pas d'un cadre stabilisé pour définir et adapter les mesures d'encadrement de la navigation.

Dans ce contexte, et dans l'objectif de pallier au mieux ces lacunes sans remettre en question le principe d'une adaptation des règles de navigation aux spécificités de chacun des parcs, trois propositions peuvent être formulées :

- définir un référentiel-cadre de la réglementation des usages dans les parcs ;
- identifier une porte d'entrée unique sur la façade maritime ;
- préciser le cadre des concertations sur la sécurité maritime.

3.1. Définir un référentiel national sur la réglementation des usages

⁵⁶ Annexe 4 de la lettre cadre n°1703/SGMER du 20 octobre 2013

Si le projet de décret d'application (en cours de consultation du public) de l'article 63 de la loi APER⁵⁷ a pour objectif de préciser le statut juridique des installations et ouvrage flottants – dans lequel s'inscrivent les parcs éoliens flottants – il n'a pas vocation à définir un cadre harmonisé pour l'encadrement des usages dans et à proximité des parcs éoliens, lesquels sont réglementés par le Préfet maritime.

Pour disposer d'un cadre de travail, ce dernier s'appuie donc sur la lettre cadre du Secrétaire général de la mer de 2013 ainsi que les notes techniques du directeur des affaires maritimes de 2016 et 2017 qui précisent les risques pour la sécurité maritime issus de la création des parcs et les mesures d'encadrement qui peuvent y être associés. Pour autant, ces documents présentent aujourd'hui les inconvénients suivants :

- rédigés avant l'émergence des premiers parcs commerciaux, ils ne prennent pas en compte les retours d'expérience de la mise en œuvre des réglementations depuis 2022.
- de même, ils n'opèrent pas la distinction entre éolien posé et éolien flottant. Or, les risques présentés par chacune de ces deux technologies diffèrent fortement.

Dans cette perspective, il serait souhaitable d'agrèger l'ensemble des données aujourd'hui disponibles pour rédiger un **modèle d'arrêté cadre** – à choix multiples – dont pourrait s'inspirer l'autorité maritime pour réglementer les usages dans les parcs. Ce document pourrait être rédigé par le Secrétariat général de la mer.

- La première clef d'entrée de ce document serait liée à la technologie d'implantation des éoliennes, posées ou flottantes.
- Chaque règle de navigation serait pré-rédigée et le choix d'une option ou d'une autre justifié par une analyse de risques matricielle qui recommanderait, en fonction des spécificités locales du parc l'adoption d'une règle particulière.

Ce document, outre la simplification du travail des services de l'Etat qu'il engendrerait, présenterait également l'avantage d'harmoniser au niveau national les arrêtés de réglementation des usages dans les parcs – si ce n'est sur le fond – au moins sur la forme.

3.2. Identifier une porte d'entrée unique de l'Etat sur la façade maritime pour les lauréats des appels d'offre et les usagers de chaque parc éolien sur les questions relatives à la réglementation des usages maritimes dans les parcs

Les étapes de concertation font aujourd'hui intervenir différents services de l'Etat, sous la responsabilité de plusieurs ministères. Aux fins de simplifier la compréhension du dispositif par les acteurs du privé (usagers et lauréats), il est ici proposé d'identifier un seul point de contact du public pour ne pas multiplier les interlocuteurs et les potentielles pertes d'information qui pourraient en découler, sans pour autant ôter les prérogatives de chacun des services instructeurs.

Compte tenu des différentes étapes actuelles et dans l'objectif de définir un acteur de proximité en prise avec les enjeux locaux des parcs, cette porte d'entrée pourrait être celle de direction interrégionale de la mer (mission de coordination - MICO) de la façade concernée. Cette solution s'appuie sur quatre constats relatifs à l'organisation actuelle des services de l'Etat :

- dans le cadre du DSF, la MICO réalise déjà un **travail de concertation soumis au débat public**. La DIRM est un acteur identifié en amont par les usagers, dès l'étape de la définition des vocations des zones maritimes de la façade où l'acceptabilité sociale des parcs est débattue ;

⁵⁷ Loi n° 2023-175 du 10 mars 2023 relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables (APER)

- direction interrégionale, la **DIRM coordonne l'action des DDTM sur plusieurs thématiques** (pêche, environnement marin). Elle est la courroie de transmission entre les objectifs nationaux de la DGAMPA⁵⁸ et les enjeux locaux rencontrés par les DDTM dont elle doit harmoniser l'action au niveau de la façade. Un travail de coordination complémentaire sur le volet de la sécurité maritime des parcs (CNL) s'inscrirait dans la continuité de cette coordination existante ;
- la MICO peut **s'appuyer directement sur de nombreux services techniques de la DIRM (CROSS, CSN⁵⁹, Service et phares et balises), dont l'expertise est en tout état de cause nécessaire et sollicitée** par les DDTM et le Préfet maritime lors de l'élaboration de la réglementation de sécurité maritime ;
- service à compétence maritime interrégionale, la **DIRM travaille au quotidien sous l'autorité des deux préfets principalement concernés par les projets éoliens** : le préfet de région (pêche) et le préfet maritime (environnement marin), tous deux coprésidents du conseil maritime de façade. Ainsi, au-delà de la représentation de l'Etat central, la DIRM est également légitime à représenter les autorités de l'Etat déconcentré face aux usagers ;

Faire de la MICO l'interlocuteur unique des usagers sur la question de la réglementation des usages en mer permettrait ainsi de diffuser plus efficacement une information consolidée issue des différents partenaires avec lesquels la MICO travaille au quotidien.

3.3. Préciser le cadre et l'objet des concertations relatives à la sécurité maritime

Aujourd'hui, seule la note du 5 février 2015 susvisée définit les concertations nécessaires à l'adoption de la réglementation sur la sécurité maritime (étape 4 : une commission nautique locale puis une grande commission nautique). Toutefois, les orientations restent souples et les DDTM disposent d'une latitude d'action importante, parfois source de disparités.

Pour corriger cet écueil, il est proposé de **définir plus amplement les impératifs de concertation locale dans une note mise à jour** et notamment de préciser :

- *les thématiques des groupes de travail menés par la DDTM* en amont de la Commission nautique locale (CNL). Sans que ces groupes de travail ne soient aujourd'hui obligatoires, ils ont systématiquement été organisés par les DDTM, signe que ces derniers sont bien nécessaires en marge de la CNL. Il est pertinent de garantir que les mêmes thématiques soient prises en compte d'un territoire à un autre ;
- *les acteurs qui doivent nécessairement être conviés aux groupes de travail et à la CNL*. Pour pallier les problèmes de représentativité et ainsi se prémunir d'une instabilité réglementaire (problèmes nouveaux qui n'auraient pas été anticipés lors des concertations), il est essentiel que les services de l'Etat disposent d'une liste à vocation exhaustive des représentants des activités maritimes dont ils doivent recueillir l'avis ;
- *le rôle de chacun des organes de concertation*. Si l'objet de la grande commission nautique (GCN) est aujourd'hui bien défini (signalisation maritime du parc éolien), il est essentiel de bien répartir les rôles entre les groupes de travail (réflexions prospectives sur les règles à

⁵⁸ Direction générale des affaires maritimes, de la pêche et de l'aquaculture, placée sous l'autorité du ministère chargé de la mer

⁵⁹ Centres régionaux opérationnels de surveillance et de sauvetage, Centres de la sécurité des navires

adopter) et la CNL (évaluation des incidences du projet d'arrêté de réglementation des usages sur la sécurité de la navigation) ;

- *les projets connexes qui nécessitent la réunion d'une CNL, au-delà du projet de parc en lui-même.* En amont de l'installation des éoliennes, de nombreuses études (techniques, géophysiques, sédimentaires, archéologiques) doivent être menées dans la zone du parc et affectent les conditions de navigation maritime. Cette phase d'étude, suivie d'une phase travaux (installation des éoliennes et raccordement du parc à terre) nécessite l'adoption de mesures réglementaires pour assurer la sécurité maritime. A ce jour, les études et travaux ne sont toutefois pas mentionnés dans la note de 2015 et les conditions de convocation de la CNL sont laissés à la libre interprétation de la DDTM.

Mieux définir les règles et l'objet des étapes de concertations locales assurerait une meilleure compréhension de la procédure d'encadrement des activités maritimes, à la fois par les usagers et à la fois par les porteurs de projet (lauréats, RTE, maîtres d'œuvre).

Fiche 10

Les parcs éoliens en mer : un risque pour la navigation maritime à maîtriser.

La France s'est fixée des objectifs ambitieux de réduction des émissions de gaz à effet de serre et de diversification des sources énergétiques, en adéquation avec les objectifs européens. L'objectif d'atteindre la neutralité carbone en 2050 et d'augmenter la part des énergies renouvelables à 33 % dans la consommation finale d'énergie en 2030 a été inscrit dans la loi. La neutralité carbone ne peut être atteinte que par une utilisation plus importante de l'électricité. Ainsi, la Stratégie nationale bas-carbone (SNBC) publiée en 2020 prévoit une augmentation du besoin d'électricité de l'ordre de 645 TWh. Compte tenu de ces éléments, il est devenu indispensable de développer rapidement de nouveaux modes de production d'électricité. L'éolien en mer est une solution intéressante pour le pays. En effet, la France possède le deuxième gisement européen, ce qui lui permettrait de couvrir en 2050 environ un quart de ses besoins en électricité. C'est donc logiquement que la France a intensifié le développement des parcs en mer.

Ce développement pose cependant de nouveaux défis au secteur maritime, car il entraîne l'utilisation de vastes espaces le long des côtes françaises, dans des zones où coexistent déjà des activités maritimes. L'implantation de parc augmente les risques de conflit d'usage et trois accidents récents (collision du *Petra L.* avec une éolienne d'un champ allemand en 2023 et du navire *Julietta D.* au sein d'un champ néerlandais, collision du navire de pêche *Lola Julia* au sein du parc en construction de Saint-Nazaire) l'ont montré.

En tant que garant de la sécurité maritime dans sa zone de compétence, le Préfet maritime doit être en mesure d'évaluer l'impact de ces parcs sur la sécurité maritime afin de recommander, imposer ou mettre en place des mesures de réduction de ces risques. Il est donc nécessaire d'évaluer plus finement les impacts du développement des parcs *offshores* sur la sécurité maritime afin d'adapter les moyens de limitation du risque.

1. Quels sont les risques identifiés pour la navigation lors de l'implantation des éoliennes en mer ?

1.1. De nouvelles installations en mer représentant des contraintes pour les acteurs maritimes traditionnels

Le transport maritime réalise aujourd'hui près de 80 % du commerce international. Bien que son activité dépende fortement de la conjoncture économique mondiale et des relations géopolitiques, les tendances actuelles indiquent une hausse continue des échanges par voie maritime, accompagnée d'un accroissement progressif du tonnage des navires. Dans ce contexte, l'implantation croissante de parcs éoliens en mer réduit l'espace disponible pour la navigation, augmentant ainsi le risque de collisions du fait d'une concentration accrue du trafic maritime dans des zones restreintes.

Cette occupation de l'espace marin par les éoliennes soulève également des enjeux majeurs pour la filière de la pêche. Les zones traditionnellement exploitées par les pêcheurs peuvent se retrouver partiellement ou totalement inaccessibles, provoquant une réduction des espaces disponibles pour cette activité. Afin de limiter cet impact, certains parcs éoliens seront accessibles à certaines activités de pêche (principalement celles des arts dormants). Mais cette position française accroît le risque d'interférence avec les éoliennes qu'il convient de maîtriser.

1.2. L'impact sur les radars et les systèmes de communication.

Outre l'obstacle physique que représente un champ éolien, il faut aussi prendre en considération l'impact potentiel des installations sur les instruments de navigation maritime.

Concernant les radars, plusieurs études ont mis en évidence un effet miroir produit par les structures des éoliennes. Celui-ci peut générer des faux échos, entraînant une lecture confuse du plan d'eau, en particulier pour les petites cibles, qui deviennent alors plus difficiles à détecter. Ce phénomène est amplifié par les conditions météorologiques dégradées. En effet, les retours de pluie ou de mer s'ajoutent aux interférences causées par les éoliennes. Il est généralement recommandé de maintenir une distance minimale de 1,5 mille nautique autour des éoliennes pour limiter leur influence sur les radars.

Le champ éolien peut également perturber le système d'identification automatique (AIS). En plus du masquage radar, les éoliennes peuvent faire obstacle à la réception du signal GPS, compromettant ainsi la précision de la localisation transmise par le système AIS. Ce brouillage peut affecter la navigation autonome et la sécurité maritime.

Par ailleurs, les communications VHF peuvent elles aussi être altérées par la présence des éoliennes, rendant plus difficile l'échange d'informations entre navires ou entre un navire et la côte.

Ces perturbations techniques ne se limitent pas aux navires : elles concernent également les stations radar ou de communication terrestres, qui peuvent subir les mêmes effets de masquage, de réflexion ou d'atténuation des signaux.

2. La gestion de l'incident sur site : quelles mesures pour éviter le sur-accident ?

La concurrence pour l'espace maritime se manifeste également lors de la gestion d'un accident survenant dans ou à proximité d'un champ éolien en mer. En effet, ce type d'intervention présente de nombreuses contraintes pour les moyens de secours, qu'ils soient maritimes ou aériens. La **densité des éoliennes**, leur **hauteur imposante** et leur **disposition régulière mais resserrée** rendent la navigation difficile pour les navires de sauvetage, surtout en cas de **mer agitée** ou de **visibilité réduite**.

Dans le domaine aérien, les **hélicoptères de sauvetage** doivent faire face aux **risques liés aux pales en mouvement** ainsi qu'aux **turbulences aérodynamiques** générées par les machines, rendant les manœuvres d'approche et de treuillage particulièrement délicates. À ces obstacles physiques s'ajoutent les **perturbations sur les systèmes de navigation et de communication** – radar, AIS et GPS – déjà mentionnées.

Dans ce contexte, toute opération de secours au sein d'un parc éolien *offshore* nécessite une **planification rigoureuse**, des **équipements spécifiques**, une **formation adaptée** des équipes d'intervention et des mises en situations sur sites régulières.

3. Comment les risques pour la navigation sont-ils évalués et pris en compte en France ? Cette prise en compte est-elle suffisante ?

La prise en compte des risques pour la navigation maritime à proximité des de parcs éoliens repose d'abord sur une planification rigoureuse de cette activité afin, dans un premier temps, d'éviter des implantations dans des secteurs sensibles pour la navigation maritime et, dans un second temps, d'envisager une réorganisation du trafic maritime.

3.1. La nécessaire planification concertée du développement des champs éoliens en mer.

La loi d'accélération et de simplification de l'action publique (ASAP) de 2020 a introduit la possibilité d'organiser des débats publics portant sur plusieurs projets éoliens en mer situés sur une même façade maritime. Cette dynamique a été renforcée par la loi d'accélération de la production d'énergies renouvelables (APER) de 2023, qui permet désormais de mutualiser les débats publics relatifs à l'éolien en mer avec ceux concernant les documents stratégiques de façade (DSF), outils clés de la planification maritime. Dans ce cadre, la Commission nationale du débat public (CNDP) a organisé, de novembre 2023 à avril 2024, quatre débats publics simultanés – un pour chaque façade maritime française métropolitaine – sur la planification maritime intégrée, incluant le développement de l'éolien *offshore*. L'objectif était de concilier, sur chaque façade, la poursuite des activités maritimes existantes avec l'implantation de nouvelles activités, notamment les parcs éoliens en mer.

Chaque débat s'est appuyé sur une méthodologie commune : un dossier présenté par le maître d'ouvrage, enrichi d'un ensemble de données sur les usages maritimes et les caractéristiques environnementales propres à la façade concernée. Cette démarche a permis un dialogue approfondi avec les parties prenantes, visant à croiser les activités humaines en mer avec les zones à fort potentiel de production éolienne. Certaines zones identifiées ont ainsi pu être exclues des zones de développement pour des raisons tenant aux activités déjà présentes sur la zone. Par exemple, aucun parc ne pourra s'installer à l'intérieur du dispositif de séparation du trafic (DST) du Pas-de-Calais, pour des raisons évidentes. Les échanges ont abouti à l'élaboration de deux cartographies prospectives : l'une identifiant des zones prioritaires de déploiement à l'horizon de 10 ans, l'autre proposant une vision à plus long terme (50 ans). C'est à l'occasion de ces débats que les impacts de l'éolien en mer sur la navigation maritime ont été abordés, discutés et intégrés dans la définition des zones de développement prioritaires.

A la suite de ce travail de planification, un deuxième travail s'engage autour d'une réorganisation du trafic maritime pour préserver la sécurité de la navigation à proximité des futurs parcs éoliens. Cette réorganisation repose sur un ensemble de règles qui font actuellement consensus à l'international tout en laissant la place à des adaptations spécifiques en fonction des configurations locales.

3.2. La mise en place de zones de sécurité autour du parc éolien.

La Convention des Nations Unies sur le droit de la mer permet aux Etats d'établir des zones de sécurité autour des installations en mer. En l'absence de réglementation spécifique de l'OMI, ces zones peuvent s'étendre jusqu'à 500 mètres dans la zone économique exclusive (ZEE), autour de chaque éolienne considérée alors comme une île artificielle... Leur application peut varier selon le type et la taille des navires, afin de permettre certaines activités tout en garantissant la sécurité. En Europe, lorsqu'une telle zone est mise en place, la navigation des navires de plus de 300 UMS y est généralement interdite.

Au-delà de ces zones d'exclusion, l'installation d'un parc éolien nécessite également la définition d'une distance de sécurité par rapport aux voies de navigation, afin de tenir compte de l'espace requis pour les manœuvres des navires. Trois situations doivent être considérées : l'arrêt classique, l'arrêt d'urgence et la giration.

- l'arrêt classique se fait par réduction progressive de la puissance moteur jusqu'à l'immobilisation du navire ;
- l'arrêt d'urgence consiste à mettre les machines en arrière toute ; selon les caractéristiques du navire, la distance nécessaire peut atteindre jusqu'à 15 fois sa longueur ;
- la giration, qui permet au navire de se dérober en tournant à 90°, requiert une distance moindre : l'avance est d'environ 4,5 fois la longueur du navire, et le rayon de giration

d'environ 5 fois cette même longueur. Lorsque cette manœuvre est impossible, la navigation en zigzag tout en manœuvrant les machines peut être envisagée.

Ces éléments soulignent l'importance de prévoir un espace suffisant autour des parcs éoliens proches des routes maritimes. Il est essentiel de garantir qu'en cas de panne ou d'incident, un navire ne dérive pas trop rapidement vers un champ d'éoliennes, laissant ainsi le temps nécessaire à l'intervention des navires de secours.

4. Recommandation

Pour prévenir les principaux risques maritimes, les premiers parcs éoliens français font déjà l'objet d'une réglementation maritime adoptée par les préfets maritimes qui ont le pouvoir de réglementer la navigation maritime dans les parcs éoliens et à leurs abords, à condition que les installations soient dans la mer territoriale. C'est à ce titre que la navigation maritime des grands navires (plus de 25 mètres) y est interdite, que la vitesse y est limitée et que certaines activités nautiques y sont proscrites. Néanmoins, la navigation maritime transitant à proximité peut représenter des risques pour la sécurité maritime et pour les installations du parc éolien. Ce sont pour ces raisons que des mesures complémentaires peuvent être adoptées pour réduire les risques d'accidents.

Recommandation : même si les parcs éoliens *offshore* peuvent présenter des risques pour la navigation maritime, il est important de souligner qu'il existe des moyens techniques et organisationnels pour éviter les accidents et intervenir efficacement en cas de problème. La mise en place de routes maritimes et de dispositifs d'arrêt des navires, l'implantation de technologies de détection avancées, telles que les radars maritimes et les systèmes de surveillance en temps réel, permet de mieux anticiper les collisions et d'adapter les routes maritimes en conséquence. En parallèle, une coordination étroite entre les autorités maritimes, les exploitants des parcs éoliens et les acteurs de la navigation garantit une gestion proactive des risques. En somme, avec une évaluation continue des risques et des mesures de prévention bien établies, les éoliennes en mer peuvent être intégrées en toute sécurité dans les espaces maritimes tout en préservant la sécurité des navires et des marins.

4.1. Les mesures de sécurisation du trafic maritime passant à proximité des parcs éoliens *offshore*

Les *fairways*, routes recommandées pour la navigation : En cas de multitude de sites *offshore* dans une même zone, il peut être opportun de mettre en place des recommandations de navigation afin d'orienter le trafic vers des zones libres de navigation. Aux Etats-Unis, et plus particulièrement dans le golfe du Mexique et en Californie où le trafic est particulièrement dense et les plateformes *offshores* nombreuses, des « *fairways* » ont été instaurées. Il s'agit de routes de navigation recommandées pour s'affranchir de tout risque de collision. Il est à noter que l'OMI a déjà adopté une résolution depuis 1977, AX.379(X) imposant aux Etats côtiers ayant des installations *offshore*, d'instaurer des zones de sécurité et des routes maritimes autour de ces installations⁶⁰ - cf [source](#) [2]

⁶⁰ [source](#) [2] : Résolution A.379 adopté le 14 novembre 1977 établissant une zone de sécurité et des systèmes de routage à proximité des zone d'exploration *offshores*.

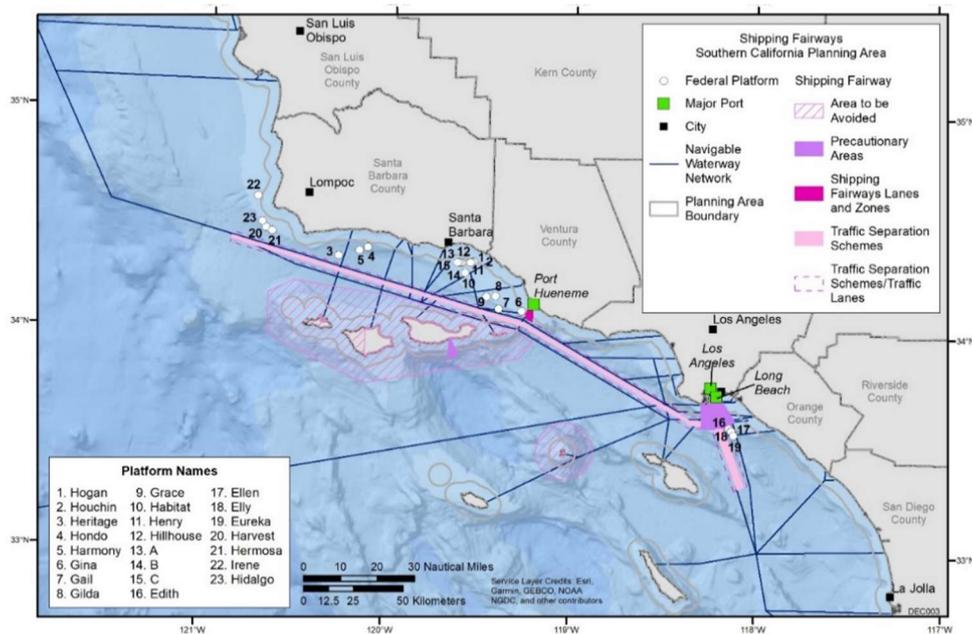


FIGURE E-1 Shipping Fairways, Safety Designations, and Major Ports on the Southern California POCS.

FIGURE 1 PEIS FOR OIL & GAS DECOMMISSIONING ACTIVITIES ON THE POCS SOURCE [3]

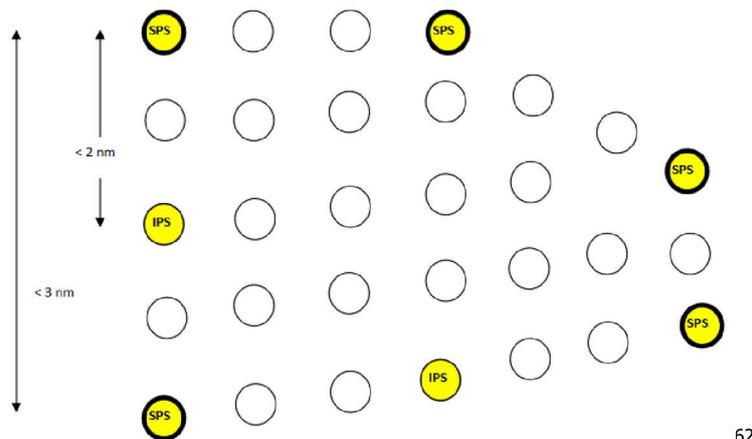
Dans le golfe du Mexique, où sont déjà implantées de nombreuses plateformes pétrolières, la création de parcs éoliens fait l'objet d'études de type « *PARS – Port Access Route Study* » afin de permettre une analyse précise des facteurs pouvant engendrer des risques sur la sécurité maritime de la zone. Cette étude prend en compte la hausse de la fréquentation maritime, les changements induits des routes de navigation, les conditions météorologiques de la zone, la complexité de l'environnement de la zone de navigation, les responsabilités de l'Etat et celles de l'opérateur. Les résultats de cette étude permettent de déterminer les mesures supplémentaires à adopter en termes de réglementations maritimes⁶¹.

Les routes obligatoires : une autre mesure de routage des navires est possible avec l'établissement par l'Organisation maritime internationale (OMI) d'un dispositif de séparation de trafic (DST) dans les zones à risques situées à proximité des parcs éoliens. La différence avec le *Fairway* tient au fait que la route maritime devient obligatoire, à partir du moment où le dispositif a été adopté et a été mis en œuvre conformément aux directives de l'OMI, seule institution internationale compétente pour réglementer la haute mer (dont fait partie la ZEE au titre de la navigation maritime).

Le balisage renforcé du champ éolien : la mesure la plus facile à mettre en œuvre et la plus efficace consiste à établir un balisage adapté des champs éoliens. L'Autorité internationale de la signalisation maritime (AISM) a mis à jour récemment ses recommandations dans ce domaine. Elles prévoient que la base de l'éolienne soit peinte en jaune du niveau de la plus haute mer jusqu'à 15 mètres au-dessus de ce niveau. Les éoliennes aux coins du champ sont munies d'un feu de navigation maritime. Les feux sont jaunes, synchronisés entre eux avec un des rythmes de la marque spéciale. La portée du feu doit être supérieure à 5 milles.

Il est aussi possible d'équiper le champ d'un transpondeur AIS pour une meilleure détection et d'alerte collision comme la plupart des marques de balisage (phares, balises, bouées).

⁶¹ [Source \[3\]](https://www.boem.gov/sites/default/files/documents/renewable-energy/state-activities/USCG-GOM.pdf) : Présentation de l'étude précédant la création d'un parc éolien dans le Golfe du Mexique : <https://www.boem.gov/sites/default/files/documents/renewable-energy/state-activities/USCG-GOM.pdf>



62

FIGURE 2: BALISAGE DES CHAMPS ÉOLIENS EN MER

L'implantation d'un système de récupération de cargo à la dérive : les avaries de propulsion ou de barre des navires sont des risques bien réels en mer et sont souvent sans conséquence. Mais, à proximité de la côte, ou d'un champ éolien, ce type d'avarie représente un risque majeur d'échouement ou de collision. Cela a été le cas du vraquier Julietta D, navire de 190 mètres de long sous pavillon maltais qui, le 31 janvier 2022, avait rompu son ancrage alors qu'il se trouvait au mouillage d'Ijmuiden, aux Pays-Bas. Sa dérive l'avait alors amené vers le jusqu'au parc éolien de *Hollandse kust zuid* où il a percuté le jacket de la sous-station électrique et une fondation monopieux d'éolienne. Si les dégâts sur le jacket ont été mineurs, le monopieu a lui été bien plus endommagé⁶³.

Ce sont pour ces raisons que des solutions innovantes sont à l'étude, telles que des chaînes installées au fond de l'eau à l'extérieur du champ, qui stopperaient un cargo ou grâce à des filets empêchant l'entrée dans un parc d'un grand navire. Trois modèles sont actuellement en cours de test avec des résultats, pour le moment, prometteurs.

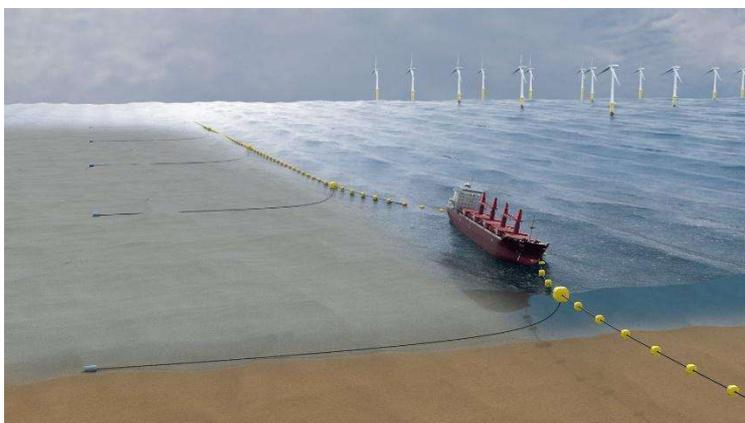


FIGURE 3: CHÂÎNE FLOTTANTE POUR PROTÉGER LES PARCS EN MER

L'utilisation de Radar *Early Warning Systems (REWS)* : aujourd'hui, pour prévenir d'éventuelles collisions, les plateformes pétrolières sont équipées de radars intelligents. Ces *Radar Early Warning Systems (REWS)* sont des systèmes autonomes qui sont utilisés pour détecter et traquer tous les navires sous la surveillance constante d'un opérateur. En cas de détection de conflit potentiel, une alarme est déclenchée suffisamment tôt pour prendre les

⁶² Source : IALA Guideline G1162

⁶³ <https://lemarin.ouest-france.fr/energie/energies-marines/la-fondation-deolienne-endommagee-par-le-julietta-d-sera-retiree-12c1cb4e-7054-4680-88c0-9ba1487053ed>

actions nécessaires et ainsi éviter la collision. L'adéquation de ce type de système pour les champs éoliens reste à démontrer en raison des ombres générées par les mâts et pales⁶⁴ –

Toutefois, en mer du Nord, les champs éoliens côtoient les plateformes pétrolières équipées de ce type de système. Lors de la mise en place du champ éolien Mona, l'impact a été évalué de manière individuelle et cumulative, et les conclusions indiquent que le risque de perturbations est négligeable ou facilement contournable⁶⁵ – Vigie reposant sur l'intelligence artificielle (IA) les sites.

Pour assurer la surveillance en surface, des recherches sont en cours pour développer des solutions reposant sur de l'IA qui permettrait de détecter, d'identifier et d'éviter automatiquement les obstacles afin de réduire les risques de collision. Ces systèmes d'IA permettraient d'émettre des alarmes sonores ou visuelles en temps réel pour avertir le navire en danger et envoyer l'information au CROSS pour le post-traitement de l'infraction ou déclencher les opérations de sauvetage. Un exemple de ce type de technologie réside dans le système *Sea.AI* développé à la base pour les courses de voile en classe IMOCA afin d'éviter des collisions en course⁶⁶.

4.2 Les mesures préventives pour limiter le risque de masquage radar et de systèmes de navigation

Le blocage de la portée radar se complique quand un groupe d'éoliennes se trouve dans le faisceau d'un radar. La distance de blocage total et partiel change avec la distribution et le nombre d'éoliennes. Par exemple, la surface équivalente radar est bien différente si les éoliennes se suivent le long d'un axe radial par rapport au radar ou si elles sont placées à intervalles réguliers en azimut et en portée. Selon des études de Météo-France et d'autres organismes, l'effet est notable au moins jusqu'à 30 km de portée.

Pour le radar, les signaux d'échos provenant d'objets fixes et d'un objet en mouvement sont différents grâce à l'analyse du décalage Doppler. Ainsi, les échos de cibles fixes (bâtiments, arbres, collines, etc.) peuvent être éliminés de l'écran par un traitement par paires d'impulsions, puisqu'ils ont une vitesse nulle. Ce n'est cependant pas le cas des éoliennes lorsque leurs pâles tournent et donnent un décalage Doppler. Il s'agit d'une situation très semblable à celle du signal d'un hélicoptère en vol stationnaire.

Il est donc nécessaire de trouver des solutions permettant de limiter l'influence sur la portée des radars : fausse alarme, masque, brouillade du VOR⁶⁷. Techniquement, plusieurs solutions sont possibles :

optimisation de la technologie radar : L'une des techniques consiste dans la diminution du temps de détermination d'une fausse alarme potentielle. La firme *d'ingénierie Cambridge Consultants* a développé une méthode qui interroge dix fois par seconde les données en temps réel (au lieu d'une fois toutes les 4 secondes) et, par conséquent, reconnaît clairement que la cible est un parc éolien ;

⁶⁴ <https://www.icheme.org/media/16959/hazards-28-paper-53.pdf>

⁶⁵ https://infrastructure.planninginspectorate.gov.uk/wp-content/ipc/uploads/projects/EN010137/EN010137-000423-F6.10.1_Mona_ES_Radar%20Early%20Warning%20Systems%20and%20Microwave%20Communication%20Links%20Technical%20Report.pdf

⁶⁶ <https://www.yacht.de/fr/securite/anti-collision-navigation-securisee-avec-vigie-par-ia/>

⁶⁷ <https://www.radartutorial.eu/18.explanations/ex56.fr.html>

L'amélioration du *design* des pales d'éolienne : d'autres travaux cherchent à utiliser la technologie de la furtivité pour réduire la surface équivalente radar des pales d'éoliennes afin de limiter les effets de masquage. Outre le fait que cette technologie soit très coûteuse, elle dépend malheureusement d'une plage de fréquences très spécifique et se révèle donc peu efficace avec les vitesses variables de rotation des pales, donnant une large gamme au décalage Doppler. De plus, il ne faut pas rendre l'éolienne totalement invisible au radar car cela risquerait d'augmenter la probabilité de collision avec des avions par mauvais temps ; le radar de navigation ne peut pas repérer l'obstacle. Pour pallier cet inconvénient, ces éoliennes furtives pourraient être munies d'un réflecteur en coin destiné au radar de l'avion mais dont l'écho constant pourrait être supprimé sur le radar de surveillance au sol⁶⁸.

4.3. Les mesures d'intervention en cas d'incident ou d'accident.

Les mesures citées ci-dessus ont vocation à éviter la réalisation du risque. Si, malgré tout, un accident a lieu, les moyens d'intervention sont alors déclenchés. Ils sont composés de toutes les unités à la mer et aériennes qui peuvent porter secours en urgence. Les capacités d'intervention, la répartition sur le territoire sont à prendre en compte avec beaucoup de précision pour limiter le temps d'intervention.

Dans la plupart des pays européens, on recourt à l'utilisation de telles unités, soit en régie directe, soit par l'affrètement de navires spécialisés. Comme évoqué précédemment, la France dispose de quatre remorqueurs de haute mer, affrétés par le ministère des Armées dans le cadre de l'action de l'Etat en mer, appelés Remorqueurs d'Assistance et de Sauvetage (RIAS). Ces navires, basés à Toulon, Brest, Cherbourg et Boulogne-sur-Mer, sont parmi les plus puissants du monde. Ce dispositif est complété par quatre navires de soutien, d'assistance et de dépollution (BSAD), stationnés à Brest et Toulon, qui sont mis à la disposition des préfetures maritimes 24 heures sur 24. Leur mission principale est le remorquage des navires en difficulté et la gestion des risques environnementaux. Si ces mesures sont extrêmement efficaces pour la réduction des risques, elles sont néanmoins onéreuses : la mise à disposition des deux derniers RIAS, l'Abeille Méditerranée et l'Abeille Normandie, représente un coût de 120 millions d'euros pour une période de 10 ans. Le dispositif allemand est un peu différent car il repose sur 4 navires appartenant à l'agence fédérale et 4 navires affrétés dans le secteur privé. Le Royaume-Uni a fait un choix différent en septembre 2011. Suite à une évaluation des dépenses publiques, il n'y a plus de remorqueur affrété par l'Etat et tout repose sur l'initiative privée, qui a été jugée suffisante.

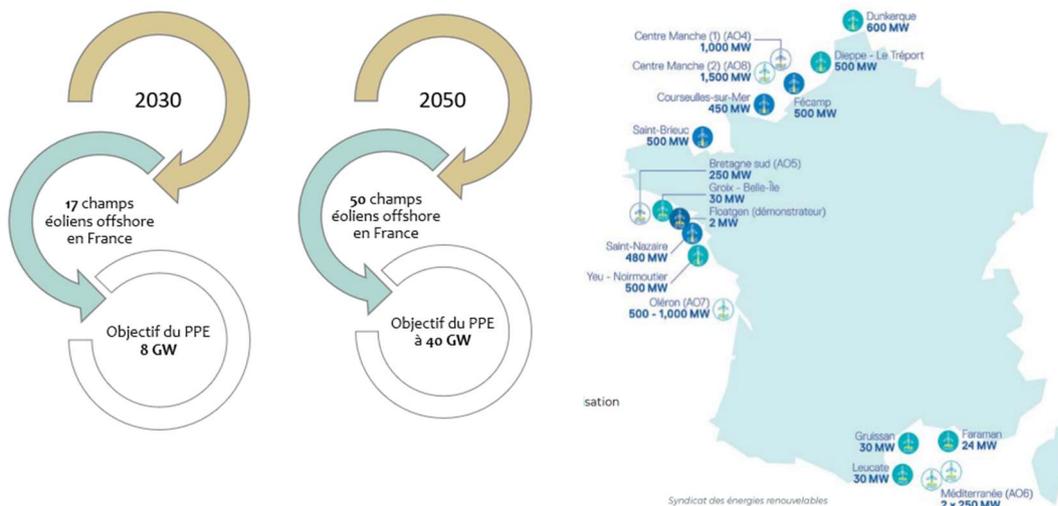
Face à l'augmentation des installations de champs éoliens en mer, une réflexion sur le financement de ce dispositif devient donc indispensable. Plusieurs pistes pourraient être explorées, telles que la contribution financière des opérateurs d'énergies marines au maintien en condition opérationnelle de la flotte de secours, ou encore l'augmentation du nombre de navires dédiés aux missions de sauvetage en mer, avec une possibilité d'affrètement par l'AESM (Agence Européenne de la Sécurité Maritime).

⁶⁸http://energie.lexpansion.com/energies-renouvelables/des-eoliennes-furtives-pour-ne-pas-perturber-les-radars_a-33-8133.html

Fiche n°11

L'emploi du vecteur aérien en soutien de l'éolien *offshore*

La Programmation Pluriannuelle d'Énergie PPE2 dessine la trajectoire énergétique d'une France devant se doter d'ici 2030 de 17 parcs d'éoliennes en mer avec pour objectif d'atteindre 8 GW. Dans la continuité, la France aura à horizon 2050, 50 champs d'éoliennes en mer soit en valeur environ 100 Milliards d'€.



À l'aube d'une croissance sans équivalent dans la production d'énergie maritime renouvelable, les acteurs du marché de l'éolien en mer se heurtent à cinq défis majeurs :

- 1. le défi technique** : des turbines plus grandes, plus complexes car flottantes et donc plus fragiles, qui s'éloignent des côtes et nécessitent de nouvelles solutions logistiques ;
- 2. le défi économique** : L'augmentation de la pression des coûts oblige à élever le facteur de charge (*rapport entre l'énergie produite sur une période et la capacité de production maximale sur la même période*) par le maintien d'une accessibilité permanente aux sites de production ;
- 3. le défi de la sécurité** : l'industrie de l'éolien *offshore* souffre encore d'un trop grand nombre d'incidents et d'accidents. Les capacités de l'Etat à couvrir les risques endogènes et exogènes ne seront pas suffisantes à terme ;
- 4. le défi des ressources humaines** : le personnel aéronautique et maritime qualifié est rare alors que les besoins vont augmenter et le spectre des missions s'étendre ;
- 5. le défi climatique** : les acteurs fixent des objectifs ambitieux en matière d'émissions de gaz à effet de serre. Pour garder sa cohérence, la filière doit produire de l'énergie verte avec des moyens décarbonés.

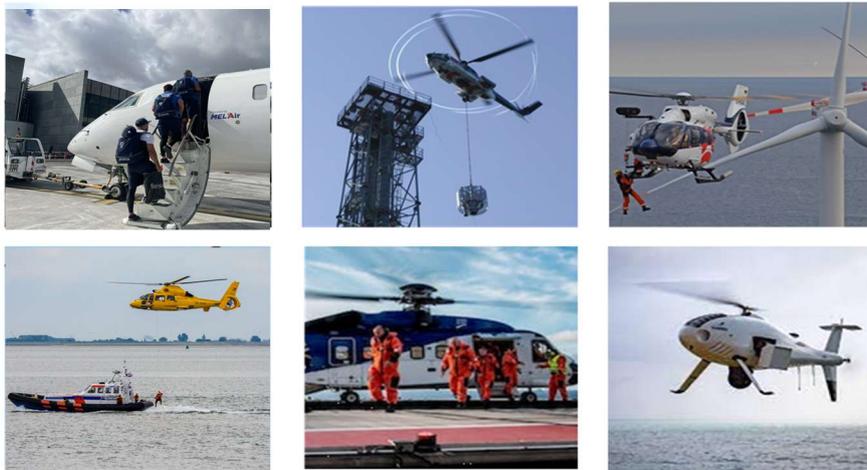
Pour obtenir l'acceptabilité par les usagers de la mer de ces unités de production dont le nombre et la taille vont croître, la planification spatiale maritime tend vers un éloignement des côtes de ces infrastructures. Cette distance en mer oblige les industriels à repenser leur organisation logistique. Dès lors, l'emploi des moyens aériens et plus particulièrement des hélicoptères devient un enjeu stratégique.

Éolien offshore

Évolution de la taille et de la puissance des nouvelles unités de production



Néanmoins, le transport aérien public est un monde complexe et fortement réglementé. Un environnement qui nécessite une compréhension précise de la réglementation, des obligations et des limitations d'emplois. Le cadre d'utilisation de ces vecteurs aériens en mer doit être planifié par les services de l'Etat au travers de directives précises définies dès la phase des appels d'offres (A.O.) pour les parcs éoliens *offshore*.



1. Retour d'expérience des opérations de soutien aérien en mer.

C'est à partir de 1957 que *Bristow helicopter* (UK) commence à réaliser des transferts de personnel au profit de la prospection pétrolière. Depuis, le secteur du soutien aérien aux activités *offshore* réalise un chiffre de 1,25 millions d'heures de vol par an sur le marché mondial. Une analyse rapide de l'architecture des missions réalisées pour l'exploitation de l'«*oil and gaz*» en mer révèle une activité quasi exclusive de transfert de personnel. Celles-ci représentent 95 % des opérations réalisées. Seules deux exceptions apparaissent avec une demande de couverture SAR (recherche & sauvetage) sur une partie éloignée de la mer du Nord et quelques cas particuliers de levage de charges lourdes afin de changer les torchères sur des plateformes pétrolières.

Pour sa part, le marché de l'éolien en mer requiert une approche bien plus diversifiée. La typologie des missions est très proche de celle acquise par la composante «aéronautique navale» de la Marine Nationale pour satisfaire les besoins des phases de construction puis d'exploitation sur un champ éolien en mer regroupant les mêmes caractéristiques de diversités.



Historiquement, la France ne dispose pas d'expérience dans l'exploitation des plateformes pétrolières en mer dans ces approches maritimes. Cette situation a un impact fort sur la prise en compte du vecteur aérien pour les activités de logistique en provenance ou à destination de sites industriels en mer. L'assimilation des opérations aériennes dans l'organisation de la maintenance, alors même que l'éloignement des côtes des activités éoliennes en mer va s'accroître, est peu envisagé. Toutefois, la compétence existe en France. Elle provient des pilotes et des personnels de maintenance de l'aéronautique navale qui pourrait s'adapter aux exigences des marchés industriels *offshore*.

1.1. Une architecture opérationnelle en cours de déploiement.

L'exploitation d'un champ éolien en mer se déroule en trois phases distinctes dont les besoins en organisation logistique sont très différents. Les deux premières, « construction » et « opération et maintenance - O&M », sont, aujourd'hui, bien maîtrisées. La troisième, la phase dite de « démantèlement », est planifiée au-delà de 2050 et ne fait donc pas encore partie du questionnement des acteurs du marché.

En phase de construction, qui s'étend de 24 à 36 mois, l'intégralité des opérations de logistique aérienne sont à destination des navires réalisant le chantier d'installation du parc éolien. En effet, le droit du travail encadrant les activités des équipages et des techniciens impose un cycle régulier de transfert du personnel entre la mer et la terre. Ces transferts allant jusqu'à 240 hommes d'équipage, nécessitent une organisation flexible et rapide afin de limiter l'immobilisation des navires. L'utilisation d'hélicoptères de moyen tonnage (de 12 à 19 passagers pour une masse en pleine charge de 11 tonnes) s'impose comme le vecteur le plus approprié. Or, l'éloignement progressif des sites de production en mer va sans doute intensifier ces opérations aériennes qui, en se déployant, vont se rapprocher de l'organisation complexe adoptée en mer du Nord ou dans le golfe du Mexique par les producteurs de pétrole.

La seconde activité est le transfert de colis ou de fret urgent. Bien que moins récurrente, cette mission est particulière car elle est réalisée principalement en opération de treuillage, soit sur le « navire mère », soit sur l'un des navires de soutien. Difficilement planifiable, cette mission impose aux opérateurs aériens de disposer de matériel optionnel coûteux (treuil, élingue ...), ainsi que d'équipages de conduite qualifiés et d'autorisations réglementaires spécifiques. De

même que précédemment, l'éloignement en mer va intensifier le besoin et complexifier la mission par des conditions de mer bien plus délicates.

Enfin, dernière activité aérienne recensée dans cette phase, les opérations de secours aux personnes, qui sont réalisées par des aéronefs d'Etat comme la Marine nationale ou la sécurité civile.

Pendant la phase dite O&M, « opération et maintenance », qui s'étend sur une période de 25 à 30 ans, le spectre des missions aériennes évolue. Les choix stratégiques dans l'organisation de la maintenance des parcs éoliens en mer ont un impact fort sur la contractualisation des moyens aériens. Plusieurs facteurs auront une incidence sur le cadre d'action des aéronefs.

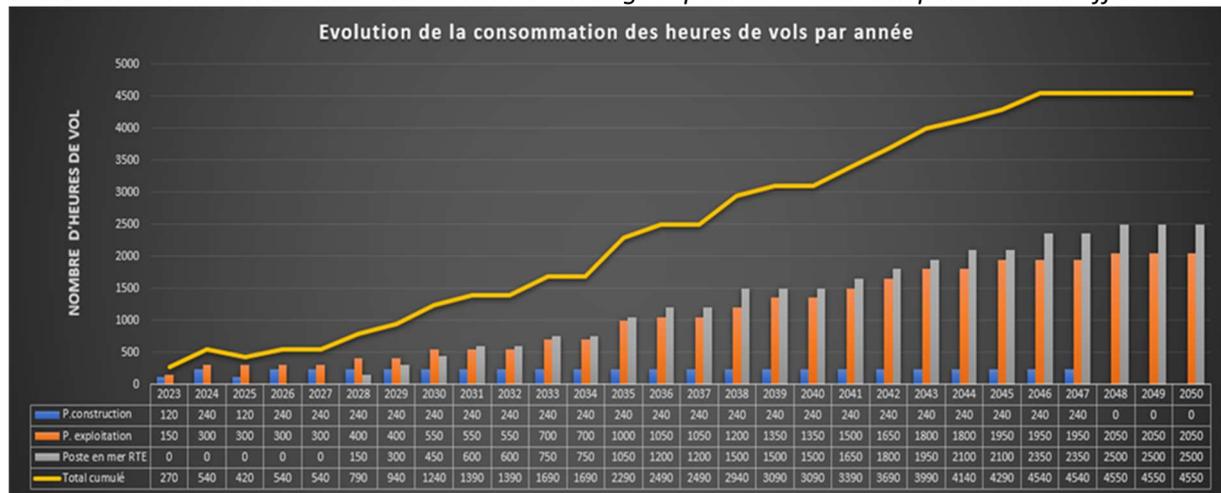
Le premier de ces facteurs est l'absence de personnel permanent sur les sites industriels en mer, à la grande différence des installations pétrolières ou gazières. La notion d'accessibilité permanente aux installations devient un élément essentiel de la productivité du site et donc de sa rentabilité.

L'autre facteur important dans cette deuxième phase est le nombre réduit des acteurs pouvant avoir besoin d'un soutien aérien dans un parc éolien *offshore*. En effet, seules deux parties prenantes ont des besoins en logistique aérienne et leurs sensibilités sont différentes. Le premier est le producteur d'énergie, dont l'enjeu est la maintenance corrective immédiate de la turbine de l'éolienne. Ses priorités sont le transfert des techniciens vers la turbine par opération de treuillage, la dépose de matériel par opération de transport de charge externe et, enfin, les missions d'évacuation sanitaire.

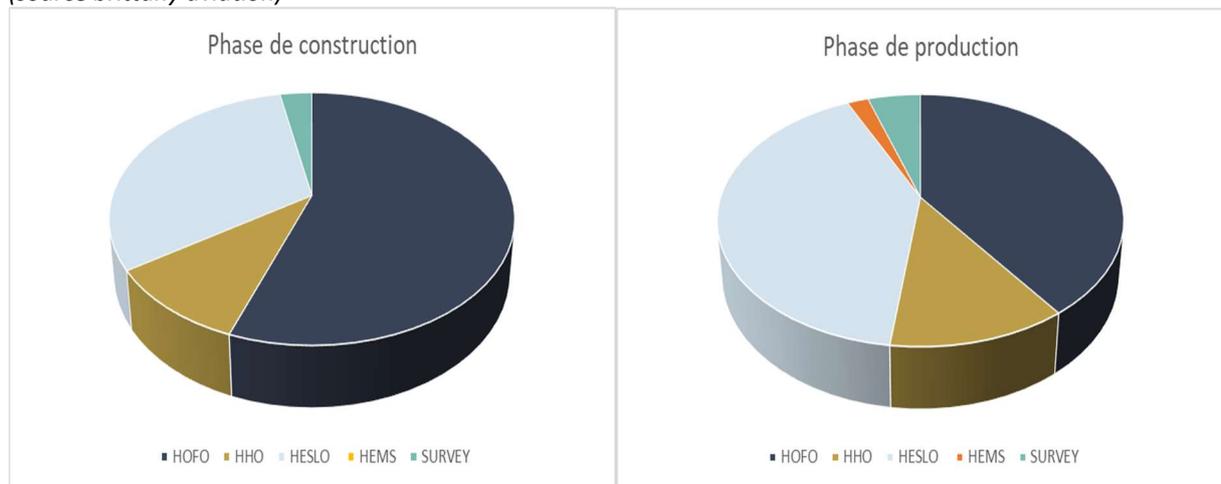
Le deuxième acteur est celui qui a en charge le transport de l'énergie, en France, Réseau de transport d'électricité (RTE) qui est le gestionnaire du réseau public de transport d'électricité haute tension en France et qui est une filiale d'EDF. RTE peut être aussi celui qui met en œuvre la sous-station électrique du parc éolien *offshore*. La taille et la complexité de ces infrastructures demandent des capacités logistiques plus complètes et surtout plus rapides. Le taux d'accessibilité de cette installation est fixé autour de 99 % afin de maintenir une disponibilité de l'infrastructure de 97%. Ce besoin entraîne avec lui un spectre de missions aériennes plus large : transfert des techniciens à destination ou en provenance des sous-stations par des vols de transport public, transfert de techniciens vers les sous-stations par opérations de treuillage lorsque le nombre de techniciens est réduit, dépose de lots de dépannage sur la sous-station par treuillage ou par charge externe. Quant à l'inspection des infrastructures *offshore*, on peut penser que cette mission sera de plus en plus réalisée par des drones aériens.

La projection des opérations aériennes sur les sites d'éoliennes en mer en territoire français réalisée par *Brittany Aviation* permet de comprendre la nature de la répartition de la charge logistique confiée aux opérations aériennes. En synthèse, cette répartition se trouve autour de 40 % des missions de logistique réalisées par des vecteurs aériens (hélicoptères et drones) et 60 % par des vecteurs nautiques (CTV et OSV). Un ratio que le groupe BCG (*Boston Consulting Group*) a retrouvé lors d'une étude similaire réalisée pour le compte d'*Airbus helicopters* sur d'autres zones de production *offshore* en Europe (Allemagne, Ecosse, Pologne).

Courbe de l'évolution des missions aériennes envisagées pour le soutien aux parcs éoliens offshore



(source brittany aviation)



HOFO : Helicopter *offshore* operations
 HHO : Helicopter Hoist operation
 ESLO : Helicopter external sling load operation

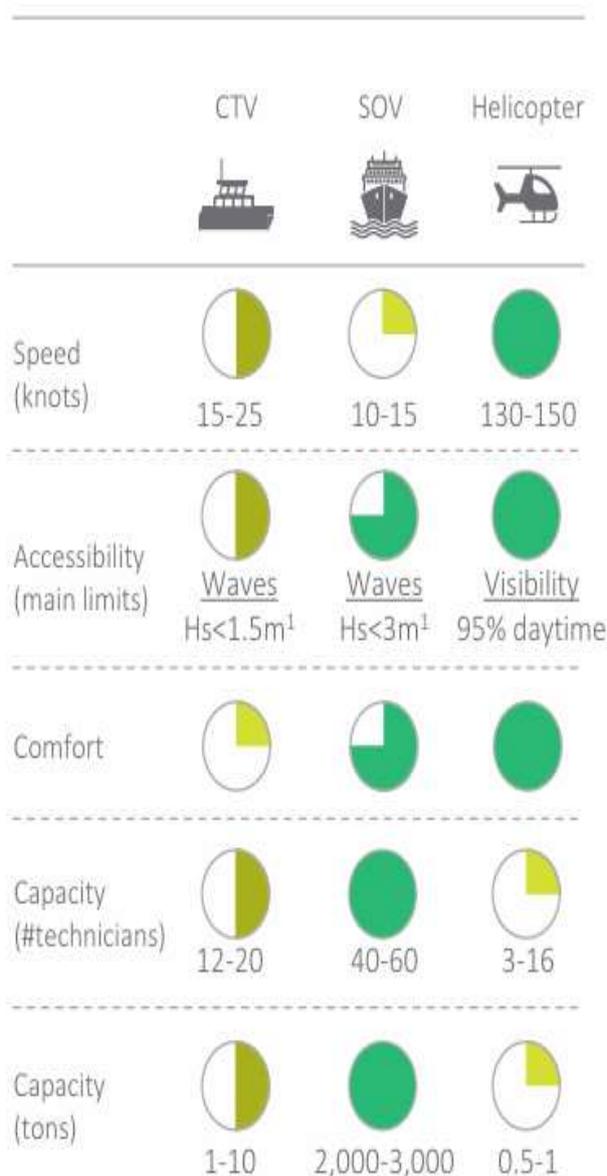
HEMS : Helicopter emergency medical services
 SURVEY : Air survey - surveillance aérienne

Les graphiques ci-dessus font ressortir un point important. En effet, si les parts des missions sous le régime de transport public, opérations de treuillages ou en opérations d'appontages sur une hélisation *offshore*, restent stables autour de 70 %, ces chiffres montrent la croissance de la part des missions liées à la sûreté et à la sécurité des sites de production. Si cette courbe se maintient, il est possible que, en 2035, à format équivalent, les moyens d'interventions aériens hélicoptés de l'Etat, seront insuffisants pour répondre aux besoins de secours aux personnes des nombreux parcs éoliens programmés.

Dans ces conditions, il sera nécessaire, soit de revoir le format du parc aérien de l'Etat, soit de s'orienter vers une privatisation, au moins en partie, des missions d'assistance. C'est le choix qui a été fait, en 2015, par les opérateurs pétroliers et gaziers de la mer du Nord et qui se sont engagés à financer (60 millions de livres sterling sur le programme) un service d'hélicoptère de recherche et de sauvetage pour certaines parties de la mer du Nord centrale. Cette prestation a été confiée à la société *Babcock International*. Ce service d'hélicoptères de recherche et de sauvetage, financé en commun par les exploitants, a permis de maintenir les capacités de sauvetage et de récupération du personnel engagé sur les missions de maintenance *offshore*.

Pour aller plus loin, le cabinet *Boston Consulting Group*, toujours pour son étude réalisée pour *Airbus helicopters* sur le potentiel des parcs éoliens en mer, pousse son analyse et établi un

comparatif sur l'efficacité des moyens logistiques mis à disposition du marché éolien en mer pour maintenir l'accessibilité aux sites de production.



Les trois facteurs déterminent le choix du moyen de transport adéquate :

L'accessibilité

La capacité à rejoindre le site est conditionnée principalement par la météorologie et l'état de la mer. A ce facteur vient s'adosser l'urgence du dépannage ou la maintenance.

La capacité

La masse et le volume des charges à déplacer définissent le type de moyen de transport utilisable. La notion de vitesse, ici disparaît.

La distance

Les sites flottants vont dépasser les 60 nautiques en mer. Les temps de navigation auront un impact fort sur le confort des techniciens et leurs

1.2. L'emploi des drones aériens dans les parcs éoliens *offshore*

Le marché du drone aérien est toujours en phase exploratoire. Les solutions techniques des opérateurs de drones se multiplient. Malgré une dispersion des activités, certaines semblent pouvoir trouver un intérêt opérationnel et économique dans cet environnement complexe. La surveillance aérienne des sites de production, la vérification des infrastructures et la transmission des données sont les activités pouvant être couvertes avec le plus d'efficacité par ces vecteurs. Les performances devront être améliorées pour atteindre les exigences de charges utiles et d'endurance requises par les producteurs. Déjà, certaines missions simples comme l'évaluation de l'état des infrastructures, le transport urgent de petit matériel ou la capture d'images, sont en passe d'être contractualisées.

Mais, le **marché des drones au profit des EMR** est également freiné par une instabilité chronique de la réglementation dans l'emploi de ces vecteurs en espace aérien contrôlé et en espace maritime. Afin de progresser et de fournir un cadre réglementaire et juridique aux exploitants de drone, l'ONERA et la DGAC ont créé en 2025 le groupe de travail « *HI-Seas*

2025 » et dont les travaux pourraient faire évoluer cette situation. Enfin, les coûts élevés de formation des opérateurs pour répondre aux exigences de sécurité et la nécessité d'obtenir des assurances spécifiques pour couvrir les risques liés à l'usage de drones dans des environnements aussi spécifiques entraînent des défis que cette filière en cours de construction peine à financer.

Dès lors, on peut supposer que les conséquences sur la gestion des parcs éoliens se feront ressentir dans un avenir proche. Le retard dans l'utilisation des drones aura un impact direct sur l'efficacité des opérations dans les parcs éoliens *offshore*. Ces technologies innovantes pourraient considérablement améliorer la gestion des parcs, en réduisant les coûts liés à la maintenance et les risques pour les travailleurs. Des axes d'améliorations sont étudiés comme pour la vérification des moyens de levage et de forage (grues et foreuses des bateaux usines) qui sont aujourd'hui autorisées par la préfecture maritime de l'Atlantique grâce à un protocole d'accord bilatéral. Cette première contractualisation signée entre la préfecture maritime de l'Atlantique et *DEME group* démontre la convergence possible entre les obligations réglementaires des autorités et les besoins de réactivité des industriels.

2. Concept aéromaritime

2.1 Les parties prenantes « quand, qui, et pourquoi ? »

Le soutien des parcs éoliens en mer sera sans doute dans l'avenir réalisé majoritairement par des navires spécialisés. Les moyens navals engagés offrent une souplesse dans l'éventail des scénarios de planification des opérations de maintenance sur les éoliennes en mer. Mais cela ne veut pas dire que ces navires pourront répondre à tous les cas de figure qui se présenteront. Ainsi, la diversification des moyens logistiques n'a pas encore été engagée par les industriels des énergies marines renouvelables. Or, le retour d'expérience du marché *offshore* « *Oil & Gas* » laisse supposer que, avec l'entrée en service des parcs d'éoliennes flottantes, qui seront implantés hors de la mer territoriale et qui mettront en œuvre des installations plus complexes, les opérateurs risquent de se tourner vers une nouvelle stratégie de maintenance plus favorables à l'utilisation des vecteurs aériens (avion de surveillance, drone et hélicoptère).

Dès la phase de construction, il est nécessaire d'assurer la relève des équipages des bateaux de construction. Lors de la phase de maintenance, les producteurs devront assurer la maintenance dans toutes les conditions météorologiques. Et enfin, pendant la dernière phase de déconstruction et de dépollution des sites, la notion d'accessibilité permanente restera le gage du contrôle du calendrier et donc de la maîtrise des coûts. Le concept de l'aéromaritime, souvent utilisé pour des opérations militaires internationales, prend ici sa dimension civile. La combinaison des moyens de transport participe au maintien du facteur de charge par la rapidité et l'efficacité du processus logistique en tirant parti des avantages spécifiques offerts par chaque mode de transport. Un concept qui trouve du sens que si le nombre des vecteurs de transport mis à disposition reste sous contrôle. Ce qui nous amène au concept d'interopérabilité.

2.2 Stratégie d'interopérabilité

L'interopérabilité, dans la stratégie militaire, est une aptitude transverse qui a des implications sur tous les piliers constituant une capacité. Elle s'adosse à un socle de langages communs et d'intérêts stratégiques partagés sur lequel s'appuient la doctrine (se comprendre), l'organisation (s'articuler, opérer ensemble), les équipements (pouvoir échanger) et l'entraînement (se connaître). Un concept qui se traduit par la mutualisation des moyens nautiques, aériens et terrestres sur un même théâtre d'opération.

Nous avons ici un concept stratégique qui, appliqué au marché de l'éolien en mer, vient répondre à la problématique de la multiplication des vecteurs de la logistique. En effet la

trajectoire adoptée par l'Etat lors de la programmation pluriannuelle de l'énergie PPE nous amène à une projection de cinquante champs d'éoliennes en mer en 2050. Or il est acquis que le besoin, par site de production, est de trois CTV et un hélicoptère ou un OSV et un hélicoptère. Si chacun des sites de production contractualise pour ses propres besoins, la France ne disposera pas de suffisamment de CTV et d'hélicoptères disponibles sur le marché, de suffisamment d'équipages pour les armer et de suffisamment de place dans les ports et aéroports pour les héberger. Dès lors, la capacité à mutualiser ces vecteurs pour plusieurs champs et pour plusieurs types de missions devient une solution technico-économique à étudier. L'organisation d'un pool commun d'hélicoptères et de drones par façade maritime vient répondre aux besoins des producteurs d'un même secteur géographique. Deux avantages se distinguent immédiatement, tout d'abord l'aspect économique par la répartition de la charge financière sur plusieurs producteurs, mais surtout la réduction de l'empreinte carbone par la prise de contrôle du nombre d'hélicoptère en service et l'optimisation de leur emploi. La condition au déploiement de ce type de mise en commun, aussi appelé interopérabilité, est l'acceptation d'une doctrine commune par les parties prenantes permettant un arbitrage des missions, un langage commun, une capacité d'échanger un flux d'information et un outil informatique de planification commun.

3. Recommandation

Recommandation : Intégrer un volet aéronautique dans les appels d'offre nationaux des parcs éoliens afin de permettre la structuration d'un cadre d'emploi des vecteurs aériens et préparer ainsi l'évolution des contraintes de l'éolien flottant.

En tirant les leçons du secteur pétrolier et du fonctionnement des parcs éoliens du nord de l'Europe, il apparaît que la logistique aérienne devrait prendre une importance grandissante dans les prochaines années, en complément des services rendus par les moyens de soutien nautiques. Comme cela a été dit précédemment, le ratio pour la technologie de l'éolien posé est déjà de 40 % pour l'aérien et 60 % pour le maritime et cela devrait tendre à s'équilibrer, voire à s'inverser avec l'émergence des éoliennes flottantes. Or, si l'Etat ne prend pas en compte le soutien aérien très en amont dans le cycle d'attribution des marchés, les opérateurs répondant aux appels d'offre n'auront pas l'opportunité de penser leurs futures opérations aériennes et ainsi être en mesure de pouvoir couvrir les cinq défis que nous avons précédemment évoqués.

Le défi technique : des turbines plus grandes, flottantes et qui s'éloignent des côtes qui nécessiteront d'établir de nouveaux protocoles de maintenance. L'apparition du drone aérien va sécuriser les opérations en évitant la mise en danger des personnes et des biens. De même l'utilisation des hélicoptères lors d'opérations de treuillage et de secours va tendre à se généraliser. C'est bien par le biais d'obligations contractuelles édictées par la DGEC au sein même des appels d'offres que l'organisation de cette activité sera sécurisée.

Le défi économique : la pression des coûts (CAPEX & OPEX) a pour incidence de minorer le maintien d'une accessibilité permanente aux parcs éoliens. Une réalité économique qui passe par l'optimisation de la chaîne aéromaritime pour pouvoir disposer du « *bon moyen ou bon moment* ».

Le défi de la sécurité : pour y répondre, il apparaît nécessaire d'imposer dès l'appel d'offre de la DGEC, l'obligation pour les opérateurs candidats de démontrer leur capacité à maîtriser des opérations aéromaritimes. Plusieurs axes peuvent être évalués : présentation d'un SGS (système de gestion de la sécurité), présentation d'un cahier des charges des « REQUIS » et l'existence d'un guide d'exécution des missions aériennes, mutualisation des ressources pour couvrir leurs propres besoins de SAR (search & rescue).

Le défi des ressources humaines : le personnel aéronautique et maritime qualifié est une ressource rare et le spectre des missions est en train de se diversifier avec l'arrivée de l'éolien flottant. Quoique, n'entrant pas dans cette étude, la formation des équipages est un sujet qui,

au travers d'une évaluation des besoins, doit aboutir à la montée en compétence des filières spécifiques de formation.

Enfin, le défi climatique : la filière de l'éolien est dans une obligation morale de produire de l'énergie verte avec des moyens logistiques décarbonés. Tous les acteurs sont impliqués et des objectifs ambitieux en matière d'émissions de carbone doivent être fixés. Pour garder cette cohérence, la DGAC doit dès les appels d'offres, demander la démonstration d'une trajectoire de décarbonation crédible de tous les vecteurs assurant la logistique dans le parc *offshore*. Avec l'intégration dans les appels d'offre d'un quota d'emploi de carburant durable d'aviation (SAF) pour l'aérien, de biocarburant pour le nautique, la mise en œuvre de trajectoire optimisée et la mutualisation des vecteurs par façade maritime, la DGEC pourrait avoir une action déterminante dans ce domaine.

La France dispose d'une avance importante dans le domaine de la technologie de l'éolien flottant. Mais, elle doit veiller à conserver cet avantage aussi en prévoyant l'organisation précoce des phases d'exploitation dites « opération & maintenance ». Cette mission de cadrage doit être confiée à la DGEC dès la rédaction des appels d'offres de l'éolien en mer pour permettre de définir avec précisions le cadre d'emploi des moyens aériens de logistiques ainsi que les infrastructures aéroportuaires *offshore* qui y seront associées.

FICHE 12

Le spatial, un outil à valoriser dans la planification et la gestion des parcs éoliens *offshore*

En ce début de XXI^e siècle, le secteur spatial représente une industrie de haute technologie générant de l'emploi hautement qualifié et catalyseur de croissance dans de nombreux domaines. Il est un moteur d'innovation important, dont les développements technologiques irriguent mais aussi bénéficient de nombreux autres secteurs stratégiques comme la microélectronique, l'aéronautique et la défense.

Avec la révolution numérique, les technologies et données spatiales ont aussi un effet de levier pour le développement d'écosystèmes économiques nouveaux. Le secteur spatial aval constitue notamment un réservoir de croissance important avec le développement de nouvelles applications et de nouveaux services utilisant des données spatiales dans des domaines d'avenir comme celui du développement durable : croissance verte, santé, mobilité, aménagement du territoire, gestion des ressources en eau, gestion des risques naturels, agriculture, foresterie, pêche, etc...

Dans le domaine de l'économie bleue, l'objectif pour le secteur spatial est de renforcer l'usage des solutions spatiales pour améliorer la performance, l'innovation et la durabilité des opérations maritimes. Le spatial apporte au secteur maritime des solutions déterminantes dans les domaines de la télécommunication par satellites, du positionnement des navires, de la navigation autonome et de la géolocalisation.

Il peut également contribuer à une meilleure surveillance des infrastructures portuaires ou critiques en mer, à la détection d'activités illicites comme la pêche non réglementée ou à la protection des écosystèmes côtiers dans un contexte de changement climatique.

Le développement et l'exploitation des énergies marines renouvelables sont des composantes relativement nouvelles pour le secteur spatial français : le CNES, les laboratoires de recherche et les industriels s'inscrivent progressivement dans cette démarche en tenant compte du contexte programmatique et politique évolutif, européen et international.

La combinaison des observations spatiales et celles acquises par les navires en association avec le développement des modèles numériques constitue un formidable outil au service de la connaissance, de la gestion et de la gouvernance de l'océan mondial. Cet outil est désormais à disposition des utilisateurs de la mer comme des acteurs de l'éolien *offshore*.

1. Les services du spatial au profit de l'éolien en mer

1.1. L'utilisation de l'outil spatial dans le domaine de l'éolien *offshore*

Le développement industriel et économique de l'éolien en mer peut bénéficier de l'apport des technologies innovantes apportées par le secteur spatial, depuis les phases de cartographie / identification des sites préférentiels, de construction, d'exploitation jusqu'aux phases de démantèlement.

Les données de télédétection sont une source d'information peu coûteuse, répétées et potentiellement globales donc très intéressantes pour la planification, la construction et la surveillance de sites comme les parcs éoliens en mer.

Dans ces conditions l'outil spatial est en mesure d'apporter des données de grande qualité dans les domaines suivant :

- **données de météo marine précises et fiables, collectées par :**
 - o les satellites radar **altimétriques** (qui mesurent la hauteur de la surface de la mer) comme les satellites de la lignée *Topex / Poseidon*, la série des *Jasons*, *Cryosat2*, le satellite franco-américain *SWOT* et les Sentinelles de la constellation européenne *Copernicus*, 3A, 3B et 6 ;
 - o les satellites équipés de **capteurs radar SAR** (radar à synthèse d'ouverture) comme *Envisat* et maintenant *Sentinel 1* de la même constellation *Copernicus* ou le **radar diffusiomètre** du satellite franco-chinois CFOSAT pour le couplage vent/vagues et la réalisation de spectres de vagues (prévision des houles).

L'instrument SAR installé sur les *Sentinels 1A* et *1C* permet d'acquérir des observations de la surface de la Terre dans presque toutes les conditions météorologiques, de nuit comme de jour, quelle que soit la couverture nuageuse avec un taux de revisite en Europe de deux jours.

Les produits SAR de niveau 1 mesurent la rétrodiffusion de la surface de la mer à une résolution de 10 mètres. À partir de cette résolution, l'image est prétraitée et analysée pour estimer le champ de vent à la surface de la mer, fournissant ainsi une information capitale pour estimer l'énergie produite par l'éolienne. Ces observations à grande échelle et à haute résolution peuvent ainsi compléter les observations in situ et la modélisation à méso-échelle pour l'étude des vents en mer.

- **données optiques pour la surveillance de l'environnement collectées par :**
 - o **des satellites d'imagerie optique** comme *Sentinel 2* équipé du capteur OLCI permettant de réaliser des études d'impact environnemental, notamment en se focalisant sur les méthodes de détection de la couleur de l'eau (chlorophylle-a). Des études pour la connaissance fine de la bathymétrie en zones côtières à partir d'images sont actuellement en cours de développement ;
 - o des projets sont en cours de développement pour installer des **satellites géostationnaires** équipés de capteurs optiques ciblés sur des zones d'intérêt particulier afin de suivre en quasi temps réel l'évolution de phénomènes naturelles (blooms, hydrodynamisme) et / ou le suivi d'activités anthropiques (surveillance maritime, pollutions etc.) ; la résolution souhaitée serait de 50 cm.
- **données pour l'estimation de la bathymétrie et la connaissance de l'hydrodynamisme à partir de données radar :** des cartes plus précises des fonds marins sont désormais nécessaires pour de nombreuses activités maritimes dont celle concernant les parcs éoliens et la pose de câbles sous-marins. Le satellite altimétrique comme *SWOT* mesure la hauteur de l'eau sur la quasi-totalité de la surface de la Terre, y compris les océans, les lacs, les réservoirs et les rivières. Les chercheurs peuvent utiliser ces différences de hauteur pour créer une sorte de carte topographique de la surface de l'eau de mer (ex. cibler les monts sous-marins et les plaines abyssales).

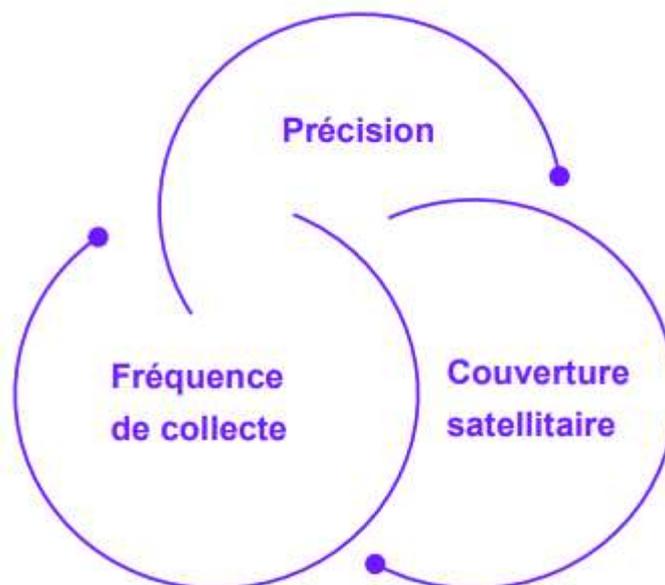
- **des données de géo-positionnement précises**, nécessaires pour les positions des navires durant les phases opérationnelles, grâce aux positions issues de la Constellation européenne *GALILEO*.

Ces données satellitaires permettent ainsi de quantifier et de qualifier des paramètres indispensables à la compréhension de l'Etat de mer telles que les vents, les vagues et la hauteur de la surface de la mer. Ces données liées à la caractérisation du milieu sont désormais disponibles pour des zones de plus en plus proches des côtes, ce qui génère un intérêt certain pour les acteurs du secteur énergétique :

- pour l'estimation des ressources éoliennes sur site ;
- pour établir les études environnementales avant la construction d'éoliennes en mer ;
- pour réduire les coûts et les risques pour les biens, les personnes et l'environnement pendant les saisons critiques et tout au long de la durée de vie du parc éolien.

En règle générale, les données satellitaires issues de différents types de satellites et de capteurs sont combinées avec des mesures récoltées *in situ* pour étalonner et valider des modèles numériques hydrodynamiques et de vagues. Le résultat de ces modèles est une série temporelle précise (typiquement 30-40 ans) de données sur les conditions météorologiques et océaniques qui sont utilisées pour la planification, la conception, la construction et l'exploitation d'un parc éolien en mer en tentant d'apporter une certaine garantie pour la sécurité et l'efficacité lors de la mise en service et de l'exploitation.

Les images peuvent être livrées quelques heures seulement après l'acquisition et fournissent ainsi une vue d'ensemble de la situation en temps quasi réel. L'instantanéité de fourniture des images est un défi qui sera rapidement relevé.



1.2. L'essor des projets de recherche et de démonstration dans le domaine des EMR et de l'éolien *offshore*

- **Le CNES** : plusieurs actions conduites actuellement par le CNES préparent et développent potentiellement de futurs outils et initiatives liant le spatial et les EMR. De nouveaux outils permettant une meilleure appréciation des conditions environnementales, l'émergence de solutions technologiques encore peu utilisées et une mise à disposition facilitée des produits élaborés, devraient voir rapidement le jour.
- **L'ESA (Agence Spatiale Européenne)** : grâce à la contribution des Etats membres, l'ESA établit et pilote plusieurs programmes structurants en Observations de la Terre (OT) portant aussi bien sur la recherche fondamentale et la préparation des futures missions spatiales que des applications en lien direct avec les défis sociétaux comme celui de l'énergie.

Un rapide tour d'horizon des projets financés permet d'identifier :

- l'intégration de produits/services en OT dans les pratiques de travail du secteur éolien *offshore* (*projet Renewable Energy – Wind*), en lien avec la surveillance/gestion côtière et les EMR (*projet Blue Economy*) ;
 - une meilleure prise en compte des données spatiales (météo et AIS) pour réduire les coûts dans les phases d'installation et d'opérations des fermes éoliennes *offshore* (*OSCAR*) ;
 - le perfectionnement d'un système de prévision océanique global avec une meilleure prévision des vagues ce qui est particulièrement crucial pour planifier les opérations de service (*Application Global Seas*) ;
 - la caractérisation de sites pour une localisation optimale pour chaque turbine éolienne individuelle au sein du parc en prenant en compte l'influence combinée du sillage induit par chaque turbine et, par conséquent, la perte globale de production d'énergie (*Atlantic Regional Initiative – Offshore Wind Energy*) ;
 - la production de produits éoliens issus de données météo-océaniques des satellites SAR et leur intégration automatiquement dans des outils d'analyse financière pour la promotion d'éoliennes en mer (*FASTWIND*) ;
 - la combinaison des technologies les plus récentes en matière d'échange de données VHF (*VDES*), d'origine électromagnétique (*SIGINT*) et de radar (*SAR*) pour offrir en temps réel aux usagers les informations permettant une navigation plus sûre (*INFLECIION*).
- **La commission Européenne** : le programme spatial de l'UE fournit des données qui permettent de prendre des décisions éclairées sur le déploiement et la gestion des infrastructures d'énergie renouvelable. Grâce à ses composantes phares que sont *Copernicus* et *Galileo*, le programme spatial de l'UE fournit des données précieuses pour les projets d'énergie renouvelable, y compris l'évaluation des ressources, la planification et le développement, la construction, l'exploitation et la maintenance.

Copernicus, programme d'observation de la Terre de l'Union européenne, offre ainsi une vaste gamme de données et d'informations sur l'atmosphère, les terres et les océans. Cette richesse de données peut être utilisée pour soutenir diverses applications liées aux sources d'énergie renouvelables, notamment l'énergie océanique, l'énergie solaire, l'énergie éolienne, l'énergie de la biomasse et l'énergie hydroélectrique, tout au long de leur cycle de vie. Avec *Copernicus* et les services opérationnels attenants comme le service marin *CMEMS*, il devient possible de prévoir ou d'évaluer le rendement énergétique potentiel d'une zone spécifique pendant les phases de planification, de conception et d'exploitation du projet.

Galileo, le système mondial de navigation par satellite (*GNSS*) de l'Europe, fournit des informations de positionnement et de synchronisation améliorées et offre de nombreuses applications intéressantes pour le secteur des énergies renouvelables. Galileo peut être par exemple être utilisé pour la synchronisation temporelle dans les réseaux énergétiques intelligents, ainsi que pour la cartographie des sites lors de la planification et pour le positionnement lors de la construction, de l'installation et de la maintenance.

Les projets Européens (cadre Horizon Europe) dans le domaine de l'*offshore* sont portés par le programme *BLUE-X* qui est une solution innovante basée sur *Copernicus* et les données spatiales. Il permet d'optimiser et d'accélérer la prise de décision pour les projets d'énergies renouvelables en mer à toutes les étapes, de la planification à la construction, l'exploitation et le démantèlement, à partir d'un outil d'aide à la décision (*Blue-X - Blue Energy Offshore Installation Accelerator*).

- **La coopération internationale** : il ne faut, enfin, pas oublier la dimension internationale des coopérations avec de nombreux partenariats bi, multilatéraux publics-publics et publics-privés.

Le lancement de la future Alliance Spatiale pour l'Océan (*Space4Ocean Alliance*) à Nice, en juin 2025, est emblématique de cette volonté de coordination des efforts de recherche internationaux associant les données spatiales, *in situ* et les modèles numériques pour fournir des services et produits adaptés pour assurer la prospérité des sociétés humaines, notamment celles insulaires qui font face à de multiples enjeux climatiques à court-terme.

2. Un marché en évolution

En ce début de 21^e siècle, Le secteur spatial concentre plusieurs défis :

- technologiques, avec le développement de nouveaux capteurs miniaturisés, l'optimisation des lanceurs et des plateformes, la multiplication des constellations de nanosatellites pour plus de revisites etc ;
- économiques avec une forte demande du marché pour une observation globale de la terre en quasi temps réel et l'existence de capacités d'investissements inégalables de certains opérateurs comme *SpaceX*.

Cette situation laisse entrevoir plusieurs axes d'évolution qui pourraient fournir à l'industrie éolienne *offshore* de nouvelles opportunités de croissance.

La première évolution majeure est l'augmentation des fréquentes de revisite de sites (en images et pour des services commerciaux) grâce au déploiement de constellations plutôt que de missions mono-satellites. Ce déploiement de constellations à coûts modérés est en effet désormais possible grâce à une diminution de la masse des satellites (optimisation des technologies et miniaturisation des charges utiles) et donc de leur coût unitaire.

Ainsi, par exemple, la constellation de petits satellites SAR agiles d'*ICEYE* (SAR : radar à synthèse d'ouverture) offre un nouveau niveau de surveillance permanente pour détecter et

répondre aux changements dans n'importe quel endroit de la Terre, rapidement et de façon précise (jusqu'à 50 cm, pour des scènes allant jusqu'à 84 000 km²), grâce à :

- une capacité de revisite globale en moins de 6 heures. Ainsi, la surveillance et la détection des changements, jusqu'à une fréquence inférieure à la journée, permettent une détection des changements (identification et analyse d'activités non routinières) sans précédent ;
- une livraison rapide des données, quelques heures seulement après l'acquisition ;
- une couverture mondiale grâce à un accès illimité partout dans le monde.

Cette constellation est d'ores et déjà utilisée pour la surveillance de sites hautement sécurisés, tels que les barrages, les centrales nucléaires et les mines à ciel ouvert.

Une autre évolution concerne la combinaison des produits satellitaires avec la puissance de l'IA. Ainsi, l'entreprise MAXAR utilise de l'imagerie satellitaire à très haute résolution (<mètre) et des plateformes logicielles alimentées par l'IA pour fournir des informations de terrain en temps quasi réel.

Le couplage des données des satellites SAR avec l'IA permet d'améliorer l'estimation de la puissance éolienne *offshore* extractible à hauteur de turbine. Une telle méthodologie, notamment développée par le champion national CLS est centrée sur quatre étapes :

- génération des vents de surface grâce aux données satellites SAR à partir de la rugosité de la surface de la mer ;
- correction des vents de surface grâce à un algorithme d'apprentissage ;
- extrapolation des données jusqu'à 250 mètres au-dessus de la surface en utilisant un deuxième algorithme d'apprentissage entraîné avec des observations *in situ* et des paramètres physiques issus d'un modèle numérique à haute résolution ;
- post-traitement pour récupérer les statistiques de vent.

Ces données améliorées permettent d'optimiser la gestion des sites et des risques tout en réduisant le nombre de déploiements de radar lidar nécessaires pour évaluer la distribution spatiale des ressources éoliennes.

La baisse des coûts est une troisième tendance lourde. *SpaceX* a le premier bousculé le marché des lanceurs grâce à des coûts inférieurs à ceux de la concurrence. Les lanceurs réutilisables et peu coûteux de *SpaceX* lui ont permis de se positionner en tant que chef de file du marché des lanceurs à l'échelle mondiale. Ils lui confèrent des revenus stables et un avantage clé pour le déploiement de ses programmes *Starlink* (internet) et *Starshield* (défense américain).

Starlink a également bouleversé le marché des *SatCom* avec ses faibles coûts et des produits plus efficaces grâce à son offre de services intégrés. En seulement quelques années, *Starlink* a supplanté le marché des communications par satellite en déployant une vaste constellation de satellites. En 2024, 69 % de tous les satellites lancés appartenaient à la constellation *Starlink*.

3. Recommandation

Recommandation : mettre en place des plans de surveillance intégrés des parcs éoliens *offshore* maximisant l'emploi de la technologie spatial.

L'outil satellite est préconisé pour la surveillance des parcs éoliens *offshore* à grande densité. La combinaison des observations spatiales et de celles acquises par les navires ou par d'autres vecteurs comme les drones constitue en effet un outil puissant au service de la surveillance des océans et du changement climatique, et devient, comme pour les autres secteurs, l'un des outils clés pour les parcs éoliens en mer.

Alors que le potentiel d'emploi du spatial listé précédemment est important durant toutes les étapes du cycle de vie d'un parc éolien en mer (identification de site et estimation de la ressource, réseau et transport, surveillance pour l'optimisation des performances, sécurité, télécommunications, contribution au *reporting* réglementaire etc...), les données satellitaires sont encore trop peu utilisées malgré leur potentiel informatif. Ces réticences sont liées à un sentiment de difficulté d'accès, de craintes sur la complexité à exploiter les systèmes d'information associé et du besoin d'outils « sur mesure » correspondant aux besoins des usages très spécialisés des EMR. La « lisibilité » de l'offre spatiale est aussi à améliorer.

D'autres barrières, d'ordre marketing, concurrentielles et économiques, freinent l'essor du spatial dans le domaine énergétique. Les seuils de rentabilité sont, en effet, difficiles à atteindre sur des temps courts, dans un contexte de développement d'offres à bas prix par des concurrents étrangers.

Pour garantir la souveraineté de la France, un effort d'investissement dans les satellites d'observation de la Terre (à application défense, scientifique ou dual) doit être réalisé. Il convient, aussi, de maintenir et de développer les capacités uniques de la France à investir dans la technologie spatiale en Observation de la terre afin de ne pas dépendre des capacités grandissantes et potentiellement hégémoniques des Etats-Unis de la Chine ; notamment si ces capacités sont pilotées par des entreprises commerciales et maîtres du marché. L'utilisation des données n'en sera que plus compliquée.

La recherche et le développement sur les futurs systèmes doit par ailleurs être développés en liaison et avec la participation des industriels grâce à la mise en place de canaux et d'outils adaptés entre l'industriel et la recherche académique pour consolider ce partenariat.

Cette stratégie partenariale doit s'accompagner d'un cadre programmatique national favorisant la mobilisation des acteurs publics et privés du spatial pour la génération conjointe de produits et services à valeur ajoutée dans le domaine des EMR et de l'éolien *offshore* en particulier.

Le plan France 2030 offre une possibilité unique de le réaliser.

Fiche n°13

La protection des parcs éoliens en mer : une nouvelle dimension stratégique ?

Avec le développement des parcs éoliens *offshore* en France, leur rôle dans la sécurité énergétique et les défis liés à leur protection deviennent des enjeux majeurs. Si aujourd'hui ces infrastructures ne sont pas officiellement classées comme installations stratégiques, leur montée en puissance dans le mix énergétique pourrait justifier une reclassification dans le futur.

1. Les menaces pesant sur les parcs éoliens *offshore*

L'éolien *offshore* est un pilier essentiel de la transition énergétique et de la souveraineté en permettant de produire de l'électricité renouvelable et de réduire la dépendance aux énergies fossiles. Cependant, ces installations peuvent néanmoins être exposées à diverses menaces intentionnelles (sabotage, cyber-attaques ou actions militaires). L'atteinte à un parc éolien en mer peut avoir un impact significatif, en paralysant la production d'électricité et en mettant en danger la stabilité énergétique ainsi que la sécurité des approvisionnements, ce qui souligne la nécessité de renforcer leur sécurité et leur résilience.

En octobre 2023, lors d'une conférence à Copenhague, James Appathurai, sous-secrétaire général adjoint de l'OTAN pour les défis de sécurité émergents, a déclaré que la menace était désormais bien réelle.

Déjà, en mer du Nord, plusieurs pays surveillent de près les activités maritimes autour de leurs parcs éoliens. La Russie, par exemple, a été accusée d'utiliser des navires océanographiques pour cartographier les infrastructures énergétiques sous-marines, augmentant ainsi les risques d'espionnage et de sabotage.

1.1. Menaces sur les câbles sous-marins et la sous station électrique - risque majeur dans la production d'énergie électrique

Les parcs éoliens en mer sont connectés au réseau électrique par des câbles sous-marins et utilisent des postes de transformation en mer (sous-station électrique), qui sont des infrastructures particulièrement sensibles. La coupure ou l'endommagement de ces câbles sous-marins constitue le principal risque, car ils affecteraient immédiatement la production d'énergie et pourrait provoquer des interruptions de l'approvisionnement électrique dans une région. De même, la mise hors service de la sous-station électrique provoquerait les mêmes conséquences. Ainsi, ces infrastructures peuvent être considérées comme critiques pour le bon fonctionnement d'un parc, et nécessitent donc une attention particulière pour garantir la stabilité de l'approvisionnement électrique.

Les actions hostiles qui sont envisageables sur de telles installations sont les suivantes :

- sabotage par ancre : Un navire traînant volontairement son ancre pour endommager les câbles sous-marins représente un risque réel. Ce type de sabotage peut entraîner des coupures de courant en sectionnant ou en altérant les câbles, perturbant ainsi la production d'électricité et l'approvisionnement en énergie ;
- plongeur de combat et drone sous-marin : un plongeur de combat ou un drone sous-marin pourrait être utilisé pour positionner sur ou à proximité immédiate des câbles sous-marins, des boîtes de jonction sous-marines, ou encore aux pieds de la sous-station, des charges explosives dont la détonation pourrait être déclenchée à distance. D'autre part, ce drone sous-marin pourrait être équipé de pinces coupantes ou autres outillages pour sectionner ou endommager des câbles ou des équipements ;
- drones aériens : des drones aériens pourraient soit venir déposer sur la sous-station des charges explosives actionnables à distance, ou directement lâcher de telles charges sur la sous-station ;

- drones « kamikazes » : des drones de surface et / ou des drones aériens perdables, dits drones « kamikazes », pourraient être dirigés contre la sous-station électrique.

1.2. Cyber-attaques

Les parcs éoliens *offshore*, connectés à des réseaux numériques et contrôlés à distance via des systèmes SCADA, sont aussi exposés à des cyber-attaques. Celles-ci peuvent perturber la production d'électricité, voler des données sensibles et être combinées à des sabotages physiques, menaçant ainsi la sécurité énergétique. Le cas le plus marquant est l'attaque de 2022, attribuée à la Russie, qui a temporairement désactivé 5 800 éoliennes en Allemagne en ciblant le réseau satellite KA-SAT. Le sujet de la résilience des parcs éoliens en mer face aux cyber-attaques est traité dans la **fiche 15**.

2. Les parcs éoliens *offshore* : une dimension désormais stratégique pour la France ?

Actuellement, en France, l'Etat intègre dans le cahier des charges des appels d'offres aux industriels les points suivants qui sont en relation avec la sécurité et la sûreté des parcs éoliens :

- une vidéo surveillance jour et nuit ;
- deux radars et deux caméras PTZ de compensation au profit de la surveillance maritime ;
- l'établissement d'une analyse de sûreté traitant des différents scénarios de menace destinée au préfet maritime (*Cf annexe 6 lettre de cadrage SGMER n° 1703 du 23/10/2013*).

L'opérateur doit être en mesure de détecter et de contrôler toute pénétration illégale et tout comportement illicite dans et aux abords du parc et d'assurer la protection de son installation contre toute intrusion et/ou dégradation.

Cependant, ces mesures n'ont pas réellement été pensées pour faire face à des actes de sabotage délibérés qui seraient menés dans des contextes de guerre hybride par des entités d'origine étatique ou des commandos diligentés par des pays belliqueux qui souhaiteraient porter atteinte à la production énergétique de notre pays. Or, les tensions géopolitiques internationales se sont accrues depuis le déclenchement du conflit ukrainien en 2022, et nous avons depuis assisté à divers actes de sabotage en Mer Baltique qui démontrent qu'une telle menace existe. **Serait-il donc souhaitable de donner une dimension stratégique pour la France aux parcs éoliens en mer, et donc de les protéger au même niveau que les Points d'Importance Vitale (PIV) tel que défini dans le code de la Défense ?**

En effet, en France, l'Etat a chargé le SGDSN de mettre en œuvre la politique de Sécurité des Activités d'Importance Vitale (SAIV), activités considérées comme indispensables à l'exercice de l'autorité de l'Etat et au fonctionnement de l'économie. Douze activités de ce type ont été répertoriées, dont le secteur de l'Energie fait partie. Pour chacune de ces activités, des Opérateurs d'Importance Vitale (OIV), publics ou privés, ont été identifiés. Par exemple, EDF est un OIV, notamment du fait de ses 58 réacteurs nucléaires qui sont autant de PIVs. Par contre, EDF Energies Renouvelables n'a pas ce statut.

En effet, l'obtention de ce statut relève de critères bien précis. Un des critères prépondérants est celui relatif au principe de non-substituabilité des activités. Ce critère n'est pas rempli pour un parc éolien, du fait même de la nature intermittente de sa production électrique, à laquelle le réseau doit pallier lorsqu'il ne produit pas. Par ailleurs, les parcs éoliens ne représentent aujourd'hui qu'un poids négligeable dans le mix électrique (trois parcs connectés pour une production théorique maximale instantanée de 1,5 GW). Un autre critère important est celui relatif à la mise en danger potentielle de la santé des populations. Au contraire d'un réacteur nucléaire, un parc éolien dont l'intégrité physique est corrompue ne représente aucun danger pour la santé des populations.

Par ailleurs, il faut aussi prendre en compte le surcoût humain et financier significatif que génèrent, pour un Opérateur, les contraintes et les dispositions qu'il doit mettre en œuvre et dont il doit supporter la charge lorsque ses infrastructures sont classées en catégorie PIV. À ce jour, les contrats de revente de l'électricité à l'Etat par les opérateurs privés de parcs éoliens n'intègrent pas ces hypothèses dans le prix du kWh.

3. Recommandations

Face à l'importance croissante des parcs éoliens *offshore* dans le mix énergétique français et face aux menaces potentielles (sabotage, cyber-attaques, tensions géopolitiques), il est nécessaire d'adopter une approche proactive. Il est en effet possible, dès maintenant, de prévoir et de mettre en place des dispositions et des dispositifs de premier niveau qui permettent de renforcer la sûreté de ces installations en mer. Il existe déjà des solutions techniquement performantes et économiquement viables dont il serait dommage de se priver. D'autant plus qu'en cas d'atteinte à l'intégrité physique de certains sous-systèmes critiques pour le fonctionnement de ces parcs, les temps de remise en service peuvent être conséquents du fait des travaux à réaliser en pleine mer, loin des côtes. Des arrêts longs et répétés pourraient causer un préjudice non négligeable à l'exploitant et aux usagers du réseau électrique.

Dans l'avenir, en fonction de la place que l'éolien en mer occupera dans le mix électrique français (PPE3 toujours en cours de discussion avant adoption par le Parlement), en considérant l'évolution des tensions géopolitiques et des menaces, au vu de l'analyse et de la compréhension des impacts sur le réseau électrique RTE des énergies renouvelables (par exemple, enquête toujours en cours sur les raisons du *black-out* survenu en Espagne et au Portugal en avril 2025) qui vont continuer à se développer et à se diversifier, il sera nécessaire d'évaluer régulièrement le niveau de protection à mettre en place pour les parcs éoliens en mer.

Recommandation : d'une part, intégrer désormais lors des phases de conception des parcs éoliens en mer des provisions techniques de manière à pouvoir, dès leur mise en service ou ultérieurement en fonction des besoins en matière de sûreté, déployer graduellement des moyens supplémentaires (capteurs et / ou drones maritimes) assurant le niveau de sûreté requis par les circonstances.

D'autre part, engager dès maintenant la réflexion sur la pertinence d'un classement des parcs éoliens en mer parmi les Points d'Importance Vitale (PIV) et, si tel était le cas, décliner les exigences associées et les répercussions à prendre en compte en termes architecturaux, opérationnels, et financiers. Conduire périodiquement cette réflexion en fonction de jalons prédéfinis (2030, 2035, 2040, etc.) pour tenir compte de l'augmentation du volume de production électrique de ces parcs éoliens en mer dans le mix énergétique français.

3.1. La surveillance et la défense physique

L'objectif est de protéger les parcs éoliens *offshore* contre les intrusions maritimes et les actes de sabotage, en renforçant leur sécurité face aux menaces physiques et géopolitiques. À titre d'exemple, les Pays-Bas ont mis en place une force spéciale maritime pour surveiller leurs infrastructures énergétiques *offshore* après la montée des tensions géopolitiques en mer du Nord. Pour répondre à cette problématique, plusieurs mesures peuvent être mises en place :

- **augmenter la présence de la Marine nationale** et des administrations intervenant en mer (gendarmerie, douanes, affaires maritimes) autour des parcs stratégiques. Toutefois, cela nécessitera d'adapter les procédures et les équipements de la Marine pour répondre aux nouveaux besoins capacitaires (flotte, hélicoptères, etc.).

- **déployer des drones de surveillance** et des systèmes de détection maritime pour repérer toute activité suspecte autour des installations *offshore*⁶⁹. Il serait possible d'envisager la mutualisation des drones employés pour des missions de surveillance des fonds marins, surveillance maritime, monitoring des impacts environnementaux pour également réaliser de la sûreté.
- **installer des capteurs sous-marins**, comme par exemple les DAS (Distributed Acoustic Sensors), pour surveiller en temps réel l'intégrité des câbles électriques et détecter toute anomalie ou tentative de sabotage⁷⁰.

Ces mesures permettraient de renforcer la sécurité des parcs éoliens *offshore*, de prévenir les actes de sabotage et d'assurer une surveillance constante face à la diversité des menaces.

3.2. Renforcer la protection des câbles sous-marins et des interconnexions électriques

Les câbles électriques sous-marins, qui relient les parcs éoliens *offshore* au réseau national, bénéficient déjà de certaines règles et normes pour assurer leur sécurité. En France, bien que l'enfouissement des câbles ne soit pas obligatoire, il est fortement recommandé, en particulier dans les zones côtières et à haut risque, afin de les protéger contre les dommages causés par des activités humaines telles que la pêche, la navigation ou le sabotage. La réglementation française (le Code de l'Environnement, les zones de sécurité maritime, les autorisations de travaux en mer) et les normes européennes (la Directive 2009/28/CE sur les énergies renouvelables, la CEI (Commission Electrotechnique Internationale), et la réglementation de la sécurité maritime) contribuent à la sécurisation des câbles. Toutefois, la méthode de protection, y compris l'enfouissement, reste à la discrétion des exploitants. Malgré leurs protections, les câbles sous-marins demeurent vulnérables à des actes de sabotage. Les événements récents en mer Baltique, notamment des tentatives de sabotage sur des câbles sous-marins, illustrent la nécessité de renforcer leur sécurité. Il pourrait donc être envisagé :

- **d'enfouir systématiquement les câbles dans les zones côtières et sensibles**, comme le fait l'Allemagne pour protéger ses installations en mer du Nord ;
- **d'utiliser des protections physiques**, telles que des tapis de protection ou des conduits, dans des zones où l'enfouissement est difficile, par exemple en mer Méditerranée ;
- **d'installer des capteurs de détection** pour identifier toute anomalie ou tentative de sabotage, comme le système de surveillance utilisé en Norvège ;
- **de cartographier précisément les points vulnérables** et renforcer la protection des zones sensibles afin de cibler de manière efficace les efforts de sécurisation ;
- **d'équiper certains câbles de doublons de sécurité** pour garantir la continuité de la production en cas de défaillance ou d'attaque sur un câble.

En appliquant ces recommandations et en respectant les normes existantes, il est possible de renforcer la sécurité des câbles sous-marins contre les menaces physiques, géopolitiques et cybernétiques. Pour les parcs éoliens en mer, les câbles sous-marins les plus critiques sont les câbles qui partent de la sous-station électrique et qui vont jusqu'à terre. Leur mise hors service condamne en effet toute la production électrique du parc.

⁶⁹ A titre d'exemple, la startup nantaise *Elwave* a mis au point un système de capteurs électromagnétiques novateurs installés sur des drones dédiés qui pourraient permettre une surveillance plus fine des câbles sous-marins. (Cf articles *Câbles électriques sous-marins : le talon d'Achille énergétique de l'Europe ?* - Par Kevin CHAMPEAU - Publié le 17 janvier 2025).

⁷⁰ Une startup, Fosina, propose un dispositif permettant de mieux surveiller les câbles sous-marins grâce à des capteurs directement intégrés à ces câbles (Cf article *Câbles électriques sous-marins : le talon d'Achille énergétique de l'Europe ?* - Par Kevin CHAMPEAU - Publié le 17 janvier 2025).

3.3. Mettre en place un cadre de coopération public-privé

L'objectif est de coordonner les efforts entre l'État, les industriels et les experts en sécurité pour garantir une protection globale des infrastructures éoliennes *offshore*. Par exemple, le Royaume-Uni a mis en place un partenariat public-privé pour sécuriser ses parcs *offshore*, intégrant des experts en cyber sécurité et en défense maritime. Une partie de ce sujet est développée plus en détail dans la **fiche 16**, intitulée « Quel rôle pour la sûreté privée dans les parcs éoliens en mer ? », qui présente les stratégies de coopération possibles à adopter.

3.4. Adapter la stratégie aux évolutions géopolitiques

L'objectif est d'anticiper les tensions internationales et de protéger les infrastructures contre les nouvelles menaces. Par exemple, en Norvège, la marine militaire a été chargée de protéger les infrastructures énergétiques *offshore* après des actes de sabotage suspects en mer du Nord. Pour répondre à cette recommandation, plusieurs actions peuvent être mises en place :

- **intégrer les parcs éoliens *offshore* dans les scénarios de défense nationale**, pour garantir leur sûreté en cas de conflit ou de crise énergétique. Cela pourrait inclure la mobilisation des ressources militaires et civiles pour protéger ces infrastructures stratégiques ;
- **identifier les acteurs étrangers à risque** et limiter leur influence dans les projets énergétiques *offshore*. Cela pourrait se traduire par l'exclusion d'entreprises de pays jugés hostiles ou par des contrôles stricts pour éviter toute ingérence ou espionnage industriel ;
- **développer une capacité de réaction rapide** en cas de menace, par exemple en organisant des interventions militaires en mer en cas de sabotage. Il serait également essentiel de mettre en place des mécanismes pour bloquer les communications malveillantes, comme les cyberattaques, visant à perturber le fonctionnement des infrastructures ;

Ces actions visent à renforcer la protection des parcs éoliens *offshore* face aux risques géopolitiques et à garantir la sécurité de l'approvisionnement énergétique en période de tensions internationales croissantes.

3.5. Revoir le statut juridique des parcs éoliens *offshore*

L'objectif est d'être prêt à classer, en fonction de l'évolution du contexte, les parcs éoliens *offshore* parmi les Points d'Importance vitale (PIV) pour leur assurer un niveau de protection renforcé. C'est le cas du Royaume-Uni qui a déjà modifié son cadre réglementaire afin de renforcer la sécurité de ses infrastructures *offshore*, avec des contrôles accrus sur les entreprises impliquées dans la gestion des parcs éoliens. Pour répondre à cette recommandation, plusieurs mesures peuvent être envisagées :

- **Établir un cadre réglementaire spécifique** en coopération avec les ministères des **Armées**, de l'**Intérieur** et de la **Transition énergétique**, afin de définir des protocoles de sécurité adaptés à ces infrastructures critiques.
- **Mettre en place des protocoles de gestion de crise** pour réagir rapidement en cas d'incident ou de menace avérée, garantissant ainsi la continuité de l'approvisionnement énergétique et la sécurité des infrastructures.

En appliquant ces mesures, les parcs éoliens *offshore* bénéficieraient d'un cadre de protection adéquat face aux risques physiques, cybernétiques et géopolitiques, assurant leur rôle stratégique dans la transition énergétique.

3.6. Financer les moyens de surveillance et de défense physique

(Cf rapport, relayé par Reuters en octobre 2023)

Comme mentionné dans un rapport relayé par Reuters en octobre 2023, toutes les mesures de sûreté pour protéger les parcs éoliens *offshore* entraînent des coûts financiers importants. Afin de répartir équitablement ces dépenses entre l'Etat et les industriels, plusieurs solutions peuvent être envisagées (ces propositions ne sont pas exhaustives) :

- **développer des alliances avec les pays européens**, notamment les pays voisins (par exemple, l'Allemagne, la Belgique, le Royaume-Uni), afin d'établir une coopération en matière de protection des infrastructures *offshore*. Cette collaboration permettrait de coordonner la surveillance en mer, de partager les coûts de surveillance en mer et d'améliorer l'efficacité de la protection des installations ;
- **utiliser le fonds pour la sécurité intérieure de l'Union européenne pour la période 2021-2027**, qui met à disposition 1,35 milliard d'euros pour renforcer la sécurité des infrastructures critiques dans les Etats membres. Chaque pays peut choisir d'allouer une partie de ce fonds à la protection des parcs éoliens *offshore*, permettant ainsi de partager une partie des coûts de sûreté ;
- **utiliser la taxe** (sujet évoqué CESH - Indépendance énergétique : Comment assurer la sécurité énergétique des parcs éoliens en mer ? mai 2024) appliquée aux entreprises exploitant ces infrastructures, contribuant ainsi au financement des mesures de sûreté ;
- **renforcer le cahier des charges lors des appels d'offres** en matière de traitement de la donnée. Cela inclurait l'automatisation de la surveillance (IA) pour détecter rapidement les actes de malveillance. Ce mécanisme pourrait être intégré dans les contrats avec les industriels, (sujet évoqué **CESM - Indépendance énergétique : Comment assurer la sécurité énergétique des parcs éoliens en mer ?** (Mai 2024)), afin de garantir que les mesures de cybersécurité et de protection soient prises en compte dès la phase de conception ;

Ces différentes solutions permettraient de mieux répartir les coûts de sécurité entre les secteurs public et privé, tout en assurant une protection adéquate des parcs éoliens *offshore* face aux menaces croissantes.

L'éolien *offshore* va devenir un élément central de la transition énergétique en France et en Europe. Face aux menaces physiques, cybernétiques et géopolitiques, plusieurs pays comme le Royaume-Uni, l'Allemagne et les Pays-Bas ont déjà renforcé la protection de leurs infrastructures. En France, même si les parcs éoliens *offshore* ne sont pas classés comme des Points d'Importance Vitale, leur importance et des menaces croissantes pourraient justifier dans le futur une évolution du cadre réglementaire et sécuritaire. D'ores et déjà, la mutualisation de certains équipements déjà présents sur les parcs en exploitation peut permettre d'assurer un premier niveau de protection. À court terme, il est recommandé de mettre en place des provisions techniques dans la conception de ces parcs éoliens *offshore* pour pouvoir, à moyen terme, à moindre effort et moindre coût, les équiper de moyens supplémentaires pour les protéger s'ils deviennent des actifs stratégiques.

ANNEXE : Tableau récapitulatif des menaces physiques intentionnelles et de leurs impacts sur la continuité de la production d'énergie ainsi que sur la sécurité énergétique d'un parc éolien *offshore* (y compris la chaîne de maintenance).

| Élément ciblé par la menace intentionnelle | Menace intentionnelle | Niveau d'interruption de production d'électricité | Impact sécurité énergétique | Exemple réel ou plausible |
|--|--|---|---|--|
| Câble d'export sous-marin | Sabotage direct (plongée, explosifs), arrachage mécanique, coupure planifiée ou dissimulée | Totale immédiate | Perte totale de transmission d'énergie vers le continent ; arrêt de toute production. | Mer du Nord (2023) – menaces russes sur câbles <i>offshore</i> |
| Sous-station <i>offshore</i> | Sabotage structurel, collision délibérée par navire, attaque armée par voie maritime | Totale immédiate | Point de passage critique pour l'évacuation de puissance ; interruption de tout le parc. | Alertes OTAN sur infrastructures <i>offshore</i> (2023) |
| SCADA / système de contrôle | Cyber-attaque ciblée du SCADA, blocage à distance des turbines, intrusion réseau | Totale immédiate | Blocage simultané de toutes les turbines via commande distante ; attaque systémique. | Europe (2022) – Risques SCADA documentés |
| Eolienne (structure) | Collision navire (accident ou délibérée), sabotage mécanique ou explosif d'une turbine | Partielle immédiate (locale) | Perte d'une ou plusieurs turbines selon la zone touchée ; baisse locale de production. | Gode Wind (2023) – collision avec navire cargo |
| Ancrage / flottaison (éolienne flottante) | Sabotage sous-marin des lignes d'ancrage ou systèmes de stabilité (flotteurs, chaînes) | Partielle immédiate (structure) | Mise en sécurité automatique en cas d'instabilité ; indisponibilité de l'éolienne affectée. | Risque modélisé OTAN – éolien flottant |
| Navire de maintenance | Blocage volontaire, arraisonnement ou détournement de navires de maintenance | Partielle différée | Délai dans les opérations de réparation ; affecte la disponibilité à moyen terme. | Saint-Brieuc (2021) – navire Aethra expulsé par pêcheurs |
| Base logistique portuaire | Sabotage des bâtiments de coordination, outils, serveurs, et équipements portuaires | Partielle différée | Perturbation de la chaîne logistique ; retards dans le support et les réparations. | Risque plausible sur bases techniques portuaires |
| Stock de pièces détachées | Incendie volontaire ou destruction ciblée de pièces critiques non redondantes | Minime | Impact limité mais possible effet domino en cas de pièces critiques uniques. | Risque classique dans les hubs <i>offshore</i> |
| Réseau de communication | Brouillage radio, attaque sur liaisons GNSS ou satellites, perturbation réseau | Minime | Interruption possible des commandes ; dépendance au SCADA ou à la redondance du réseau. | Risques cyber-physiques (ex : perturbation GNSS) |

Légende

- **Totale immédiate** = arrêt brutal de l'ensemble de la production
- **Partielle** = une ou plusieurs turbines ou chaînes de soutien affectées
- **Minime** = impact indirect, sans arrêt immédiat

Fiche 14

Les parcs éoliens en mer :

Des zones propices pour les activités illicites

La forte croissance des activités illicites en mer ces dernières décennies, avec la « massification » du narcotrafic, l'augmentation de l'immigration clandestine, le rebond de la piraterie ou encore les menaces d'actes terroristes, posent de nouveaux défis aux Etats. Les parcs éoliens en mer, par leur configuration et leur éloignement des côtes, sont des zones qui pourraient être exploitées par des acteurs malveillants. Le retour d'expérience des implantations déjà existantes en France et à l'international permet d'ores et déjà d'identifier des menaces et surtout les contre-mesures qui permettront de les prévenir.

L'étude qui suit vise donc à anticiper les risques d'activités illicites qui sont susceptibles de se dérouler dans ces installations artificielles implantées au large de nos côtes, puis de faire l'Etat des lieux des mesures de prévention et de répression actuellement mise en œuvre par les acteurs tant privés qu'étatiques. Cet examen doit permettre de définir les axes d'efforts à produire afin d'accompagner la montée en puissance des parcs éoliens *offshore*.

1. Les risques liés aux activités illicites dans les parcs éoliens en mer

1.1. Immigration clandestine et intrusions de migrants sur les sites d'éoliennes



L'immigration illégale par voie maritime est en augmentation dans plusieurs régions du monde, notamment en Europe. Cette situation peut encore s'accroître pour des raisons géopolitiques, économiques et climatiques.

Les parcs éoliens en mer pourraient demain constituer des zones de dépôt de migrants intéressantes pour des passeurs dans deux cas de figure :

- Comme zone de transfert temporaire entre deux embarquements à partir d'un navire mère ;
- Comme point de débarquement afin de déclencher automatiquement une action de sauvetage des autorités françaises.

En effet, il est parfaitement envisageable qu'un bateau de migrants puisse accoster à une turbine ou à la plateforme de la sous-station électrique et y débarquer ses passagers. Des cas similaires se sont déjà présentés. En Méditerranée, 32 migrants se sont réfugiés pendant quatre jours sur une plateforme gazière en mer, avant d'être secourus, le 4 mars 2025, par une ONG puis débarqués en Italie. Le 27 octobre 2021, 24 migrants ont été secourus à proximité d'un parc éolien belge, provoquant l'arrêt des turbines pour garantir la sécurité des équipes de sauvetage et des migrants.

Cette situation constitue une nouvelle configuration pour les opérations de secours aux personnes (SAR) mais aussi pour la prise en charge juridique des migrants (demande d'asile, etc.) dans un lieu inhabituel (île artificielle en ZEE).

Il convient d'anticiper ce sujet car les éoliennes situées dans la ZEE vont présenter des cas de figure intéressants. En effet, si ces installations se trouvent en haute mer au titre de la navigation, elles sont néanmoins soumises au régime des îles artificielles qui en font des espaces de droit français. Le débarquement de migrants sur ces installations de droit français impliquera les autorités maritimes au titre des opérations de secours mais aussi du droit applicable au titre de l'entrée sur le territoire européen.

1.2. Terrorisme, vandalisme, intrusions malveillantes et sabotages

Les parcs *offshores*, souvent sans présence humaine permanente, peuvent faire l'objet d'intrusions ressortant du domaine de l'ordre public (ex : écologistes, pêcheurs, plaisanciers...) ou dans un but de sabotage. En France, des dizaines de navires de pêche ont pénétré illégalement dans la zone du parc de Saint-Brieuc en 2021, allant jusqu'à aborder un navire de chantier et le menacer de sabotage pour protester contre le projet. De même, des infractions répétées ont été relevées dans le parc de Saint-Nazaire en phase d'exploitation (plusieurs centaines d'intrusions de navires repérées) malgré les restrictions réglementaires.

Le vandalisme peut prendre la forme de détérioration d'équipements (cameras, capteurs, feux de balisage) ou encore de vol de matériel (métaux, câbles), même si l'accessibilité réduite limite ce dernier. Le sabotage organisé, quant à lui, pourrait viser à mettre hors service des éoliennes (par explosion, incendie ou dégâts aux câbles sous-marins), dans une optique d'écoterrorisme, de chantage criminel ou d'atteinte stratégique aux intérêts de la France. La menace terroriste n'est aussi pas à écarter : des infrastructures énergétiques peu surveillées sont des cibles potentielles « faciles » selon les experts, comme en témoigne l'affaire du sabotage du pipeline *Nord Stream* en 2022.

Une intrusion mal intentionnée réussie pourrait provoquer une panne de parc, des dégâts coûteux et des interruptions de fourniture électrique. Elle expose aussi l'Etat et l'opérateur à une atteinte à leur image avec un sentiment d'insécurité. Enfin, la sécurité des techniciens en maintenance pourrait être compromise s'ils tombent sur des intrus hostiles en pleine mer.

Par ailleurs, les futurs parcs éoliens flottants présentent des vulnérabilités spécifiques du fait de leur conception. Il est parfaitement possible d'envisager des actes malveillants par des engins sous-marins dans l'avenir. La société italienne ENI a d'ailleurs bien intégré le risque « terrorisme » comme principale menace dans ses procédures de sécurité (*Mesure Procedure Security Plans*). Elle s'efforce de développer de nouvelles technologies pour réduire ce risque autant que possible, conformément au principe ALARP (*As Low As Reasonably Practicable*).

1.3. Trafic de stupéfiants et autres trafics illicites



Les réseaux liés au narcotrafic maritime innovent constamment pour éviter les services douaniers et répressifs (utilisation de semi-submersibles, conteneurs, caches en mer...). Un parc éolien *offshore*, avec ses centaines de structures et de recoins, pourrait servir de cache ou de point de rendez-vous.

Si peu d'incidents publics existent à ce jour, il est nécessaire de considérer ce scénario comme possible pour l'avenir. L'installation prochaine de parcs éoliens, en Méditerranée notamment, avec des projets au large du Golfe de Fos ou entre Port-la-Nouvelle et Leucate, pourrait intéresser les commanditaires des trafics illicites déjà existants en mer d'Alboran et au large des Baléares, qui semble-t-il, sont en expansion vers nos côtes.

Les parcs étant vastes, un petit bateau peut s'y fondre, surtout de nuit, profitant de l'affaiblissement des signaux radar causé par les éoliennes en rotation. Ainsi, des trafiquants pourraient être tentés de déposer des ballots de drogue sur une structure *offshore* en attendant qu'un complice vienne les récupérer plus tard, à l'abri des regards. Des plongeurs pourraient fixer des paquets étanches sur les piliers sous-marins, ou dissimuler des cargaisons dans les nacelles vides de certaines éoliennes.

Outre l'acheminement de drogues, ces zones pourraient aussi servir à d'autres trafics (armes, cigarettes de contrebande). Cela représente un défi supplémentaire pour la sûreté maritime : il faut être capable de détecter de petites embarcations suspectes et d'intervenir dans un labyrinthe de

pylônes en mer. Un échec à contrôler ces trafics entamerait la crédibilité de l'Etat à faire respecter la loi sur toutes ses zones maritimes, et pourrait in fine encourager davantage les criminels à utiliser ces « zones grises ».

En 2023, un ballot de drogue a été découvert au pied d'une éolienne provenant probablement d'un *drop-off* ayant dérivé à l'intérieur du champ éolien (aucune preuve d'un acte volontaire d'utilisation du parc éolien). Néanmoins, cela montre déjà la proximité des trafics illicites vis à vis des champs d'éoliennes existantes.

Face à ces menaces et aux risques potentiels qui peuvent dès à présent être identifiés, il s'agit de connaître le niveau de réponse qui pourra être apporté tant par les opérateurs privés de gestion des parcs que par l'Etat français.

2. Etat des lieux des moyens et de leur coordination pour la prévention et la répression des actes illicites

2.1. Les moyens techniques

Conformément au cahier des charges des derniers appels d'offres, des dispositifs sont désormais prévus dans les parcs éoliens pour contribuer à la surveillance des mouvements des navires. Des caméras sont ainsi implantées sur les installations en mer du champ éolien, sur leurs fondations ou câbles d'amarrages en fonction de la profondeur de l'implantation du parc et sur la sous-station électrique.

Actuellement, les images et le contrôle des caméras sont accessibles via le centre d'exploitation (centre de coordination maritime) de l'énergéticien opérant le parc. À ce stade, seul le centre de coordination maritime a accès au dispositif et des essais ont été réalisés pour l'étendre aux CROSS.

A l'instar des caméras de surveillance, les cahiers des charges des appels d'offre prévoient également l'implantation de deux radars au minimum visant à compenser la perte de détection occasionnée par les parcs éoliens. Ces capteurs doivent couvrir 360° et détecter toute embarcation ou approche non autorisée, de jour comme de nuit.

La donnée radar a vocation à intégrer le système de surveillance maritime *Spatialnav* afin d'être consultable par les sémaphores dans le cadre de la défense maritime du territoire et d'être exploitable à des fins de sécurité maritime. La préfecture maritime de la Manche et de la mer du Nord étudie la faisabilité d'intégrer les pistes radars directement à *Spatialnav* pour permettre un accès direct des sémaphores et des CROSS à ces informations.

2.2. Responsabilités des opérateurs privés et de l'Etat

Les exploitants de parcs *offshores* ont l'obligation de sécuriser leurs installations (intégrité physique, cybersécurité). Ils mettent en place le balisage, la signalisation maritime, et de plus en plus souvent, des moyens de surveillance privés (caméras, radars). Cependant, ils n'ont pas de pouvoir de police en mer : en cas de suspicion d'une activité illicite (ex. bateau suspect, intrus), leur responsabilité est de détecter et d'alerter les autorités. La coordination se fait par l'intermédiaire du Préfet maritime, qui orchestre l'action des administrations de la fonction garde-côtes dans ce domaine. Plus en détail, le centre opérationnel de gestion du parc exploite les données de surveillance et transmet au CROSS toute information qu'il juge nécessaire pour une exploitation et une éventuelle intervention des moyens maritimes de l'Etat.

En résumé, le cadre juridique actuel confère à l'Etat la charge régalienne de la sûreté, tandis que l'opérateur doit coopérer étroitement (surveillance, financement de mesures de protection) sans se substituer aux forces de l'ordre. Des discussions au niveau national et européen sont en cours pour renforcer ce cadre (obligations de surveillance accrue, statut des infrastructures critiques *offshore*, coopération internationale notamment en Mer du Nord).

2.3. Cadre juridique et responsabilités en zone maritime (eaux territoriales vs ZEE)

Juridiquement, les éoliennes peuvent être implantées soit dans les eaux territoriales françaises (largeur de 12 milles marins relevant de la souveraineté de l'Etat), soit en zone économique exclusive (ZEE) allant jusqu'à 200 milles. En ZEE, la France n'y exerce que des droits souverains (dont l'exploitation des ressources qui comprend l'énergie éolienne) et une juridiction fonctionnelle sur les installations artificielles. Le régime actuel, issu de la loi et de l'ordonnance de 2016, a nécessité des clarifications car il présentait des incertitudes. Par exemple, il a fallu définir le statut juridique de la sous-station électrique (considérée comme partie intégrante du parc) et préciser quelles autorisations uniques sont requises en ZEE. Un rapport de 2022 recommande de clarifier ce régime et d'adapter la fiscalité, en prévoyant qu'une partie des recettes finance la sécurité et la sûreté maritimes liées à ces parcs.

2.4. Compétences des forces de l'ordre en mer

Dans les eaux territoriales, les infractions (intrusion non autorisée, vandalisme, trafic...) relèvent du droit commun : la Gendarmerie maritime, la Marine Nationale, les Douanes et les Affaires Maritimes peuvent y intervenir. Des arrêtés du préfet maritime pris au titre de la police de la navigation réglementent l'accès aux parcs.

En ZEE, le cadre est plus complexe : la France peut créer des zones de sécurité autour des éoliennes, jusqu'à 500 m autour de chaque structure selon la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer. À l'intérieur de ces zones, elle peut exercer son contrôle pour assurer la sécurité du parc. Cependant, en dehors de ces 500 m (donc en haute mer libre), une embarcation suspecte ne peut être arraisonnée que dans le cadre de certaines Conventions internationales réprimant la criminalité en mer (narcotrafic, migrants illégaux, piraterie, terrorisme).

3. Renforcer la sûreté des parcs éoliens en mer

Le niveau de protection des parcs éoliens en mer va devoir être renforcé en fonction de la montée de certaines menaces ou de leur utilisation à des fins d'activités illicites. Cette importance stratégique en fait des cibles pour des actes de déstabilisation et des menaces à la souveraineté énergétique. Il est donc essentiel de garantir leur résilience face aux menaces potentielles. La dissuasion, souvent considérée comme le meilleur moyen de prévention, doit être au cœur de la stratégie de protection des parcs.

Recommandation : augmenter le niveau de surveillance et de protection des parcs éoliens *offshore* pour dissuader le potentiel développement d'activités illicites ou de problèmes d'ordre public.

3.1. Mettre à niveau le cadre réglementaire et législatif pour permettre à l'Etat français et aux forces de l'ordre d'agir efficacement.

3.1.1 : Durcir les peines encourues pour les actes illicites et les automatiser grâce à l'IA

- Pour renforcer la sécurité et dissuader les actes malveillants, il est essentiel de prévoir des peines aggravées pour toute intrusion non autorisée ou acte de malveillance. Cela nécessite l'intégration d'infractions spécifiques dans le Code des Transports Maritimes.
- De plus, l'utilisation de l'intelligence artificielle peut être envisagée pour détecter les infractions. Cette technologie permettrait d'analyser automatiquement les images issues de la vidéosurveillance et de repérer les mouvements anormaux, facilitant ainsi l'identification et la prévention des comportements illicites. L'instruction automatique des dossiers de fraude pourrait également être réalisée grâce à l'intelligence artificielle.

3.1.2 : Adapter le droit d'asile et des procédures migratoires pour anticiper juridiquement la situation de migrants recueillis sur une installation en mer

- Coordonner avec les procédures existantes de débarquement dans un port sûr.

3.2. Améliorer la surveillance et la sécurité des parcs éoliens en mer, et réduire le temps de réponse à une alerte, par une meilleure coordination entre les acteurs nationaux et internationaux et une meilleure exploitation des données des pêcheurs et usagers.

3.2.1. Rechercher la coordination des acteurs de la surveillance

- Veiller au renforcement des patrouilles par les administrations de la fonction garde-côtes. (Marine nationale, Douanes, Affaires maritimes, Gendarmerie maritime). Examiner les conditions de la mise en place d'une sécurité privée à l'intérieur des parcs éoliens en mer.
- Pour renforcer l'implication des pêcheurs et des usagers de la mer dans le dispositif de remontée d'informations, car il est essentiel de tirer parti de l'importance de la flotte des navires de pêche, de commerce et de yachting, équipés de radars et de capteurs. Une application participative de signalement des événements maritimes sur smartphone pourrait être développée à cet effet. Cette application détecterait automatiquement la position des navires grâce au GPS du smartphone, et proposerait un menu déroulant permettant d'identifier différentes catégories de signalement de différents types d'incident susceptibles d'être observés.
- Exercices multi-acteurs : organiser des exercices annuels impliquant les opérateurs du parc et les moyens de l'Etat.

3.2.2. Rechercher une coordination internationale

- Renforcer les mécanismes d'échange d'informations entre Etats voisins pour surveiller les vastes zones *offshores* européennes.
- Développer des protocoles d'intervention conjoints pour les incidents transfrontaliers, en collaboration avec des agences comme l'agence Frontex ou le MAOC-N.

3.2.3. Partager les informations et moderniser les moyens de surveillance

- Mettre en place un réseau de vidéosurveillance partagé entre les différents parcs éoliens et les autorités, couplé à des radars de surface et des capteurs avancés.
- Mettre à niveau les installations de surveillance actuelles. Inclure des mises à niveau dans les contrats existants et prévoir un budget associé.
- Utiliser l'intelligence artificielle pour analyser les flux vidéo, repérer des mouvements anormaux et identifier les embarcations et les contrevenants, en partageant les données en temps réel avec les centres de coordination maritime.
- Utiliser des technologies de détection sous-marines innovantes interconnectées comme :
 - **L'emploi de drones maritimes et sous-marins autonomes pour patrouiller autour des parcs.**
 - **La détection de vibrations de plongeurs ou d'engins avec un système de fibre optique acoustique.**

3.3. Prendre en compte la sûreté des sites éoliens en mer de manière globale pour en optimiser les moyens et les procédures.

3.3.1. Optimiser la surveillance et l'inspection des sites d'éoliennes

- Etablir des rythmes d'inspection basés sur des analyses de risques, en priorisant les zones à haut risque (proximité des frontières, zones de trafic intense...).
- Utiliser des drones autonomes pour des inspections régulières et automatisées, réduisant ainsi la nécessité de déplacements humains fréquents.

3.3.2. Encadrer, former et sensibiliser les acteurs des parcs d'éoliennes

- Organiser des sessions de formation régulières pour les équipes de surveillance, en mettant l'accent sur la détection des comportements suspects et l'utilisation des technologies de surveillance.
- Elaborer des protocoles d'intervention dédiés aux parcs éoliens en mer à intégrer au PIM.
- Sensibiliser et former les équipes aux protocoles d'intervention et aux procédures de sécurité.
- Définir un Plan Anti-Corruption au sein des parcs éoliens (stratégie d'entreprise).
- Renforcement des habilitations des personnels travaillant sur les sites d'éoliennes.

3.3.3. Anticiper les menaces et agir de manière proactive

- Mettre en place un système de documentation des inspections et des incidents, permettant une évaluation continue des performances et des ajustements nécessaires (cf : sécurité aérienne).
- Utiliser les retours d'expérience et exercices pour améliorer les protocoles et les technologies de surveillance et pouvoir les intégrer dans les parcs en cours de fonctionnement.

Conclusion

Les parcs éoliens en mer représentent une opportunité majeure pour atteindre les objectifs de neutralité carbone de l'Union européenne et de la France. Cependant, leur développement rapide et leur isolement en mer les rendent vulnérables à diverses activités illicites, telles que l'immigration clandestine, le vandalisme, le sabotage et le trafic de stupéfiants. Pour garantir la sûreté de ces infrastructures critiques, il est impératif de renforcer les moyens dédiés à leur surveillance, d'améliorer la coordination entre les acteurs publics et privés et de clarifier le cadre juridique et réglementaire.

Les recommandations proposées visent à anticiper et à prévenir les risques associés à ces activités illicites, tout en assurant une réponse rapide et efficace en cas d'incident. La mise en place de technologies avancées, telles que les réseaux de vidéosurveillance, les radars de surface et les drones, couplée à une coopération internationale renforcée, permettra de surveiller efficacement ces zones sensibles. De plus, la formation des personnels et la sensibilisation des usagers de la mer joueront un rôle crucial dans la détection précoce des comportements suspects.

Enfin, il est essentiel de durcir les peines encourues pour les actes illicites et de prévoir un financement dédié à la sûreté des parcs éoliens en mer. En adoptant une approche proactive et collaborative, la France et l'Europe pourront protéger ces infrastructures stratégiques et garantir la sécurité de leurs citoyens tout en poursuivant leurs ambitions énergétiques.

FICHE 15

Les parcs éoliens en mer : des installations sensibles à protéger des cyberattaques

1. Contexte général

Depuis quelques années, les cyberattaques ont fortement augmenté dans le monde en raison de plusieurs facteurs majeurs. D'une part, la numérisation croissante des systèmes et des infrastructures multiplie les points d'entrée pour les attaquants, d'autre part la valeur stratégique des données qu'ils peuvent contenir en fait des cibles privilégiées. Cette menace est renforcée par la professionnalisation des cybercriminels, souvent organisés en réseaux structurés et soutenus par des Etats, ainsi que par le modèle lucratif de la cybercriminalité. À cela s'ajoute un contexte géopolitique tendu, où les cyberattaques deviennent de véritables armes de guerre pour affaiblir des adversaires et leur nuire sans confrontation directe. Par ailleurs, le manque persistant de préparation de nombreuses organisations encourage la cybercriminalité.⁷¹

L'objectif national de la France est d'atteindre une capacité installée de 45 gigawatts (GW) d'éolien en mer d'ici 2050, ce qui représenterait environ 20 % de la consommation électrique nationale⁷². Cette ambition s'inscrit dans une stratégie plus large pour atteindre la neutralité carbone en 2050, et l'éolien en mer est envisagé pour devenir la deuxième source de production d'électricité en France, après le nucléaire. Toutefois, le développement des infrastructures concernées s'accompagne d'une exposition croissante aux risques cyber. Isolées, fortement numérisées, et interconnectées, les éoliennes *offshores* sont particulièrement vulnérables aux cyberattaques.

1.1. Cyberattaques, une menace en pleine expansion

1.1.1. Panorama des cyberattaques en France et statistiques générales

Depuis quelques années, une vague d'attaques informatiques frappe la France et cible les infrastructures critiques relatives à la production d'énergie, la santé, et la défense. La France figure parmi les pays européens les plus touchés⁷³. En 2024, environ 50 % des organisations françaises ont subi au moins une cyberattaque réussie au cours de l'année avec des conséquences significatives⁷⁴. En 2022, 61% des entreprises ayant subi une cyberattaque ont déclaré avoir subi des conséquences commerciales et financières importantes. Dans seulement 16 % des cas, les hackers ont pu être identifiés. En conséquence, 70 % des entreprises françaises ont prévu d'augmenter le budget consacré à la cybersécurité, et 56 % d'entre elles de faire appel ou d'embaucher des spécialistes du domaine⁷⁵. Le coût de la cybercriminalité en France a explosé ces huit dernières années. En 2016, ce coût était évalué à 5,1 milliards de dollars, avant de connaître une hausse moyenne de plus de 30 % chaque année, pour atteindre 129 milliards de dollars en 2024.⁷⁶

⁷¹ Direction Générale de la Sécurité Intérieure – L'Etat de la menace cyber en France - Publication le 05/09/2023. Mise à jour le 26/11/2024.

⁷² Le Journal des Entreprises – Eolien en Mer – Le gouvernement veut accélérer les projets pour atteindre la production de 45GW en 2050 - Publication : 03/05/2024

⁷³ ENISA (Agence de l'Union Européenne pour la cybersécurité) – Threat Landscape - Publication 09/2024

⁷⁴ [Baromètre du CESIN \(Club des Experts de la Sécurité de l'Information et du Numérique\)](#) - Edition 2024, publiée en 2025.

⁷⁵ Opinionway pour CESIN – Baromètre de la cybersécurité des entreprises - Publication Janvier 2022

⁷⁶ Market Insights de Statista - Le coût de la cybercriminalité dans le monde - Mai 2024

Dans la continuité des années précédentes, l'ANSSI, Agence Nationale de Sécurité des Systèmes d'Information, estime que les attaquants liés à l'écosystème criminel ou réputés liés à la Chine et à la Russie constituent les principales menaces tant pour les systèmes d'information les plus critiques que pour l'écosystème national dans son ensemble. En 2024, parmi les événements portés à la connaissance de l'ANSSI, l'agence a traité 4386 événements de sécurité soit une augmentation de 15 % par rapport à 2023. ⁷⁷

1.1.2. Les infrastructures critiques, des cibles privilégiées

Parmi les infrastructures critiques, les centrales de production d'énergie constituent des cibles privilégiées pour les cyberattaques afin de nuire à la souveraineté énergétique et à la sécurité nationale. Ces attaques peuvent avoir des objectifs très variés, incluant notamment l'interruption de production d'énergie, le vol de données sensibles, l'espionnage, et les dégâts physiques. Le secteur de l'énergie se classe au 3^{ème} rang des secteurs les plus ciblés par les pirates informatiques malveillants. ⁷⁸

Certaines cyberattaques marquantes, qui ont impacté le domaine de l'énergie, ont permis une meilleure prise de conscience des risques, des méthodes employées et des enjeux. Quelques-unes de ces attaques sont présentées ci-après.

L'attaque la plus célèbre est *Stuxnet*, qui visait en 2010 à freiner le programme nucléaire iranien. *Stuxnet* a été créé par l'action conjointe des gouvernements des Etats-Unis et d'Israël. Il s'agit d'un *malware* appartenant à la catégorie des vers informatiques. Considéré comme une arme de guerre, il a été pensé dans l'optique d'une attaque informatique de grande échelle. Il a notamment endommagé les centrifugeuses qui produisent l'uranium nécessaire aux centrales civiles et aux armes atomiques. ⁷⁹

En 2015, une cyberattaque attribuée au groupe Russe *Sandworm* a ciblé trois compagnies de distribution d'électricité en Ukraine. Utilisant le *malware BlackEnergy*, les attaquants ont provoqué des coupures de courant pendant plusieurs heures. Il s'agit de la première attaque connue ayant réussi à perturber un réseau électrique. ⁸⁰

En 2019, le géant norvégien des énergies renouvelables *Norsk Hydro* a subi une attaque par *ransomware* qui a paralysé ses opérations informatiques. L'entreprise a refusé de payer et a choisi de reconstruire intégralement son système, entraînant une perte estimée à 70 millions de dollars. ⁸¹

En 2022, une cyberattaque a visé le satellite KA-SAT de l'opérateur américain Viasat, perturbant la communication de 5800 éoliennes terrestres en Allemagne, représentant une capacité totale de 11 GW. Les éoliennes continuaient de produire de l'électricité, mais ne pouvaient plus être pilotées à distance. ⁸²

⁷⁷ ANSSI - Panorama de la cybermenace 2024 - Publication 03/2025

⁷⁸ IBM - X-Force Threat Intelligence Index 2023 - Publication 2023

⁷⁹ Encyclopedia Britannica – Britannica.com

⁸⁰ Le Monde Informatique – Des russes derrière la cyberattaque d'une centrale électrique ukrainienne. - Publication : 01/2016

⁸¹ Microsoft News- Hackers hit Norsk Hydro with ransomware. The company responded with transparency. - Publication: 12/2019

⁸² PV magazine – Une cyberattaque sur un satellite affecte 11 GW d'éoliennes allemandes. - Publication : Mars 2022.

2. Contexte technique, réglementaire et organisationnel

Les enjeux de cybersécurité propres aux parcs éoliens en mer reposent sur trois caractéristiques structurantes :

- une configuration technique et géographique singulière : Implantés en mer, les parcs éoliens *offshore* sont par nature isolés, rendant les interventions complexes et limitant les moyens d'accès. Leur architecture s'appuie sur une interconnexion de systèmes physiques et numériques répartis entre les infrastructures *offshores*, les stations terrestres, les liaisons de communication, et les systèmes de supervision, formant un environnement complexe et distribué ;
- un cadre réglementaire en évolution : La cybersécurité des éoliennes *offshores* s'inscrit dans un cadre normatif en pleine évolution, tant au niveau national qu'europpéen, avec l'émergence de directives et de règlements imposant des exigences de plus en plus contraignantes ;
- une pluralité d'acteurs aux responsabilités partagées : La chaîne de valeur mobilise un écosystème d'intervenants publics et privés – concepteurs, exploitants, mainteneurs, autorités de contrôle, Etat – chacun détenant une part de responsabilité dans la sécurisation des systèmes et des données, et la réponse aux agressions.

2.1. Une configuration technique et géographique singulière

Les parcs éoliens *offshores* reposent sur une architecture distribuée. Cette architecture multiplie les points d'entrée potentiels pour une cyberattaque, avec des conséquences qui peuvent aller de l'interruption de la production d'énergie à l'atteinte à la sécurité maritime ou à la fuite d'informations sensibles.

C'est le parc éolien entier qui est à considérer en termes de cyber sécurité, incluant principalement :

- les systèmes embarqués dans les éoliennes : les turbines, les capteurs ou les automates industriels, etc. ;
- le réseau interne du parc éolien, qui relie les éoliennes entre elles et aux dispositifs de supervision ;
- les canaux de communication longue distance, qu'ils soient sous-marins ou satellitaires,
- la sous-station électrique en mer ;
- la station à terre concentrant des fonctions critiques et de nombreuses données sensibles,
- le port de logistique et de maintenance ;
- le poste de raccordement.

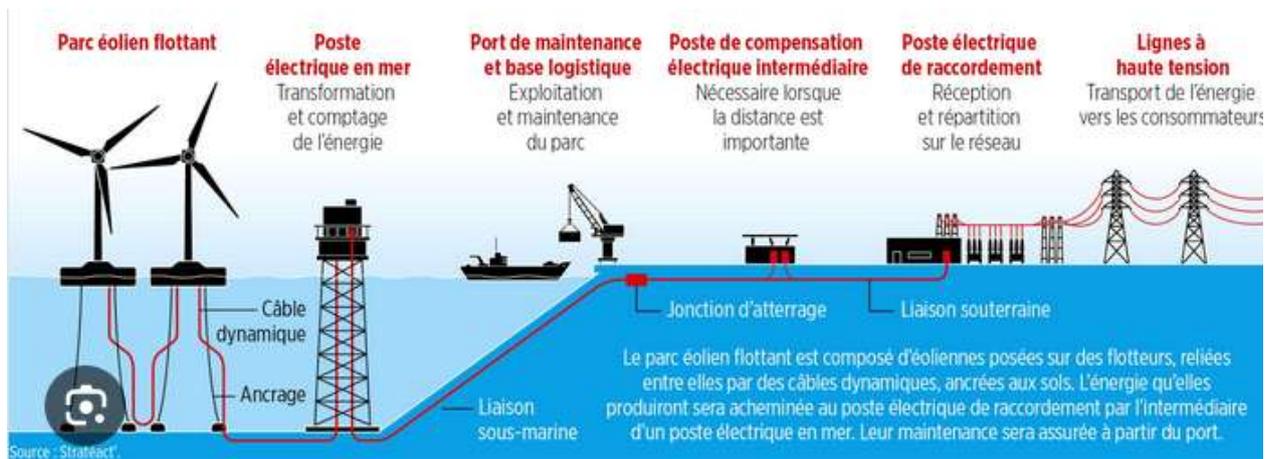


FIGURE 4- PARC ÉOLIENS OFFSHORE⁸³



FIGURE 5- PARC SAINT NAZAIRE - PHOTO ISSUE EDF RENOUEVABLE

Les risques cyber liés aux parcs éoliens *offshore* sont présentés par nature d'exposition. Cette classification permet une meilleure appropriation des menaces par les différents acteurs et facilite les mesures de prévention :

- Les risques liés à la compromission des systèmes :
 - o prise de contrôle à distance : exploitation de vulnérabilités dans les automates industriels ou logiciels embarqués pour perturber ou détourner le fonctionnement d'une éolienne ;
 - o sabotage de logiciel : modification malveillante des systèmes de commande affectant des fonctions critiques (orientation, frein, rotor) ;
 - o intrusion dans les systèmes de supervision SCADA : accès non autorisé permettant d'interrompre ou de manipuler la production énergétique ;
 - o attaque par déni de service (DoS/DDoS) : saturation des canaux de communication internes, entraînant l'indisponibilité des systèmes de supervision ou de contrôle ;
 - o *ransomware* : chiffrement des données ou systèmes critiques avec demande de rançon pour restauration.

⁸³ Le Point – Illustration issue de « L'éolien se prend les pales dans la biodiversité » - Publication : 25/10/2022

- Les risques liés à la compromission des communications :
 - o propagation de *malwares* : via un point d'entrée (poste infecté, clé USB, maintenance), un logiciel malveillant peut se répandre dans l'ensemble du réseau interne du parc ;
 - o interception ou altération de communications satellitaires ou sous-marines : espionnage, manipulation ou leurres visant à désorienter les navires ou interférer avec les transmissions ;
 - o *phishing* ciblé : campagnes d'hameçonnage visant les opérateurs pour obtenir un accès ou exfiltrer des informations sensibles ;
 - o sécurité maritime : perturbation du trafic maritime par manipulation des signaux ou des systèmes de navigation à proximité du parc.

- Les risques liés à l'espionnage ou à la fuite de données sensibles :
 - o Renseignement / surveillance dissimulée : usage des parcs *offshores* comme points d'observation stratégiques pour collecter des données sur le trafic maritime ou militaire ;
 - o Fuite ou vol de données : extraction illégale d'informations industrielles ou stratégiques à partir des systèmes de supervision ou des infrastructures de la station à terre.

- Les risques physiques et d'intrusion :
 - o intrusion physique : accès non autorisé aux installations pour y installer un dispositif malveillant ou interférer manuellement avec les systèmes, que ce soit dans le parc en mer ou dans les installations à terre.

- Les risques transverses, organisationnels, et humains :
 - o absence de Maintien en Condition de Sécurité (MCS) : absence de veille sur les vulnérabilités, défaut de mise à jour ou de contrôle des antivirus ;
 - o obsolescence non traitée : systèmes non modernisés exposés à des failles connues ;
 - o erreurs humaines ou négligence : absence de formation régulière, comportements à risque des opérateurs d'exploitation ou de maintenance. (ex. : branchement de supports infectés) ;
 - o gestion des accès non sécurisée : mots de passe faibles, droits d'accès non contrôlés ou non révoqués ;
 - o sous-traitance mal maîtrisée : dépendance à des prestataires tiers sans contrôle strict sur la sécurité de leurs pratiques ou de leurs systèmes.

La pluralité des risques décrite ci-dessus nécessite la mise en place d'une capacité de cyber résilience. La cyber résilience consiste en la capacité d'une organisation à résister, répondre, et à se remettre rapidement d'une cyberattaque, partant de l'hypothèse que malgré toutes les protections une attaque peut réussir. Les enjeux de la cyber résilience adressent les volets techniques et organisationnels et incluent :

- la prévention et la sécurisation : mise en place de mesures de protection des systèmes telles que des pare-feu, chiffrement, gestion des accès, sécurisation physique, etc ;
- détection et réponse aux incidents par la surveillance en continu, l'identification rapide des attaques et une réponse efficace ;

Ensuite vient la phase de récupération et de résilience par la restauration des systèmes après une attaque et l'amélioration en continue.

2.2. Cybersécurité des parcs éoliens *offshores* : Un cadre réglementaire en évolution

En tant qu'infrastructures critiques, les parcs éoliens *offshore* sont soumis à un ensemble de codes, lois, réglementations et normes techniques, relatifs à la cybersécurité, relevant d'une approche sectorielle et multi niveaux, nationale et européenne.

Par ailleurs, la transformation numérique de l'économie et de la société, combinée à une situation géopolitique instable a pour corollaire de nouveaux risques cyber. Dans ce contexte en mutation rapide, les textes nationaux, européens et internationaux relatifs à la cybersécurité évoluent rapidement.

2.2.1. Codes sectoriels nationaux

Parmi les différents codes sectoriels nationaux qui s'appliquent au sujet de la présente étude, on trouve :

- le Code de la cybersécurité, dont la première version a été éditée en 2022. Il constitue un véritable outil de référence, et vise principalement à rassembler, organiser et rendre accessible l'ensemble des textes juridiques applicables en matière de cybersécurité en France ;
- le Code de la défense qui encadre la protection des infrastructures critiques comme les éoliennes en mer, imposant des obligations de cybersécurité aux opérateurs. Il vise ainsi à garantir la sécurité nationale face aux menaces numériques. Il permet à l'Etat d'imposer des normes, de contrôler et de coordonner la réponse en cas d'attaque cyber ;
- le Code de l'énergie qui encadre la production, le transport et la distribution d'électricité, y compris celle issue des éoliennes en mer. Concernant la cybersécurité, il impose aux acteurs énergétiques des obligations de sécurité des systèmes informatiques. Il contribue ainsi à assurer la continuité, la fiabilité et la sécurité du réseau électrique face aux menaces numériques.

2.2.2. Réglementation européenne

La récente directive *NIS2, Network and Information Security 2*, adoptée par l'Union européenne en décembre 2022, vise à élever le niveau de cybersécurité des entreprises publiques ou privées de taille significative, considérées comme critiques pour le fonctionnement de la société et de l'économie (énergie, transports, banques, santé, etc.). La directive NIS2 fixe des mesures de prévention, de détection et de réponses aux incidents. Elle impose aussi la notification des incidents majeurs aux autorités type ANSSI, et garantit la reprise et la continuité d'activité. En cas de non-respect, les autorités se réservent la possibilité d'auditer les entreprises concernées et d'imposer des sanctions et amendes. En France, l'ANSSI pilote la mise en œuvre de la directive NIS2 aux secteurs et entreprises concernées.

Le *Net Zero Industry Act (NZIA)* est un règlement européen visant à soutenir les technologies vertes pour atteindre la neutralité carbone. Il classe les parcs éoliens *offshore* dans la catégorie des infrastructures stratégiques. Cela implique des exigences renforcées en cybersécurité pour garantir la cyber résilience et la sécurité énergétique de l'UE.

Le *Cyber Resilience Act (CRA)* de 2024 impose des exigences de cybersécurité aux produits et aux systèmes industriels comportant des éléments numériques. Les éoliennes *offshores* intégrant des composants et logiciels connectés, doivent désormais satisfaire à des normes strictes, sur l'ensemble de leur cycle de vie. Les fabricants de composants numériques doivent ainsi :

- identifier et corriger les vulnérabilités de cybersécurité pendant le cycle de vie de leur produit ;
- fournir des mises à jour de sécurité pendant la durée prévue d'utilisation ;
- effectuer une analyse de risque et documenter les mesures de sécurité ;
- signaler les incidents de cybersécurité majeurs sous 24 heures.

Le CRA est entré en vigueur en 2024, avec une application obligatoire en 2027. En cas de non-respect, la sanction peut aller jusqu'à 15 M€ d'amende ou 2,5 % du chiffre d'affaire annuel.

2.2.3. Réglementation transverse

D'autres réglementations peuvent imposer des exigences complémentaires en matière de cybersécurité :

- règlement de Protection des données personnelles (RGPD) : Les données personnelles collectées via les systèmes connectés doivent être protégées ;
- les Réglementations environnementales : L'évaluation des risques naturels doit être intégrée dans les scénarios de cybersécurité car une attaque peut exploiter un événement climatique pour amplifier ses effets ;
- la Loi de Programmation Militaire : La LPM fixe les priorités de défense nationale incluant la cybersécurité des infrastructures critiques.

2.2.4. Normes et standards techniques

Les normes et standards techniques à considérer dans ce domaine sont nombreux. Parmi les principaux, on trouve l'IEC 27001 relatif au système de gestion de la sécurité de l'information (SGSI), l'IEC 62443 relatif à la cybersécurité des systèmes industriels type SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition : système de contrôle et d'acquisition de données), utilisés dans les parcs éoliens *offshore*, et le NIST SP 800-82, qui est un guide pour les systèmes de contrôle industriels.

On constate que la filière est encadrée par de nombreuses réglementations et normes, en permanente évolution. Ce foisonnement réglementaire rend difficile son appréhension et son application par l'ensemble des acteurs de la filière.

2.3. Une pluralité d'acteurs aux responsabilités partagées

2.3.1. Acteurs opérationnels et industriels

Les industriels impliqués dans les phases de conception, de construction, d'exploitation et de maintenance doivent respecter l'ensemble des exigences, normes et directives qui leur sont imposées :

- les opérateurs/exploitants assurent le développement, la construction et l'exploitation des parcs éoliens *offshore*. Leur rôle inclut la coordination des partenaires et des sous-traitants techniques, financiers, et la conformité réglementaire sur l'ensemble du cycle de vie. Parmi les entreprises qui opèrent les projets en France figurent *EDF Renouvelables, Iberdrola, Ocean Winds*, etc ;
- les fournisseurs de technologies et d'équipements doivent intégrer la cybersécurité dès la phase de conception, car toute faille dans les composants fournis (turbines, automates, capteurs) peut compromettre l'ensemble du système. Parmi les principaux fournisseurs, on trouve *General Electric* ou *Siemens* pour les turbines, *Vestas* pour les systèmes de contrôle, etc ;
- les opérateurs de maintenance travaillent sous la responsabilité des exploitants tels *qu'EDF Renouvelable*. Parmi les principaux mainteneurs, on trouve *General Electric, Siemens, DNV*, etc ;
- les opérateurs de réseaux électriques comme *RTE* assurent le raccordement au réseau national et la gestion des flux d'électricité. Ils sont exposés aux risques cyber : connexion, gestion des flux, systèmes de contrôle industriel *SCADA*, etc ;
- les prestataires de services maritimes spécialisés dans le soutien aux opérations et la maintenance des parcs, tels que *Louis Dreyfus Armateur*.

2.3.2. Autorités de l'Etat

Comme mentionné précédemment, la cybersécurité s'inscrit dans un cadre réglementaire rigoureux, appuyé par un ensemble d'acteurs institutionnels ayant chacun des responsabilités spécifiques pour accompagner et encadrer les entreprises concernées.

Les principales institutions impliquées sont les suivantes :

- ANSSI (Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information) : Autorité nationale en matière de cybersécurité, l'ANSSI édicte des règles techniques obligatoires pour les Opérateurs d'Importance Vitale (OIV) et autres opérateurs critiques. Elle peut également conduire des audits de sécurité, émettre des recommandations, et coordonner la réponse en cas d'incidents cyber majeurs ;
- le secrétariat général de la Mer, les préfetures maritimes, les CROSS, SG Mer, etc. : Ces institutions assurent la coordination des actions de protection des infrastructures en mer.

Les autorités comme l'ANSSI s'appuient sur un réseau d'acteurs spécialisés. Le CERT-FR, entité opérationnelle de l'ANSSI, joue un rôle central en assurant une veille permanente des menaces, en diffusant des alertes techniques et en coordonnant la réponse aux incidents majeurs. Il intervient directement auprès des opérateurs en cas d'attaque, tout en assurant un partage d'informations avec les autres acteurs français et européens.

Le M-CERT (*Maritime Computer Emergency Response Team*), est un centre national dédié à la veille, à l'analyse et au partage des informations de cybersécurité maritime et portuaire. Il est opéré par l'association France Cyber Maritime.⁸⁴

En complément, des prestataires qualifiés par l'ANSSI comme le PASSI sont mobilisés pour réaliser les audits, les homologations, les tests d'intrusion ou les réponses d'urgence, en coordination avec les CERT et les exploitants/opérateurs concernés. L'ensemble forme un écosystème interconnecté, réactif face aux cybermenaces.

La conception, l'exploitation et la maintenance d'un parc éolien en mer mobilisent de nombreux acteurs, chacun ayant une part de responsabilité en matière de cybersécurité. Ces acteurs font appel à des sous-traitants, qu'il faut aussi maîtriser pour garantir la sécurité de bout en bout. Il est donc essentiel d'avoir une vision claire des intervenants, de leurs responsabilités respectives et d'assurer une coordination efficace entre eux.

3. Recommandation

Les parcs éoliens en mer constituent une composante stratégique de la transition énergétique française. En tant qu'infrastructures critiques fortement connectées, ces installations reposent fortement sur des systèmes numériques pour la supervision, le pilotage à distance, la gestion des réseaux et la maintenance prédictive. Cette dépendance les expose à des risques croissants de cyberattaque, de compromission ou de perturbations de services.

Un ensemble de normes, de réglementations ou de directives telles que NIS2 normes imposent des obligations de cybersécurité aux infrastructures critiques. Par ailleurs, de nombreuses initiatives témoignent d'une mobilisation croissante pour encadrer la cybersécurité des parcs

⁸⁴ France-cyber-maritime.eu

éoliens en mer en France, en combinant efforts institutionnels, partenariats industriels et associations. Parmi ces initiatives, on trouve principalement :

- la Création de France Cyber maritime en 2020 pour structurer une filière française d'excellence en cyber sécurité maritime ;⁸⁵
- la convention de coopération entre le SER (Syndicats des Energies Renouvelables) et France cyber Maritime, signée en 2024, pour renforcer la cyber sécurité des installations d'énergies marines renouvelables ;⁸⁶
- des initiatives industrielles, telles que le projet « *OT Cyber Security for Offshore Wind* » mené par DNV en collaboration avec de *Siemens Energy* qui visent à fournir des directives pratiques pour renforcer la sécurité des systèmes de contrôle industriel OT dans le domaine de l'éolien *offshore*.⁸⁷

Pourtant, aucun référentiel sectoriel spécifique et partagé n'encadre aujourd'hui la cyber résilience des parcs éoliens *offshores*, prenant en compte leurs spécificités reposant notamment sur une architecture étendue et distribuée.

Par ailleurs, la multiplicité des acteurs ainsi que la complexité des codes, standards et normes, dans un secteur en évolution constante, conduisent au risque d'une déclinaison incomplète ou mal maîtrisée des exigences de cyber sécurité sur l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement incluant la sous-traitance.

Recommandation : mettre en place un référentiel national, technique et organisationnel de cyber résilience, applicable à l'ensemble des parcs éoliens *offshores*. Cette recommandation a aussi pour objectif d'acculturer la filière à la gestion du risque cyber et à l'aider à la maîtriser.

Ce référentiel technique et organisationnel consiste de manière concrète à traduire l'ensemble des réglementations et normes pour les adapter au contexte spécifique de l'éolien *offshore*, en synthétisant les exigences applicables à l'ensemble des acteurs de la filière. Ce référentiel permet ainsi d'accompagner les acteurs en :

- harmonisant les exigences de cyber sécurité sur l'ensemble du cycle de vie des projets incluant la conception, construction, exploitation et décommissionnement ;
- garantissant un niveau minimal de protection commun à tous les opérateurs / parcs ;
- favorisant une gestion coordonnée et cohérente des risques cyber au sein de la filière ;
- permettant de mieux gérer l'évolution de la réglementation et des directives par mise à jour régulière du référentiel.

Ce référentiel n'a pas pour but de rajouter une couche de réglementation supplémentaire mais a pour vocation de simplifier la prise en compte des pratiques cyber pour soutenir l'objectif fort de développement de la filière.

Le statut juridique du document reste à définir. Toutefois, il apparaît pertinent de lui conférer un caractère obligatoire. A cette fin, le référentiel de cyber résilience pourrait être décliné sous la forme d'un arrêté applicable à toutes les installations nouvelles et existantes, selon des principes similaires à ceux établis par l'arrêté INB (février 2012, modifié en 2020) relatif à la sûreté des installations nucléaires de base.

⁸⁵ France-cyber-maritime.eu

⁸⁶ Communiqué de Presse – SER et France Cyber Maritime signent une convention de coopération - Publication : 26/06/2024

⁸⁷ DNV.com – Cybersécurité OT pour l'éolien *Offshore* – Effort collectif vers une pratique commune – Projet Industriel Conjoint (JIP)

Le référentiel technique de cyber résilience devrait être conçu dans une démarche de co-construction, au sein d'un groupement réunissant des acteurs publics et privés, sous pilotage de l'ANSSI parmi lesquels :

- les acteurs industriels de rang 1 tels que les opérateurs/exploitants ;
- les principaux fournisseurs d'équipements ;
- des représentants de l'Etat en matière de cyber sécurité ;
- des représentants de l'Action de l'Etat en Mer ;
- des organismes experts tels que France Cyber Maritime, Syndicats et Energies Renouvelables, etc.

Sur le plan de la gouvernance, il est nécessaire de mettre place un comité chargé de veiller à l'application effective du référentiel par les acteurs concernés, d'assurer la réalisation d'audits de contrôle, de qualifier les sanctions en cas de non-conformité, ainsi que de garantir la mise à jour régulière du référentiel lorsque nécessaire. Ce comité pourrait être placé sous la responsabilité de l'ANSSI.

En conclusion, face à l'évolution rapide des risques numériques, il est urgent de doter la filière éolienne *offshore* d'un cadre robuste partagé et contraignant en matière de cybersécurité. En adressant, les exigences techniques, organisationnelles, et juridiques, la présente proposition vise à structurer une démarche collective de sécurisation, au service de la souveraineté énergétique et de la sécurité maritime.

Fiche 16

Quel rôle pour la sûreté privée dans les parcs éoliens en mer ?

Au regard des impératifs de transition énergétique et de la garantie de l'indépendance énergétique, les parcs éoliens en mer constituent désormais un enjeu majeur pour la Nation. Si ces nouvelles infrastructures en mer représentent de nouveaux atouts pour la production d'énergie électrique, elles n'échappent pas, bien sûr, à des risques significatifs et polyformes allant des infractions à la police de la navigation jusqu'à des atteintes aux installations. Dans ce contexte, l'intégration de la sûreté privée pour assurer une surveillance de premier niveau des sites éoliens en mer peut apparaître comme une alternative pragmatique pour satisfaire aux exigences de police maritime et de protection de premier niveau des installations.

1. Les besoins de surveillance et de police dans un parc éolien

La sécurité des parcs éoliens en mer est un enjeu majeur. Alors que la transition énergétique s'accélère, les parcs éoliens en mer prennent une place croissante dans le paysage énergétique de la France. Ces installations situées parfois à plusieurs dizaines de kilomètres des côtes vont nécessiter des besoins de présence, de surveillance et de contrôle croissant.

1.1. La sécurité des activités dans le parc éolien

La surveillance des parcs éoliens en mer poursuit deux objectifs. D'une part, veiller à la sécurité des personnes et des installations. D'autre part, assurer la sûreté contre des menaces pouvant provenir d'organisations criminelles ou terroristes ou d'Etats.

1.1.1 Des besoins de surveillance au titre de la sécurité des personnes et des biens.

L'Etat, par l'intermédiaire du Préfet maritime, est le garant de la sécurité maritime et de la régulation des activités maritimes dans les parcs éoliens *offshore*. L'instauration d'un parc éolien en mer nécessite d'y organiser la navigation et d'y définir les activités autorisées. C'est le préfet maritime, représentant de l'Etat en mer et titulaire du pouvoir réglementaire, qui organise la concertation sur ce sujet et prend l'arrêté qui organise les activités maritimes dans le parc éolien ; à condition que ce dernier se trouve dans la mer territoriale. En effet, au-delà, on se trouve en haute mer au titre de la navigation où seule l'organisation maritime internationale peut éventuellement fixer des règles de navigation.

Cet arrêté fixe les délimitations géographiques des zones de navigation (exclusion, navigation réglementée, zones de sécurité, etc.), ainsi que les conditions d'accès des navires (exclusion totale ou partielle, accès réservé aux navires autorisés – maintenance, surveillance), les interdictions comme le mouillage des navires, certaines activités de pêche ou de plongée. Certaines activités peuvent être tolérées sous conditions strictes, tandis que d'autres, comme la plongée, non autorisée. L'approche non contrôlée des éoliennes, ou encore le fait de pénétrer dans une zone de 200 mètres autour de la sous-station électrique sont formellement interdites pour des raisons de sécurité⁸⁸.

Ces mesures sont prises au titre de la sécurité des navires en raison des risques que font peser les installations pour la circulation maritime mais aussi pour assurer la protection des éoliennes et de la sous-station électrique. Certaines mesures ont également pour objet la protection de l'environnement en mer.

Avec la montée en puissance des énergies marines renouvelables, ces enjeux sont susceptibles de s'intensifier dans les années à venir. Or, le constat est que, actuellement, de très nombreuses infractions ne sont pas relevées par manque de moyens de contrôle. Ainsi, dans le parc de Saint-Nazaire, en 2023, plus de 800 infractions ont été constatées mais très peu ont pu être verbalisées. L'opérateur du parc éolien a aussi des obligations en matière de surveillance et de sécurisation de ses installations. Il doit assurer l'interdiction d'accès aux personnes non autorisées, notamment pour éviter

⁸⁸ Préfecture maritime de l'Atlantique, *Arrêté n°2024/165 relatif aux activités maritimes au sein et à l'approche immédiate du parc éolien en mer du banc de Guérande en phase d'exploitation*, 11 juillet 2024.

les tentatives d'escalade des structures, les actes de vandalisme ou toute intrusion pouvant compromettre l'intégrité des éoliennes et des infrastructures sous-marines. Le besoin d'une surveillance en continue pour détecter toute activité suspecte ou tout manquement aux règles de sécurité s'impose pour lui également.

1.1.2 Des besoins de surveillance au titre de la sûreté maritime

Les parcs éoliens en mer ne sont pas seulement exposés à des risques accidentels ou liés à la navigation. Ils peuvent également être la cible de menaces délibérées venant de l'extérieur.

La première menace concerne les risques d'atteinte à l'ordre public dans un parc. Des actions non violentes mais perturbatrices peuvent survenir, telles que des manifestations (blocage de site, navires s'approchant dangereusement des installations), des actes de vandalisme (graffitis sur les fondations ou les nacelles, dégradations mineures), ou des tentatives de blocage des opérations de maintenance ou de construction. Ces incidents, bien que non criminels, peuvent entraîner des retards significatifs et des coûts importants pour l'opérateur.

L'autre menace concerne les activités criminelles. Les parcs éoliens, du fait de leur isolement et de leur étendue, peuvent potentiellement être exploités par des réseaux criminels. Ce sera le cas pour les réseaux de narcotrafiquants qui peuvent être tentés d'utiliser les fondations des éoliennes comme points de cache des produits illicites. Les réseaux de passeurs de migrants peuvent aussi utiliser les parcs pour y débarquer des migrants, comme cela est déjà le cas pour des installations en mer au large de l'Italie. Cette tentation sera d'autant plus grande que les éoliennes situées en ZEE seront considérées comme des îles artificielles où le droit français est applicable...

La dernière menace est de nature terroriste. L'isolement des parcs peut inciter des groupes terroristes ou para-étatiques à cibler ces installations.

2. La sécurisation des parcs éoliens : une mission complexe nécessitant des moyens spécialisés

Il faut se questionner quant à la capacité de l'Etat à assumer seul la sécurisation de l'ensemble des parcs éoliens en mer, du fait de l'étendue des espaces maritimes, de la diversification des menaces et des limitations opérationnelles et budgétaires.

2.1. Des étendues maritimes considérables à surveiller et qui vont s'accroître

La sécurisation des parcs éoliens en mer va représenter un défi opérationnel et logistique majeur. Ces infrastructures seront implantées sur des superficies importantes, souvent éloignées des côtes, rendant leur surveillance plus complexe. La dispersion des éoliennes et la distance par rapport à la côte exigent des moyens de détection et d'intervention spécialisés et adaptés au milieu marin. La surveillance visuelle et les patrouilles classiques sont souvent insuffisantes pour couvrir efficacement ces zones considérables à surveiller.

Actuellement, la France prévoit le développement d'une cinquantaine de parcs éoliens en mer dans les années à venir, ce qui augmentera considérablement la surface maritime à couvrir et, par conséquent, les besoins en surveillance. Chaque parc, avec ses dizaines d'éoliennes, ses câbles sous-marins et sa sous-station électrique, constitue un ensemble vaste et vulnérable.

La surveillance pourra être réalisée par une combinaison de moyens qui seront les radars maritimes, les caméras thermiques et optiques fixées sur les installations, les drones aériens et maritimes, de la surveillance satellitaire (images optiques et radar – SAR), des patrouilles maritimes réalisées par les moyens de l'Etat ou de l'exploitant et l'utilisation du système AIS pour permettre le suivi des navires dans les approches.

Cette surveillance ne devra pas se limiter au parc éolien mais prendre en considération toute son environnement grâce à une approche globale pour mieux anticiper les événements.

2.2. Des moyens de surveillance et de police de l'Etat qui risquent d'être insuffisants

Face à l'ampleur de cette tâche, les moyens des services de l'Etat (Marine nationale, Gendarmerie maritime, Douanes, Affaires maritimes) risquent de rencontrer d'importantes difficultés pour remplir ces missions. Déjà aujourd'hui, le constat doit être fait d'une faible présence des moyens de l'Etat.

Historiquement, ces moyens n'ont pas connu d'accroissement d'effectifs et de moyens depuis plusieurs années, alors même que les missions en mer se sont multipliées et diversifiées. L'entrée en service de nombreux parcs éoliens *offshore* est un défi complexe à relever pour des services qui sortent de plusieurs dizaines d'années de déflation de leurs moyens et qui ne devraient pas bénéficier de budget supplémentaire malgré l'entrée en service de ces nouvelles infrastructures maritimes. En parallèle, l'opérateur du parc éolien a une obligation de surveillance de son site même s'il n'a pas le pouvoir d'en assurer la police. L'opérateur est ainsi garant de la sécurité et la sûreté de ses installations et de la protection de ses personnels. Cela inclut la mise en place de mesures de sécurité physique, de systèmes de surveillance, et la coordination avec les autorités en cas d'incident.

2.3. Une solution : confier la surveillance et les primo-interventions à des sociétés privées

Au vu de ces contraintes, la solution d'externaliser une partie de la surveillance et des primo-interventions à des sociétés privées spécialisées apparaît comme une solution intéressante et d'avenir. À terre, cette question ne se pose plus. De très nombreuses installations, y compris celles de l'Etat, sont désormais protégées par des sociétés de sécurité privée. Le recours à la sécurité privée pour la surveillance de sites industriels, d'infrastructures sensibles ou d'événements est une pratique courante et bien établie. Elle permet de décharger les forces de l'ordre de missions qui ne relèvent pas de leurs prérogatives principales. La dernière illustration de cette situation concerne les jeux olympiques de Paris où d'importants moyens de sécurité privée sont venus apporter un renfort conséquent aux forces de police et aux militaires mobilisés sur le terrain.

En mer, la lutte contre la piraterie, puis contre le terrorisme a fait émerger la possibilité pour les entreprises de protection privée de se voir confier de nouvelles missions qui, auparavant était impossible à imaginer.

En effet, pendant une très longue période, l'Etat a été réticent à confier les activités de protection en mer aux sociétés privées par crainte d'un développement du « mercenariat ». Mais la situation a évolué sous la contrainte des événements. Le rapporteur du projet de loi sur la lutte contre la piraterie (2014), Arnaud Leroy, a réaffirmé la nécessaire distinction entre sociétés privées et mercenaires : « *Ces gardes armés ne seront en aucun cas des mercenaires (...) Si faire appel à des gardes privés pour protéger un navire relève du mercenariat, les services équivalents à terre en relèvent également.* » La reconnaissance du rôle des sociétés privées dans la sûreté maritime a donc été accélérée par l'urgence des menaces, notamment la piraterie et le terrorisme. Les lois de 2014 (sur la piraterie maritime) et de 2016 (relative à l'économie bleue et portant diverses dispositions en droit maritime dont le terrorisme) ont permis de jeter les bases d'un cadre juridique encadrant l'intervention des entreprises privées de protection maritime concernant les navires.

Le recours à des sociétés privées pour assurer la protection des parcs éoliens en mer offrirait plusieurs avantages. D'abord en termes de flexibilité, les opérateurs pouvant adapter les moyens de surveillance (navires, drones, personnels) en fonction des besoins spécifiques de chaque parc et des risques identifiés. Ensuite, en termes de réactivité, ces sociétés étant en mesure d'assurer une présence continue et d'agir en premier niveau de réponse en cas d'intrusion ou d'incident avant l'arrivée des forces de l'Etat en cas d'incident.

Les opérateurs et l'Etat pourrait aussi compter sur des personnels possédant une bonne connaissance du milieu marin et de l'organisation maritime. En effet, les entreprises de sûreté maritime possèdent une connaissance approfondie des environnements maritimes et des technologies de surveillance adaptées. Les équipes constituées, composées d'anciens militaires ou marins, possèdent une expertise précieuse en milieu maritime et en matière de sécurité et de sûreté. Leur réactivité et leur capacité à se concentrer spécifiquement sur la protection du parc en ferait un atout majeur pour la sécurisation de ces infrastructures critiques.

Cette organisation permettrait aussi à l'Etat de réaliser des économies de temps, de ressources humaines et de matériel conséquentes. L'interopérabilité avec les services de l'Etat permettrait de préserver les ressources d'intervention pour les cas les plus graves et d'assurer des audits réguliers réévaluant le niveau de menace en mer.

3. Recommandation

Recommandation : pour offrir, la possibilité à l'Etat et aux opérateurs privés de pouvoir envisager une protection efficiente des infrastructures *offshore*, il est nécessaire d'introduire une réflexion sur le recours à des entreprises de sûreté maritimes privées.

Le cadre législatif français actuel ne prévoit pas le recours à de telles activités en mer, générant un vide en matière de protection maritime, tandis que les dispositifs de sûreté terrestres sont bien établis, et permettent de renforcer les dispositions de l'Etat sur ses obligations.

Le continuum de sécurité approuve le principe de continuité des missions de l'Etat déléguées à des sociétés privées.

Il est donc envisageable de faire évoluer les possibilités réglementaires prévoyant l'exercice de missions de sûreté et de sécurité maritime par des sociétés privées.

La sécurité maritime, aujourd'hui bien plus qu'une simple prévention des accidents de navigation, englobe également la protection contre les actes de malveillance touchant les navires, les équipages et les cargaisons. Dans le cadre d'une politique maritime française ambitieuse et aux responsabilités multiples, il est recommandé de réfléchir à l'intégration de sociétés de sûreté maritime privée.

En fonctionnant dans le cadre légal défini par le préfet maritime et sous l'autorité de l'Etat, ces entités privées permettraient d'élargir le champ des mesures de prévention et de protection disponibles.

Elles permettraient de renforcer la sécurité et la sûreté globale en mer en complétant les dispositifs étatiques, notamment à travers des actions telles que le contrôle d'accès, la surveillance et la patrouille d'infrastructures critiques (*offshore*, terminaux pétroliers, etc.).

Alléger les charges opérationnelles de l'Etat en assurant une disponibilité permanente et spécialisée. Cette visibilité, notamment via un dispositif de primo-intervention garantit une rapidité d'intervention et une capacité dissuasive accrue face aux menaces.

Garantir une coordination efficace entre l'ensemble des acteurs grâce à un centre dédié, favoriserait ainsi une réactivité optimale en cas de crise et une continuité dans la protection des infrastructures énergétiques stratégiques.

L'intégration d'entités privées spécialisées assurerait la protection maritime des espaces, non couverts ou de façon aléatoire par la forte contrainte des moyens de l'Etat, tout en restant subordonnée à l'autorité régaliennne, garantissant ainsi une sécurité et une sûreté renforcées dans les zones de production énergétique dans les eaux sous juridiction et souveraineté française.

Il serait intéressant d'examiner les modalités de formation spécifique de ces équipes privées ainsi que les retours d'expérience d'autres pays ayant opté pour un modèle similaire. Une réflexion sur les défis opérationnels et réglementaires liés à la coordination entre acteurs publics et privés offrirait également une perspective enrichissante pour optimiser ce dispositif.

FICHE 17

Les enjeux de souveraineté, de sécurité et de sûreté maritimes des parcs éoliens en mer au Royaume-Uni

Depuis le début des années 2000, le Royaume-Uni s'est imposé comme un leader mondial dans le développement de l'éolien *offshore*. En effet, la filière éolienne, portée par la volonté politique de réduire la dépendance aux énergies fossiles, est devenue un pilier stratégique de la transition énergétique britannique, déployée majoritairement en mer du Nord.

En 2025, le Royaume-Uni dispose du deuxième plus grand parc éolien en monde (55 en production) et totalise une capacité installée de 14,73 GW, soit environ 20 % de la production nationale d'électricité.

Ce développement massif répond à des objectifs climatiques ambitieux, mais soulève aussi de nouveaux enjeux, notamment en matière de souveraineté énergétique, de sécurité des infrastructures et de sûreté maritime dans des zones de plus en plus disputées ou convoitées.

1. Le cadre juridique et législatif des parcs éoliens *offshore* en termes de sécurité

1.1. Les textes législatifs régissant les parcs éoliens en mer : bases légales et régulation des usages maritimes

Les parcs éoliens au Royaume-Uni sont régis par un ensemble de textes visant à encadrer leur développement tout en conciliant les différents usages, les différents objectifs, qu'ils soient énergétiques, environnementaux, économiques et halieutiques.

- **Energy Act (2023)** : promulguée le 26 octobre 2023, cette loi constitue la réforme énergétique la plus vaste du Royaume-Uni. Elle a modifié l'*Electricity Act* qui régissait la production d'électricité. Elle introduit des mesures spécifiques pour le secteur de l'éolien *offshore* comme la mise en place du *Offshore Wind Environmental Package* pour accélérer les processus d'autorisation tout en protégeant l'environnement marin. Cette même loi crée le *Marine Recovery Fund* pour financer des mesures compensatoires stratégiques en cas d'impact environnemental inévitable. Cette loi vient compléter l'*Energy Act* de 2004 qui établissait le régime réglementaire pour les installations d'énergie renouvelable *offshore* au-delà des eaux territoriales (complétant ainsi les régimes existants dans les eaux internes et territoriales).
- **Marine and Coastal Access Act (2009)** : ce texte fondateur établit le cadre juridique pour la gestion durable des zones maritimes au large de la Grande-Bretagne, incluant la planification de l'espace maritime et la régulation des activités humaines en mer. Elle confère des pouvoirs aux autorités maritimes pour délivrer des licences marines nécessaires à l'installation d'infrastructures d'éoliennes *offshore*, telles que les câbles sous-marins reliant les parcs.
- **Planning Act (2008)** : ce texte établit le cadre de planification des infrastructures nationales importantes (*Nationally Significant Infrastructure Project*). Les projets éoliens *offshore* de plus de 100 MW en Angleterre et au Pays de Galles nécessitent une *Development Consent Order* délivrée par le Secrétaire d'Etat. En Ecosse, les projets de plus de 20 MW requièrent également une autorisation d'après l'article 36 de la loi sur l'électricité.
- **Directives européennes** : avant le Brexit, le Royaume-Uni appliquait les directives européennes qui ont beaucoup imprégné les projets d'éoliens en mer de ce pays. Actuellement, les règles de gestion des espaces maritimes sont issues de la Convention de Montego Bay ou Convention des Nations unies sur le droit de la mer (CNUDM). Après le Bre le Royaume-Uni a adapté sa législation pour maintenir des normes élevées de sécurité et ... protection de l'environnement.

- **Offshore Safety Act (1992)** : cette loi étend l'application de la loi sur la santé et la sécurité au travail de 1974 aux installations *offshores*. Elle impose des obligations aux employeurs.

1.2. Le rôle des groupes de travail, pour émettre des recommandations, des guides des bonnes pratiques et faire évoluer la loi

- **RenewableUK** : cette organisation professionnelle développe des guides techniques sur les assurances, les procédures de démantèlement et les protocoles de sécurité. Elle regroupe une diversité de professionnels et d'organisations engagés dans la transition énergétique : les entreprises du secteur, des experts techniques et ingénieurs, des consultants et analystes (stratégie, réglementation, financement et évaluation de projets), des institutions académiques et de recherche, des organisations à but non lucratif et associations. Ensemble, ces professionnels collaborent pour partager des connaissances, influencer les politiques publiques, participer à des groupes de travail thématiques et assister à des événements sectoriels, renforçant ainsi le développement des énergies renouvelables au Royaume.
- **Crown Estate** : cette institution gestionnaire des propriétés de la Couronne britannique, (dont les espaces maritimes), collabore avec les développeurs pour établir des normes de sécurité et de gestion des risques. Son rôle est à la fois économique, environnemental et stratégique en tant que gestionnaire des fonds marins (droits sur le plateau continental jusqu'à 12 milles marins) :
 - attribution des zones de développement aux entreprises (planification à long terme grâce à une longue période d'attribution des appels d'offres) ;
 - octroi de baux pour les parcs éoliens *offshore*, pour les projets d'énergie marémotrice ou houlomoteurs et les exploitations de minéraux marins (sables, graviers).
- **Marine Management Organisation (2010)** : la MMO a été créée pour centraliser et coordonner la planification marine, la gestion des pêches et la conservation des zones marines protégées. Cet organisme est responsable de la gestion des activités maritimes et de ses licences et notamment pour les projets d'énergie renouvelable *offshore*. Depuis sa création, la MMO joue un rôle clé dans la mise en œuvre de la politique maritime du gouvernement britannique, en équilibrant les besoins économiques, environnementaux et sociaux liés à l'utilisation des mers anglaises.
- **Retours d'expérience européens** : le Royaume-Uni s'inspire des retours d'expérience d'autres pays européens, notamment la Norvège, pour améliorer ses pratiques en matière de sécurité *offshore*.

1.3. Le partage des responsabilités et la gestion des risques entre l'Etat et les industriels

En cas d'accident ou d'incident dans un parc éolien *offshore* au Royaume-Uni, les responsabilités sont partagées entre l'Etat et les industriels selon un cadre juridique bien défini, basé sur le droit maritime, la réglementation énergétique et les normes de santé-sécurité.

- **Cadres juridiques applicables** :
 - *Merchant Shipping Act* (1995) ;
 - *Health and Safety at Work Act* (1974) ;
 - *Energy Act* (2004) ;
 - *Environmental Protection Act* (1990).
- **Responsabilités des industriels (développeurs et opérateurs)**

- **La sécurité des installations** : conception, construction, maintenance et exploitation doivent répondre à des normes strictes (BS EN, ISO, etc.).
 - **La prévention des accidents** : formation du personnel, procédures d'urgence, surveillance en mer, etc.
 - **Les dommages à l'environnement marin** : y compris pollution, perturbation des habitats marins, ou collisions avec la faune.
 - **Les tiers** : si un navire, un pêcheur ou un travailleur est blessé ou subit une perte à cause du parc, l'opérateur peut être tenu responsable.
 - **Assurance obligatoire** : les opérateurs doivent souscrire à des polices d'assurance couvrant les risques industriels, environnementaux et maritimes.
- **Responsabilités de l'Etat britannique, régulateur et parfois co-acteur**
 - **Réglementation et supervision** : l'HSE (*Health and Safety Executive*) contrôle les normes de sécurité du travail en mer. La *Marine Management Organisation* (MMO) délivre des licences marines et enquête sur les incidents environnementaux. L'*Environment Agency* et le *Crown Estate* suivent les effets à long terme sur l'environnement.
 - **Gestion des urgences** : en cas de catastrophe majeure (pollution massive, accident mortel, tempête destructrice), des agences publiques peuvent coordonner les secours. C'est à ce titre que la *Maritime Coast Guard Agency* est responsable du secours aux personnes, de l'assistance aux navires en difficulté et de la lutte contre la pollution dans les parcs éoliens.
 - **Responsabilité résiduelle** : l'Etat peut être tenu partiellement responsable si l'incident est lié à un défaut de réglementation, de supervision ou à une carence dans l'octroi des licences. En cas de force majeure ou de sinistre d'intérêt national, l'Etat peut aussi jouer un rôle de soutien financier ou logistique exceptionnel.

En résumé, le développeur/opérateur porte la responsabilité directe en cas d'incident dans un parc éolien *offshore*, mais l'Etat britannique agit comme garant de la réglementation, de la prévention et de l'intervention d'urgence. En pratique, les responsabilités sont clairement séparées, mais la collaboration est cruciale, notamment en cas d'incidents graves ou multi-acteurs.

2. Les nouvelles technologies au service de la surveillance des parcs éoliens *offshore*

2.1. La surveillance aérienne : acteurs, régulations et prévention des risques

- **Utilisation des drones** : le Royaume-Uni a autorisé l'utilisation de drones pour inspecter les infrastructures telles que les lignes électriques et les éoliennes. La *Civil Aviation Authority* (CAA) a établi des règles strictes en ce qui concerne les zones interdites et les altitudes de vol (politique permettant aux drones de voler au-delà de la ligne de vue visuelle pour faciliter les inspections à faible altitude). Des entreprises comme *Martek Aviation* ont mené des inspections réussies des pales d'éoliennes en utilisant des drones, permettant une évaluation instantanée de l'Etat des actifs sur site. Des programmes pilotes sont en cours pour tester l'efficacité des drones dans des environnements maritimes.
- **Perturbations radars** : un concours d'innovation a été lancé afin de pallier aux perturbations radars engendrées par les parcs⁸⁹.

⁸⁹<https://www.gov.uk/government/publications/windfarm-mitigation-for-uk-air-defence/competition-document-windfarm-mitigation-for-uk-air-defence>

2.2. Surveillance sous-marine : technologies de contrôle, drones et gestion des câbles sous-marins

Des technologies robotiques sous-marines sont utilisées pour inspecter les fondations des éoliennes et les câbles sous-marins. EDF, en partenariat avec le *ORCA Hub*, a ainsi déployé en mai 2022 un véhicule sous-marin télé opéré (ROV) pour effectuer la première inspection autonome des fondations d'éoliennes *offshore* à son parc éolien de Blyth. Ce ROV a réalisé des inspections visuelles et créé des modèles 3D, permettant de surveiller l'écosystème marin.

La société britannique Beam⁹⁰ a dévoilé en 2024 son premier véhicule sous-marin autonome (en anglais *Autonomous Underwater Vehicle* ou AUV) propulsé par l'intelligence artificielle, destiné à révolutionner l'inspection des parcs éoliens *offshore* : un tournant décisif pour l'efficacité et la réduction des coûts et des risques humains dans les études sous-marines nécessaires aux installations éoliennes maritimes. L'AUV de Beam, mis en œuvre au parc éolien de Seagreen en Ecosse, le plus grand site *offshore* du pays, effectue des inspections complexes de manière totalement autonome. Beam entend prendre la position de leader du secteur à travers sa flotte en 2025 et 2026⁹¹.

Un encadrement réglementaire en cours de réflexion : actuellement, il n'existe pas de réglementation spécifique au Royaume-Uni pour les drones sous-marins. Leur utilisation est encadrée par des lois maritimes existantes et des directives environnementales, sous la supervision de la *Marine Management Organisation*. Des projets pilotes sont en cours pour établir des réglementations spécifiques aux drones sous-marins, parmi ceux-ci des tests d'intégration sécurisée des drones dans l'inspection des infrastructures *offshore*.

Un projet pilote porté par l'Etat en 2021 : le projet *Electrode* réunit les industriels exploitants, assureurs et universitaires pour une première analyse des défaillances des câbles sous-marins, en s'appuyant sur des données anonymes provenant de l'ensemble des sites éoliens en mer et de la chaîne d'approvisionnement. Objectifs du projet *Electrode*⁹² :

- fournir des informations fiables et des données exploitables pour améliorer la connaissance ;
- faciliter la maintenance et la surveillance de l'Etat des câbles en suivant les défaillances des câbles sous-marins et identifiant les tendances ;
- informer l'innovation, améliorer l'efficacité et réduire les coûts ;
- fournir des preuves tangibles aux assureurs et aux investisseurs.

2.3. Police, prévention et régulation du trafic maritime

La *Maritime and Coastguard Agency (MCA)*, le *UK Hydrographic Office (UKHO)* et les opérateurs des parcs eux-mêmes s'assurent du respect de l'application des règles de navigation, celles-ci sont encadrées par 3 textes essentiels :

- ***Merchant Shipping (Safety Zones) Order*** : permet de créer des zones de sécurité autour des éoliennes, jusqu'à 500 m autour de certaines structures.
- ***Guidance Note publiée par la Coast Guard Agency dite MGN 654 (M+F)*** : donne des directives sur la sécurité de la navigation à proximité des installations *offshore*.
- ***UK Renewable Energy Zones (REZ)*** : établit un cadre juridique spécifique aux installations dans les eaux britanniques.

2.3.1. Par principe, la navigation, pour le commerce comme pour la plaisance, n'est pas interdite à l'intérieur de la majorité des parcs.

⁹⁰ <https://beam.global/>

⁹¹ AIGRON Guillaume « Le Royaume-Uni déploie ce surprenant drone sous-marin qui est le premier au monde spécifiquement développé pour cette tâche », 24 septembre 2024, <https://media24.fr/2024/09/24/le-royaume-uni-deploie-ce-surprenant-drone-sous-marin-qui-est-le-premier-au-monde-specifiquement-developpe-pour-cette-tache/>

⁹² ELECTRODE, « Electrical cable failure trending and reliability analysis for operational developments », 4 mai 2023, <https://ore.catapult.org.uk/resource-hub/projects/electrode>

Elle reste cependant déconseillée sauf nécessité et conditionnée à des règles strictes en matière de vitesse, de distance de sécurité et de zones interdites lors des travaux de construction, de maintenance ou en cas de danger. L'ancrage est généralement interdit dans les parcs pour éviter d'endommager les câbles sous-marins et certaines zones sont fermées à la pêche selon les risques techniques ou les décisions de l'exploitant. Les navires commerciaux ou de pêche doivent informer les autorités maritimes (*HM Coastguard*) s'ils naviguent dans ou à proximité d'un parc, notamment en cas de manœuvre à proximité des turbines. Les navires de maintenance ou de sécurité opérant dans les parcs ont des protocoles de communication spécifiques.

Les autorités recommandent de maintenir une distance minimale, de 50 à 100 mètres selon les parcs, autour des éoliennes. Les parcs sont cartographiés et signalés sur les cartes marines officielles du UKHO et des feux de signalisation, bouées, radars et AIS (Automatic Identification Systems) sont installés pour permettre la détection et l'évitement.

2.3.2. Les moyens de l'Etat en mer :

- La *Royal Navy* (*Royal Navy Offshore Patrol Vessels - OPVs*) utilise 26 patrouilleurs : patrouilles dissuasives, surveillance maritime, protection des zones sensibles, en plus de ses 36 autres navires de guerre commissionnés.
- L'*UK Border Force Maritime Command* possède une flotte de patrouilleurs rapides et de cutters (16 navires) utilisés pour la surveillance côtière et celle de la zone économique exclusive, pour la sécurité des approches maritimes, la prévention de l'immigration illégale et la lutte contre la contrebande.
- L'*HM Coastguard* est responsable des interventions d'urgence, du sauvetage en mer et du contrôle du trafic maritime, en coordination avec la *Royal Navy* et les exploitants des parcs (10 centres de coordination des secours maritimes et plus de 300 agents) répartis sur la côte.

2.4. Des réseaux de détection et de communication :

- AIS / Radar / Lidar / Caméras thermiques sont installés sur les turbines elles-mêmes, les navires de maintenance, les bouées autonomes intelligentes ou pylônes fixes.
- Des réseaux de capteurs intégrés. Certains parcs récents (comme *Dogger Bank*) sont équipés de systèmes de surveillance autonomes intégrés : détection acoustique, analyse comportementale (détection de mouvements suspects), surveillance météorologique et océanographique.

3. Criminalité et enjeux de souveraineté : retours d'expérience

La criminalité dans les parcs éoliens *offshore* au Royaume-Uni est très limitée en raison de leur éloignement des côtes, de leur surveillance constante et des protocoles de sécurité aux niveaux élevés. Cependant, certains risques ou actes criminels spécifiques doivent être pris en compte même si leur occurrence est faible.

3.1. Risques terroristes : cyber et sabotage

Cette menace est prise très au sérieux au Royaume-Uni par le **Centre national de cyber sécurité (NCSC)**, elle est même considérée comme la principale menace en matière de criminalité *offshore*. Pour s'en prémunir, le Royaume-Uni met en place des mesures de prévention, notamment des audits de sécurité réguliers et des protocoles de réponse aux incidents. Ainsi les systèmes SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) contrôlent les turbines à distance pour éviter les potentiels risques de sabotage, de rançongiciels (*ransomware*), ou d'espionnage industriel.

Le pays peut s'appuyer sur une importante collaboration internationale pour partager des informations et des meilleures pratiques en matière de sécurité.

- Selon une étude de l'*Alan Turing Institute*⁹³ publiée le 20 juin 2024, les parcs éoliens en mer sont d'autant plus vulnérables aux cyberattaques qu'ils sont éloignés des côtes. Aussi l'institut recommande aux décideurs politiques et industriels l'usage de l'IA pour :
 - ✓ reconnaître et prévoir les menaces grâce à « l'automatisation intelligente » c'est-à-dire la détection d'intrusion basée sur les anomalies ;
 - ✓ créer des plans et des protocoles d'intervention d'urgence organisationnels ;
 - ✓ partager avec les autres Etats les données et les renseignements sur d'éventuelles menaces ;
 - ✓ réaliser la maintenance prédictive pour détecter et signaler les vulnérabilités des systèmes informatiques et de la technologie opérationnelle afin qu'elles puissent être corrigées à temps ;
 - ✓ s'inspirer du retour d'expérience étranger : la Grande-Bretagne examine avec intérêt les rapports d'exploitation des parcs éoliens offshore ayant déjà fait l'objet d'attaques à l'étranger : *Enercon*, *Nordex* et *Deutsche Windtechnik*, *Vestas*⁹⁴. En 2022, la cyberattaque contre *Deutsche Windtechnik* a contraint l'entreprise à désactiver environ 2 000 de ses 7 500 éoliennes dans toute l'Allemagne pour éviter de graves dommages. En effet, les éoliennes adaptent leur mouvement à la vitesse et à la direction du vent, mais si cette capacité est perturbée cela peut provoquer des dégâts majeurs sur les structures (pannes d'électricité, incendies de la turbine⁹⁵).

3.2. Risques d'espionnage industriel et nationalité des matériaux

L'éolien *offshore* est classé comme infrastructure d'importance vitale (*Critical National Infrastructure*) en raison des impacts sur l'approvisionnement énergétique, la sécurité maritime, ou la résilience nationale.

| Les risques identifiés d'espionnage industriel | |
|--|--|
| Types de risque | Exemples |
| Cyberespionnage | Infiltration des systèmes SCADA ou des plateformes cloud via malwares |
| Vol de propriété intellectuelle | Piratage des données R&D, copies de brevets ou designs de composants |
| Espionnage par sous-traitance | Recrutement de fournisseurs ou prestataires peu sécurisés |
| Attaques <i>supply chain</i> | Insertion de logiciels ou composants malveillants dans l'équipement importé |
| Exfiltration de données | Fuites via les personnels (ingénieurs, consultants) ou les déplacements à l'étranger |

3.2.1 Pour répondre à ces risques identifiés :

- surveillance par les agences de sécurité nationale : le *National Cyber Security Centre* (NCSC), organe clé rattaché au GCHQ (*Government Communications Headquarters*) travaille avec les entreprises d'énergie et fournit des directives de cybersécurité, des

⁹³ publié conjointement par le Centre for Emerging Technology (CETaS) et le programme Data Centric Engineering : <https://www.turing.ac.uk/news/uks-offshore-wind-needs-urgent-protection-cyberattacks>

⁹⁴ LANDI Jacopo/Shutterstock « How cyberattacks on *offshore* wind farms could create huge problems »

<https://theconversation.com/how-cyberattacks-on-offshore-wind-farms-could-create-huge-problems-238165>

⁹⁵ *Ibidem*

tests de vulnérabilité et une veille sur les menaces étrangères, notamment celles émanant d'Etats comme la Chine ou la Russie ;

- réglementation stricte sur les fournisseurs étrangers. La loi de 2022, le *National Security and Investment Act*, permet désormais au gouvernement britannique de bloquer ou de revoir tout investissement étranger dans les secteurs critiques s'il existe un risque pour la sécurité nationale. La loi vise à limiter les prises de contrôle ou les partenariats technologiques pouvant faciliter un transfert de technologie ou un espionnage ;
- sécurisation des chaînes d'approvisionnement : le Royaume-Uni cherche à diversifier ses fournisseurs et à réduire sa dépendance aux entreprises susceptibles d'être liées à des Etats hostiles. Il existe une vigilance accrue sur les équipements numériques embarqués dans les turbines (capteurs, contrôle à distance, SCADA), pouvant être des vecteurs d'espionnage ;
- collaboration public-privé renforcée : le Gouvernement travaille étroitement avec les acteurs industriels de l'éolien *offshore* (comme *Ørsted*, *SSE Renewables*, *BP*) pour s'assurer qu'ils adoptent des normes de sécurité rigoureuses. Des exercices de simulation de cyberattaques sont régulièrement menés ;
- coopération internationale : le Royaume-Uni collabore avec ses alliés (Union européenne, Etats-Unis, *Five Eyes*) pour partager les renseignements sur les menaces pesant sur les infrastructures énergétiques. Cette coopération permet de détecter plus rapidement les tentatives d'intrusion ou de vol de propriété intellectuelle.

Le rapport conjoint du *Special Competitive Studies Project* (SCSP) et du *Centre for Emerging Technology and Security* (CETaS)⁹⁶ explore le potentiel des systèmes d'IA pour évaluer les événements géopolitiques, et la voie à suivre pour appliquer l'IA à l'alerte stratégique pour la sécurité nationale et le renseignement, en collaboration avec les industriels.

Récemment, en janvier 2025, les ministères britanniques de l'Intérieur et de la Défense alertaient sur la volonté affirmée de la Chine de prendre le contrôle des chaînes d'approvisionnement de l'*offshore*, avec le risque de coupures d'électricité commandées à distance ou de capteurs placés sur les turbines pour espionner les programmes des sous-marins militaires et repérer l'agencement des infrastructures énergétiques⁹⁷ ; ce que le Premier ministre a démenti. Le ministre du Trésor pourraient malgré tout approuver l'implication de la Chine dans un projet majeur en mer du Nord pour des raisons politiques, afin d'établir de plus chaleureuses relations avec Pékin⁹⁸ (projet d'ambassade chinoise à Londres) et ce malgré les mises en garde de l'Allemagne.

3.3. Les autres risques identifiés

⁹⁶ Le SCSP est une initiative américaine lancée par l'ancien PDG de Google pour renforcer la compétitivité technologique des USA face à la Chine. Le centre de recherche britannique du CETaS a joint ses efforts à ceux de la SCSP pour étudier une potentielle régulation des technologies émergentes. KNACK Anna, BALAKRISHNAN Nadita, CLANCY Timothy « Applying AI to Strategic Warning, Modelling instability risks and stabilisation factors for intelligence and national security », 5 septembre 2024, https://cetas.turing.ac.uk/publications/applying-ai-strategic-warning?utm_source=Twitter&utm_medium=Text_link&utm_campaign=CETaS-Publication_Applying-AI-to-Strategic-Warning

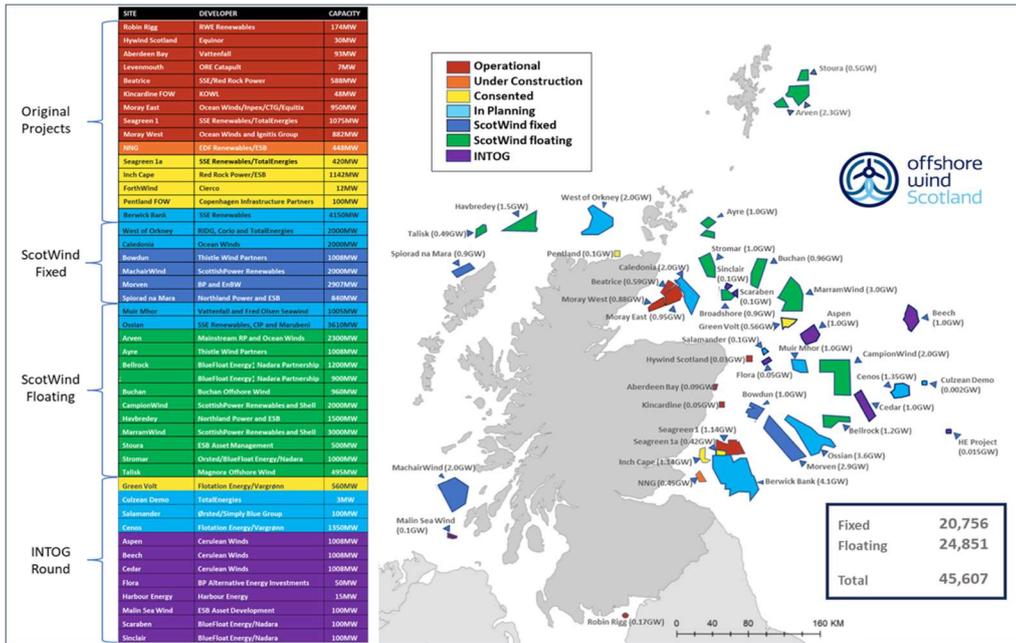
⁹⁷ BOYCOTT-OWEN Mason, MITSOPOULOU Fonie, « UK minister met Chinese turbine company amid security concerns », 21 février 2025, *Politico* <https://www.politico.eu/article/minister-met-chinese-turbine-company-amid-security-concerns/>

⁹⁸ LYNCH David, « Highest level of security given to UK wind farms, amid China worries », *Alliance News*, 11 février 2025, https://www.morningstar.co.uk/uk/news/AN_1739280780552043500/highest-level-of-security-given-to-uk-wind-farms-amid-china-worries.aspx

- La criminalité classique (vols, agressions, etc.) est pratiquement inexistante dans les parcs éoliens *offshore* du Royaume-Uni, à la différence de la criminalité moderne illustrée par les risques cyber et l'espionnage industriel.
- La violation des règles du travail, en effet, certaines infractions peuvent concerner :
 - le non-respect du droit du travail *offshore* ;
 - l'exploitation de sous-traitants étrangers avec des conditions de travail non conformes ;
 - l'absence de certifications de sécurité valides pour des travailleurs en mer.
- Le pays note de très rares intrusions de personnes accédant illégalement aux plateformes (activistes écologistes ou intrusions accidentelles de pêcheurs), considérées comme un délit de mise en danger ou d'entrée non autorisée sur un site industriel.
- La fraude ou les délits économiques, moins visibles mais possibles :
 - Faux contrats ou surfacturation dans la chaîne d'approvisionnement ;
 - Non-conformité dans les appels d'offres ou la sous-traitance ;
 - Problèmes de corruption dans certains marchés publics (peu fréquent au Royaume-Uni, mais surveillé).
- Navigation illégale ou dangereuse
 - Cas de navires s'approchant trop près des turbines ou entrant dans des zones interdites.

Si le Royaume-Uni a largement amorcé l'implantation de son parc éolien *offshore*, avec des projets phares déjà opérationnels et d'autres en construction, la dynamique est loin d'être achevée. En effet, les ambitions gouvernementales visent une capacité de 50 GW d'ici 2030 et ce déploiement à grande échelle implique de mener des études pour continuer d'affiner le cadre réglementaire permettant la mise en sécurité des infrastructures face à de nouvelles menaces, hybrides. La Grande-Bretagne a compris l'importance d'une coordination efficace entre civils, militaires et industriels pour une gouvernance maritime efficace et durable intégrant tous les acteurs maritimes, afin de préserver sa souveraineté sur ces espaces stratégiques et sécuriser son avenir énergétique.

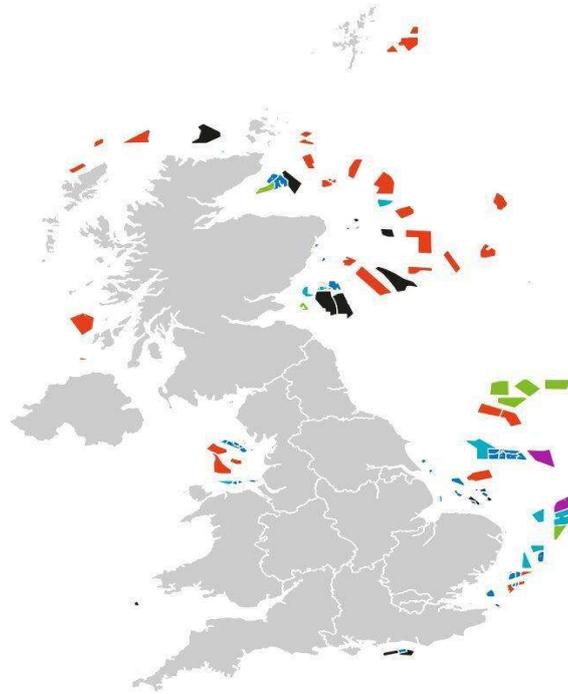
Planification des parcs éoliens offshore en Ecosse. Source : Crown Scotland - 2025



Map of UK operational and planned offshore wind projects publiques by RenewableUK⁹⁹



⁹⁹ <https://www.renewableuk.com/energypulse/blog/uk-wind-and-global-offshore-wind-2024-in-review/>



UK offshore wind and net zero ambitions - carte du 27 mars 2025 ¹⁰⁰

¹⁰⁰*EnergyVoice, 27 mars 2025, <https://www.energyvoice.com/renewables-energy-transition/wind/568787/uk-offshore-wind-and-net-zero-ambitions-investment-growth-challenges/>*



FMES

Fondation Méditerranéenne
d'Études Stratégiques

L'institut FMES est un think-tank au statut d'association loi 1901 basé à Toulon, au bord de la Méditerranée, sa région d'expertise. Depuis plus de 35 ans, l'institut FMES s'intéresse aux enjeux géopolitiques et stratégiques du voisinage sud de la France et de l'Union européenne avec un intérêt particulier pour le bassin méditerranéen, le Moyen-Orient et l'Afrique.

L'institut FMES travaille depuis avec l'ensemble des acteurs s'intéressant à ces enjeux, tant avec le monde académique, les industriels de défense qu'avec les décideurs, publics et privés, civils et militaires, afin d'apporter une lecture pluridisciplinaire et panoramique de cette zone.

Institut FMES

Maison du Numérique et de l'Innovation
Place Georges Pompidou - 83000 Toulon
04 94 05 55 55

info@fmes-france.org

www.fmes-france.org



@institutfmes



@InstitutFMES



FMES France



Institut FMES



Boussole
stratégique



FMES

