



HAL
open science

Les énergies marines renouvelables (Partie 3. Chapitre 1. L'exploitation des ressources marines et côtières : permanences et ruptures)

Brice Trouillet

► **To cite this version:**

Brice Trouillet. Les énergies marines renouvelables (Partie 3. Chapitre 1. L'exploitation des ressources marines et côtières : permanences et ruptures). Desse, M., Robert, S., Herbert, V., Chadenas, C. Les littoraux français. Permanences, changements, ruptures, Armand Colin, pp.231-246, 2024, Horizon, 978-2-200-63816-0. hal-04649663

HAL Id: hal-04649663

<https://hal.science/hal-04649663v1>

Submitted on 16 Jul 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Trouillet, B. (2024). Les énergies marines renouvelables. In : Desse, M., & Trouillet, B. Partie 3. Chapitre 1. L'exploitation des ressources marines et côtières : permanences et ruptures. Dunod, Paris, pp. 231-246.

Sous licence CC-BY

3. Les énergies marines renouvelables

Exercice difficile s'il en est, écrire sur les « énergies marines renouvelables » (EMR) s'avère en partie inapproprié et malheureusement condamné à une rapide obsolescence. Inapproprié parce que la principale énergie renouvelable en mer à ce jour, à savoir l'éolien offshore, n'est pas à proprement parlé une énergie marine (autrement dit une énergie tirée de la mer : courants, marée, vagues, etc.), bien que sa production soit localisée en mer. Inapproprié aussi parce l'énergie produite en mer est encore très majoritairement non-renouvelable étant donné qu'un tiers de la production de pétrole et de gaz à l'échelle mondiale est réalisé en mer. En d'autres termes, disons-le d'emblée : au début 2024, dans son immense majorité, l'énergie produite en mer dans le monde n'est ni marine... ni renouvelable !

Obsolète ensuite parce que, s'il est un domaine qui évolue spectaculairement, c'est bien celui des énergies renouvelables en mer. Aussi, tous les chiffres aujourd'hui mobilisés pour caractériser cette filière ont inmanquablement une durée de vie très limitée. S'il fallait s'en convaincre, rappelons que la puissance installée en mer en Europe a augmenté de plus de 29 000% entre 2001 (85 MW¹) et 2020 (25 GW), et même de 500 000% entre 1991 (5 MW) et 2020 (EWEA, 2009 ; WindEurope², 2021). Le leitmotiv de la « croissance bleue » (Eikeset et al 2018) semble même avoir été inventé pour l'éolien en mer tant l'OCDE (2016) rappelait discrètement que, d'une part, les prévisions de croissance de l'économie maritime ne faisaient que suivre la tendance de l'économie en général et que, d'autre part, dans ce tableau général seul l'éolien en mer se distinguait par un taux de croissance à quatre chiffres de sa valeur ajoutée (près de 8 000%). En d'autres termes, et quand on y regarde de plus près, « l'accélération bleue » (Jouffray et al 2020) est pour l'instant surtout celle de l'éolien en mer.

Tout en conservant cela à l'esprit, dans cette section sont présentés un état des lieux de l'éolien en mer, la planification du développement de l'éolien en mer, les différentes énergies et technologies associées et, enfin, les multiples enjeux qui en découlent.

1. Etat des lieux des énergies renouvelables en mer

D'après les chiffres du dernier rapport disponible du GWEC³ (2023), la puissance éolienne offshore installée dans le monde dépassait 64 GW à la fin 2022, soit 7% du total éolien (842 GW pour le domaine terrestre). Si l'on retient un facteur de charge pour l'offshore de l'ordre de 52%⁴, qui signifie globalement qu'une éolienne offshore produit de l'électricité la moitié du temps (contre moins d'un quart du temps pour une éolienne terrestre), cela signifie que l'offshore contribue à hauteur d'un peu plus de 13% à la production d'énergie éolienne mondiale⁵. Pour mieux en prendre la mesure, l'énergie éolienne offshore produite à l'échelle mondiale fournit déjà l'équivalent de la moitié de la consommation intérieure électrique du sixième plus important pays consommateur mondial d'électricité qu'est l'Allemagne (environ 550 TWh/an). Ramené à la consommation tous types d'énergie confondus, le résultat paraît

¹ « MW » pour mégawatt (soit 10⁶ W), « GW » pour gigawatt (soit 10⁹ W) et « TW » pour térawatt (soit 10¹² W). Quoique désormais plus rare, il est aussi possible de trouver « kW » pour kilowatt (soit 1 000 W). Ces unités sont généralement utilisées pour caractériser une puissance installée. Pour la production ou la consommation, on exprime alors la puissance par unité de temps, généralement 1 heure (par ex. « TWh » pour térawattheure, soit 10¹² W produits en 1h), que l'on peut aussi cumuler sur une année (TWh/an).

² WindEurope (anciennement EWEA) se présente comme « la voix de l'industrie éolienne » (<https://windeurope.org/about-us/>).

³ Le Global Wind Energy Council est une organisation basée à Bruxelles, regroupant plus de 1 500 entreprises, organisations ou institutions du secteur de l'énergie éolienne (<https://gwec.net/global-wind-energy-council/what-is-gwec/>).

⁴ <https://windeurope.org/about-wind/daily-wind/capacity-factors>

⁵ Avec une production estimée à 280 TWh/an pour l'éolien offshore (= 64 GW x 12h x 365 jours), contre 1844 TWh/an pour l'éolien terrestre (= 842 GW x 6h x 365 jours).

somme toute encore modeste puisque les 280 TWh d'énergie éolienne offshore correspondent à seulement 17% de la consommation de la France (1 900 TWh dont 450 TWh d'électricité).

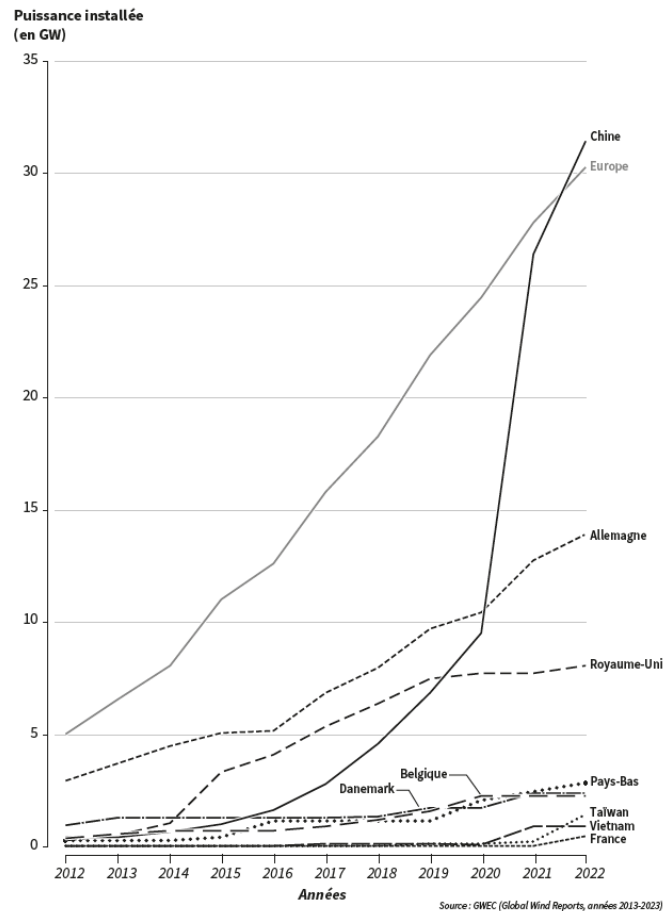


Fig. 1 – La puissance éolienne offshore installée dans le monde (source : rapports GWEC (2013-2023))

A l'échelle mondiale, le détail des chiffres fait apparaître une très forte concentration des parcs éoliens offshore en Asie (34 GW) et en Europe (30 GW), puisque ces deux régions cumulent la quasi-totalité de la puissance offshore installée dans le monde⁶ (GWEC 2023). Après une nette domination de l'Europe depuis la naissance de cette technologie, puisque le premier parc a été installé au Danemark en 1991 (Trouillet, 2004), la puissance installée en Asie supplante, en 2022, celle en Europe. Evidemment, dans ce domaine comme dans bien d'autres, c'est surtout le fait de la Chine (31 GW) qui, à elle seule, pèse désormais 49% du total mondial. En 2021, la Chine a installé rien que 16,9 GW, soit 26% du total mondial (voir Fig. 1). Bien que largement distribuées le long des côtes chinoises, les éoliennes sont majoritairement situées au nord et au sud de Shanghai, au sud au large de la région de Guangzhou et dans le détroit de Taïwan⁷. Deux autres pays asiatiques, Taïwan (1,4 GW) et le Vietnam (0,8 GW) occupent respectivement les 7^{ème} et 8^{ème} places mondiales.

Même dépassée par l'Asie tout récemment, l'Europe continue de représenter 47% du total mondial. A l'échelle européenne, deux pays occupent le devant de la scène de l'éolien offshore depuis la naissance de cette technologie. D'une part, le Royaume-Uni (14 GW en 2022, 2^{ème} rang) a longtemps fait la course en tête. Il représentait 54% de la puissance éolienne offshore

⁶ Exception faite de 42 MW aux Etats-Unis.

⁷ Voir <https://map.4coffshore.com/offshorewind/>

installée dans le monde en 2012 contre un peu plus de 21% en 2022. D'autre part, l'Allemagne qui, malgré l'exiguïté de sa Zone Economique Maritime (ZEE), affiche un total de 8 GW (12% du total offshore mondial, 3^{ème} rang). A ces deux chefs de file européens, on peut ajouter un trio de pays nord-européens (Pays-Bas, Danemark et Belgique, aux 4^{ème}, 5^{ème} et 6^{ème} rangs) qui totalisent à eux trois 7,4 GW (11,5% du total offshore mondial). Au sein de cet ensemble européen, un peu plus de 85 % de la puissance offshore installée est localisée sur tout le pourtour de la mer du Nord (depuis l'Ecosse jusqu'au Jutland), et le reste pour moitié en mer d'Irlande entre Liverpool, l'Île de Man et Blackpool, et pour l'autre moitié à l'entrée de la mer Baltique dans un triangle formé par Malmö (Suède), Rostock (Allemagne) et la frontière germano-polonaise⁸.

Zone	AO (n°)	AO (année)	Mise en serv. (année)	Turbines (nbre)	Puiss. Tot. (en MW)	Surf. (en km²)	Distance à la côte (point + proche en km)	Technologie	Base d'exploitation	Consortium
SEM-REV	essai		2018	1	2	1	22	Flottante	n.c.	Fondation Open-C
Saint-Nazaire	1	2011	2022	80	480	78	12	Posé (fondation monopieu)	La Turballe	EDF-RE, Enbridge Inc.
Saint-Brieuc	1	2011	2024	62	496	75	16	Posé (fondation jackets)	Saint-Quay-Portrieux, Saint-Malo	Ailes Marines (Iberdrola)
Fécamp	1	2011	2024	71	497	60	12	Posé (gravitaire)	Fécamp	EDF-RE, EIH (Enbridge et CPP Investments), Skyborn
Faraman-Port-Saint-Louis-du-Rhône	pilote	2015	2024	3	24	0,78	14	Flottante (sur plateforme avec ancrage à lignes tendues)	Port-Saint-Louis	EDF-RE
Leucate-Le Barcarès	pilote	2015	2024	3	30	6,17	16	Flottante (semi-submersible)	Port La Nouvelle	Engie, EDP Renewables, Groupe Caisse des Dépôts
Guissan	pilote	2015	2024	3	30	8,15	18	Flottante (barge en béton léger semi-mmergée)	Port La Nouvelle	Qair Marine
Courseulles-sur-Mer	1	2011	2025	64	448	50	10	Posé (fondation monopieu)	Caen-Ouistreham	EDF-RE, EIH (Enbridge et CPP Investments), Skyborn
Yeu-Noirmoutier	2	2013	2025	62	496	83	12	Posé (fondation monopieu)	Port-Joinville, L'Herbaudière	Engie, EDP Renewables, Sumitomo, Groupe Caisse des
Dieppe-Le Tréport	2	2013	2026	62	496	83	15	Posé (fondation jackets)	Dieppe	Ocean Winds (Engie et EDPR), Sumitomo Corp., Groupe Caisse des Dépôts
Dunkerque	3	2016	2028	46	600	50	10	Posé (fondation monopieu)	Dunkerque	EDF-RE, Enbridge Inc.
Centre Manche 1	4	2020	2031	47	1000	183	33	Posé (fondation jackets)	n.c.	EDF-RE, Maple Power
Bretagne Sud	5	2022	2031	n.c.	250	45	20	Flottante	n.c.	n.c.
Méditerranée 1	6	2022	2031	n.c.	250	48	25	Flottante	n.c.	n.c.
Méditerranée 2	6	2022	2031	n.c.	250	52	25	Flottante	n.c.	n.c.
Ile d'Oléron	7	2022	2032		1000	180	30	Posé	n.c.	n.c.
Centre Manche 2	8	2022	2032	n.c.	1500	270	43	Posé	n.c.	n.c.
TOTAL 2024				222	1557	228,1				
TOTAL 2025				349	2503	362,1				
TOTAL 2032				n.c.	7849	1273,1				

Source : <https://www.eoliennesenmer.fr/facades-maritimes-en-France> (février 2024)

n.c. : non connu (février 2024)

Tab. 1 – Les parcs éoliens en service et prévus en France hexagonale en 2024

Depuis la mise en service de son premier parc éolien offshore commercial en 2022, la France occupe désormais la 9^{ème} place mondiale avec 482 MW installés. Les derniers mois de 2022 ont permis à ces éoliennes d'injecter 0,6 TWh dans le réseau électrique, correspondant à 20% de la consommation électrique annuelle du département de Loire-Atlantique (Observatoire des énergies de la mer⁹, 2023) et même 1,9 TWh en 2023¹⁰. Au début 2024, deux autres parcs éoliens doivent être mis en service : le premier au large de Saint-Brieuc, le second au large de

⁸ Voir aussi : <https://windeurope.org/intelligence-platform/product/european-offshore-wind-farms-map-public/>

⁹ L'observatoire des énergies de la mer est une émanation du Cluster Maritime Français, association loi de 1901, ayant pour objet « la promotion et la défense des activités maritimes françaises et d'activités connexes, l'étude de leurs possibilités de développement et plus généralement tout ce qui concerne ces activités. » (article 2 : https://www.cluster-maritime.fr/wp-content/uploads/2022/09/statuts_cmf.pdf).

¹⁰ Le Marin (07/02/2024)

Fécamp (voir **Tab. 1**). Enfin, toujours pour 2024, il est prévu que trois « fermes pilotes » avec des éoliennes flottantes sur la façade méditerranéenne soient également mises en service : Faraman-Port-Saint-Louis-du-Rhône, Leucate-Le Barcarès et Gruissan. En outre, il existe également plusieurs sites d'essais en France, opérés par la Fondation Open-C, dont le site du SEM-REV¹¹ situé à l'ouest du parc éolien, où a été installée en 2018 une éolienne flottante expérimentale de 2 MW, la toute première connectée au réseau électrique.

Aussi, après un lent démarrage, les autorités françaises semblent avoir décidé de passer à la vitesse supérieure puisqu'il est prévu qu'à la fin 2024, la puissance installée en France hexagonale atteigne 1 557 MW, puis 2 500 MW en fin d'année suivante.

2. La planification du développement de l'éolien en mer

La mise en place d'un parc éolien en mer est une opération longue et complexe. Dans le cas français, il a fallu 11 ans entre le premier appel d'offre et la mise en service du premier parc. Or, pendant ce temps, les technologies continuent d'évoluer, tout comme notamment le contexte dans lequel un parc éolien vient s'insérer (ex. autres projets éoliens, autres usages, changement du régime d'accès aux espaces maritimes comme dans le cas du Brexit). Etant donné le coût d'un parc éolien en mer¹², il est nécessaire de donner suffisamment de visibilité pour sécuriser des investissements importants. Outre la question du coût de rachat de l'énergie produite, cette visibilité passe notamment par une identification claire et pérenne des zones destinées à accueillir ces installations, et donc d'abord par une planification spatiale.

Après quelques tâtonnements¹³ entre planification et expérimentation (Nadai et Labussière, 2014) en vue d'organiser le développement de l'éolien en mer en France (SG Mer, 2002), les services de l'Etat procèdent maintenant en routine par un système combinant planification spatiale et appel d'offres. Ainsi, un premier exercice de planification spatiale de l'éolien en mer a eu lieu en 2009-2010, destiné à identifier à l'échelle régionale des « zones propices » au développement de cet usage, déterminées en combinant d'une part une cartographie de la ressource en vent, d'autre part une cartographie des contraintes techniques et liées aux enjeux socio-éco-environnementaux. Sur cette base, un « premier » appel d'offres (AO1) a été lancé en 2011, suivi de deux autres (AO2 et AO3) respectivement en 2013 et 2016, auxquels il faut ajouter un appel d'offres en 2015 de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME¹⁴) pour des « fermes pilotes » d'éoliennes flottantes (voir. Tab. 1).

Puis, en application de la directive 2014/89/UE du Parlement européen et du Conseil du 23 juillet 2014 établissant un cadre pour la planification de l'espace maritime¹⁵, la France a mis en œuvre un deuxième exercice de planification spatiale qui a débouché sur la publication en 2019 des volets stratégiques des « Documents Stratégiques de Façade » (DSF), à l'échelle des quatre façades de la France hexagonale (voir chapitre 4). Ceux-ci comprennent des « cartes de vocation » figurant des « macro-zones » aptes à accueillir des parcs éoliens. Ce sont donc ces documents qui ont servi de supports à une deuxième vague d'appels d'offres entre 2020 et

¹¹ <https://fondation-open-c.org/fr/sites-dessais>

¹² Hors raccordement, « Le coût d'installation d'un projet éolien en mer est de l'ordre de 1 à 2 Mds€ pour 500 MW et d'environ 1,5 à 4 Mds€ pour 1 GW. »

(<https://www.eoliennesenmer.fr/sites/eoliennesenmer/files/inline-files/fiche12.pdf>).

¹³ Début 2004, le Ministère délégué à l'Industrie du gouvernement de Jean-Pierre Raffarin a lancé un premier appel d'offres pour 500 MW offshore. Dix propositions ont été présentées, une seule a été retenue (un projet de parc éolien à Veulettes-sur-Mer, avec 21 turbines d'une puissance totale de 105 MW, à 7km de la côte) et finalement abandonnée après l'avis de déclarer sans suite l'appel d'offres rendu par la Commission de Régulation de l'Énergie en 2005 (<https://www.cre.fr/documents/Appels-d-offres/Appel-d-offres-portant-sur-des-centrales-eoliennes-en-mer/avis-de-la-commission-de-regulation-de-l-energie-sur-le-choix-des-projets>).

¹⁴ L'ADEME s'affiche aussi sous le nom d'agence « de la transition écologique ».

¹⁵ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0089&rid=1>

2022 : AO4 en 2020 et AO5, AO6, AO7 et AO8 en 2022. Toujours sur la base de ce deuxième exercice de planification (correspondant au cycle 1 des DSF), d'autres zones ont été identifiées pour des extensions à venir en continuité de parcs existants, pour un total de 2,5 GW : AO5 (Bretagne sud), AO6 (Méditerranée) et AO7 (Ile d'Oléron). Ainsi, au terme de ce deuxième exercice de planification, c'est un total de 10,4 GW qui a été installé (0,48 GW), attribué (4,1 GW), est en cours d'attribution (3,3 GW) ou prévu pour de futures extensions (2,5 GW).

En 2022-2023, s'est opéré un changement de dimension doublé d'une subite accélération, puisque les objectifs fixés par le pouvoir politique se portent désormais à 45 GW d'ici 2050 (soit l'équivalent de 40 centrales nucléaires) avec un pallier intermédiaire en 2035. Autrement dit, l'ambition est d'aller 36 fois plus rapidement que ces dix dernières années ! Aussi ambitieux soit-il, l'objectif français de 45 GW en 2050 est finalement concordant avec les objectifs fixés à l'échelle de l'Union européenne (300 GW en 2050¹⁶) dans le cadre du « Green deal », quand même ils ne sont pas dépassés par les cibles fixées nationalement¹⁷. Rien que pour l'ensemble européen, le coût du déploiement d'un tel réseau est estimé à 400 Mds€. Toujours dans le même ordre d'idée, la Global Offshore Wind Alliance (GOWA), regroupant actuellement 14 pays¹⁸, s'est donnée comme cibles 380 GW en 2030 et... 2 000 GW en 2050 (GWEC, 2023). Entre emballement et surenchère, le contexte politique international (ex. guerre en Ukraine) et les premières conséquences concrètes du changement climatique semblent alimenter un discours de « transition énergétique » qui, ironiquement, ne se traduit pas par une logique substitutive mais, au contraire, clairement accumulative (Fresso, 2024).

En France, pour atteindre l'objectif fixé de 45 GW en 2050, la loi APER¹⁹ de 2023 a changé la donne. Ainsi, sur la base d'une identification par l'Etat de « zones prioritaires », la révision des DSF (issus du cycle 1) a été engagée fin 2023 parallèlement à un débat public²⁰ mené sous l'égide de la Commission nationale de débat public (CNDP), conséquence de la loi ESSOC²¹ de 2018. Selon des modalités qui n'apparaissent pas encore tout à fait clairement, au terme du débat public et de ce troisième exercice de planification spatiale qui lui fera suite, devront pouvoir être précisées deux cartographies des futures zones pour les prochains appels d'offres. La première vise à identifier des zones pour un déploiement de 15,5 GW à horizon 2035, la seconde à déterminer des zones pour 19,1 GW supplémentaires à horizon 2050. Si « *avant la loi ESSOC, les projets de parcs éoliens étaient soumis au débat public ou à la concertation une fois la localisation et les caractéristiques définies. De fait, l'intérêt même du débat public était souvent remis en question puisque la majorité des décisions techniques avaient déjà été prises* » (SG Mer et CMF, 2023), il faudra regarder de près ce que donne ce nouveau dispositif. En effet,

¹⁶ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0741>

¹⁷ 75 GW pour le Royaume-Uni, 70 GW pour l'Allemagne et les Pays-Bas, 37 GW pour l'Italie, 30 GW pour la Norvège, etc. « *Selon des données nationales compilées par le REGRT-E, les États membres de l'UE prévoient jusqu'à 354 GW d'énergies renouvelables en mer d'ici 2050, un chiffre qui passe à 496 GW si l'on y ajoute la Norvège et le Royaume-Uni.* » (Euractiv.com, 24/01/2024 ; <https://www.euractiv.fr/section/energie-climat/news/reseaux-eoliens-offshore-400-milliards-deuros-seraient-necessaires-pour-atteindre-les-objectifs-de-2050/>).

¹⁸ Allemagne, Australie, Belgique, Colombie, Danemark, Espagne, Irlande, Japon, Pays-Bas, Portugal, Norvège, Sainte-Lucie, Royaume-Uni, Etats-Unis.

¹⁹ Loi n°2023-175 du 10 mars 2023 relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables. Son article 56 précise : « *Le document stratégique de façade établit, pour chaque façade maritime, une cartographie des zones maritimes et terrestres prioritaires pour l'implantation (...) d'installations de production d'énergies renouvelables en mer à partir du vent. La cartographie définit également les zones prioritaires pour le développement de l'éolien en mer à l'horizon 2050, qui pourront être précisées et revues (...).* »

²⁰ Le débat public est intitulé « "La mer en débat" - Mise à jour des documents stratégiques de façade (DSF) et cartographie de l'éolien en mer » (<https://www.debatpublic.fr/la-mer-en-debat>).

²¹ Article 58, Loi n°2018-727 du 10 août 2018 pour un État au service d'une société de confiance (<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000037307624/>).

il est possible que, avec cette formule, l'exercice de planification de l'espace maritime ne consiste plus, dans les faits, qu'au mieux à préciser un travail préalable d'identification de « zones prioritaires » par les services de l'Etat, ensuite validées dans le cadre du débat public (même si le débat public peut en théorie invalider le choix des zones et, le cas échéant, proposer une alternative). Autrement dit, si le débat valide les zones proposées par l'Etat, quelles marges de manœuvre demeureront pour la « concertation avec les parties-prenantes », à savoir les acteurs de la mer et du littoral (collectivités, acteurs économiques, organisations environnementales, etc.) ?

Pour bien comprendre cette question, revenons un instant sur la procédure de construction d'un parc éolien offshore. Celle-ci est constituée de plusieurs étapes (voir SG Mer et CMF, 2023). Tout d'abord, compte tenu des objectifs de développement de l'éolien en mer et des « cartes de vocation », l'Etat mène seul des études qui orientent la définition de « zones préférentielles ». Sur cette base, l'Etat saisit la CNDP afin de conduire un débat public qui, en vertu de la loi ASAP²² de 2020, permet de mutualiser éventuellement plusieurs débats publics à l'échelle d'une façade et donc finalement de ne mener qu'un seul débat commun à l'ensemble des parcs éoliens d'une façade (ainsi qu'elle permet de commencer les phases administratives de la mise en concurrence en parallèle du débat public). Ce débat public vise à apporter aux services de l'Etat des éclairages sur les caractéristiques globales des projets éoliens, de manière à aboutir à une cartographie des « zones prioritaires ». Si le débat valide cette cartographie, des études techniques (houle, bathymétrie, géologie...) et environnementales sont menées.

En parallèle, les services de l'Etat et la Commission de Régulation de l'Energie (CRE) préparent puis lancent une procédure d'appel d'offres²³ pour chaque parc. C'est dans le cahier des charges de l'appel d'offres que peuvent être précisés des critères tels que des engagements en matière de développement économique, le recours aux entreprises et à l'emploi local (le « contenu local »), le montant alloué aux mesures de suivi et de réduction des impacts du parc sur l'environnement. Puis s'ensuivent plusieurs autorisations administratives : concertation « Fontaine » pour le raccordement, étude d'impact environnementale, concession d'utilisation du Domaine Public Maritime (DPM) auprès du Préfet de département et/ou autorisation unique et agrément auprès du Préfet maritime (si hors DPM), enquête publique, et instruction administrative. Lorsque le projet est purgé de tout recours, débute alors la phase de construction (environ deux ans), puis d'exploitation (une vingtaine d'année) et enfin le démantèlement. Dans cette procédure, la loi ESSOC a introduit une plus grande souplesse à travers ce qui est communément appelé le « permis enveloppe ». L'esprit de ce permis est de laisser la possibilité aux lauréats d'un appel d'offres, de faire varier des caractéristiques techniques (ex. type, nombre, puissance des turbines) après le dépôt de la candidature, sans avoir à modifier les autorisations obtenues ou à formuler de nouvelles demandes.

Jusqu'à présent, les recours ont surtout porté sur l'évaluation des conséquences des choix techniques (impacts paysagers, environnementaux...). Aussi, cette souplesse nouvelle devrait permettre de gagner en efficacité. Mais, pour bien en comprendre les enjeux, il importe désormais d'apporter des éclairages techniques sur la production d'énergie en mer.

²² Loi n°2020-1525 du 7 décembre 2020 d'accélération et de simplification de l'action publique (<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000042619877>).

²³ 1/ Soumission de candidatures par les industriels, 2/ participation à un dialogue concurrentiel avec la Direction Générale de l'Energie et du Climat, 3/ finalisation du cahier des charges, 4/ remise aux candidats des études techniques réalisées par l'Etat et RTE et 5/ analyse des candidatures par la CRE (SG Mer et CMF, 2023).

3. L'éolien, les autres énergies renouvelables en mer et les technologies associées

Les énergies renouvelables en mer sont diversifiées et peuvent être présentées en fonction du stade de maturité qu'elles ont atteint : industriel, commercial, et recherche & développement (R&D).

Deux technologies ont atteint le stade de l'industrialisation, à savoir l'éolien et secondairement l'hydrolien. Il existe deux types d'éoliennes en mer : celles qui sont posées, et celles qui flottent²⁴. S'agissant des éoliennes posées, il existe aujourd'hui trois principaux types de fondation (voir **Tab. 1**) : monopieu (pylône en acier enfoncé dans le sol), gravitaire (une base en béton posée sur le fond) et jacket (structure en treillis métallique). La nature géologique du sol conditionne en partie le type de fondation choisi, et la topographie des fonds (notamment la pente) constitue une contrainte à prendre en compte. Aujourd'hui, les éoliennes posées peuvent être installées à une profondeur maximale de 60 à 70 m environ (environ deux fois plus profond qu'il y a une douzaine d'années). Au-delà de cette profondeur, les éoliennes flottantes seront préférées. En la matière, il y a quatre types de flotteur : semi-submersible à lignes d'ancrage libres, barge à lignes d'ancrage libres, immergé à lignes tendues, et flotteur cylindrique dans le prolongement de l'éolienne²⁵. Si ces technologies permettent globalement de s'affranchir des contraintes de profondeur, la distance à la côte conditionne encore leur déploiement en pratique, en raison de questions de déperdition d'énergie.

Pour ce qui concerne l'hydrolien, celui-ci exploite l'énergie des courants marins. Là aussi, il existe différentes technologies mais les technologies les plus matures reposent sur une turbine axiale d'un diamètre de 10 à 20 m (à l'image d'une éolienne), ou sur une turbine carénée (ressemblant à un réacteur), installées à des profondeurs de l'ordre de 20 à 50 m. Avec 3 GW (CVA, 2018), la France disposerait de l'un des plus importants gisements hydroliens à l'échelle mondiale (20 à 25 GW), principalement localisé dans cinq sites entre le Cotentin et la Bretagne où le courant est généralement supérieur à 4 ou 5 nœuds²⁶ (raz Blanchard, raz de Barfleur, passage du Fromveur, chaussée de Sein et Héaux de Bréhat).

Deux types d'énergie sont arrivés au stade de la commercialisation, même s'il demeure encore des travaux pour industrialiser les processus. D'abord, l'énergie houlomotrice (celle tirée des vagues et de la houle) fait l'objet depuis quelques années d'un intérêt marqué. Différents systèmes existent, notamment le « serpent de mer » (ex. « Pelamis », au Portugal et plus récemment en Ecosse). Aussi, hormis quelques infrastructures à la côte (ex. usine marémotrice de la Rance²⁷) et à l'image des moulins à marée d'autrefois, les technologies exploitant l'énergie marémotrice se développent. L'énergie marémotrice est tirée de la différence de hauteur d'eau liée au phénomène de marée avec, par conséquent, l'avantage d'une excellente prévisibilité. De nouvelles turbines actuellement ont été déployées et continuent d'être améliorées²⁸. A l'échelle mondiale, ces deux types d'énergie représentent néanmoins une quantité négligeable : 41 MW pour le marémoteur et 25 MW pour le houlomoteur (Ocean Energy Europe²⁹, 2023). En France, un certain nombre de nouveaux dispositifs de récupération de ces énergies sont en phase d'étude en mer (ex. les prototypes d'hydrolienne HQ-OCEAN, ou encore le houlomoteur Wavegem³⁰).

²⁴ <https://www.eoliennesenmer.fr/generalites-eoliennes-en-mer/technologie>

²⁵ On parle de « technologie SPAR » pour « Single Point Anchor Reservoir ».

²⁶ Le « nœud » est l'unité usuelle en mer. Un nœud correspond à 1 mille nautique (1 852 m) par heure.

²⁷ D'après EDF, l'usine marémotrice de la Rance (240 MW), inaugurée en 1966, a une production moyenne de 500 GWh/an (<https://www.edf.fr/usine-maremotrice-rance/Produire%20de%201%27%C3%A9nergie%20renouvelable>).

²⁸ Voir par exemple : <https://cordis.europa.eu/article/id/422340-gearless-turbine/fr>

²⁹ Ocean Energy Europe est un « réseau de professionnels de l'énergie marine dans le monde » (<https://www.oceanenergy-europe.eu/about-oe/>).

³⁰ <https://fondation-open-c.org/fr/sites-dessais>

Enfin, trois autres types d'énergie en sont encore au stade de la R&D. D'abord, l'énergie thermique des mers (ETM) exploite la différence de température des eaux superficielles et des eaux profondes de l'océan. Pour que cela fonctionne, il faut un différentiel de température de l'ordre de 20°C au moins, que l'on trouve principalement dans la zone intertropicale (donc notamment dans les outre-mer français). A l'image de la géothermie, le procédé de l'ETM est d'ores et déjà utilisé pour des systèmes de refroidissement en substitut à la climatisation classique³¹, en particulier en Polynésie française. Il y a ensuite le « solaire flottant » qui consiste tout simplement à installer des capteurs photovoltaïques sur des structures flottantes en mer, à l'image d'un projet européen³² qui développe plusieurs petits projets de ce type en mer du Nord. Enfin, l'énergie osmotique fait l'objet de quelques premières recherches. Son principe est d'exploiter la différence de salinité entre les eaux marines et douces, donc principalement dans les secteurs géographiques de rencontre de ces masses d'eau (embouchures des fleuves).

Les infrastructures de production d'énergie en mer sont marquées par une course au gigantisme. La puissance unitaire moyenne d'une éolienne en mer augmente régulièrement et atteint désormais 8,2 MW (WindEurope, 2021) (contre 6 MW à Saint-Nazaire et... 0,45 MW en 1991 dans le tout premier parc éolien en mer au Danemark). Comme pour mieux prendre conscience de cette course au gigantisme, une commande de 190 éoliennes a été récemment passée pour l'Haliade-X de 13 MW (General Electric), afin d'équiper les parcs anglais de Dogger Bank A et B en mer du Nord. Aussi, deux turbiniens chinois, Mingyang (MySE 18.X-28X) et CSSC Haizhuang (H260-18 MW), mettent sur le marché des monstres de 18 MW dont le diamètre du rotor atteindrait 280 m, s'approchant progressivement de la taille de la tour Eiffel (300 m hors antennes). Il est prévu d'installer des turbines de 20 MW dans parc Centre Manche 1 dont la mise en service est prévue pour 2031, et General Electric planche désormais sur des turbines de 24 MW³³. La taille des parcs éoliens suit la même tendance avec, en 2020, une taille moyenne de 788 MW en constante augmentation (contre 5 MW pour le premier parc danois en 1991). La question de l'impact visuel est d'autant plus sensible que les parcs éoliens offshore sont encore très largement localisés en mer côtière, à une distance moyenne de 52 km et une profondeur moyenne de 44 m (WindEurope, 2021).

Aussi, le développement des technologies flottantes laisse entrevoir la possibilité de repousser un peu plus au large les éoliennes, afin d'une part d'aller y chercher du vent plus fort et régulier, d'autre part de réduire l'impact visuel depuis la côte. Mais le gigantisme de l'éolien flottant soulève d'autres problématiques, comme celle de la capacité de l'outil portuaire actuel à pouvoir accompagner les objectifs de croissance de cette industrie. En effet, il faut avoir à l'esprit que, par exemple, un seul flotteur³⁴ d'une des trois éoliennes flottantes de 10 MW en face de Leucate et Le Barcarès (Pyrénées-Orientales) atteint la hauteur d'un immeuble de huit étages et la surface de 2 000 m² (un demi-terrain de football). Et la surface de certains flotteurs de la prochaine génération d'éoliennes flottantes affiche déjà le double ! A titre comparatif, la sous-station électrique du parc de Saint-Nazaire (2 500 t, 30 m de long, 25 m de large et 15 m de haut) est perchée sur un treillis de 44 m de haut. Autrement dit, il faut s'imaginer un parc éolien dans lequel la dimension d'un seul flotteur d'une éolienne flottante surpassera celle de la sous-station d'un parc éolien classique de 0,5 GW.

4. Les enjeux du développement de l'éolien en mer

Le développement de l'éolien en mer en France cristallise de multiples enjeux, qu'il est sans doute un peu vain de prétendre distinguer les uns des autres tant ils sont interreliés. Cela étant,

³¹ Le SWAC pour « Sea Water Air Cooling ».

³² Voir « Ocean of energy » : <https://oceansofenergy.blue/projects/>

³³ Voir Hors-Série « Energies marines renouvelables », Le Marin (4/05/2023)

³⁴ <https://info-efgl.fr/le-projet/le-flotteur-ppi-eiffage/>

par commodité, ils seront ici présentés de manière séquentielle tout en essayant – autant que possible – de souligner leurs liens.

Premièrement, il y a des enjeux industriels. En effet, à la place d'une géographie de la production, aurait pu être présentée dans ce chapitre une géographie de la filière. Autrement dit, ce n'est pas la même chose d'avoir des parcs de production en France et une filière industrielle française. D'un point de vue industriel, l'objectif clairement affiché par le pouvoir politique est de faire émerger une filière française de l'éolien (en mer) permettant, non seulement une plus grande indépendance et décarbonation énergétiques, mais aussi et peut-être surtout de disposer d'une industrie avec les outils et compétences distribués sur l'ensemble de la chaîne de valeur (construction, installation, maintenance, démantèlement, etc.). Cet objectif s'est traduit par la signature en mars 2022 d'un « pacte éolien en mer » entre l'Etat et la filière, concrétisant « *la combinaison d'une politique industrielle et d'une politique de transition énergétique* ³⁵. » Actuellement, la filière française est tirée en avant par quelques grands industriels (Bouygues TP, Chantiers de l'Atlantique, General Electric Renewable Energy, Siemens Gamesa Renewable Energy, etc.) auxquels il faut ajouter des énergéticiens de rang mondial (EDF, Engie, TotalEnergy, etc.) et tout un réseau de plus de 150 TPE/PME³⁶ réparties sur l'ensemble du territoire national (Observatoire des énergies de la mer, 2023). Mais les enjeux industriels français dépassent le cadre du territoire national : il s'agit en effet de développer une industrie de premier plan pour conquérir des marchés à l'étranger. Dans cet esprit, GE Renewable Energy a agrandi son usine de fabrication de nacelles Haliade-X (12-14 MW) à Saint-Nazaire pour des projets au Royaume-Uni et aux Etats-Unis (plus de 5 GW), et les Chantiers de l'Atlantique, Dillinger, Rollix-Defontaine, Louis Dreyfus Armateurs, Technip Energies, Bourbon Wind ou encore Nexans ont gagné des marchés à l'export (Observatoire des énergies de la mer, 2023).

Deuxièmement, il y a des enjeux socio-économiques. A la fin 2022, la filière totalisait un peu plus de 7 500 emplois équivalent temps plein (ETP), contre 2 000 six ans plus tôt en 2016, et avec un objectif de création de l'ordre de 1 000 par an (Observatoire des énergies de la mer, 2023). Le chiffre d'affaires (CA) de la filière dépasse désormais 2 Mds€, dont un quart réalisé à l'export, et plus de 3 Mds€ d'investissements par an. C'est véritablement le secteur de la fabrication et de l'assemblage qui tire l'activité et l'emploi vers le haut (62% du chiffres d'affaires). D'ailleurs, les emplois se concentrent sans surprise là où se trouvent les principales usines de fabrication (GE Renewable Energy à Saint-Nazaire et à Cherbourg, Chantiers de l'Atlantique à Saint-Nazaire, et Siemens Gamesa Renewable Energy au Havre) : 48% du CA et 60% des emplois de la filière nationale dans les régions Pays de la Loire et Normandie (un peu plus de 2 200 emplois pour chacune de ces régions, 37% du CA en Pays de la Loire). Derrière ces chiffres parfois un peu désincarnés, se devinent aisément les enjeux liés à l'activité économique des régions et aux emplois, en particulier lorsque 1 000 emplois sont le fait de TPE/PME. Aussi, il est prévu dans le cadre du « pacte éolien en mer » (voir supra) un quadruplement du nombre d'emplois de la filière sur le territoire national d'ici 2035 (i.e., 20 000 emplois) et d'atteindre un contenu local à hauteur de 50% pour chacun des projets éoliens en mer.

Les enjeux socio-économiques sont également étroitement liés à ceux, *troisièmement*, d'aménagement. D'abord, l'Etat et les collectivités (Régions, Départements, etc.) interviennent

³⁵ <https://www.syndicat-energies-renouvelables.fr/wp-content/uploads/presse/cp-pacte-eolien-en-mer.pdf>

³⁶ « TPE » pour très petites entreprises, « PME » pour petites et moyennes entreprises.

le plus souvent à travers les infrastructures qu'ils gèrent (ports, routes, etc.). Le développement de l'éolien en mer passe par des infrastructures plus nombreuses et grandes (capacité de stockage, de manutention, d'acheminement, etc.), mis à l'épreuve par le gigantisme des éoliennes, le dynamisme de la filière et les objectifs politiques. Prenons l'exemple du projet DEOS³⁷, qui prévoit la construction d'une plateforme dédiée à l'éolien en mer sur une surface de 80 ha, avec 1 km linéaire au cœur de la zone industrielle de Fos-sur-Mer. Les investissements s'y élèvent à 550 M€ et engendrerait la création de 1 500 emplois. L'aménagement, c'est aussi celui de la matière grise. Aussi, ils agissent également à travers toute une série d'actions d'autant plus nécessaires qu'il s'agit de créer une filière *ex-nihilo* (formations, recherche, etc.) : soutien aux recherches, mise en place de formations (ex. Weamec³⁸), structuration de partenariats (ex. IRT Jules Verne³⁹), création de réseaux d'entreprises (ex. Neopolia⁴⁰), etc.

Ces enjeux d'aménagement renvoient aussi aux questions d'insertion de ce nouvel usage dans un territoire donné. En la matière et si le « pacte éolien en mer » engage ses signataires à ce que les projets soient « *exemplaires en matière d'intégration à l'environnement, humain comme naturel* », les premiers parcs comme les projets antérieurs au « premier » AO de 2011 ont montré qu'il existait trois principales sources d'oppositions, à des degrés divers en fonction des cas, lors de la mise en place d'un parc éolien en mer⁴¹ (Oiry, 2017). Une première porte sur les conséquences visuelles ou paysagères des parcs éoliens, et en particulier à leur incidences réelles ou supposées sur la valeur foncière ou locative des biens immobiliers. Ainsi, de nombreux collectifs de riverains ont pu se constituer et engager des recours à différentes phases de la mise en place des parcs (ex. Les Gardiens du large⁴², Non aux Eoliennes entre Noirmoutier et Yeu⁴³). La mise en place d'une taxe éolienne⁴⁴ a justement pour but de dédommager les collectivités pour la perte d'aménité occasionnée par un parc éolien. Le montant de la taxe est de 19 405 €/MW installé et la moitié revient « *aux communes littorales d'où des installations sont visibles* ».

Une deuxième source récurrente d'oppositions tient aux effets à grande échelle des parcs éoliens sur l'environnement. Un récent rapport pointe 13 pressions dont quatre représentant des « enjeux majeurs » (FEM, 2023) : le changement d'habitat (ayant pour effet de modifier la biodiversité locale et la connectivité du réseau trophique), les émissions sonores (en particulier pour les mammifères marins surtout en phase de travaux), les émissions électromagnétiques (dont les effets seraient très localisées et exposerait les espèces benthodémersales⁴⁵) et les collisions (concernant essentiellement les oiseaux et chauves-souris, en fonction de nombreux facteurs : altitude, conditions météo, etc.). Dans ce domaine, les impacts environnementaux transcendent souvent les clivages classiques et il n'est pas rare, dans une tension « *green on green* », de voir des associations environnementales partagées entre les effets positifs sur

³⁷ https://www.marseille-port.fr/sites/default/files/2024-02/20240207_CP_GPMM_Lancement_DEOS.pdf

³⁸ <https://www.weamec.fr/>

³⁹ <https://www.irt-jules-verne.fr/>

⁴⁰ <https://www.neopolia.fr/qui-sommes-nous/>

⁴¹ La thèse en cours de Baptiste Chocteau (Nantes Université, UMR 6554 CNRS – LETG), réalisé dans le cadre du projet EOLENMER (ADEME) apportera des matériaux plus approfondis dans la mesure où elle porte sur les mobilisations sociales en lien avec l'éolien en mer.

⁴² <https://www.gardiensdularge.org/>

⁴³ <https://www.neny-stop-offshore.com/>

⁴⁴ Voir les articles 1519B et 1519C du Code général des impôts :

https://www.legifrance.gouv.fr/codes/section_lc/LEGITEXT000006069577/LEGISCTA000022877270/#LEGISCTA000022877270

⁴⁵ Qui désignent à la fois le fond (benthique) et l'espace à proximité (démersal).

l'environnement global et les effets négatifs sur l'environnement local. En guise de dédommagement, 10% du produit de la taxe éolienne revient à l'Office français de la biodiversité (OFB) pour mener ses actions.

Une troisième source d'oppositions est liée aux questions de cohabitation avec d'autres usages, en particulier avec les pêches. En effet, le développement de l'éolien en mer contribue à tout un ensemble de restrictions qui s'expriment, pour les pêcheurs, par une contraction de leurs espaces de pêche réguliers et une moindre capacité de report d'activité (notamment pour les petites pêches, plus inféodées à un espace à proximité de leur port d'exploitation). En France hexagonale, bien qu'aucun chiffre sérieux ne puisse être mobilisé tant les technologies dans les 20 ans qui viennent sont susceptibles de changer plusieurs fois la donne, il est probable que les parcs éoliens n'occupent qu'une portion réduite de l'espace, de l'ordre de quelques pourcents. Mais cela va contribuer à accentuer la vulnérabilité des pêches déjà mise à rude épreuve, en raison de contraintes multiples et croissantes (changement du régime d'accès aux eaux britanniques suite au Brexit, augmentation du coût du carburant, « crise dauphins » dans le golfe de Gascogne, etc.). Une récente étude au Royaume-Uni a d'ailleurs montré qu'en 2000, 0,39% de l'espace maritime anglais faisait l'objet de restrictions pour les pêches, contre 23% en 2022 et jusqu'à 49% dans le scénario 2050 (pour le moins favorable aux pêches), dont 10% dus à l'éolien (Walmsley et Dewey, 2022). Là encore, une partie de la taxe éolienne (35%) est prévue en dédommagement de la perte d'espaces de travail pour les pêcheurs, tout comme des indemnités lors de la phase de construction.

Enfin, *quatrièmement*, se dressent transversalement des enjeux de connaissance, d'autant plus importants que les objectifs en matière d'éolien en mer sont très ambitieux et que le temps de la science n'est pas celui de la politique ou même de l'industrie. En effet, le développement de l'éolien en mer soulève nombre de questions scientifiques qui demeurent non résolues, voire dans un angle mort. Par exemple, activités mobiles et variables dans le temps et l'espace, les pêches sont extrêmement complexes à cartographier en restituant la finesse et diversité de leurs pratiques, *a fortiori* lorsque les métriques mobilisées pour décrire les pêches les réduisent à des chiffres d'efforts de pêche ou encore de valeurs à la première vente, occultant de fait à la fois l'importance territoriale, culturelle ou sociale des pêches. Aussi, les effets cumulés – et même systémiques – de différents parcs, *a fortiori* pour un objectif de 45 GW, sont très complexes à évaluer aussi bien pour l'environnement que pour les usages préexistants. Pour cela, il importe d'engager des moyens scientifiques à la hauteur des ambitions que se sont fixés les pouvoirs publics, et pas uniquement pour promouvoir le développement des énergies en mer mais aussi simplement pour mieux en cerner les ressorts.

BIBLIOGRAPHIE

- CVA (2018). Etude stratégique de la filière hydrolien marin. Etude réalisée pour l'ADEME, 38 p. https://librairie.ademe.fr/cadic/3642/etude_hydrolien_marin_-_version_publiee.pdf
- Eikeset, A.M., Mazzarella, A.B., Davíðsdóttir, B., Klinger, D.H., Levin, S.A., Rovenskaya, E., & Stenseth, N.C. (2018). What is blue growth? The semantics of “Sustainable Development” of marine environments. *Marine Policy*, 87: 177-179. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.10.019>
- EWEA (2009). Oceans of Opportunity. Harnessing Europe’s largest domestic energy resource. Report of the European Wind Energy Association, 67 p.
- EFM (France Energies Marines) (2023). Les effets de l'éolien en mer sur l'environnement. Rapport pour le SER et France Renouvelables, 35 p. https://www.syndicat-energies-renouvelables.fr/wp-content/uploads/2024/02/SER-FranceRenouvelables_Effets-de-leolien-en-mer-sur-lenvironnement-2023-Fiches.pdf
- Fressoz, J-B. (2024). Sans transition. Une nouvelle histoire de l'énergie. Ed. du Seuil, coll. Ecocène, 407 p.
- GWEC (2023). Global Wind Report 2023, 117 p.
- GWEC (2020). Global Wind Report 2020, 101 p.
- GWEC (2020). Global Wind Report 2019, 78 p.
- GWEC (2018). Global Wind Report 2017, 62 p.
- GWEC (2017). Global Wind Report. Annual market update 2016, 69 p.
- GWEC (2016). Global Wind Report. Annual market update 2015, 73 p.
- GWEC (2015). Global Wind Report. Annual market update 2014, 73 p.
- GWEC (2014). Global Wind Report. Annual market update 2013, 77 p.
- GWEC (2013). Global Wind Report. Annual market update 2012, 70 p.
- Jouffray, J-B., Blasiak, R., Norström, A.V., Österblom, H., & Nyström, M. (2020). The Blue Acceleration: The Trajectory of Human Expansion into the Ocean. *One Earth*, 2(1): 43-54. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2019.12.016>
- Nadai, O., & Labussière, O. (2014). Recomposer la mer pour devenir offshore : le projet éolien de Veulettes-sur-Mer. *Natures Sciences Sociétés*, 22: 204-218. <https://doi.org/10.1051/nss/2014039>
- Observatoire des énergies de la mer (2023). Une filière portée par le rythme de construction des parcs. Des promesses tenues, un avenir à dessiner. Rapport #7, 87 p.
- OCDE (2016). The Ocean Economy in 2030. OCDE, Paris. <https://doi.org/10.1787/9789264251724-en>
- Ocean Energy Europe (2023). Ocean energy. Key trends and statistics 2022, 26 p.
- Oiry, A. (2017). Une transition énergétique sous tension ? Contestations des énergies marines renouvelables et stratégies d'acceptabilité sur la façade atlantique française. Thèse de doctorat, géographie, Université Paris Panthéon-Sorbonne, 427 p.
- SG Mer (Secrétariat général de la mer) (2002). Énergie éolienne en mer. Recommandations pour une politique nationale. Rapport, 55 p. et annexes. <https://www.vie-publique.fr/files/rapport/pdf/034000204.pdf>
- SG Mer et CMF (Secrétariat général de la mer et Cluster Maritime Français) (2023). L'économie bleue en France. Edition 2022. Rapport, 587 p. <https://www.gouvernement.fr/l-economie-bleue-en-france>
- Trouillet, B. (2004). La « mer côtière » d'Iroise à Finistère. Etude géographique d'ensembles territoriaux en construction. Thèse de doctorat, géographie, Université de Nantes, 293 p.
- Walmsley, S.F., & Dewey, N.K. (2022). Spatial Squeeze in Fisheries. Final Report, ABPmer, No. R.3900 (+ Appendices), NFFO & SFF, June 2022. <https://www.nffo.org.uk/the-frightening-outlook-of-fisheries-displacement-spatial-squeeze-report-published/>
- WindEurope (2021). Offshore Wind in Europe - Key trends and statistics 2020, 36 p.