

LES RÉGLEMENTATIONS NATIONALES, PLANS ET STRATÉGIES

POUR LE DÉVELOPPEMENT DE L'ÉNERGIE ÉOLIENNE EN MER DANS LE BASSIN MÉDITERRANÉEN



Energies renouvelables - Andalousie - Espagne- Crédit : AdobeStock_Alice_D

Les sources d'énergie renouvelables (SER) sont au cœur des débats mondiaux sur l'énergie, d'autant plus que les combustibles fossiles continuent de dominer le paysage économique. Les SER offrent une promesse séduisante : une source d'énergie durable, pratiquement illimitée, qui réduit considérablement les émissions de gaz à effet de serre. Dans un contexte géopolitique et économique difficile, avec un impact croissant du changement climatique sur les pays méditerranéens (considérés comme un point chaud par le GIEC), il est indispensable d'accélérer la transition énergétique pour parvenir à une consommation nette zéro et maintenir l'objectif de 1,5°C. En réponse, tous les pays méditerranéens ont fixé des objectifs ambitieux en matière de SER, afin d'augmenter la contribution des énergies renouvelables à leur bouquet électrique. Toutefois, la réalisation de ces objectifs nécessite des investissements importants et une expansion substantielle des capacités de production d'énergie. Bien que l'énergie solaire et l'énergie éolienne en fassent partie intégrante, il est évident qu'il est essentiel de diversifier les sources d'énergie renouvelables. Dans le domaine des énergies renouvelables, les énergies marines renouvelables (EMR) apparaissent comme une alternative prometteuse. Deux catégories principales d'ERM sont à l'honneur : l'énergie éolienne en mer (EOM) et l'énergie des océans, collectivement appelée "énergie bleue" (EB). Parmi les options d'ERM, l'EOM brille par sa technologie avancée, ses cadres réglementaires bien établis, sa viabilité commerciale et son importante capacité opérationnelle.

Énergie éolienne en mer : Une source d'énergie renouvelable prometteuse et efficace

L'énergie éolienne en mer, un sous-ensemble des sources d'énergie renouvelables (SER), est prometteuse dans le cadre de la transition mondiale vers des solutions énergétiques plus propres. Il se distingue de son homologue terrestre en exploitant les vents puissants que l'on trouve dans la vaste étendue de la mer ou de l'océan. Les parcs éoliens en mer sont stratégiquement positionnés loin de la terre, exploitant les vents du large qui présentent des vitesses plus élevées et une constance remarquable. Contrairement aux installations terrestres, ces fermes offshore ne subissent que peu d'interférences physiques de la part de la terre ou des structures construites par l'homme. Par conséquent, elles sont saluées pour leur efficacité et leur fiabilité, avec le potentiel de surpasser de manière significative les parcs éoliens terrestres. L'un des principaux défis de l'énergie éolienne, quel que soit son emplacement, est le bruit et les vibrations générés par les pales du rotor. L'atténuation de ces perturbations est essentielle, non

seulement pour l'efficacité opérationnelle, mais aussi pour le bien-être du personnel travaillant à proximité. En outre, la hauteur de ces turbines, qui atteignent souvent 135 mètres, peut poser des problèmes visuels aux communautés (EWEA, 2013). Cependant, lorsqu'il s'agit de convertir l'énergie éolienne en électricité, la technologie éolienne offshore a déjà atteint des niveaux de performance louables. Avec des taux d'efficacité compris entre 40 % et 50 %, l'énergie éolienne en mer se rapproche de l'efficacité maximale théorique prévue par la loi de Betz, qui s'élève à 59 % (IRENA, 2019). Le processus débute grâce à la force du vent du large qui fait tourner les pales de l'éolienne.

Ces pales sont reliées à l'éolienne via un moyeu et parcourent généralement de 7 à 12 tours par minute. Pour optimiser encore la conversion de l'énergie, une boîte de vitesses est utilisée pour augmenter la vitesse de rotation, souvent de plus de 100 fois, avant de la transférer au générateur (EWEA, 2013). Le développement de la technologie éolienne offshore à fondations fixes a connu des progrès remarquables depuis la création des premiers parcs éoliens offshore.

D'importantes initiatives de recherche et de développement se sont concentrées sur la réduction des coûts, l'utilisation d'éoliennes plus grandes, l'optimisation de l'utilisation du vent et l'amélioration des processus de production. Ces efforts ont permis de réduire considérablement le coût de l'électricité (LCOE), certains projets atteignant une réduction de 70 % en moins de cinq ans. Des projets européens récents intégrant des turbines de 10 MW ont permis de réaliser des économies encore plus substantielles en termes de coûts d'investissement et de maintenance, ainsi que des facteurs de capacité impressionnants dépassant 50 % dans de nombreux endroits.

Lors des enchères européennes, les prix de l'électricité ont atteint des taux inférieurs à 50 €/MWh (IRENA, 2019). Pour l'avenir, l'Agence internationale de l'énergie (AIE) prévoit que les progrès constants de la technologie entraîneront une réduction supplémentaire de 40 % du LCOE d'ici à 2030, avec des valeurs de LCOE qui devraient se situer entre 30 et 40 €/MWh. D'ici 2040, l'AIE prévoit une réduction remarquable de 60 % du LCOE, ce qui conforte la position de l'énergie éolienne en mer en tant que source d'énergie rentable et durable (AIE, 2019).

Projets actuels et existants concernant l'énergie éolienne en mer, et leurs stratégies : Exploiter le potentiel de l'offshore

L'aventure de l'énergie éolienne en mer a commencé modestement avec l'installation du premier parc éolien en mer au monde à Vindeby, au Danemark, en 1991. À l'époque, il s'agissait davantage d'un projet de démonstration que du signe avant-coureur d'un changement global. Cependant, trois décennies plus tard, l'énergie éolienne en mer est devenue une technologie fiable à grande échelle, capable de fournir de l'énergie à des millions de personnes dans le monde. Les installations récentes présentent des facteurs de capacité élevés et les coûts associés à l'éolien en mer ont régulièrement diminué au cours de la dernière décennie (GWEC, 2021).

Bien que de nombreux projets d'éoliennes en mer aient été approuvés, les progrès réalisés ces dernières années ont été quelque peu limités. Pourtant, le potentiel ne manque pas, en particulier dans la région méditerranéenne. Des études ont identifié le golfe du Lion et la mer Égée comme les sites les plus prometteurs pour les projets d'énergie éolienne en mer. Ils présentent, en effet, un potentiel éolien considérable (respectivement 1 050 et 890 W/m² à 80 m au-dessus du niveau de la mer). De plus, la mer Adriatique et le golfe de Gabès sont des lieux prometteurs si on prend en compte des facteurs tels qu'une profondeur de fonds marins appropriée.

Si l'on considère d'autres contraintes telles que la proximité de la côte, les connexions au réseau existantes et l'état des fonds marins, la mer Égée s'avère être un site de choix pour le déploiement d'éoliennes en mer. En se basant sur un agencement optimal des parcs éoliens et les caractéristiques des types de turbines sélectionnés, on estime que la production théorique annuelle maximale d'énergie éolienne en mer dans l'ensemble de la région méditerranéenne pourrait atteindre environ 742 TWh/an.

Ces perspectives prometteuses s'inscrivent dans le cadre du plan stratégique européen pour les technologies énergétiques (plan SET), qui vise à accroître la part de l'énergie éolienne en mer et de l'énergie houlomotrice. Le plan SET vise à stimuler la croissance de l'énergie éolienne en mer avec une capacité

prévue de 240 à 445 GW d'ici à 2030. L'objectif principal est de renforcer la compétitivité et de réduire le coût de l'énergie offshore (Direction générale de l'énergie de la CE et al., 2018). La France, par exemple, a fait des progrès notables dans cette direction en lançant un appel d'offres pour 500 MW d'énergie éolienne flottante, comprenant deux nouveaux projets de 250 MW en mer Méditerranée. Ces projets, situés au large de Narbonne et du golfe de Fos, sont situés à une distance minimale de 22 kilomètres de la côte et dans l'attente des résultats des évaluations environnementales (ministère de la Transition écologique, 2021).

L'innovation est un impératif majeur, en particulier dans le domaine de la rentabilité, de l'installation, de l'exploitation et de la maintenance. Les prévisions indiquent des investissements importants, avec une estimation de 10 millions d'euros consacrés à la transformation numérique entre 2018 et 2022 pour améliorer la production d'énergie. En outre, il est prévu d'allouer 350 millions d'euros pour construire des éoliennes plus grandes, capables de produire plus d'électricité et de capter le vent à des vitesses plus faibles entre 2018 et 2025 (Commission européenne, 2019).

L'émergence d'une chaîne d'approvisionnement qui tire parti des technologies océaniques de pointe en Europe reste un objectif essentiel, qui vise à favoriser la croissance économique et les possibilités d'emploi. La réalisation de cette vision nécessite le développement de nouvelles infrastructures, logistiques et installations, idéalement placées à proximité des sources d'énergie.

Dans ce contexte dynamique, la mise en œuvre de politiques de lutte contre le changement climatique et de transition énergétique, combinée aux prouesses industrielles des secteurs éoliens et navals, a suscité un vif intérêt de la part des investisseurs. De nombreux projets soumis aux gouvernements méditerranéens soulignent le potentiel de la région. La réduction significative des coûts de l'énergie éolienne en mer rend le moment propice à l'exploitation du potentiel éolien en mer de la région méditerranéenne. L'évolution de la technologie de l'énergie éolienne flottante a élargi les horizons, ouvrant les portes à des sites plus éloignés des côtes méditerranéennes, caractérisés par des facteurs de capacité élevés et un impact environnemental et visuel réduit par rapport aux projets proposés il y a plus d'une décennie.

Défis et préoccupations liés au développement de l'énergie éolienne en mer

L'équilibre entre la production d'énergie renouvelable et la préservation des écosystèmes côtiers est un défi permanent dans le développement de l'éolien en mer, en particulier lors de l'acheminement des câbles à travers les zones côtières (Bryden et al., 2018). La chaîne de valeur de l'éolien en mer implique une fabrication et une importation efficaces des composants, avec des considérations spécifiques à la Méditerranée.

Des composants et des services clés peuvent être obtenus auprès d'entreprises méditerranéennes, notamment des études d'ingénierie, des structures de soutien, des navires, etc.

Bien que la technologie de l'éolien en mer ait évolué avec la réduction des coûts et l'augmentation des capacités, l'opposition régionale nécessite des initiatives réglementaires pour impliquer les parties prenantes et obtenir le soutien du public (AIE, 2019).

Réglementations nationales, plans et stratégies pour le développement de l'énergie éolienne en mer dans le bassin méditerranéen

Caractéristiques sectorielles :

1 - Technologie de l'éolien offshore flottant : Bien adapté aux eaux profondes de la Méditerranée et à l'abondance des ressources éoliennes.

2- L'industrie bleue émergente : Favorise le progrès technologique, le développement économique et la réduction des émissions.

3 - Collaboration régionale : Indispensable pour un déploiement rentable.

Défis :

1 - Coexistence avec d'autres utilisations marines : Équilibrer le développement des EMR avec les activités existantes, telles que la pêche et le tourisme.

2- Comprendre les effets environnementaux à long terme : répondre aux préoccupations liées au bruit, aux accidents, aux perturbations de l'habitat et à la pollution.

Opportunités :

1- Ports neutres en carbone : Intégrer les technologies EMR pour réduire l'empreinte carbone des ports.

2- Autosuffisance énergétique durable : Les régions côtières et les îles peuvent améliorer leur autosuffisance énergétique grâce aux EMR.

3- Applications polyvalentes : Les systèmes d'ERM peuvent servir à d'autres fins que la production d'énergie, notamment la surveillance et la recherche marines.

L'exploitation des énergies marines renouvelables en Méditerranée exige de l'innovation, de la collaboration et une bonne gestion de l'environnement. Relever les défis et exploiter les possibilités peut conduire à un avenir énergétique durable tout en protégeant les écosystèmes marins.

Politiques et réglementations nationales

	PAYS	RÈGLEMENTATION POLITIQUES NATIONAUX	Réf.
NORD	Albanie	Exploration active de projets éoliens offshore de 100 MW.	Lien
	Croatie	Un plan de 25 GW pour des parcs éoliens en mer a été identifié.	Lien
	Grèce	Loi 4964/2022, datée du 30 juillet 2022. D'ici à 2030, la Grèce souhaite construire au moins 2 GW d'éoliennes en mer.	Lien
	Slovénie	La Slovénie n'a pas la possibilité de créer des parcs éoliens en mer. Projets d'hydrogène renouvelable par (NAHV) signés en septembre 2023.	Lien
	Espagne	Loi 7/2021 du 20 mai sur le changement climatique et la transition énergétique. L'Espagne vise 3 GW d'énergie éolienne en mer d'ici à 2030.	Lien Lien
	Malte	Pas de projets existants ni d'exploration active. Malte, 10 juillet 2023 : Le Parlement de Malte prévoit de tenir son premier appel d'offres pour l'éolien en mer. Six zones situées en dehors des eaux territoriales de Malte ont été identifiées pour l'implantation de parcs éoliens en mer.	Lien Lien
	Monaco	Pas de parc éolien offshore existant/25 janvier 2021 (le président du M.E.R. a déclaré qu'il n'y avait pas de projet en cours).	Lien
	Monténégro	Pas de parcs éoliens offshore existants/uniquement terrestres/projets : Centrales solaires flottantes (50 MW).	Lien
	France	Loi N° 2019-1147. 27 éoliennes offshore à Saint-Nazaire qui deviendront 80 à terme. Objectif de 50 parcs éoliens en mer d'ici à 2050 (ajoutant 480 MW au réseau).	Lien Lien
	Italie	Droit : non prévu. Développeur Beleolico/Pouilles — Italie/dix lames/30MW. Viser l'éolien offshore estimé à 5,5 GW d'ici 2030.	Lien
EST	Chypre	Mode exploration (études des performances en matière de vitesse du vent)	Lien
	Liban	Aucun projet d'éolienne en mer au Liban. Selon des études réalisées par Atlas, le potentiel de l'énergie éolienne est surestimé au Liban.	Lien
	Syrie	Aucune stratégie ou réglementation en 2023.	/
	Palestine	Aucune stratégie ou réglementation en 2023.	/
	Israël	Des objectifs ambitieux pour les énergies renouvelables afin de réduire les émissions de gaz.	Lien
SUD	Egypte	Aucune étude sur les éoliennes offshore n'est en cours de préparation.	/
	Maroc	Loi N° 13.09 (19 septembre 2011). 30 septembre 2022 (2 millions d'euros accordés pour financer l'étude de faisabilité) pour un projet d'énergie éolienne offshore à petite échelle pour le secteur privé.	Lien
	Algérie	L'Algérie s'est principalement concentrée sur d'autres formes d'énergie renouvelable, telles que l'énergie solaire et éolienne à terre.	Lien
	Libye	Aucune stratégie ou réglementation en 2023.	/
	Tunisie	Aucune éolienne en mer ni étude de faisabilité n'est en cours de préparation.	Lien

Légende : Très avancé Avancé Début de stratégie de développement Pas de stratégie/régulation/plan Autre

Tableau 1 Politiques régionales/réglementations nationales en Méditerranée concernant les projets offshore

Conclusion

Au niveau international, la dynamique de développement des ERM est palpable, soutenue par l'engagement de l'Union européenne à atteindre une part minimale de 27 % de production d'énergie à partir de SER d'ici 2030 (Commission européenne, 2019). Cette dynamique s'étend aux pays du sud de la Méditerranée, où des études en cours évaluent activement le vaste potentiel de l'EOM. Des projets d'installation devraient bientôt voir le jour, témoignant de l'engagement de la région méditerranéenne en faveur d'un avenir énergétique durable.

Les réglementations régissant l'énergie éolienne en mer dans la région méditerranéenne sont actuellement spécifiques à chaque pays, l'Espagne, l'Italie et la Grèce ayant fait des progrès considérables dans la mise en place de leurs cadres réglementaires. Par ailleurs, l'ensemble des mesures sur « l'énergie propre » de l'Union européenne offre des orientations et des objectifs essentiels aux États membres qui se lancent dans des projets d'éoliennes en mer. Malgré l'intérêt croissant pour l'énergie éolienne en mer, son développement en Méditerranée n'en est qu'à ses débuts, ce qui souligne la nécessité d'un cadre politique unifié et à long terme pour favoriser la coexistence durable et la protection de l'environnement.

La stabilité des cadres législatifs est un facteur essentiel pour la délivrance des permis et le développement global des projets.

La faisabilité des parcs éoliens en mer dans les pays méditerranéens dépend de diverses considérations, notamment l'infrastructure existante, les préoccupations environnementales et les conflits potentiels entre les différents secteurs économiques. Compte tenu de la complexité des facteurs réglementaires, environnementaux et financiers en jeu, la mise en place de projets opérationnels d'éoliennes en mer dans les pays du sud de la Méditerranée pourrait prendre beaucoup de temps.

RÉFÉRENCES

- EIA. (2020). [Renewable Energy Explained](#).
- IPCC. (2021). [Climate Change 2021: The Physical Science Basis](#).
- IRENA. (2020). [Global Renewables Outlook: Energy Transformation 2050](#).
- IEA. (2021). [Renewables 2021](#).
- IEA-OES. (2020). [Ocean Energy Systems Annual Report 2020](#).
- European Commission. (2019). [Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: The European Green Deal](#).
- EWEA. (2013). [The European Offshore Wind Industry - Key trends and statistics 2012](#).
- IRENA. (2019). [Offshore Wind Energy: A Comprehensive Guide to Successful Offshore Wind Farm Installation](#).
- IEA. (2019). [Offshore Wind Outlook 2019](#).
- GWEC. (2021). [Global Wind Report 2021](#).
- Deliverable 2.1. (2019). [Report on the Most Suitable Locations for Offshore Wind Energy in the Mediterranean Sea](#).
- EC Directorate-General for Energy et al. (2018). [European Strategic Energy Technology Plan \(SET Plan\)](#).
- Ministère de la Transition écologique. (2021). [France Launches Tender for Floating Wind Power Projects](#).
- Mediterranean Blue Economy Stakeholder Platform. (2021). [Mediterranean Blue Economy Stakeholder Platform Annual Report](#).
- European Commission. (2021). [European Green Deal: A Sustainable Blue Economy for the EU's Outermost Regions](#).
- Bryden, I. G., Simpson, M. C., & Marteinsdottir, G. (2018). [Offshore Wind Cable Installation and the Impact on Marine Mammals](#). In *Offshore Wind Farms* (pp. 131-141). Springer.