



NATIONS
UNIES

EP

UNEP/MED WG.627/9



**Mediterranean
Action Plan**
Barcelona
Convention

19 mai 2025

Texte original : anglais

Réunion des Points focaux du MED POL

Athènes, Grèce, 17 – 19 juin 2025

Point 7 de l'ordre du jour : Énergies marines renouvelables

Analyse des mesures réglementaires existantes et de leurs impacts sur l'environnement marin et côtier liés aux énergies marines renouvelables

Pour des raisons de coût et de protection de l'environnement, le tirage du présent document a été restreint. Il est aimablement demandé aux délégations d'apporter leur copie de ce document aux réunions et de s'abstenir de demander des copies supplémentaires.

PNUE/PAM
Athènes, 2025

Note du secrétariat

Conformément à la décision IG.26/14 relative au Programme de travail (PdT) et au budget pour 2024–2025 (activité 1.2.1), le MEDPOL a reçu le mandat de mener une analyse approfondie des mesures réglementaires existantes, des facteurs déterminants et des impacts des énergies marines renouvelables (EMR) sur l'environnement marin et côtier, ainsi que d'identifier les mesures nécessaires pour prévenir, réduire et éliminer la pollution dans la zone de la mer Méditerranée.

Le présent rapport propose une évaluation approfondie des cadres juridiques actuels aux niveaux national et régional, examine les impacts environnementaux potentiels du développement des énergies marines renouvelables (EMR), et propose des mesures d'atténuation de ces impacts. Il formule également des recommandations pour une action régionale visant à renforcer la gestion cohérente des installations d'énergies marines renouvelables en Méditerranée, en reconnaissant ce type d'énergie comme un secteur émergent de plus en plus pertinent.

Il est prévu que ce rapport soit examiné et approuvé lors de la réunion des points focaux de MED POL, programmée du 17 au 19 juin 2025, avec des recommandations pour des travaux futurs à intégrer dans le Programme de travail pour 2026–2027.

Table des matières

List of acronyms	1
1 Background	1
2 Introduction	2
3 Marine Renewable Energy (MRE) Installations in the Mediterranean.....	3
4 Current legal framework in the Mediterranean.....	3
5 Potential Impacts of Marine Renewable Energy Installation (OWFs and FOWFs)	5
5.1 Noise.....	6
5.2 Pollution and Waste.....	6
5.3 Electromagnetic Fields (EMFs).....	7
5.4 Temperature and Heat Emissions	7
5.5 Artificial Light.....	7
5.6 Collision Risk	7
6 Mitigation of Potential Impacts of Marine Renewable Energy Installation (OWFs and FOWFs)	7
6.1 Site Selection	7
6.1.1 Marine Spatial Planning (MSP)	8
6.1.2 Strategic Planning	8
6.1.3 Restrictions in Terms of Space and Time	8
6.2 Mitigation of noise	8
6.2.1 Primary Mitigation Measures	8
6.2.2 Secondary Mitigation Measures.....	9
6.2.3 Noise Threshold Values.....	9
6.2.4 Acoustic Deterrence Devices.....	9
6.3 Mitigation of Pollution and Waste.....	9
6.4 Mitigation of Electromagnetic Fields, Temperature, and Heat Emissions	9
6.4.1 EMFs	10
6.4.2 Temperature.....	10
6.4.3 Heat Emissions	10
6.5 Mitigation of Light	10
6.6 Mitigation of Collision	10
6.7 Additional Mitigation Measures	11
7 Conclusions	12
8 References	13
Annex I	1
List of National installation (planned/under construction/ installed) in Mediterranean	1
Annex II	Error! Bookmark not defined.
List of National Strategies and Plans for the MRE in Contracting Parties of Barcelona Convention.....	1
Annex III.....	1
List of potential impacts of the FOWFs/OWFs.....	1

Liste des acronymes

ADD	Répulsif acoustique
dB	Décibel
DSS	Système d'aide à la décision
EIE	Évaluation de l'impact environnemental
EMB	Conseil maritime européen
CEM	Champ électromagnétique
EMODnet	Réseau européen d'observation et de données du milieu marin
UE	Union européenne
FOW	Éolien flottant en mer
FOWF	Parc éolien flottant en mer
FOWT	Éolienne flottante en mer
BEE	Bon état écologique
GES	Gaz à effet de serre
HSD	amortisseurs hydroacoustiques
CCHT	courant continu à haute tension
IEA →	Agence Internationale de l'énergie
ACV	Analyse du cycle de vie
DEL	Diode électroluminescente
Lcrête	niveau sonore de crête
PAM	Plan d'action pour la Méditerranée
CM	Champ magnétique
AMP	Aire marine protégée
RM	Renouvelable marin
MER	Énergie marine renouvelable
MRED	Développement des énergies marines renouvelables
DCSMM	Directive-cadre « Stratégie pour le milieu marin »
PEM	Planification de l'espace marin
ENI	Espèces non indigènes
E&M	Exploitation et maintenance
IO	Installation offshore
ERM	Énergie marine renouvelable
OT	Technologie en mer
ORT	Technologie des énergies renouvelables marines
EEM	Énergie éolienne en mer
PEM	Parc éolien en mer
OWT	Éolienne en mer
R&D	Recherche et développement
SBC	Petit rideau de bulles
ODD	Objectif de développement durable
ESE	Évaluation stratégique environnementale
SEL	Niveau d'exposition au bruit
EIS	Évaluation de l'impact social
PME	Petites et moyennes entreprises
SPC	Câble électrique sous-marin
WF	Parc éolien
WT	Éolienne

1 Contexte

1. Le Programme 2030 pour le développement durable, adopté par l'ensemble des États membres des Nations Unies en 2015, comprend l'Objectif de développement durable (ODD) 7 : Énergie propre et d'un coût abordable. Pour garantir un accès universel à l'énergie d'ici à 2030, des actions politiques doivent accélérer l'électrification, stimuler les investissements dans les énergies renouvelables (ER), améliorer l'efficacité énergétique et établir des cadres réglementaires favorables (Nations Unies, 2023).
2. Dans le cadre des objectifs du Pacte vert pour l'Europe, l'adoption de systèmes énergétiques alternatifs et propres, tels que l'éolien flottant en mer, est essentielle. Fin 2022, les bassins maritimes européens représentaient environ 50 % de la capacité éolienne offshore installée à l'échelle mondiale. Le Pacte vert fixe des objectifs d'au moins 60 GW de capacité éolienne offshore installée et 1 GW pour d'autres énergies en mer d'ici à 2030, atteignant respectivement 300 GW et 40 GW d'ici à 2050. Pour atteindre l'objectif de 2050, il faudra multiplier par environ 30 la capacité en énergies marines renouvelables (EMR), en particulier 25 fois plus de capacité éolienne offshore et 3 000 fois plus pour les autres énergies renouvelables marines. Les États membres de l'UE ont collectivement fixé un objectif encore plus ambitieux de 111 GW de capacité en énergies renouvelables en mer d'ici 2030, soit presque le double de l'objectif initial de la Commission européenne (Soukoussian et al., 2023 ; Commission européenne, 2023).
3. Le Scénario de transition énergétique à l'horizon 2040 de l'Observatoire méditerranéen de l'énergie prévoit un triplement de l'utilisation des énergies renouvelables dans la région méditerranéenne d'ici 2040, atteignant 27 % de la consommation énergétique totale. Bien que le développement de l'éolien en mer en Méditerranée ait été limité en raison de la profondeur des eaux et de la faible largeur des plateaux continentaux, ces conditions offrent une opportunité pour les parcs éoliens flottants en mer. Les projections estiment que la capacité des parcs éoliens en mer dans les pays méditerranéens de l'UE pourrait atteindre 12 GW d'ici 2030 et 40 GW d'ici 2050 (UfM, 2021).
4. La stratégie de l'UE visant à intégrer les énergies renouvelables en mer comme composante essentielle de son système énergétique d'ici 2050 repose sur une approche diversifiée adaptée aux contextes régionaux et technologiques. La stratégie définit un cadre général habilitant, abordant les enjeux transversaux tout en proposant des solutions politiques spécifiques adaptées aux stades de développement des différentes technologies et des bassins marins. Les conditions géologiques propres à chaque bassin et les niveaux de maturité variables des technologies d'énergies renouvelables en mer nécessitent des stratégies différenciées.
5. À ce jour, la plupart des grands projets éoliens offshore dans les eaux européennes sont des parcs éoliens en mer à fondations fixes. Toutefois, les technologies émergentes progressent rapidement. Plusieurs États membres ont annoncé des projets commerciaux de grande envergure en parcs éoliens flottants en mer, signalant une montée en maturité qui rend ces technologies de plus en plus viables. Il convient de noter que de nombreux projets prévus en Méditerranée portent sur des parcs éoliens flottants en mer.
6. En tant que leader mondial dans le domaine des technologies des énergies renouvelables marines et de l'innovation, l'UE bénéficie d'un avantage de premier entrant, notamment dans les turbines éoliennes à fondations fixes. En 2019, 93 % de la capacité offshore installée en Europe était produite au sein de l'UE (SWD (2020) 953 final). La région est également à la pointe des technologies d'éolien flottant en mer, avec divers modèles en développement et 150 MW de turbines éoliennes flottantes en mer dont la mise en service est prévue d'ici 2024.
7. Le secteur européen des énergies renouvelables en mer est constitué de centaines d'exploitants et de milliers de travailleurs qualifiés, d'ingénieurs et de chercheurs dans une chaîne d'approvisionnement solide. Celle-ci inclut des petites et moyennes entreprises (PME), des fabricants de turbines, des constructeurs de fondations et de tours, des fournisseurs de câbles et des opérateurs de navires. La région dispose donc de la capacité industrielle et de l'expertise technique nécessaires pour mener la transition mondiale. Toutefois, le cadre réglementaire n'a pas encore suivi le rythme rapide d'évolution de ce secteur.
8. Bien que l'énergie éolienne en mer soit un élément essentiel des objectifs de décarbonation de la région méditerranéenne, le secteur présente des risques d'investissement importants (Dukan et al., 2023). Les contraintes sur la chaîne d'approvisionnement, combinées à l'absence de cadre réglementaire global, constituent des défis majeurs. Des politiques efficaces seront indispensables pour atténuer ces risques et garantir la poursuite du développement et du déploiement des infrastructures de l'éolien en mer.

2 Introduction

9. La transition énergétique vers la décarbonation nécessite un passage des combustibles fossiles aux sources d'énergie renouvelable (ER). Les projets de développement des énergies marines renouvelables (EMR) connaissent une expansion rapide en termes de nombre et d'échelle, dans un contexte où la société cherche à maintenir la production d'électricité tout en réduisant simultanément les émissions de gaz à effet de serre (GES), en particulier le CO₂, principal facteur du changement climatique d'origine anthropique.

10. Les parcs éoliens en mer (PEM) sont considérés comme l'une des options les plus viables pour produire une énergie renouvelable « verte », comme l'indiquent plusieurs études, notamment Soares-Ramos et al. (2020), Telsnig (2020), Nielsen (2022) et Glasson et al. (2022). À l'échelle mondiale, y compris en Méditerranée, la majorité des projets d'énergies marines renouvelables en service ou en cours de planification sont des installations éoliennes en mer, qu'il s'agisse de parcs à fondations fixes ou de parcs éoliens flottants en mer.

11. La mer Méditerranée se caractérise par un plateau continental étroit et des eaux profondes proches du littoral, ce qui la rend plus adaptée aux technologies éoliennes flottantes. Si les parcs éoliens en mer à fondations fixes bénéficient de plusieurs décennies de développement et d'un haut niveau de maturité technologique, les sites en eaux profondes de Méditerranée requièrent le déploiement de parcs éoliens flottants en mer.

12. La technologie des parcs éoliens flottants en mer est relativement récente et actuellement en phase de déploiement initial. À ce jour, il n'existe pas encore de parcs éoliens flottants en mer pleinement opérationnels dans le monde, mais cette technologie est appelée à jouer un rôle essentiel en Méditerranée en raison de ses caractéristiques géographiques et bathymétriques.

13. Les différences structurelles et technologiques entre les installations éoliennes en mer flottantes et fixes sont illustrées à la figure 2.1 ci-dessous.

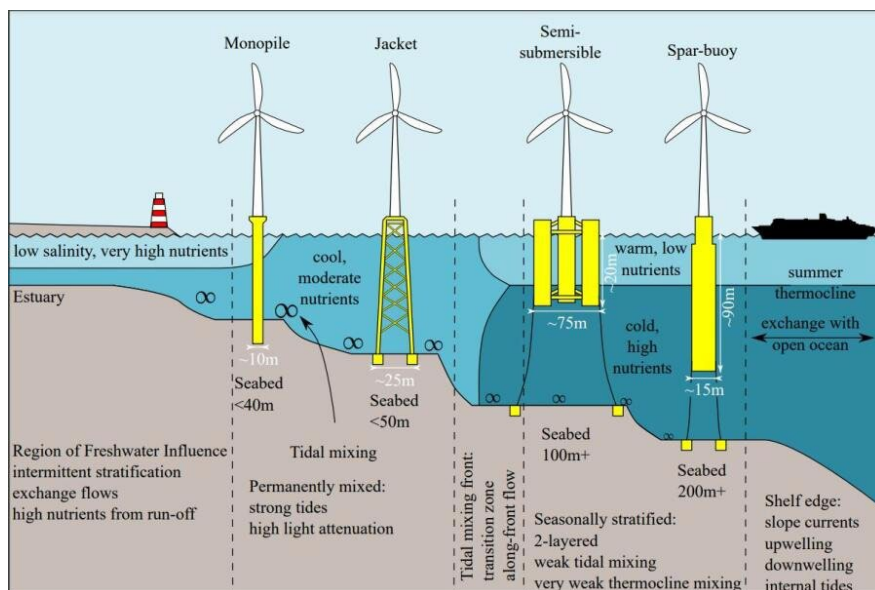


Fig. 2.1 Schémas comparatifs des turbines éoliennes fixes (utilisées dans les parcs éoliens en mer à fondations fixes) et des turbines éoliennes flottantes (utilisées dans les parcs éoliens flottants en mer). Source : <https://phys.org/news/2022-09-environmental-impact-turbulence-deep-water-farms.html>

14. Les parcs éoliens en mer ont d'abord été développés sous forme de structures fixes — telles que les monopieux, tripodes, structures à treillis ou fondations gravitaires — conçues pour des zones de faible profondeur, généralement jusqu'à 50–60 mètres, avec une distance moyenne d'environ 20 km du rivage à l'échelle mondiale (Díaz & Soares, 2020). Cependant, ces structures sont de plus en plus remplacées par des structures flottantes offshore, incluant des plateformes semi-submersibles, des plateformes à jambes tendues et des bouées SPAR, ancrées au fond marin par des masses mortes (Castro-Santos et al., 2020). Les parcs éoliens flottants en mer peuvent désormais être installés à des profondeurs dépassant les

900 mètres (Sclavounos et al., 2008). Les eaux plus profondes offrent des vents à la fois plus puissants et plus réguliers, et les progrès technologiques permettent d'augmenter la production d'énergie par turbine tout en réduisant les coûts d'installation à grande profondeur (Philipp et al., 2020). Par conséquent, les parcs éoliens flottants en mer sont largement considérés comme la solution la plus viable pour répondre aux futurs besoins en énergie renouvelable (Myhr et al., 2014).

3 Installations d'énergies marines renouvelables (EMR) en Méditerranée

15. La mer Méditerranée accueille des installations d'énergies marines renouvelables (EMR) à différents stades de développement (planifiées, pilotes, en construction, en exploitation ou démantelées), comme le présente l'annexe I du présent rapport. La majorité d'entre elles sont encore à la phase de planification, avec seulement quelques-unes actuellement en exploitation.

16. Dans l'ensemble, la capacité actuelle des installations d'énergies marines renouvelables en Méditerranée reste limitée, bien qu'une croissance significative soit anticipée. La base de données EMODnet fournit des données géographiques sur les installations d'énergies marines renouvelables existantes et planifiées, la plupart des futurs parcs éoliens en mer devant être des installations flottantes (parcs éoliens flottants en mer), en raison de la profondeur des eaux de la région.

17. Selon le rapport 2022 de l'Agence internationale de l'énergie (AIE), la capacité mondiale en énergies renouvelables devrait augmenter de 2 400 GW entre 2022 et 2027, les énergies renouvelables représentant plus de 90 % de l'accroissement total de la capacité de production d'électricité.

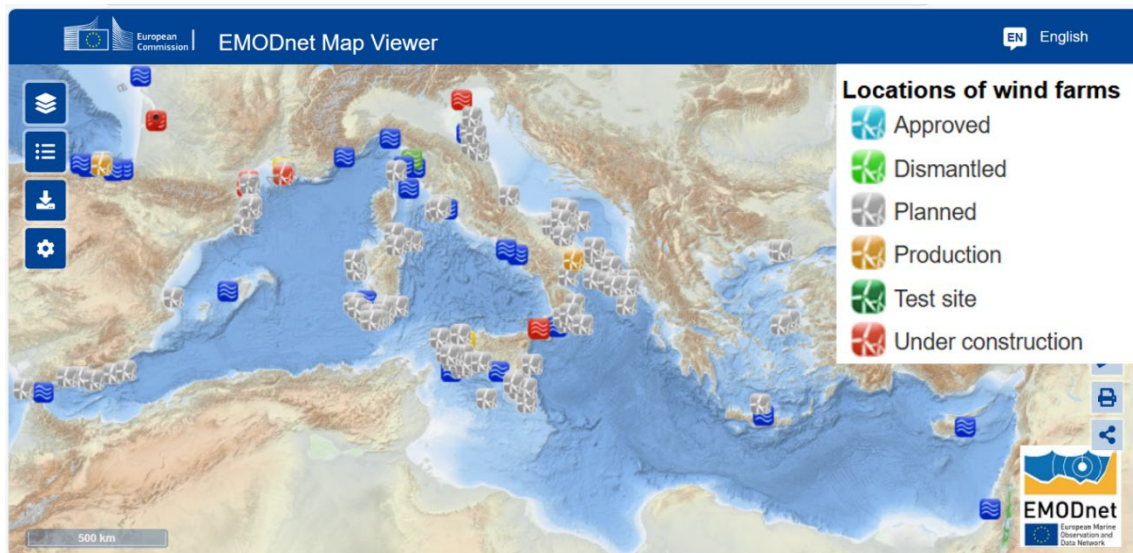


Fig. 3.1 Emplacements des installations d'énergies marines renouvelables en mer Méditerranée dans la base de données EMODnet, octobre 2024 https://blueindicators.ec.europa.eu/published-reports_en

18. La plupart des installations d'énergies marines renouvelables en Méditerranée se situent dans la région méditerranéenne nord (Espagne, France, Italie, Grèce, Monaco), avec quelques installations en Méditerranée orientale (Chypre, Israël). Un tableau de ces installations figure en annexe II du présent rapport.

4 Cadre juridique actuel en Méditerranée

19. Actuellement, il n'existe aucune décision ou directive approuvée dans le cadre du PNUE/PAM régissant les politiques, normes techniques ou mécanismes de réduction des risques relatifs aux installations d'énergies marines renouvelables. Néanmoins, cette question émerge rapidement et nécessite une action politique en cohérence avec les articles pertinents de la Convention de Barcelone et de ses protocoles.

20. À l'échelle européenne, le Conseil maritime européen joue un rôle clé dans le rapprochement entre la science marine et les politiques. Le groupe de travail du Conseil maritime européen (EMB) (Soukissian et al., 2023) a examiné des thématiques essentielles liées aux énergies offshore, notamment le changement climatique, l'énergie propre, les impacts environnementaux et socio-économiques, ainsi que

les lacunes en matière de connaissances. Ses recommandations soulignent la nécessité de résoudre les incohérences politiques, d'améliorer les mécanismes de financement, de renforcer la collecte de données et le suivi, de promouvoir la collaboration transdisciplinaire et d'établir des bonnes pratiques pour le recyclage des matériaux.

21. Apolonia et al. (2021) ont identifié d'importants obstacles juridiques et politiques au développement des énergies offshore, en particulier en raison d'une gouvernance fragmentée, de processus d'autorisation prolongés et d'objectifs trop ambitieux. Ces défis sont aggravés par l'absence de législations claires, des financements insuffisants et la complexité des exigences réglementaires. Pour y remédier, les recommandations incluent la simplification des procédures d'autorisation via un guichet unique, l'assurance de processus transparents et le renforcement du soutien financier. La planification de l'espace marin est également mise en avant comme outil précieux pour un développement offshore intégré.

22. Au sein de l'Union européenne, la planification de l'espace marin constitue le principal mécanisme réglementaire pour les énergies renouvelables marines, la plupart des États membres méditerranéens de l'UE ayant transposé la directive européenne sur la PEM dans leur législation nationale. Pour atteindre les objectifs offshore de l'UE — 300 GW d'énergie éolienne et 40 GW d'autres énergies renouvelables en mer d'ici 2050 — une planification spatiale rigoureuse et une infrastructure de réseau étendue seront nécessaires. Parmi les Parties contractantes à la Convention de Barcelone :

- Espagne : Décret royal 363/2017 du 8 avril, établissant un cadre pour la planification de l'espace maritime ; Décret royal 150/2023, publié le 28 février 2023, approuve les Plans de l'Espace Maritime (POEM) pour les cinq zones maritimes de l'Espagne : Atlantique Nord, Atlantique Sud, Détroit et Alboran, Levantin-Baléares, et Îles Canaries ; Le décret royal 363/2017 du 8 avril établit un cadre pour la planification de l'espace maritime, conformément aux dispositions de l'article 4.2(f) de la loi 41/2010 du 29 décembre relative à la protection de l'environnement marin, concernant l'approbation de lignes directrices communes pour toutes les stratégies marines afin d'assurer la cohérence de leurs objectifs — en particulier dans des aspects tels que la planification des activités menées dans le milieu marin ou susceptibles de l'affecter ; Le décret royal 150/2023 du 28 février approuve les Plans de l'Espace Maritime pour les cinq zones maritimes de l'Espagne : Atlantique Nord, Atlantique Sud, Détroit et Alboran, Levantin-Baléares, et Îles Canaries.
- France : L'éolien en mer est réglementé par les Codes de l'énergie et de l'environnement, avec un objectif de 5,2 GW d'ici 2028 pour l'ensemble des façades maritimes. Dans son plan pluriannuel de l'énergie 2019-2028, la France prévoit deux parcs éoliens flottants de 250 MW en mer Méditerranée. La Stratégie nationale pour la mer comprend des plans par bassin maritime et une coopération transfrontalière.
- Monaco : aucun parc éolien en mer à ce jour ; l'accent est mis sur d'autres sources d'énergies renouvelables, notamment l'énergie houlomotrice.
- Italie : régie par le décret ministériel 23/2016, les zones d'éolien en mer sont désignées en mer Adriatique et en mer Tyrrhénienne. L'Italie a proposé une stratégie de planification de l'espace marin couvrant quatre zones marines.
- Grèce : la loi 3851/2010 régit l'éolien en mer. Le pays vise une capacité de 2,6 GW d'ici 2030 et participe activement aux initiatives de planification de l'espace marin.

23. D'autres pays méditerranéens en sont à différents stades d'exploration des énergies renouvelables marines et de développement réglementaire :

- Albanie, Croatie, Monténégro : aucun parc éolien en mer pour le moment ; ces pays évaluent activement le potentiel de l'éolien en mer et rédigent des réglementations.
- Slovénie : a adopté la loi sur l'aménagement du territoire (2017) ; un plan de planification de l'espace marin est en cours d'élaboration.
- Malte : aucun parc éolien en mer, mais le potentiel de l'éolien en mer est à l'étude, avec un plan de planification de l'espace marin déjà établi.
- Chypre : Chypre : un petit projet d'énergie houlomotrice est opérationnel. La législation sur l'éolien en mer est en place, et le plan de planification de l'espace marin est déjà finalisé et mis en œuvre depuis le mois de Décembre 2023
- Égypte : l'éolien en mer est en phase d'exploration, sans installation actuelle.

- Maroc : cadre juridique en place ; le potentiel de l'éolien en mer a été identifié le long de la côte atlantique, et un projet d'énergie houlomotrice existe en Méditerranée.
- Algérie : en phase initiale d'exploration ; des cadres réglementaires sont en cours d'élaboration.
- Libye : aucun parc éolien en mer ; les progrès sont entravés par l'instabilité politique persistante.
- Tunisie : le potentiel de l'éolien en mer est en cours d'évaluation, plusieurs sites ayant été identifiés pour un développement futur. Les cadres réglementaires sont en cours d'élaboration.
- Israël : développement des projets éoliens en mer Karin et Dolphin (capacité combinée de 1,4 GW). Un cadre réglementaire pour l'éolien en mer est en place.
- Liban : le potentiel de l'éolien en mer est actuellement évalué, et une législation pertinente est en cours d'élaboration.
- Syrie : aucun projet d'éolien en mer à ce jour.

5 Impacts potentiels des installations d'énergies renouvelables marines (parcs éoliens en mer et parcs éoliens flottants en mer)

24. Bien que les parcs éoliens en mer constituent actuellement la majorité des installations d'énergies renouvelables marines, leur impact écologique demeure une préoccupation majeure. Il est essentiel que ces développements ne se réalisent que s'ils sont respectueux de l'environnement et ne compromettent pas la fourniture des services écosystémiques essentiels. Les parcs à turbines fixes en mer ont été associés à des perturbations potentielles des mammifères marins, des populations de poissons, des habitats benthiques et des espèces sensibles au bruit sous-marin et aux champs électromagnétiques. La liste complète des impacts potentiels figure à l'annexe III du présent rapport.

25. En revanche, les impacts environnementaux des parcs éoliens flottants en mer sont encore mal connus. Bien que leur empreinte directe sur les fonds marins soit généralement plus réduite que celle des structures fixes, le déploiement de ces installations dans des eaux plus profondes et sur de vastes superficies soulève de nouveaux défis, tant sur le plan environnemental que logistique. Les processus d'installation et de démantèlement peuvent néanmoins entraîner des perturbations écologiques significatives.

26. Avec l'expansion des parcs éoliens flottants en mer, il est indispensable de mener des évaluations de l'impact environnemental robustes et complètes. Les évaluations actuelles pour les parcs éoliens en mer à fondations fixes prennent généralement en compte quatre composantes biologiques : les mammifères marins, les oiseaux, les poissons et les organismes benthiques. Toutefois, ces évaluations ne rendent souvent pas compte de la complexité des écosystèmes marins. Une approche plus intégrée et globale de l'évaluation des impacts est recommandée, bien que les méthodologies d'évaluation de l'impact environnemental, en particulier pour les milieux marins profonds, soient encore en cours d'élaboration.

27. Les écosystèmes des grands fonds marins restent largement inexplorés, ce qui justifie une approche de précaution pour l'autorisation des parcs éoliens flottants en mer. Face aux incertitudes et aux retards dans les procédures d'autorisation, certains gouvernements adoptent une approche plus stratégique, incluant des études environnementales préliminaires, des consultations avec les parties prenantes et une planification spatiale. Malgré le rôle clé que joueront les parcs éoliens en mer, fixes comme flottants, dans l'atteinte des futurs objectifs en matière d'énergies renouvelables, l'élaboration de critères clairs, fondés sur des données scientifiques, et de procédures standardisées pour la planification, le choix des sites et l'atténuation des impacts en est encore à ses prémices.

28. De manière générale, les parcs éoliens en mer et les parcs éoliens flottants en mer peuvent avoir divers impacts sur les écosystèmes marins tout au long de leur cycle de vie, dont beaucoup sont encore mal documentés et nécessitent des recherches supplémentaires.

29. Bien que les parcs éoliens en mer à fondations fixes et les parcs éoliens flottants en mer puissent générer différents types d'impacts environnementaux, ceux-ci peuvent être classés en trois grandes phases du cycle de vie :

- Construction
- Exploitation et maintenance
- Démantèlement

A- Phase de construction

- Stress visuel et acoustique des activités de construction
- Émissions sonores et lumineuses provenant des navires et des équipements
- Perte d'habitat, temporaire ou permanente
- Émissions de polluants
- Augmentation de la turbidité de l'eau due à la remise en suspension des sédiments

B- Phase d'exploitation (exploitation et maintenance)

- Bruit et impact visuel générés par le fonctionnement des turbines
- Effet stroboscopique causé par les pales en rotation
- Vibrations
- Modifications des champs électromagnétiques, des courants marins et de la dynamique des sédiments
- Rejets potentiels de polluants
- Risque de collision des oiseaux et des chauves-souris avec les turbines
- Effet barrière pour la faune marine
- Création de récifs artificiels
- Impacts liés aux activités d'exploitation et de maintenance telles que les réparations et les interventions techniques

C- Phase de démantèlement

- Impacts visuels et acoustiques liés aux opérations de démantèlement
- Perte d'habitat
- Émissions de polluants
- Turbidité de l'eau due à la remise en suspension des sédiments

30. Les perturbations suivantes sont analysées aux différentes phases du cycle de vie des parcs éoliens en mer et des parcs éoliens flottants en mer. Elles peuvent affecter les habitats benthiques en eaux profondes, y compris les fonds marins situés au-delà de 200 mètres de profondeur, qui abritent des écosystèmes complexes et hétérogènes (Danovaro et al., 2014). Ces systèmes comprennent les pentes continentales, les canyons sous-marins, les guyots, les monts sous-marins, les plaines abyssales, les monticules carbonatés, les cratères de décharge de fluides et les volcans de boue.

5.1 Bruit

31. L'augmentation du bruit anthropique provenant du trafic maritime, des constructions en mer et des installations d'énergies renouvelables marines constitue une préoccupation majeure. De nombreuses espèces marines, en particulier les mammifères, dépendent du son pour se déplacer et communiquer. L'élévation du niveau sonore, notamment causée par les battages de pieux lors de la construction, peut entraîner du stress physique, masquer les communications biologiques et perturber des habitats essentiels. Le battage de pieux est l'une des sources de bruit sous-marin les plus puissantes et peut avoir des effets particulièrement graves sur les mammifères marins lorsqu'il est réalisé à haute intensité.

5.2 Pollution et déchets

32. La pollution liée aux projets d'éolien en mer peut être de nature macroscopique (plastiques, déchets divers) ou chimique (substances toxiques issues des revêtements, huiles ou systèmes anticorrosion). Une mauvaise gestion des déchets pendant les phases de construction et d'exploitation et maintenance peut entraîner des risques d'ingestion ou d'enchevêtrement pour la faune marine. Des substances chimiques comme les agents antisalissure et les composés issus des anodes sacrificielles peuvent s'infiltrer dans le milieu marin et nuire aux écosystèmes. Ces menaces restent une source constante

d'inquiétude environnementale.

5.3 Champs électromagnétiques (CEM)

33. Les câbles électriques sous-marins utilisés pour le transport de l'électricité génèrent des champs électromagnétiques. Ces champs peuvent interférer avec les espèces qui s'orientent à l'aide du champ magnétique terrestre, comme certains poissons, cétacés et tortues marines. Bien que ces champs soient présents principalement pendant la phase d'exploitation des parcs éoliens en mer, leurs effets sur la faune marine sont encore mal connus et nécessitent des recherches approfondies.

5.4 Émissions de chaleur et température

34. Les câbles électriques sous-marins produisent de la chaleur durant le transport de l'énergie, ce qui peut entraîner une élévation locale de la température dans les sédiments et la colonne d'eau. Ce changement thermique peut affecter les communautés microbiennes et les organismes benthiques. Les câbles à courant alternatif dissipent généralement mieux la chaleur que ceux à courant continu, mais les implications écologiques de ces émissions font encore l'objet d'études.

5.5 Lumière artificielle

35. L'éclairage artificiel utilisé lors des phases de construction et d'exploitation et maintenance est essentiel pour la sécurité, mais il peut perturber la faune, en particulier les oiseaux et les tortues marines. Les oiseaux migrateurs peuvent être désorientés, ce qui augmente le risque de collision, tandis que les jeunes tortues peuvent être attirées par la lumière, ce qui accroît leur vulnérabilité à la prédation et leur désorientation.

5.6 Risque de collision

36. Les parcs éoliens en mer présentent un risque de collision pour les oiseaux marins, les chauves-souris et d'autres espèces, notamment à cause des pales en rotation. De plus, l'intensification du trafic maritime durant les phases de construction et d'exploitation peut menacer les mammifères marins et les tortues, en particulier dans des zones riches en biodiversité comme la mer Méditerranée.

37. Les structures des parcs éoliens en mer, qu'ils soient fixes ou flottants, peuvent entraîner des effets environnementaux secondaires, notamment un effet récif et un effet réserve :

- Effet récif : les structures dures telles que les fondations des turbines et les dispositifs de protection contre l'érosion peuvent former des récifs artificiels, renforçant potentiellement la biodiversité en fournissant de nouveaux habitats. Toutefois, elles peuvent aussi favoriser la propagation d'espèces envahissantes.
- Effet réserve : l'effet de barrière physique généré par les installations peut entraîner une concentration des populations de poissons, améliorant localement leur survie, mais augmentant aussi la pression de pêche dans les zones environnantes.

38. Les énergies renouvelables marines ont un impact environnemental positif par la réduction des émissions de carbone et de la pollution atmosphérique et marine. Toutefois, les changements climatiques peuvent affecter le secteur de l'éolien en mer en modifiant les régimes de vent et la disponibilité des ressources.

6 Atténuation des impacts potentiels des installations d'énergies renouvelables marines (parcs éoliens en mer et parcs éoliens flottants en mer)

39. Les énergies renouvelables marines offrent un potentiel important pour une production d'énergie propre et durable. Cependant, leur développement et leur exploitation peuvent avoir divers impacts environnementaux sur les écosystèmes marins, les habitats et les espèces. Afin d'assurer un développement responsable de ces énergies, il est essentiel de mettre en œuvre des mesures efficaces pour atténuer ces impacts. Ces mesures couvrent notamment le choix des sites et les pratiques opérationnelles, conçues pour protéger la faune marine, préserver les écosystèmes et promouvoir la biodiversité.

6.1 Choix du site

40. Le choix du site constitue une mesure d'atténuation cruciale. Idéalement, les conflits entre parcs éoliens en mer et conservation de la nature peuvent être évités ou réduits en donnant la priorité aux zones présentant une faible sensibilité écologique. Cependant, une séparation spatiale complète est rarement réalisable, d'où la nécessité d'une approche équilibrée et fondée sur des données. Plusieurs outils soutiennent cet objectif.

6.1.1 Planification de l'espace marin (PEM)

41. Les zones côtières et marines sont souvent soumises à des intérêts écologiques et économiques concurrents en raison de l'espace limité. Une planification stratégique à long terme est essentielle pour gérer ces usages conflictuels. La planification de l'espace marin a été développée pour concilier les activités humaines et la protection de l'environnement à grande échelle. Elle vise à réduire les conflits spatiaux entre développement et priorités environnementales.
42. La planification de l'espace marin est fondée sur l'écosystème, intégrée, adaptative, stratégique et participative. Elle prend en compte des considérations écologiques, économiques et culturelles afin de hiérarchiser les zones à protéger. Elle devrait s'inscrire dans un horizon de planification de 10 à 20 ans et évoluer grâce à une gestion adaptative fondée sur le suivi continu.
43. La planification de l'espace marin permet également d'identifier des opportunités de co-utilisation des zones marines, par exemple en combinant les parcs éoliens en mer avec la conservation marine, le tourisme ou l'aquaculture.
44. En Méditerranée, la réglementation est souvent sectorielle. Un rapport du PNUE souligne le potentiel de la planification de l'espace marin au-delà des eaux nationales pour adopter une approche plus intégrée de la conservation marine et de l'utilisation durable des ressources (PNUE/PAM, 2017). Des études financées par l'UE ont identifié plusieurs régions clés en Méditerranée — telles que la mer Adriatique, la mer d'Alboran et la Méditerranée occidentale — comme zones prioritaires pour la planification de l'espace marin, en raison des pressions environnementales existantes et des activités économiques (DECCEPR, 2010).

6.1.2 Planification stratégique

45. La planification stratégique, incluant le recours aux évaluations environnementales stratégiques (EES), est essentielle pour traiter les impacts environnementaux dès les premières étapes du processus de planification. Les évaluations environnementales stratégiques sont obligatoires pour certains projets en vertu de la législation de l'Union européenne, bien que leur mise en œuvre et leur rigueur varient selon les États membres.
46. Les évaluations environnementales stratégiques sont particulièrement utiles pour les projets d'éolien en mer lorsqu'elles s'appuient sur des données d'enquête suffisantes. Une évaluation environnementale stratégique réalisée pour la désignation de sites de parcs éoliens en mer est généralement suivie d'une évaluation de l'impact environnemental spécifique à chaque projet afin d'évaluer les effets environnementaux à l'échelle locale. Ces évaluations doivent inclure l'analyse des pressions potentielles, des espèces affectées et des effets cumulatifs.
47. Les évaluations environnementales stratégiques et les évaluations de l'impact environnemental doivent être considérées comme complémentaires. Les premières portent sur des décisions stratégiques de haut niveau, tandis que les secondes examinent les conséquences environnementales de projets individuels. La phase d'évaluation environnementale stratégique constitue une occasion déterminante pour désigner des zones appropriées à la fois pour l'usage industriel et pour la conservation, tandis que l'évaluation de l'impact environnemental permet d'affiner les mesures d'atténuation. Une planification efficace de l'espace marin contribue également à comparer différentes options de localisation de parcs éoliens en mer, en réduisant les impacts environnementaux.

6.1.3 Restrictions spatiales et temporelles

48. La présence et la vulnérabilité des espèces varient souvent selon les saisons, ce qui permet d'atténuer les impacts par des restrictions temporelles. Ces restrictions saisonnières peuvent contribuer à réduire les impacts tout en demeurant compatibles avec les exigences des promoteurs. Toutefois, appliquer des restrictions temporelles à plusieurs espèces peut rallonger les périodes de construction déjà limitées, complexifiant ainsi la planification et la coordination des projets.

6.2 Atténuation du bruit

6.2.1 Mesures primaires d'atténuation

49. Les mesures primaires d'atténuation visent à modifier les matériaux et les procédés de battage de pieux afin de réduire les émissions de bruit sous-marin lors de la construction des parcs éoliens en mer. Une méthode couramment utilisée est l'amorçage progressif, qui consiste à démarrer les opérations avec de faibles niveaux d'énergie afin de permettre aux espèces mobiles de quitter la zone avant d'atteindre la pleine puissance. Cette approche par paliers permet de réduire le risque de traumatisme acoustique immédiat.

6.2.2 Mesures secondaires d'atténuation

50. Des dispositifs de réduction du bruit sont utilisés comme mesures secondaires pour atténuer davantage les effets du battage de pieux. Ces dispositifs comprennent notamment :

- Rideaux de bulles : un anneau de bulles d'air est déployé autour du pieu afin d'amortir le bruit. Cette méthode peut réduire les niveaux sonores jusqu'à 79 %, bien que son efficacité diminue avec la profondeur.
- Gaines (manchons de pieux et tubes télescopiques) : elles agissent comme barrières physiques au bruit, avec des réductions potentielles allant jusqu'à 18 dB (niveau d'exposition au bruit – SEL).
- Réducteurs de bruit sous-marin : dispositifs flexibles capables d'absorber et de diffuser le son sur une large gamme de fréquences. Ils peuvent être utilisés en complément ou en alternative aux rideaux de bulles.
- Technologie Blue Piling : elle utilise la combustion de gaz pour déplacer une masse d'eau, réduisant ainsi le bruit du battage d'environ 20 dB.
- Battage vibratoire : il remplace les marteaux hydrauliques à impact par des mécanismes vibratoires, permettant une réduction du bruit de 15 à 20 dB.
- Forage de fondations offshore : adapté aux fonds rocheux, ce procédé peut réduire le niveau sonore à environ 117 dB (SEL) et est efficace jusqu'à 80 mètres de profondeur.
- Godets/caissons d'aspiration : ces fondations sont installées à l'aide de pompes à suction, générant très peu de bruit sous-marin.
- Fondations gravitaires et flottantes : ces types de fondations permettent d'éviter le recours au battage de pieux par impact. Bien que les données disponibles sur le bruit en phase d'exploitation soient limitées, les niveaux sonores liés à leur installation sont nettement réduits.

6.2.3 Valeurs seuils pour le bruit

51. En mer Méditerranée, il est essentiel d'établir des seuils de bruit ainsi que des zones d'exposition propres aux espèces, afin de tenir compte de la faune marine et des caractéristiques écologiques spécifiques à la région. À titre de référence, l'Allemagne a fixé des seuils de protection pour des espèces comme le marsouin commun à 160 dB (niveau d'exposition au bruit – SEL) et 190 dB (Lcrête), mesurés à 750 mètres de la source de bruit. Ces limites visent à prévenir les effets physiologiques tels que les déplacements temporaires de seuil auditif.

6.2.4 Dispositifs de dissuasion acoustique

52. Ces outils, qui comprennent les répulsifs acoustiques, les dispositifs de harcèlement acoustique et les dispositifs d'atténuation acoustique, sont utilisés pour éloigner temporairement les espèces sensibles des zones de construction. Des dispositifs comme les pingers et les effaroucheurs de phoques émettent des signaux sonores irréguliers pour éviter l'habituation. Bien qu'efficaces, leur utilisation doit être soigneusement encadrée dans des zones sensibles telles que les frayères, afin d'éviter le déplacement non souhaité d'espèces cibles.

6.3 Atténuation de la pollution et des déchets

53. Pour prévenir la pollution issue des déchets micro- et macroscopiques, un plan de gestion des déchets complet doit être mis en œuvre afin de garantir l'absence totale d'émissions sur le site du parc éolien en mer. Lorsque la production de déchets est inévitable, tous les déchets doivent être correctement collectés, recyclés ou éliminés à terre, conformément à la réglementation environnementale.

54. Pour limiter la contamination due aux anodes sacrificielles, des méthodes alternatives de protection contre la corrosion sont recommandées. L'une d'elles est le système de protection cathodique à courant imposé (PCCI), qui utilise des anodes en titane revêtues d'oxydes métalliques mixtes. Les systèmes PCCI offrent une durée de vie opérationnelle plus longue et libèrent moins de métaux dans le milieu marin que les anodes sacrificielles. Toutefois, ils génèrent des champs électromagnétiques susceptibles d'affecter les organismes marins. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour évaluer l'intensité de ces champs et leurs impacts potentiels sur la faune marine.

6.4 Atténuation des champs électromagnétiques, de la température et des émissions de chaleur

6.4.1 Champs électromagnétiques

55. Les champs électriques peuvent être évités grâce à un blindage adéquat, tel que l'intégration de gaines dans les câbles. Il est recommandé d'utiliser des câbles de transport d'électricité sous-marins blindés pour éviter la diffusion de champs électromagnétiques. Pour les câbles à courant continu, le placement de deux câbles en parallèle permet de neutraliser les champs magnétiques. Pour les câbles à courant alternatif, le groupement des câbles permet de réduire les champs magnétiques, bien qu'il ne puisse empêcher l'induction de champs électriques dans les matériaux conducteurs environnants.

56. L'enfouissement des câbles de transport d'électricité sous-marins permet de réduire les champs électromagnétiques au-dessus du fond marin. Une alternative consiste à recouvrir ces câbles de matériaux rocheux ou de matelas en béton. Cela peut réduire les champs électromagnétiques, mais aussi introduire de nouveaux habitats susceptibles de favoriser des espèces envahissantes. Une modélisation des intensités de champ doit être réalisée pour évaluer l'efficacité des mesures d'atténuation.

6.4.2 Température

57. Les câbles HVDC (courant continu haute tension) sont recommandés par rapport aux câbles à courant alternatif pour limiter les émissions de chaleur. Le groupement des câbles permet également de réduire la surface totale affectée.

6.4.3 Émissions de chaleur

58. Pour atténuer les émissions de chaleur, l'enfouissement ou le recouvrement des câbles de transport d'électricité sous-marins est recommandé. Des profondeurs d'enfouissement appropriées doivent être définies en fonction des propriétés du fond marin.

6.5 Atténuation de la lumière

59. L'éclairage artificiel des structures offshore attire les oiseaux migrateurs, surtout par mauvais temps, augmentant ainsi le risque de collision. Il est donc essentiel de réduire l'éclairage au minimum pour limiter l'attraction des oiseaux et d'autres espèces. Bien que les lumières puissent également attirer des espèces marines comme les poissons ou les tortues, aucun impact majeur n'a été signalé à ce jour et aucune mesure spécifique d'atténuation n'est actuellement nécessaire.

60. Les feux de balisage aérien situés à la hauteur des turbines sont généralement requis uniquement lors des opérations hélicoptères de sauvetage ou de maintenance. Une réduction importante de l'éclairage – jusqu'à 99 % – peut être obtenue par l'utilisation de systèmes d'éclairage à la demande, activés uniquement en présence d'aéronefs. Bien que cette approche s'applique actuellement aux feux d'aviation, la nécessité des feux de navigation en continu pourrait être réévaluée à la lumière des systèmes de navigation modernes basés sur le GPS et le radar.

61. Les recherches sur l'influence de la couleur de la lumière sur l'attractivité pour les oiseaux donnent des résultats variables. Toutefois, il est généralement conseillé d'éviter les lumières blanches ou à large spectre. Les lumières vertes et bleues sont à privilégier, tandis que les lumières rouges et blanches augmentent les risques de désorientation.

62. Les lumières fixes ou non clignotantes doivent être évitées, en particulier sur les mâts de communication. Les cycles lumineux doivent être réduits, avec des périodes d'obscurité prolongées.

63. Bien que les effets précis de l'intensité lumineuse sur le comportement des oiseaux ne soient pas encore entièrement compris, il est admis que la réduction du niveau d'éclairage est bénéfique. Les études indiquent qu'une intensité lumineuse plus faible attire moins d'oiseaux marins. Bien que l'éclairage de sécurité doive respecter les réglementations nationales, tant l'intensité lumineuse que le nombre de flashes doivent être réduits au minimum.

6.6 Atténuation des collisions

64. Les mammifères marins et les tortues de mer sont particulièrement vulnérables aux collisions avec les navires. Les grandes espèces de baleines à déplacement lent sont les plus exposées, mais les dauphins, les petits cétacés et les tortues marines agiles peuvent également subir des blessures graves. Le choix des sites pour les parcs éoliens en mer doit prendre en compte la proximité des routes de navigation et des espèces marines sensibles. Depuis 2004, les navires à passagers et commerciaux de plus de 299 tonnes brutes doivent être équipés d'un transpondeur AIS (système d'identification automatique), qui facilite le suivi des mouvements de navires et soutient les efforts de protection de l'environnement (Coomber et al., 2016). Les données AIS peuvent informer les ajustements d'itinéraires et de vitesse en lien avec les parcs

éoliens en mer. Les principales stratégies d'atténuation incluent la réduction de la vitesse des navires — en particulier pour les navires de service et de personnel — et la définition de voies ou de couloirs de navigation dédiés.

65. Les données AIS et de surveillance peuvent servir à établir des cartes identifiant les zones de forte densité de mammifères marins, permettant ainsi de guider des stratégies efficaces d'atténuation des collisions. Une vitesse limite de 10 nœuds a été proposée pour les régions méditerranéennes où la densité de mammifères marins est élevée, car elle réduit significativement le risque de collision (Vaes et al., 2013). Une réduction de la vitesse est également recommandée pour protéger les tortues marines : des vitesses supérieures à 4 km/h augmentent fortement le risque de collision (Hazel et al., 2007). La réduction de la vitesse des navires est une mesure d'atténuation rentable et efficace, contrairement à d'autres stratégies souvent plus coûteuses et moins performantes (Carrillo & Ritter, 2010). La Commission baleinière internationale (CBI) a élaboré un « Plan stratégique pour atténuer les impacts des collisions avec les navires », visant à réduire ces accidents à l'échelle mondiale (CBI, 2018).

66. Le risque de collision des oiseaux et des chauves-souris avec les turbines peut être réduit en localisant les parcs éoliens en mer en dehors des principaux corridors migratoires. Ces couloirs sont généralement concentrés dans des détroits étroits ou des zones précises, ce qui limite les conflits avec la planification de l'éolien en mer.

67. Les arrêts temporaires des turbines lors des pics de migration ou en cas de conditions météorologiques défavorables peuvent réduire significativement les risques de collision. Dans les zones à risque élevé, les turbines doivent être désactivées lorsque les oiseaux pénètrent dans les périmètres de sécurité définis. Les caméras sont efficaces pour une surveillance ciblée, tandis que le radar convient mieux à une surveillance à grande échelle et de nuit.

68. Améliorer la visibilité des pales de turbines peut contribuer à réduire les collisions avec les oiseaux. Des études en laboratoire suggèrent que des motifs à fort contraste, tels que des bandes en forme d'ondes carrées noir et blanc, ou une pale noire accompagnée de deux blanches, améliorent la visibilité. Des peintures réfléchissant les UV, visibles par certaines espèces d'oiseaux, ont également été proposées (Marques et al., 2014). D'autres options incluent des marquages et éclairages adaptés sur les turbines et plateformes de conversion, notamment en cas de mauvaise visibilité.

6.7 Autres mesures d'atténuation

69. Pendant la phase de construction, les efforts doivent porter sur la prévention ou la réduction de l'érosion, de la remise en suspension des sédiments et des panaches de turbidité. Les techniques de construction des turbines en mer et de pose des câbles de transport d'électricité sous-marins doivent être choisies de manière à limiter la remise en suspension des sédiments et la turbidité de la colonne d'eau. La méthode et la profondeur d'enfouissement utilisées pendant les phases de construction et d'exploitation-maintenance sont essentielles. La planification des tracés de câbles doit privilégier les techniques réduisant les perturbations sédimentaires et les altérations morphologiques, en particulier dans les substrats meubles. Les techniques d'enfouissement doivent être adaptées au type de substrat et viser à minimiser les perturbations. Si le remplissage naturel de la tranchée n'est pas spontané, celle-ci doit être remblayée avec des matériaux natifs environnants.

70. L'enfouissement par injection ou labour est recommandé pour les câbles de transport d'électricité sous-marins. Dans les habitats sensibles tels que les marais salants ou les zones intertidales, le forage directionnel horizontal est considéré comme la technique la moins invasive. Le calendrier des opérations de forage directionnel horizontal doit être optimisé afin de réduire leur impact environnemental. Le forage directionnel horizontal peut être utilisé dans les zones soumises à des conditions de marée afin de minimiser les perturbations. Toutefois, l'enfouissement des câbles peut s'avérer impossible dans des zones de substrat dur ou en eaux profondes.

71. Dans les zones où l'enfouissement n'est pas possible, telles que les croisements de câbles ou les substrats rocheux, des mesures de protection alternatives doivent être mises en œuvre. L'enrochement est une méthode couramment utilisée pour protéger les câbles de transport d'électricité sous-marins sur les trajets ou aux croisements. Lorsque cela est possible, des matériaux rocheux locaux doivent être privilégiés aux roches importées ou aux matériaux artificiels comme le béton, qui peuvent introduire des espèces envahissantes. Des matelas anti-affouillement à franges peuvent également être utilisés pour favoriser le dépôt de sédiments et recouvrir les câbles de matériaux natifs. Toutefois, ces dispositifs peuvent être déplacés lors de tempêtes, réduisant leur efficacité.

72. Dans les zones où des affleurements rocheux sont présents à proximité des points d'atterrissage et où il est impossible de modifier le tracé, le forage directionnel horizontal reste la solution privilégiée pour

éviter les dommages environnementaux importants associés au dynamitage. En mer, des outils alternatifs tels que les charrues de déroctage, les roues de coupe pour roche ou les charrues à soc vibrant sont mieux adaptées à l'installation de câbles dans les substrats durs des fonds marins.

73. Pour atténuer les impacts sur le patrimoine culturel submergé, ces zones doivent être exclues des sites de construction de parcs éoliens en mer et des itinéraires de pose de câbles de transport d'électricité sous-marins.

7 Conclusions

74. La transition énergétique mondiale, portée par l'urgence de réduire les émissions de gaz à effet de serre, stimule le développement rapide des projets d'énergies renouvelables marines, en particulier les parcs éoliens en mer. Dans ce contexte, la mer Méditerranée s'impose comme une zone stratégique pour les énergies renouvelables, bien qu'elle présente des défis géographiques et écologiques spécifiques. Alors que les parcs éoliens fixes dominent actuellement les installations mondiales, la profondeur des eaux méditerranéennes impose un passage vers des parcs éoliens flottants en mer, qui offrent un potentiel prometteur grâce à leur capacité à capter des vents plus forts et plus réguliers en haute mer.

75. Toutefois, bien que les impacts potentiels du secteur des énergies renouvelables marines soient listés à l'annexe III du présent rapport, le déploiement des parcs éoliens flottants en mer soulève de nombreuses incertitudes environnementales. Contrairement aux technologies fixes, ces installations opèrent dans des écosystèmes profonds encore peu étudiés, où les impacts potentiels — bruit, pollution lumineuse, perturbation des habitats, champs électromagnétiques — restent mal compris. Les habitats marins sensibles, tels que les canyons sous-marins, les jardins de coraux et les monts sous-marins, pourraient être fortement affectés. Des lacunes importantes subsistent également concernant les effets sur les espèces migratrices, les organismes benthiques et la biodiversité en général.

76. Pour garantir que le développement des énergies renouvelables en Méditerranée soit à la fois efficace et durable, plusieurs actions critiques doivent être engagées. En premier lieu, des garanties et directives environnementales robustes doivent être intégrées à toutes les étapes du cycle de vie des parcs éoliens en mer et des parcs éoliens flottants en mer, de la planification à la construction, puis à l'exploitation et au démantèlement. Des analyses du cycle de vie complètes devraient devenir la norme, en intégrant l'ensemble de l'empreinte environnementale, y compris l'extraction des matières premières et les impacts liés au démantèlement des infrastructures.

77. Ensuite, les évaluations de l'impact environnemental actuelles doivent évoluer au-delà d'une approche centrée sur les espèces pour adopter des méthodologies holistiques fondées sur les écosystèmes. Le cadre des évaluations de l'impact environnemental appliqué aux énergies renouvelables marines devrait être défini et validé au niveau régional. Cela devrait être complété par des plans de suivi environnemental détaillés, couvrant l'ensemble de la zone du projet, y compris les câbles de transport d'électricité sous-marins, et alignés sur les descripteurs écologiques de la Directive-cadre stratégie pour le milieu marin (DCSMM). Ces plans de suivi devraient également intégrer les indicateurs communs de l'IMAP.

78. Troisièmement, un cadre politique régional spécifique à la Convention de Barcelone et à ses Protocoles est nécessaire de toute urgence. Ce cadre devrait intégrer les principes du développement durable, en articulant les mesures indispensables pour lutter contre la pollution, atténuer les impacts et promouvoir la durabilité. Il devrait également encourager une diversification du portefeuille d'énergies renouvelables, donner la priorité à l'efficacité énergétique et établir des normes régionales claires pour le déploiement des projets d'énergies renouvelables marines.

79. En définitive, bien que le potentiel technologique et climatique de l'éolien flottant en mer en Méditerranée soit considérable et puisse croître en tant que secteur émergent, sa réussite dépendra de la manière dont il sera mis en œuvre de façon responsable et stratégique. Concilier l'expansion des énergies renouvelables avec la préservation de l'environnement sera essentiel pour atteindre les objectifs climatiques internationaux sans compromettre la santé et l'intégrité des écosystèmes marins et côtiers méditerranéens.

Références

- ACCOBAMS (2016). *Cetacean Critical Habitats in ACCOBAMS*, http://www.accobams.org/new_accobams/wpcontent/uploads/2018/09/ACCOBAMS_CCH.pdf (consulté le 11/12/2018)
- AGENCE FRANÇAISE POUR LA BIODIVERSITÉ (2018) : *Planification du développement de l'éolien en Méditerranée Prise en compte de la biodiversité marine*.
- Arveson, P. T., et Vendittis, D. J. (2000). Radiated noise characteristics of a modern cargo ship. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 107(1), 118-129.
- Bailey, H., Senior, B., Simmons, D., Rusin, J., Picken, G., & Thompson, P. M. (2010). Assessing underwater noise levels during pile-driving at an offshore windfarm and its potential effects on marine mammals. *Marine pollution bulletin*, 60(6), 888-897.
- Barbera, C., Bordehore, C., Borg, J. A., Glémarec, M., Grall, J., Hall-Spencer, J. M., ... & Valle, C. (2003). Conservation and management of northeast Atlantic and Mediterranean maerl beds. *Aquatic conservation: marine and freshwater ecosystems*, 13(S1), S65-S76.
- Bellmann, M. A. (2018). *Schallschutz im Offshore-Bereich - Ein Überblick inkl. Risiken und Nebenwirkungen*. Offshoretage 2018.
- BERR (2008). DEPARTMENT FOR BUSINESS ENTERPRISE & REGULATORY REFORM: Review of cabling techniques and environmental effects applicable to the offshore wind farm industry, Technical Report. Berr/London (GBR), en association avec : DEFRA, 160 p.
- BfS (2005). Bundesamt für Strahlenschutz: Grundsätze zu den Umweltauswirkungen im Zusammenhang mit elektromagnetischen Feldern und thermischen Auswirkungen der Kabelanbindung von Offshore-Windenergieparks an das Verbundstromnetz.
- BioCONSULT SH, HYDROTECHNIK LÜBECK GMBH (2014). *Entwicklung und Erprobung des Großen Blasenschleiers zur Minderung der Hydroschallemissionen bei Offshore- Rammarbeiten*. OWP Borkum West II: Baumonitoring und Forschungsprojekt HYDROSCALL-OFF BW II, (Auteurs : A. DIEDERICH, H. PEHLKE, G. NEHLS, M. BELLMANN, P. GERKE, J. OLDELAND, C. GRUNAU, S. WITTE & A. ROSE), Schlussbericht. Husum (DEU), 247 p.
- Bischof, H. J., Nießner, C., Peichl, L., Wiltshko, R. & Wiltshko, W. (2011). Avian ultraviolet/violet cones as magnetoreceptors: The problem of separating visual and magnetic information. *Communicative & integrative biology*, 4(6), 713-716.
- Boehlert, G. W., & Gill, A. B. (2010). Environmental and ecological effects of ocean renewable energy development: a current synthesis. *Oceanography*, 23(2), 68-81.
- Broström, G. (2008). On the influence of large wind farms on the upper ocean circulation. *Journal of Marine Systems*, 74(1-2), 585-591.
- BSH (2013). BUNDESAMT FÜR SEESCHIFFFAHRT UND HYDROGRAPHIE: Investigation of the impacts of offshore wind turbines on marine environment (StUK4). Hamburg & Rostock (DEU), 86 p.
- BSH (2017). BUNDESAMT FÜR SEESCHIFFFAHRT UND HYDROGRAPHIE: Bundesfachplan Offshore für die deutsche ausschließliche Wirtschaftszone der Nordsee 2016/2017 und Umweltbericht. Nr. 7606, Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie/Hamburg und Rostock (DEU), 206 p.
- BSH & BMU (2014). *Ecological Research at the Offshore Windfarm alpha ventus - Challenges, Results and Perspectives*. Springer Fachmedien Wiesbaden 2014, Cette publication s'inscrit dans le cadre du projet de recherche « Accompanying ecological research at the alpha ventus offshore test site for the evaluation of BSH Standard for Environmental Impact Assessment (StUKplus) », financé par le Ministère fédéral allemand de l'Environnement, de la Protection de la nature et de la Sécurité nucléaire. ISBN : 978-3-658-02462-8.
- Boyle, G. & New, P. (2018): ORJIP impacts of piling on fish at offshore wind sites: collating population information, gap analysis and appraisal of mitigation options collision and avoidance study, Final Report. The Carbon Trust/London (GBR), 247 p.
- BVE (2016). Bureau Waardenburg Ecology & Landscape & Waterproof Marine Consultancy & Services B. V. 2016. Potential effects of electromagnetic fields in the Dutch North Sea. Phase 1 - Desk Study. Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving, Final Report. Nr. 16-101, WaterProof Marine Consultancy & Services B.V., Bureau Waardenburg Ecology & landscape/Lelystad (NDL), Case number 31119002. WaterProof BV reference WP2016_1031, 95 p.
- Campana, I., Crosti, R., Angeletti, D., Carosso, L., David, L., Di-Méglio, N., ... & Arcangeli, A. (2015). Cetacean response to summer maritime traffic in the Western Mediterranean Sea. *Marine Environmental Research*, 109, 1-8.
- Carrillo, M. & Ritter, F. (2010). Increasing numbers of ship strikes in the Canary Islands: proposals for immediate action to reduce risk of vessel-whale collisions. *J. Cetacean Res. Manage.*, 11(2), 131-138.
- Collier, M. P., Dirksen, S. & Krijgsveld, K. L. (2011). A review of methods to monitor collisions or micro-avoidance of birds with offshore wind turbines. Strategic Ornithological Support Services Project SOSS-03A, Final Report. N° Report nr 11-078, Bureau Waardenburg bv/Culemborg (NDL), commissioned by: The Crown Estate, SOSS, through the British Trust for Ornithology, 34 p.

- Consoli, P., Romeo, T., Ferraro, M., Sarà, G. & Andaloro, F. (2013). Factors affecting fish assemblages associated with gas platforms in the Mediterranean Sea. *Journal of Sea Research*, 77, 45-52.
- Coolen, J. W. P., Jak, R. G., van der Weide, B. E., Cuperus, J., Luttikhuisen, P., Schutter, M., ... & Lindeboom, H. J. (2018). RECON: Reef effect structures in the North Sea, islands or connections?: Summary report (No. C074/174). Wageningen Marine Research.
- Coomber, F. G., D'Incà, M., Rosso, M., Tepsich, P., di Sciara, G. N. & Moulins, A. (2016). Description of the vessel traffic within the north Pelagos Sanctuary: Inputs for Marine Spatial Planning and management implications within an existing international Marine Protected Area. *Marine Policy*, 69, 102-113.
- Deborde, J., Refait, P., Bustamante, P., Caplat, C., Basuyaux, O., Grolleau, A. M., ... & Pineau, S. (2015). Impact of galvanic anode dissolution on metal trace element concentrations in marine waters. *Water, Air, & Soil Pollution*, 226, 1-14.
- DECCEPR (2010). DEPARTMENT OF ENERGY AND CLIMATE CHANGE & ENERGY PLANNING REFORM (2010): Revised draft national policy statement for renewable energy infrastructure (EN-3). The Stationery Office/London (GBR), 78 p.
- DIDLMM (2018). DIRECTION INTERRÉGIONALE DE LA MER MÉDITERRANÉE (2018). Le développement de l'éolien flottant en Méditerranée. Direction Interrégionale de la Mer Méditerranée/Marseille (FRA), 69 p.
- Dirksen, S. (2017). Review of methods and techniques for field validation of collision rates and avoidance amongst birds and bats at offshore wind turbines. Sjoerd Dirksen Ecology Report Number SjDE 17, 1, 47.
- CE (2010). Commission européenne. Développement de l'énergie éolienne et Natura 2000 : document d'orientation. Luxembourg (LUX), 116 p.
- ECDGE (2007). COMMISSION EUROPÉENNE DG ENVIRONNEMENT (2007) : Manuel d'interprétation des habitats de l'Union européenne – EUR 27, Rapport technique. N° EUR 27, Commission européenne, DG Environnement, NATURA 2000, 141 p.
- EDF RENEWABLES & NEART NA GAOITHE OFFSHORE WIND (2012). Chapter 25 Summary of suggested mitigation and monitoring. Paru dans : Neart na Gaoithe Offshore Wind Farm Environmental Statement, Edinburgh (R.-U.).
- Elmer, K. H., Gattermann, J., Fischer, J., Bruns, B., KUHN, B. & STRAHLMANN, J. (2011). Hydroschalldämpfer zur Reduktion von Unterwasserschall bei Offshore Gründungen. Pfahlsymposium, 17(18.02), 2011.
- Emeana, C. J., Hughes, T. J., Dix, J. K., Gernon, T. M., Henstock, T. J., Thompson, C. E. L. & Pilgrim, J. A. (2016). The thermal regime around buried submarine high-voltage cables. *Geophysical Journal International*, 206(2), 1051-1064.
- UE (1992). Directive 92/43/CEE du Conseil du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages. *Journal officiel des Communautés européennes*, L206.
- EURO TURTLE (2018). Vessel collision. URL : <http://www.euroturtle.org/36b.htm>. Consulté le : 6.Décembre 2018.
- Everaert, J., & Stienen, E. W. (2008). Impact of wind turbines on birds in Zeebrugge (Belgium). *Biodiversité et conservation en Europe*, 103-117.
- Findlay, C. R., Ripple, H. D., Coomber, F., Froud, K., Harries, O., Van Geel, N. C. F., ... & Wilson, B. (2018). Mapping widespread and increasing underwater noise pollution from acoustic deterrent devices. *Marine pollution bulletin*, 135, 1042-1050.
- FISTUCA (2018). BLUE Piling Technology. URL : <https://fistuca.com/blue-piling-technology/technology/> (Consulté le : 16.novembre 2018).
- Floeter, J., van Beusekom, J. E., Auch, D., Callies, U., Carpenter, J., Dudeck, T., ... & Möllmann, C. (2017). Pelagic effects of offshore wind farm foundations in the stratified North Sea. *Progress in Oceanography*, 156, 154-173.
- Gabelle, C., Baraud, F., Biree, L., Gouali, S., Hamdoun, H., Rousseau, C., ... & Leleyter, L. (2012). The impact of aluminium sacrificial anodes on the marine environment: a case study. *Applied Geochemistry*, 27(10), 2088-2095.
- Gartman, V., Bulling, L., Dahmen, M., Geißler, G., et Köppel, J. (2016a). Mitigation measures for wildlife in wind energy development, consolidating the state of knowledge—Part 2: Operation, decommissioning. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, 18(03), 1650014.
- Gartman, V., Bulling, L., Dahmen, M., Geißler, G., & Köppel, J. (2016b). Mitigation measures for wildlife in wind energy development, consolidating the state of knowledge—part 1: planning and siting, construction. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, 18(03), 1650013.
- Hasager, C. B., Nygaard, N. G., Volker, P. J., Karagali, I., Andersen, S. J. & Badger, J. (2017). Wind farm wake: The 2016 Horns Rev photo case. *Energies*, 10(3), 317.
- Hazel, J., Lawler, I.R., Marsh, H., & Robson, S. (2007). Vessel speed increases collision risk for the green turtle *Chelonia mydas*. *Endangered Species Research*, 3(2), 105-113.

HELCOM (2018). COMMISSION DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT MARIN DE LA BALTIQUE (2018) : Helcom. URL : www.helcom.fi (Consulté le : 17.décembre 2018).

Hill, K., Rebke, M., Weiner, C., Boos, K., Freienstein, S., Aumüller, R. & Hill, R. (2014). Entwicklung und Erprobung einer Beleuchtung für Offshore-Windparks und andere Bauwerke mit geringer Attraktionswirkung auf ziehende Vögel–AVILUX. Abschlussbericht, Osterholz-Scharmbeck.

IFAÖ (2006): INSTITUT FÜR ANGEWANDTE ÖKOLOGIE - Impacts of submarine cables on the marine environment - A literature review -, (Auteurs : K. MEIßNER, H. SCHABELON, J. BELLEBAUM & H. SORDYL). Rostock (DEU), 96 p.

IWC (2018). COMMISSION BALENIÈRE INTERNATIONALE. Ship Strikes: collisions between whales and vessels. URL : <https://iwc.int/ship-strikes> (Consulté le : 11.décembre 2018).

Jacobs, S. R. & Terhune, J. (2002). The effectiveness of acoustic harassment devices in the Bay of Fundy, Canada: seal reactions and a noise exposure model. *Aquatic Mammals*, 28 (2), 147-158.

Jones, P. J., Lieberknecht, L. M. & Qiu, W. (2016). Marine spatial planning in reality: Introduction to case studies and discussion of findings. *Marine Policy*, 71, 256-264.

Kirchgeorg, T., Weinberg, I., Hörnig, M., Baier, R., Schmid, M. J. & Brockmeyer, B. (2018). Emissions from corrosion protection systems of offshore wind farms: Evaluation of the potential impact on the marine environment. *Marine pollution bulletin*, 136, 257-268.

Koschinski, S., et Lüdemann, K. (2013). Development of noise mitigation measures in offshore wind farm construction. Commandé par l'Agence fédérale pour la conservation de la nature, 1-102.

Lacroix, D. & Pioch, S. (2011): The multi-use in wind farm projects: more conflicts or a win-win opportunity? *Aquatic Living Resources* 24/2, S : 129–135.

Langhamer, O. (2012). Artificial reef effect in relation to offshore renewable energy conversion: state of the art. *The Scientific World Journal*, 2012(1), 386713.

Love, M. S., Nishimoto, M. M., Clark, S., & Bull, A. S. (2015). Identical response of caged rock crabs (genera *Metacarcinus* and *Cancer*) to energized and unenergized undersea power cables in Southern California, USA. *Bulletin, Southern California Academy of Sciences*, 114(1), 33-41.

Ludewig, E. (2015). On the effect of offshore wind farms on the atmosphere and ocean dynamics. Cham: Springer International Publishing.

Lüdeke, J. (2017). Offshore wind energy: good practice in impact assessment, mitigation and compensation. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, 19(01), 1750005.

Maglio, A., Pavan, G., Castellote, M., & Frey, S. (2015). Overview of the noise hotspots in the ACCOBAMS area. Rapport final au Secrétariat de l'ACCOBAMS.

Manville, A.M. (2005). Bird strikes and electrocutions at power lines, communication towers, and wind turbines: state of the art and state of the science–next steps toward mitigation. USDA Forest Service General Technical Report PSW-GTR-191, 1051-1064.

MARIBUS & CLUSTER OF EXCELLENCE “THE FUTURE OCEAN“ CHRISTIAN-ALBRECHTS-UNIVERSITÄT ZU KIEL (2015): World Ocean Review 4 - Sustainable use of our oceans - making ideas work. Reihe : World Ocean Review Nr. 4, maribus/Hamburg (DEU), 151 p.

Marques, A. T., Batalha, H., Rodrigues, S., Costa, H., Pereira, M. J. R., Fonseca, C., ... & Bernardino, J. (2014). Understanding bird collisions at wind farms: An updated review on the causes and possible mitigation strategies. *Biological Conservation*, 179, 40-52.

Masden, E. A., Fox, A. D., Furness, R. W., Bullman, R. & Haydon, D. T. (2010). Cumulative impact assessments and bird/wind farm interactions: Developing a conceptual framework. *Environmental Impact Assessment Review*, 30(1), 1-7.

May, R. F., Hamre, Ø., Vang, R. & Nygård, T. (2012). Evaluation of the DTBird video-system at the Smøla wind-power plant. Detection capabilities for capturing near-turbine avian behaviour. NINA rapport.

McGuinness, S., Muldoon, C., Tierney, N., Cummins, S., Murray, A., Egan, S., & Crowe, O. (2015). Bird sensitivity mapping for wind energy developments and associated infrastructure in the Republic of Ireland. BirdWatch Irlande, Kilcoole, Wicklow.

McIsaac, H. P. (2001). Raptor acuity and wind turbine blade conspicuity. Paru dans *Proceedings of National Avian-Wind Power Planning Meeting IV* (éd. PNAWPPM-IV) (p. 59-87).

Miles, W., Money, S., Luxmoore, R. & Furness, R. W. (2010). Effects of artificial lights and moonlight on petrels at St Kilda. *Bird Study*, 57(2), 244-251.

Moskalenko, N., Rudion, K. & Orths, A. (septembre 2010). Study of wake effects for offshore wind farm planning. Paru dans *2010 Modern Electric Power Systems* (p. 1-7). IEEE.

Müller, A. & Zerbs, C. (2013) : Offshore-Windparks - Messvorschrift für die quantitative Bestimmung der Wirksamkeit von Schalldämmmaßnahmen. N° M100004/05, Auftraggeber: BSH (Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie) Bearbeitet von: Müller-BBM, 25 p.

Munk, W. H., Spindel, R. C., Baggeroer, A., & Birdsall, T. G. (1994). The heard island feasibility test. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 96(4), 2330-2342.

- Munk, W., Worcester, P. F. J. O., & Wunsch, C. (1995). *Ocean acoustic tomography*. Markus Jochum et Raghu Murtugudde, éditeurs, *Physical Oceanography*, 119.
- Müller, C., Usbeck, R. & Miesner, F. (2016). *Temperatures in shallow marine sediments: Influence of thermal properties, seasonal forcing, and man-made heat sources*. *Applied Thermal Engineering*, 108, 20-29.
- Nedwell, J., Langworthy, J., et Howell, D. (2003). *Assessment of sub-sea acoustic noise and vibration from offshore wind turbines and its impact on marine wildlife; initial measurements of underwater noise during construction of offshore windfarms, and comparison with background noise*.
- Nedwell, J. R., Parvin, S. J., Edwards, B., Workman, R., Brooker, A. G., Kynoch, J. E., ... & Kynoch, J. E. (2007). *Measurement and interpretation of underwater noise during construction and operation of offshore windfarms in UK waters*. Rapport pour COWRIE, Newbury, Royaume-Uni.
- Nehls, G. & Bellmann, M. (2016). *Weiterentwicklung und Erprobung des „Großen Blasenschleiers“ zur Minderung der Hydroschallemissionen bei Offshore-Rammarbeiten*. Förderkennzeichen 0325645A /B/C/D, BioConsult SH GmbH & Co.KG & itap GmbH/Husum & Oldenburg.
- Nehls, G., Betke, K., Eckelmann, S., & Ros, M. (2007). *Assessment and costs of potential engineering solutions for the mitigation of the impacts of underwater noise arising from the construction of offshore windfarms*. Rapport BioConsult SH, Husum, Allemagne. Au nom de COWRIE Ltd.
- Nielsen, S. (2006). *Offshore wind farms and the environment. Danish experiences from Horns Rev and Nysted*. Danish Energy Authority/Copenhagen (DNK), 38 p.
- NORWEGIAN MINISTRY OF CLIMATE AND ENVIRONMENT (2015). *Meld. St. 14 (2015–2016) Report to the Storting (livre blanc). Nature for life. Norway's national biodiversity action plan*. Ministère norvégien du Climat et de l'Environnement/Oslo (NOR), 81 p.
- Orr, T., Herz, S. & Oakley, D. (2013). *Evaluation of lightning schemes for offshore wind facilities and impacts to local environment*. N° OCS Study BOEM 2013-0116, U. S. Department of the Interior, Bureau of Ocean Energy Management, Office of Renewable Energy Programs/Herndon (USA), 429 p.
- OSPAR (2012). *Guidelines on Best Environmental Practice (BEP) in cable laying and operation*.
- Perrow, M. R. (2019). *Marine Mammals*. Paru dans : *Wildlife and Windfarms - Conflicts and Solutions*. Volume 3. *Offshore Potential Effects*, Pelagic Publishing/Exeter (R.-U.).
- Piorkowski, M. D., Farnsworth, A. J., Fry, M., Rohrbaugh, R. W., Fitzpatrick, J. W. & Rosenberg, K. V. (2012). *Research priorities for wind energy and migratory wildlife*. *The Journal of Wildlife Management*, 76 (3), 451-456.
- Poot, H., Ens, B. J., de Vries, H., Donners, M. A., Wernand, M. R., & Marquenie, J. M. (2008). *Green light for nocturnally migrating birds*. *Ecology and Society*, 13 (2).
- Rich, C. & Longcore, T. (Eds.). (2013). *Ecological consequences of artificial night lighting*. Island Press.
- Robinson, S. P. & P. Theobald, (2017). *An international standard for the measurement of underwater sound radiated from marine pile-driving*. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 141(5_Supplement), 3847-3847.
- Scott, K., Harsanyi, P., & Lyndon, A. R. (2018). *Understanding the effects of electromagnetic field emissions from Marine Renewable Energy Devices (MREDs) on the commercially important edible crab, Cancer pagurus (L.)*. *Marine Pollution Bulletin*, 131, 580-588.
- SSC Wind (2014) *EKKO - Entwicklung von Konzepten für die Kennzeichnung von Offshore-Windenergieanlagen unter Berücksichtigung der Faktoren Sicherheit für Luft- und Seefahrt, Umweltverträglichkeit, Naturschutz, Stand der Technik, vorhandene Empfehlungen, Akzeptanz und wirtschaftliche Machbarkeit, Schlussbericht*. SSC Wind/Wildeshausen (DEU), 128 p.
- Tricas, T. (2012). *Effects of EMFs from undersea power cables on elasmobranchs and other marine species*. DIANE Publishing.
- UNESCO et COI (2009). *UNESCO ET COMMISSION OCÉANOGRAPHIQUE INTERGOUVERNEMENTALE (2009) — Planification de l'espace marin : une approche étape par étape fondée sur les écosystèmes*, (Auteurs : C. EHLER et F. DOUVRE). UNESCO/Paris (FRA), Manuel et guides n° 53, Dossier ICAM n° 6, S : 99.
- PNUE/PAM (2017). *PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT/PLAN D'ACTION POUR LA MÉDITERRANÉE (2017) — Marine spatial planning and the protection of biodiversity beyond national jurisdiction (BBNJ) in the Mediterranean Sea*. Programme des Nations unies pour l'environnement/Plan d'action pour la Méditerranée (PNUE/PAM) Centre d'activités régionales pour les aires spécialement protégées (CAR/ASP)/Tunis (TUN), 22 p.
- Vaes, T. & Druon, J. N. (2013). *Mapping of potential risk of ship strike with fin whales in the Western Mediterranean Sea*. Rapport du CCR de la Commission européenne. Van de Laar, F. J. T. (2007). *Green light to birds. Investigation into the effect of bird-friendly lighting*. Rapport NAM lacatie L15-FA-I. NAM Assen, Pays-Bas.
- Vanhellemont, Q. & Ruddick, K. (2014). *Turbid wakes associated with offshore wind turbines observed with Landsat 8*. *Remote Sensing of Environment*, 145, 105-115.

Verfuß, T. (2012). Noise Mitigation Measures & Low-noise Foundation Concepts-State of the Art. Paru dans International Symposium « Towards an Environmentally Sound Offshore Wind Energy Deployment » Stralsund (Vol. 25, p. 2012).

Weilgart, L. (2018). The impact of ocean noise pollution on fish and invertebrates. Rapport pour OceanCare, Suisse.

Work, P. A., Sapp, A. L., Scott, D. W. & Dodd, M. G. (2010). Influence of small vessel operation and propulsion system on loggerhead sea turtle injuries. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 393(1-2), 168-175.

Annexe I

Liste des installations nationales (planifiées/en construction/installées) en Méditerranée

Installations d'énergies marines renouvelables (EMR) dans la région méditerranéenne						
Région	Pays	Lieu	Nom	Statut	Puissance (MW)	Type
- Méditerranée septentrionale	Espagne	13,6 km au large d'Estepona-Marbella Superficie 534 km ²	ZAPER ESAL 1	Planifié	0	Parc éolien (polygone pg)
		7 km au large de Malaga – Nerja Superficie 689 km ²	ZAPER ESAL 2	Planifié	0	Parc éolien pg.
		8 km au large de Malaga	Nao Victoria	Planifié	990	Parc éolien (point pt)
		6,9 km au large de Nerja	Albaicin	Planifié	610	Parc éolien pt.
		23,6 km au large de Motril	La Pinta	Planifié	990	Parc éolien pt.
		4,8 km au large d'Almeria	Alwind	Planifié	300	Parc éolien pt.
		9,5 km au large de Mojacar	Mar de Agata	Planifié	300	Parc éolien pt.
		37,6 km au large de Valence	Ocean H2	Planifié	6	Parc éolien pt.
		0.1 0,1 km au large de Port Adriano, Majorque	Eco Wave Power	Concept préliminaire	2	Clapet houlomoteur Système hydraulique
		4,8 km au large de Son Parc Es Grau Superficie 147 km ²	ZAPER_LEBA 2	Planifié	0	Parc éolien pg.
		10,8 km au large de Mahon Superficie 77,7 km ²	ZAPER_LEBA 3	Planifié	0	Parc éolien pg.
		18,6 km au large de Lloret de Mar	Creus	Planifié	510	Parc éolien pt.
		11 km au large de L'Estartit-Cadaqués Superficie 250 km ²	ZAPER_LEBA 1	Planifié	0	Parc éolien pg.
		20,3 km au large de L'Estartit	Catwind (2 pt)	Planifié	1 200	Parc éolien 2 pt

Installations d'énergies marines renouvelables (EMR) dans la région méditerranéenne						
Région	Pays	Lieu	Nom	Statut	Puissance (MW)	Type
		16,3 km au large de L'Escala	Gavina (2 pt)	Planifié	500	Parc éolien 2 pt
		15,2 km au large de Cadaqués	Tramuntana Phase 1 (2 pt)	Planifié	450	Parc éolien 2 pt
		10 km au large de Cadaqués	Medfloat Pilot Parc	Planifié	50	Parc éolien plusieurs pts
		18,4 km au large de L'Escala	L'Emporda	Planifié	510	Parc éolien 2 pt
	France	23,3 km au large de Perpignan-Narbonne Superficie 363,4 km ²	Méditerranée (1)	Planifié	250	Parc éolien pg. 1
		18,8 km au large de Perpignan-Narbonne	Golfe du Lion	En construction	30	Parc éolien pt.
		14,9 km au large de Perpignan Superficie 5,1 km ²	Leucate-Le Barcarès	Site d'essai - Pilote	30	Parc éolien pg.
		27,9 km au large de Perpignan-Narbonne	Projet flottant Ideol Quadran	Planifié	500	Parc éolien plusieurs pts
		22,2 km au large de Narbonne Superficie 295,8 km ²	Méditerranée (2)	Planifié	250	Parc éolien pg. (2)
		17,7 km au large de Narbonne Superficie 5,6 km ²	Gruissan	En const. - Pilote	30	Parc éolien pg.
		33,5 km au large de Montpellier Superficie 267,5 km ²	Méditerranée (3)	Planifié	0	Parc éolien pg. 3
		22,1 km au large de Montpellier Superficie 311,9 km ²	Méditerranée (4)	Planifié	0	Parc éolien pg. 4

	Installations d'énergies marines renouvelables (EMR) dans la région méditerranéenne					
Région	Pays	Lieu	Nom	Statut	Puissance (MW)	Type
		14,4 km au large de Montpellier Superficie 0,8 km ²	Faraman-Port-Saint-Louis-du-Rhône	Site d'essai - Pilote	25	Parc éolien pg.
		16,8 km au large de Marseille	Provence Grand Large	Construction	25,2	Parc éolien plusieurs pts
		Port-Saint-Louis-du-Rhône Position : estimée	Sarbacane	En développement	s.o.	Gradient de salinité
		4,8 km au large de Marseille	NextFloat	Planifié	6	Parc éolien pt.
		5,5 km au large de Marseille	AFLOWT	Planifié	6	Parc éolien pt.
	Monaco	À 0,2 km du port de Monaco	Essai en mer WEC S3	Concept préliminaire	s.o.	WEC S3 (technologie à onde de renflement)
	Italie	1 km au large de Lavagna	Lavagna WEP	s.o.	4	Systèmes immergés à différentiel de pression (SPD, houle)
		À 288 m de la côte Marina di Pisa	Marina di Pisa H-PEM 1	Opérationnel	50 (kW)	Systèmes à différentiel de pression (houlomoteurs/marémoteurs)
		À 282 m de la côte Île de Gorgona	Gorgona WEP	s.o.	s.o.	SPD
		24,7 km au large de Livourne	Atis	Planifié	864	Parc éolien pt.
		2,8 km au large Castiglione	Punta Righini R-WEP	Terminé	150 (kW)	SPD
		À 641 m de la côte Pomonte (île d'Elbe)	Elba R-WEP	s.o.	100 (kW)	SPD
		10,7 km au large de Montalto di Castro	Modica	Planifié	510	Parc éolien plusieurs pts
		21,2 km au large de Montalto di Castro	Seabass	Planifié	s.o.	Parc éolien plusieurs pts

Région	Installations d'énergies marines renouvelables (EMR) dans la région méditerranéenne					
	Pays	Lieu	Nom	Statut	Puissance (MW)	Type
		22,7 km au large de Civitavecchia	Civitavecchia A	Planifié	225	Parc éolien plusieurs pts
		23,9 km au large de Civitavecchia	Civitavecchia B	Planifié	375	Parc éolien plusieurs pts
		27,2 km au large de Civitavecchia	Bluwind Civitavecchia	Planifié	870	Parc éolien plusieurs pts
		À 576 m de la côte Civitavecchia	REWE C3 à Civitavecchia	Partiellement opérationnel	2,5	CEO Colonne d'eau oscillante
		À 7 m de la côte Port de Naples	Brise-lames à débordement pour la conversion d'énergie	s.o.	8 (kW)	Houle
		81 m de la côte Port de Salerne Brise-lames	REWE C3 à Salerno	En cours de planification	s.o.	CEO
		12 km au large de Isola Maddelena	Tibula Energia	Planifié	875	Parc éolien plusieurs pts
		25,4 km au large de Porto Cervo	Nurax	Planifié	462	Parc éolien plusieurs pts
		32,7 km au large de Nord-est de la Sardaigne	AvenHexicon	Planifié	2 150	Parc éolien plusieurs pts
		2 km au large d'Olbia	Zefiro	Planifié	2016	Parc éolien pt.
		49,3 km au large du nord-ouest de la mer Tyrrhénienne	Poseidon	Planifié	1 008	Parc éolien plusieurs pts
		13,8 km au large de Villasimius	Nora Energia 2	Planifié	600	Parc éolien plusieurs pts
		7,3 km au large de Sarroch	Nora Energia 1	Planifié	795	Parc éolien pt.
		10,2 km au large de Nora	San Pietro Sud	Planifié	504	Parc éolien plusieurs pts
		25,1 km au large de Chia	Nuovo Porto Pino	Planifié	705	Parc éolien plusieurs pts
		15,5 km au large de Chia	Sardegna 1	Planifié	550	Parc éolien pt.
		36,1 km au large de Chia	Sardaigne So. 2	Planifié	750	Parc éolien pt.

Région	Installations d'énergies marines renouvelables (EMR) dans la région méditerranéenne					
	Pays	Lieu	Nom	Statut	Puissance (MW)	Type
		16 km au large de Porto Pino	Sardegna 2	Planifié	825	Parc éolien pt.
		37 km au large de Porto Pino	Thalassa	Planifié	525	Parc éolien pt.
		37,2 km au large de Porto Pino	Sardinia Sou.1	Planifié	1 600	Parc éolien pt.
		15,4 km au large de Porto Pino	Del Toro 1	Planifié	293	Parc éolien pt.
		21,8 km au large de Porto Pino	Del Toro 2	Planifié	293	Parc éolien pt.
		27,8 km au large de Porto Pino	S. Pietro Nord	Planifié	510	Parc éolien pt.
		38,5 km au large de Porto Pino	Molise	Planifié	1 800	Parc éolien pt.
		Île de Piana, Sardaigne	W2EW	Autorisé	s.o.	OWSC
		À 38,6 km de Bosa	Sardegna	Planifié	480	Parc éolien pt.
		30 km au nord-ouest de la Sardaigne	AvenHexicon	Planifié	1 350	Parc éolien pt.
		53,4 km au large de Marsala	MedWind	Planifié	2 793	Parc éolien pt.
		58,6 km au large de Trapani	Ostro	Planifié	600	Parc éolien pt.
		28,9 km au large de Marsala	Calypso	Planifié	600	Parc éolien pt.
		16,2 km au large de Marsala	Ichnusa	Planifié	504	Parc éolien pt.
		À 196 m de la côte Marsala	Projet REAPower	Terminé	1 (kW)	Gradient de salinité
		61,6 km au large de Mazara del Vallo	Mazara del Vallo Offshore	Planifié	1 110	Parc éolien pt.

Région	Installations d'énergies marines renouvelables (EMR) dans la région méditerranéenne					
	Pays	Lieu	Nom	Statut	Puissance (MW)	Type
		62 km au large de Mazara	Trinacria	Planifié	840	Parc éolien pt.
		36,1 km au large de Mazara	Hannibal	Planifié	250	Parc éolien pt.
		41,9 km au large de Mazara	Mazara del Vallo Offshore 3	Planifié	810	Parc éolien pt.
		40,8 km au large de Mazara	Seawind Mazara	Planifié	798	Parc éolien pt.
		53,3 km au large de Mazara	Elymo A	Planifié	858	Parc éolien pt.
		52,7 km au large de Mazara	Sicile	Planifié	504	Parc éolien pt.
		26,2 km au large de Mazara	HyMed	Planifié	3 200	Parc éolien pt.
		46,3 km au large de Mazara	Sicile 495 MW	Planifié	495	Parc éolien pt.
		52,7 km au large de Mazara	Mazara del Vallo Offshore 2	Planifié	795	Parc éolien pt.
		30 km au large d'Agrigente	Elymo B	Planifié	435	Parc éolien pt.
		À 592 m de la côte Île de Pantelleria	Projet ISWEC	Terminé	100 (kW)	Houle
		30,5 km au large de Gela, plateforme ENI Prezioso	MaREnergy ISWEC 2	En cours de planification	100 (kW)	Houle
		48,9 km au large de Licata	Sicile A, B	Planifié	1 020	Parc éolien pt.
		48,9 au large de Scicli	Scicli	Planifié	750	Parc éolien pt.
		17,8 km au large de Scicli	Eureka Wind	Planifié	570	Parc éolien pt.
		32,5 km au large de Pozzallo	Bluwind Pozzallo	Planifié	975	Parc éolien pt.
		40,5 km au large de Pozzallo	Euribia	Planifié	660	Parc éolien pt.

Région	Installations d'énergies marines renouvelables (EMR) dans la région méditerranéenne					
	Pays	Lieu	Nom	Statut	Puissance (MW)	Type
		42,6 km au large de Licata	Pozzallo Offsh	Planifié	800	Parc éolien pt.
		52,5 km au large de Portopalo	Golfe de Gela	Planifié	384	Parc éolien pt.
		3,5 km au large de Syracuse	Ragusa Offshore	Planifié	945	Parc éolien pt.
		À 1 170 m de la côte Détroit de Messine-1	FRI-EL Seapo wer Messina III	Autorisé	500 (kW)	Énergie marémotrice
		À 140 m de la côte Détroit de Messine-2	Kobold 1	Terminé	50 (kW)	Énergie marémotrice
		À 15 m de la côte Porto de Grazie	REWEC3 Roccella Jonica	Concept préliminaire	s.o.	Houle CEO
		66,1 km au large de Le Castella	RepowerFOWT Scandale Sicile	Planifié	495	Parc éolien pt.
		25,2 km au large de Monasterace	Calabria	Planifié	555	Parc éolien pt.
		8,5 km au large de Monasterace	Fortevento	Planifié	585	Parc éolien pt.
		8,5 km au large de Le Castella	Minervia Energia	Planifié	675	Parc éolien pt.
		2,2 km au large de Crotone	Krimisa	Planifié	1 100	Parc éolien pt.
		23,3 km au large de Policoro	Ionio	Planifié	420	Parc éolien pt.
		9 km au large de Tarente	Golfo di Taranto	Planifié	1 500	Parc éolien pt.
		1,4 km au large de Tarente	Taranto Offshore	Production	30	Parc éolien pt.
		9,5 km au large de Taviano	Dorada	Planifié	1 620	Parc éolien pt.
		15,7 km au large de Santa Maria di Leuca	Odra Energia	Planifié	1 350	Parc éolien pt.
		41,5 km au large de Santa Maria di Leuca	Santa Maria di Leuca	Planifié	675	Parc éolien pt.

Région	Installations d'énergies marines renouvelables (EMR) dans la région méditerranéenne					
	Pays	Lieu	Nom	Statut	Puissance (MW)	Type
		39,1 km au large de Santa Maria di Leuca	Puglia 1	Planifié	900	Parc éolien pt.
		25,8 km Gagliano Capo	Messapia	Planifié	1 300	Parc éolien pt.
		18,6 km au large de Lecce	Lupiae Maris	Planifié	525	Parc éolien pt.
		5,6 km au large de Brindisi	Centrale Eolica Offshore Brindisi	Planifié	108	Parc éolien pt.
		3,6 km au large de Brindisi	Kailia Energia	Planifié	1 176	Parc éolien pt.
		25,8 km au large de Brindisi	Bluwind Brindisi	Planifié	840	Parc éolien pt.
		24,9 km au large de Brindisi	Vieste	Planifié	1 200	Parc éolien pt.
		22,8 km au large de Brindisi	Brenda Energia	Planifié	741	Parc éolien pt.
		25 km au large de Brindisi	Numéro de courtier	Planifié	504	Parc éolien pt.
		6,7 km au large de Bari	Puglia B	Planifié	930	Parc éolien pt.
		9,5 km au large de Bari	Puglia A	Planifié	1 005	Parc éolien pt.
		15,9 km au large de Bisceglie	Modica 2	Planifié	510	Parc éolien pt.
		29,2 km au large de Bari	Barletta Offshore	Planifié	840	Parc éolien pt.
		80,3 km au large de Bari	Bari	Planifié	600	Parc éolien pt.
		35,7 km au large de Bari	BNW	Planifié	504	Parc éolien pt.
		16,7 km au large de Barletta	Gargano Sud	Planifié	340	Parc éolien pt.
		24,3 km au large de Barletta	Maxima Energia 1, 2	Planifié	1 140	Parc éolien pt.
		<u>19,7 km au large de Manfredonia</u>	<u>Barium Bay</u>	<u>Planifié</u>	<u>1 100</u>	<u>Parc éolien pt.</u>
		<u>33,3 km au large de Vieste</u>	<u>NEREUS Offshore</u>	<u>Planifié</u>	<u>2 205</u>	<u>Parc éolien pt.</u>
		<u>41,6 km au large de Vieste</u>	<u>Bluwind Manfredonia</u>	<u>Planifié</u>	<u>825</u>	<u>Parc éolien pt.</u>
		<u>54,8 km au large de Vieste</u>	<u>Hope Group Manfredonia</u>	<u>Planifié</u>	<u>945</u>	<u>Parc éolien pt.</u>

Installations d'énergies marines renouvelables (EMR) dans la région méditerranéenne						
Région	Pays	Lieu	Nom	Statut	Puissance (MW)	Type
		<u>32,6 km au large de Vieste</u>	<u>APENESTE Offshore</u>	<u>Planifié</u>	<u>915</u>	<u>Parc éolien pt.</u>
		<u>15,7 km au large de Pescara</u>	<u>Abruzzo 1</u>	<u>Planifié</u>	<u>1 760</u>	<u>Parc éolien pt.</u>
		<u>11,6 km au large de Pesaro</u>	<u>Marche 1</u>	<u>Planifié</u>	<u>500</u>	<u>Parc éolien pt.</u>
		<u>15,8 km au large de Rimini</u>	<u>Rimini</u>	<u>Planifié</u>	<u>330</u>	<u>Parc éolien pt.</u>
		<u>33,5 km au large de Rimini</u>	<u>Agnes 1</u>	<u>Planifié</u>	<u>120</u>	<u>Parc éolien pt.</u>
		<u>51,1 km au large de Ravenne</u>	<u>Romagna 3</u>	<u>Planifié</u>	<u>320</u>	<u>Parc éolien pt.</u>
		<u>21,7 km au large de Ravenne</u> <u>Plateforme ENI PC80</u>	<u>MaREnergy PB3</u>	<u>Opérationnel</u>	<u>s.o.</u>	<u>Atténuateur de houle</u>
		<u>35,5 km au large de Ravenne</u>	<u>Agnes 2</u>	<u>Planifié</u>	<u>400</u>	<u>Parc éolien pt.</u>
		<u>21 km au large de Chioggia</u>	<u>Veneto 1</u>	<u>Planifié</u>	<u>500</u>	<u>Parc éolien pt.</u>
		<u>À 251 m de la côte Lagune de Venise</u>	<u>GEM – the Ocean's kite</u>	<u>Terminé</u>	<u>20 (kW)</u>	<u>Énergie marémotrice</u>
		<u>10,5 km au large de Corfou</u>	<u>Medio Adriatico</u>	<u>Planifié</u>	<u>800</u>	<u>Parc éolien pt.</u>
	Grèce	<u>4,1 km au large de Othonoi</u>	<u>Diapontia Wind phase Seven</u>	<u>Planifié</u>	<u>15</u>	<u>Parc éolien pt.</u>
		<u>À 510 m de la côte Othonoi</u>	<u>Diapontia Wind phase Five</u>	<u>Planifié</u>	<u>20</u>	<u>Parc éolien pt.</u>
		<u>1,5 km au large de Othonoi</u>	<u>Diapontia Wind phase Six</u>	<u>Planifié</u>	<u>20</u>	<u>Parc éolien pt.</u>
		<u>4,9 km au large de Othonoi</u>	<u>Diapontia Wind phase Nine</u>	<u>Planifié</u>	<u>30</u>	<u>Parc éolien pt.</u>

Installations d'énergies marines renouvelables (EMR) dans la région méditerranéenne						
Région	Pays	Lieu	Nom	Statut	Puissance (MW)	Type
		<u>À 510 m de la côte Port d'Héraklion</u>	<u>SINN Power Crete</u>	<u>Démantelé</u>	<u>72 (kW)</u>	<u>Absorbeur de houle pt.</u>
		<u>31,9 km au large de Héraklion</u>	<u>Aegean Islands</u>	<u>Planifié</u>	<u>s.o.</u>	<u>Parc éolien pt.</u>
		<u>1,2 – 3 km au large d'Alexandroupoli</u>	<u>Thrakiki Wind 1 9 sites</u>	<u>Planifié</u>	<u>24 x 9</u>	<u>Parc éolien plusieurs pts</u>
		<u>2,8 km au large de Chios</u>	<u>Musica 1</u>	<u>Planifié</u>	<u>s.o.</u>	<u>Parc éolien pt.</u>
		<u>4 km au large de Chios</u>	<u>Musica 2</u>	<u>Planifié</u>	<u>s.o.</u>	<u>Parc éolien pt.</u>
		<u>4,9 km au large de Othonoi</u>		<u>Planifié</u>	<u>s.o.</u>	<u>Parc éolien pt.</u>
		<u>4,9 km au large de Othonoi</u>		<u>Planifié</u>	<u>s.o.</u>	<u>Parc éolien pt.</u>
Méd. orientale	Chypre	<u>3,3 km au large de la baie de Larnaca</u>	<u>SWEL-WLM</u>	<u>Opérationnel</u>	<u>1 (kW)</u>	<u>Atténuateur de houle</u>
	Israël	<u>Port de Jaffa s.o.</u>	<u>ECO Wave Power EDF 1</u>	<u>En const.</u>	<u>125 (kW)</u>	<u>Clapet houlomoteur</u>
		<u>Port de Jaffa</u>	<u>ECO Wave Power EDF 1</u>	<u>Terminé</u>	<u>100 (kW)</u>	<u>Clapet houlomoteur</u>
		<u>Port de Jaffa</u>	<u>SDE Sea Wave Power Plant</u>	<u>Terminé</u>	<u>40 (kW)</u>	<u>Système hydraulique houlomoteur</u>

Annexe II

Liste des stratégies et plans nationaux relatifs aux énergies renouvelables marines chez les Parties contractantes à la Convention de Barcelone

Liste des stratégies et plans nationaux relatifs aux énergies renouvelables marines chez les Parties contractantes à la Convention de Barcelone

Région	Pays	Stratégies/Plans	Références
Méditerranée septentrionale	Albanie	Aucun projet en cours ; le pays explore activement le potentiel de l'éolien en mer. Élaboration en cours de réglementations et de politiques pour une mise en œuvre future.	Ministria e Infrastrukturës dhe Energjisë
	Croatie	Aucun projet d'énergie éolienne en mer existant. Le pays explore activement le potentiel de l'éolien en mer. Élaboration en cours de réglementations et politiques pour une future mise en œuvre.	mzoe.hr
	Grèce	Loi 3851/2010. Elle définit les procédures d'autorisation et les évaluations environnementales. Objectif de 2,6 GW d'éolien en mer d'ici 2030. Transposition de la directive européenne sur la planification de l'espace marin (directive MSP) : loi 4546 (2018). La Direction de la planification spatiale du ministère de l'Environnement et de l'Énergie est responsable de la planification de l'espace marin. Création du Conseil national de planification spatiale pour inclure les parties prenantes. Aucun plan national juridiquement contraignant de planification de l'espace marin à ce jour. Participation active aux initiatives européennes de planification marine.	www.rae.gr www.ypen.gr
	Slovénie	Loi fondatrice : loi slovène sur la planification spatiale (2017). Mise en œuvre de la planification de l'espace marin : ministère de l'Environnement et de la Planification spatiale. Projet de plan de planification marine : élaboré début 2020 (AP SPRS). Consultations : consultations publiques ouvertes en 2020 et 2021. Rapport environnemental : contrat finalisé.	Ministrstvo za infrastrukturo GOV.SI
	Espagne	Espagne : Décret royal 363/2017 du 8 avril, établissant un cadre pour la planification de l'espace maritime ; Décret royal 150/2023, publié le 28 février 2023, approuve les Plans de l'Espace Maritime (POEM) pour les cinq zones maritimes de l'Espagne : Atlantique Nord, Atlantique Sud, Détroit et Alboran, Levantin-Baléares, et Îles Canaries ; Le décret royal 363/2017 du 8 avril établit un cadre pour la planification de l'espace maritime, conformément aux dispositions de l'article 4.2(f) de la loi 41/2010 du 29 décembre relative à la protection de l'environnement marin, concernant l'approbation de lignes directrices communes pour toutes les stratégies marines afin d'assurer la cohérence de leurs objectifs — en particulier dans des aspects tels que la planification des activités menées dans le milieu marin ou susceptibles de l'affecter ; Le décret royal 150/2023 du 28 février approuve les Plans de l'Espace Maritime pour les cinq zones maritimes de l'Espagne : Atlantique Nord, Atlantique Sud, Détroit et Alboran, Levantin-Baléares, et Îles Canaries.	Energía Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico
	Malte	Exploration de l'éolien en mer : Aucun projet d'énergie éolienne en mer existant. Le pays explore toutefois le potentiel de l'éolien en mer.	Energy and Water Agency – EWA

Région	Pays	Stratégies/Plans	Références
		Élaboration en cours de réglementations et politiques en vue de projets futurs. Planification spatiale à Malte : Le Plan de structure a été remplacé en 2015 par le SPED (Strategic Plan for Environment and Development). Il décrit la politique spatiale stratégique jusqu'en 2020. Le cadre spatial national s'applique aux eaux marines jusqu'à la limite de 25 milles nautiques de la zone de conservation et de gestion des pêches. Il intègre les zones côtières et marines comme une seule unité spatiale.	
	Monaco	Aucun projet d'énergie éolienne en mer existant. Le pays privilégie d'autres formes d'énergies renouvelables. Des réglementations et politiques spécifiques pour l'éolien en mer restent à développer.	en.gouv.mc
	Monténégro	Aucun projet éolien en mer existant. Phase d'exploration préliminaire. Des réglementations et politiques sont en cours d'élaboration.	mek.gov.me
	France	Réglementation française sur l'éolien en mer : Encadrée par le Code de l'énergie et le Code de l'environnement. Elle définit les procédures d'autorisation, les évaluations environnementales et les exigences de raccordement au réseau pour les parcs éoliens en mer. La France vise une capacité de 5,2 GW d'éolien en mer d'ici 2028. Dans son plan pluriannuel de l'énergie 2019-2028, la France prévoit deux parcs éoliens flottants de 250 MW en mer Méditerranée Stratégie maritime nationale : Décrite dans la Stratégie nationale pour la mer et le littoral. Plans de bassin maritime conformes aux exigences de la DCSMM et de la directive MSP. Politiques relatives au bassin maritime (DSF) : Comprennent une évaluation préliminaire, des objectifs stratégiques et des fiches thématiques liées à la planification de l'espace maritime. Élaborés en collaboration avec les parties prenantes et les pays voisins. Soumis à évaluation environnementale par l'Autorité environnementale française. Autorisation délivrée pour chaque bassin maritime. Projet d'éolienne flottante en mer (FOWT) : Situé en Méditerranée près de Marseille. Comprend une seule éolienne flottante de 2 MW.	www.ecologie.gouv.fr www.cre.fr
	Italie	Réglementation italienne sur l'éolien en mer : Encadrée par le Decreto Ministeriale 23/2016. Établit les critères pour les permis et autorisations des projets éoliens en mer. Zones d'éolien en mer :	www.gse.it

Région	Pays	Stratégies/Plans	Références
		Identifiées dans la mer Adriatique et le sud de la Méditerranée. Cadre de la stratégie pour le milieu marin : Quatre zones marines fondées sur le concept de sous-régions marines. Chaque zone comprend des unités de planification définissant des objectifs tactiques et des « vocations ». Proposition de stratégies de planification de l'espace marin (PEM) : Le gouvernement italien a présenté sa proposition de stratégies de PEM pour les quatre zones marines à la Commission européenne en juin 2021. Les propositions feront l'objet de consultations publiques dans chacune des Régions après autorisation.	
Méditerranée orientale	Chypre	Développement de l'éolien en mer à Chypre : Aucun projet d'énergie éolienne en mer existant. Introduction de lois et réglementations pour appuyer le développement de projets. Processus d'octroi de licences établi ; élaboration en cours des réglementations et politiques associées. Planification de l'espace marin (PEM) : Chypre a transposé la directive sur la planification de l'espace marin (PEM) par le biais de la loi sur la PEM adoptée en octobre 2017. Le ministère des Transports, des Communications et des Travaux publics (Département de la marine Marchande) est responsable de la planification de l'espace marin. Un comité dédié à la planification de l'espace marin supervise la rédaction du plan. Chypre a élaboré de plan de planification de l'espace marin depuis 2023	meci.gov.cy/meci/meci.nsf/page24_gr/page24_gr / OpenDocument
	Liban	Éolien en mer au Liban : Phase d'exploration du potentiel. Élaboration de réglementations et politiques en cours. Aucun projet existant à ce jour.	www.energyandwater.gov.lb
	Syrie	Aucun projet d'énergie éolienne en mer existant dans le pays.	www.moe.gov.sy
	Türkiye	Parc éolien en mer de Marmara (Türkiye) : La Turquie a déclaré et poursuit des études techniques pour le projet de parc éolien en mer (OWF) à Bozcaada et Gökçeada, en mer Égée, soutenu par une réglementation favorable aux énergies renouvelables.	enerji.gov.tr csb.gov.tr
	Palestine	Actuellement, aucun projet d'éolien en mer existant. Le pays a fixé un objectif de 10 % d'électricité issue de sources renouvelables d'ici 2020, incluant l'éolien en mer.	Enquête
	Israël	Initiatives israéliennes en matière d'éolien en mer : Reconnaissance du potentiel de l'éolien en mer pour la diversification énergétique et la réduction des émissions. Des licences ont été attribuées aux projets « Karin » et « Dolphin », pour une capacité combinée de 1,4 GW.	משרד האנרגיה והתשתיות

Région	Pays	Stratégies/Plans	Références
		Objectif fixé : atteindre 10 % d'électricité issue des énergies renouvelables d'ici 2020. Cadre réglementaire : Mis en place pour faciliter le développement de l'éolien en mer. Zone spécifique de la mer Méditerranée allouée. Directives définies pour l'octroi de licences et d'autorisations. Incitations avec tarif de rachat : Mises en place pour attirer les investissements. Garantissent des prix de l'électricité fixes sur une période déterminée afin d'assurer la stabilité financière. Évaluations de l'impact environnemental : Menées pour réduire les effets écologiques et environnementaux. Évaluent l'impact sur les écosystèmes marins, la faune et l'environnement marin global. Investissements en R&D : collaboration avec des institutions universitaires et des partenaires industriels. Elle vise à faire progresser la technologie de l'éolien en mer et à améliorer son efficacité.	
Méditerranée méridionale	Égypte	Pas de turbine éolienne en mer existante. Projet encore à l'étude, considéré comme au stade d'exploration.	Enquête
	Maroc	Intérêt du Maroc pour l'éolien en mer : Intérêt manifesté pour le développement de l'éolien en mer. Cadre juridique : établi par la loi n° 13-09. Couvre les projets d'énergie renouvelable, y compris l'éolien en mer. Stratégie en matière d'énergie renouvelable : objectif de 52 % d'énergies renouvelables dans le mix électrique d'ici 2030. Potentiel en éolien en mer : identification de zones potentielles sur la côte atlantique. Projet phare en éolien en mer : parc éolien offshore de Tarfaya, le premier du Maroc. Réglementations et politiques : mises en œuvre pour soutenir les énergies renouvelables, y compris l'éolien en mer.	Accueil www.masen.ma
	Algérie	Intérêt de l'Algérie pour l'éolien en mer : stades précoces d'exploration et de développement. Évaluation du potentiel : exploration de sites potentiels le long de la Côte méditerranéenne. Diversification du mix énergétique : objectif d'augmenter la part des énergies renouvelables. Réglementations et politiques : en cours d'élaboration. Aucun projet éolien en mer en cours : aucun projet d'énergie éolienne en mer existant.	energy-transition.gov.dz
	Libye	Aucun projet d'énergie éolienne en mer existant. La situation politique actuelle a un impact sur l'élaboration des réglementations et politiques en matière d'énergies renouvelables, y compris pour l'éolien en mer.	ministryofelectricity.ly
	Tunisie	Exploration du potentiel de projets dans ses zones côtières.	energiemines.gov.tn

Région	Pays	Stratégies/Plans	Références
		Sites identifiés le long de la côte, notamment à Bizerte et Gabès, comme zones potentielles pour le développement de l'éolien en mer. Aucun projet d'énergie éolienne en mer existant. Le pays en est aux premières étapes d'exploration du potentiel de l'éolien en mer et élabore actuellement des réglementations et des politiques en la matière.	

Annexe III

Liste des impacts potentiels des parcs éoliens flottants en mer (FOWF) et des parcs éoliens en mer (OWF)

Liste des impacts potentiels des parcs éoliens flottants en mer (FOWF) et des parcs éoliens en mer (OWF)

Problématique	Type d'installation d'ERM	Phase	Impacts potentiels	Cause - Considérations pour la réduction des impacts Commentaires
Impacts du bruit et de la pollution	Parcs éoliens en mer fixes Parcs éoliens flottants en mer Tous les parcs éoliens en mer	Construction Construction Exploitation et maintenance	Pollution sonore dans l'océan affectant la vie marine, y compris ses fonctions vitales. Pose de câbles produisant du bruit et des vibrations sous-marins. En résumé : Impact sur la reproduction des mammifères marins : maximal lors du battage de pieux (parcs éoliens fixes), négligeable durant la phase d'exploitation et de maintenance. La capacité des poissons à détecter le bruit dépend de plusieurs facteurs : taille et nombre de turbines ; capacités auditives des espèces ; niveau de bruit ambiant ; conception des pales et vitesse du vent ; profondeur de l'eau ; et nature du fond marin.	Marteaux pour le battage de pieux pendant la construction. Vibrations. Navires de travail. Pose de câbles. Impact réduit : pas de fondation, pas de battage requis. Navires de travail. Ancrage. Pose de câbles. Vibrations des pales et de la tour. Navires de travail. La réduction du bruit pendant les activités de construction est essentielle, en particulier pendant les saisons sensibles (reproduction, alimentation), ce qui peut être réalisé en utilisant des navires électriques ou en suspendant les travaux.
Impact des collisions sur les oiseaux et les chauves-souris	Tous les parcs éoliens en mer	Exploitation et maintenance	20 % de toutes les espèces d'oiseaux migrent chaque année, soit environ 1 800 espèces, et ces dernières sont potentiellement exposées au risque de collision avec les pales des parcs éoliens en mer. L'impact inclut la mortalité par collision et la perte d'habitats de recherche alimentaire. Neuf facteurs influencent la vulnérabilité des oiseaux aux éoliennes flottantes en mer. Ces facteurs sont intégrés dans un indice de vulnérabilité permettant de prédire les impacts potentiels et d'appliquer ainsi les mesures d'atténuation adéquates. L'augmentation de la taille des pales, de la surface couverte et de la hauteur maximale de l'extrémité des pales entraîne un	Les réactions comportementales des oiseaux marins face à la présence des parcs éoliens en mer incluent l'évitement, l'indifférence ou l'attraction. Deux types de comportements d'évitement des parcs éoliens en mer sont observés : l'évitement macro (modification de la trajectoire pour éviter l'ensemble du parc) et l'évitement micro (pénétration dans le parc tout en évitant les turbines individuellement). La connaissance des espèces d'oiseaux marins présentes dans les zones d'implantation des parcs éoliens en mer est indispensable à la mise en œuvre de mesures d'atténuation adéquates, car les espèces passant la majorité du temps en vol sont plus vulnérables que celles principalement nageuses.

Problématique	Type d'installation d'ERM	Phase	Impacts potentiels	Cause - Considérations pour la réduction des impacts Commentaires
			risque accru de collision pour les oiseaux et les chauves-souris. Les chauves-souris comptent environ 1 100 espèces, dont certaines sont migratrices. Il n'existe pas de données sur les collisions et la mortalité des chauves-souris dues aux parcs éoliens en mer. Les données issues des parcs terrestres suggèrent un taux élevé de mortalité, avec 10 à 12 chauves-souris tuées par turbine chaque année.	Les collisions avec les parcs éoliens en mer ont généralement lieu de nuit ou par faible visibilité, lorsque les oiseaux ne peuvent pas détecter les turbines. Les oiseaux peuvent être partiellement attirés par les parcs en raison de l'effet récif : les turbulences locales créent une abondance de proies à la surface, ce qui attire les oiseaux se nourrissant en surface. Les chauves-souris modifient rapidement leur altitude lorsqu'elles s'approchent d'obstacles verticaux élevés comme les navires, les ponts ou les éoliennes. Toutes les chauves-souris migratrices observées au-dessus de la mer volent à des altitudes relativement basses (<i>Nyctalus noctula</i> vole à moins de 10 m au-dessus de la surface, bien que certaines atteignent 40 m). Étant donné que la hauteur minimale des pales se situe à 60–70 m de la surface de la mer, le risque de collision des chauves-souris avec les turbines des éoliennes flottantes pourrait être très limité, voire négligeable.
Impacts sur la colonne d'eau et le fonctionnement de l'écosystème	Parcs éoliens flottants en mer Parcs éoliens en mer fixes	Exploitation et maintenance	Les parcs éoliens flottants en mer peuvent avoir un impact sur la circulation de l'eau et la dynamique du plancton. Ils peuvent accroître la turbulence et renforcer le mélange à l'échelle locale, mais les effets devraient rester très localisés sous le vent de l'éolienne. Une seule éolienne fixe peut augmenter le mélange local et l'énergie cinétique turbulente de 7 à 10 %, et entraîner une réduction de la vitesse maximale de l'eau de 5 % jusqu'à environ 1 km de l'éolienne.	Les parcs éoliens en mer fixes peuvent modifier la stratification à une échelle plus large, avec une profondeur moyenne réduite de 1 à 2 m dans et autour des grappes d'éoliennes, tout en modifiant la vitesse des courants de ± 10 %. L'influence des parcs éoliens flottants en mer sur les remontées d'eau naturelles est faible. Les grands parcs éoliens flottants en mer peuvent modifier (à la hausse ou à la baisse) la production primaire nette, avec des conséquences sur la survie des larves de poissons. Une augmentation du brassage vertical peut entraîner un bombement de la thermocline et un transport subséquent des nutriments vers la couche supérieure mélangée, tandis qu'un enregistreur vidéo de plancton a révélé des effets potentiels sur la distribution des espèces de méroplancton et de necton.

Problématique	Type d'installation d'ERM	Phase	Impacts potentiels	Cause - Considérations pour la réduction des impacts Commentaires
Impact sur les poissons et la pêche	Tous les parcs éoliens en mer Parcs éoliens flottants en mer	Exploitation et maintenance	Les éoliennes peuvent attirer la vie marine en raison d'un effet récif, selon leur emplacement, ce qui peut entraîner une augmentation des captures dans les zones adjacentes. Les restrictions de pêche dans les zones occupées par les parcs éoliens en mer peuvent entraîner une augmentation à la fois de la taille et de la biomasse des espèces de poissons commerciales, un effet observé jusqu'à 500 mètres des turbines. Les effets se limitent à l'ancrage sur le fond marin, qui peut provoquer une remise en suspension temporaire des sédiments de fond, mais n'entraînent pas d'impact négatif significatif sur les assemblages de poissons. Les structures peuvent attirer de nombreux poissons qui y trouvent des zones de refuge et d'importantes sources de nourriture. Elles sont particulièrement prisées par les espèces consommatrices de plancton. Les chaînes et les ancres des turbines constituent un substrat dur supplémentaire favorable à la colonisation par divers organismes, ce qui peut attirer de nombreuses espèces de poissons.	La capacité des poissons à détecter le bruit dépend de plusieurs facteurs : taille et nombre de turbines ; capacités auditives des espèces ; niveau de bruit ambiant ; conception des pales et vitesse du vent ; profondeur de l'eau ; et nature du fond marin. Les turbines n'entraînent pas de modifications significatives des assemblages de poissons pélagiques. Aucun effet n'a été observé en termes de diversité et d'abondance des poissons par rapport aux zones adjacentes. Les vibrations générées par les parcs éoliens flottants en mer pourraient être négligeables si les pales tournent à environ 170 mètres de la surface de la mer et en l'absence de fondations par pieux, la transmission des vibrations et du bruit étant alors considérée comme négligeable ou inexistante dans les eaux profondes. Les turbines agissent comme des dispositifs de concentration de poissons (DCP), connus pour attirer diverses espèces. Les parcs éoliens en mer entrent souvent en conflit avec la pêche industrielle, car la palangre est impossible à utiliser à l'intérieur et autour des parcs éoliens flottants en mer, et le chalutage doit être évité pour des raisons de sécurité.
Impact sur les mammifères marins et les grandes espèces migratrices	Parcs éoliens flottants en mer	Exploitation et maintenance	Le risque de collision avec des structures flottantes doit être pris en compte comme une source potentielle d'impact sur les mammifères marins et les grandes espèces migratrices.	Plus la surface occupée par un parc éolien en mer est grande, plus le risque de collision de grands cétacés avec les structures flottantes est élevé. Ce risque reste cependant négligeable comparé à celui des collisions avec des navires, l'une des principales causes de mortalité chez les baleines. Plus le trafic maritime est limité au sein de la zone du parc éolien flottant en mer, plus les effets sont bénéfiques pour les mammifères marins.

Problématique	Type d'installation d'ERM	Phase	Impacts potentiels	Cause - Considérations pour la réduction des impacts Commentaires
	Parcs éoliens en mer	Construction Exploitation et maintenance	Le bruit peut affecter la reproduction des mammifères marins, leur capacité à communiquer, à entendre leurs proies et leurs prédateurs, ainsi que leur aptitude à se nourrir.	Les mammifères marins sont sensibles au bruit sous-marin, en particulier lors des phases de battage de pieux pour les parcs éoliens en mer, ainsi que durant la phase d'exploitation et de maintenance. Le bruit généré par les turbines des parcs éoliens flottants en mer est de basse fréquence et d'intensité relativement faible, nettement inférieure à celle du bruit des navires. L'impact sonore sur les mammifères marins est limité à la plage de fréquences que ces espèces sont capables de percevoir. Le bruit généré par les navires n'a un impact sur les mammifères marins que durant la phase de construction du parc.
Impact sur les fonds marins et les habitats benthiques	Parcs éoliens flottants en mer	Construction Exploitation et maintenance	Les parcs éoliens flottants en mer nécessitent un système d'ancrage composé de chaînes et de câbles reliant les éoliennes flottantes aux ancrs. Ce système comprend généralement deux à quatre ancrs déployés sur le fond marin. Leur mise en place, ainsi que celle des chaînes de liaison avec les turbines, peuvent avoir des impacts sur les habitats profonds. L'impact de l'ancrage sur les fonds marins constitue probablement l'un des effets physiques directs les plus significatifs des parcs éoliens flottants en mer. Les ancrs représentent un nouveau substrat dur introduit sur le fond, pouvant être rapidement colonisé par la faune benthique.	Un impact localisé est attendu au moment de l'installation, en particulier lorsque les navires doivent s'ancrer pour réaliser les travaux, ce qui peut entraîner une remise en suspension des sédiments ainsi que des perturbations mécaniques liées au déplacement des sédiments. Les ancrs peuvent également nécessiter la pose de chaînes sur le fond marin avant leur libération, lesquelles peuvent pénétrer dans les sédiments meubles. Cela peut provoquer une perturbation physique ou la remise en suspension de contaminants et de polluants enfouis dans la colonne d'eau, affectant potentiellement les structures d'alimentation des organismes filtreurs. Dans le cas des systèmes flottants, l'encrassement biologique des structures peut entraîner un enrichissement trophique, susceptible d'altérer ces structures. La présence des parties immergées des turbines et des ancrs en pleine mer peut favoriser le développement local d'espèces associées aux fonds durs, ce qui peut modifier les réseaux trophiques locaux et attirer des espèces prédatrices de ces taxons.
Impact des câbles électriques sous-marins	Tous les parcs éoliens en mer	Exploitation et maintenance	Trois effets principaux des câbles électriques sous-marins sur les écosystèmes marins : dommages physiques sur le fond marin ; création d'un substrat dur disponible pour la colonisation ; génération de champs électromagnétiques (CEM).	Le déplacement de câbles posés sur des fonds meubles peut entraîner des perturbations, une remise en suspension des sédiments et une augmentation de la turbidité. Les lignes sous-marines créent de nouveaux substrats durs qui sont rapidement colonisés par une grande variété d'organismes. Bien que cela constitue une altération des caractéristiques de l'habitat, les effets finaux peuvent être positifs pour les

Problématique	Type d'installation d'ERM	Phase	Impacts potentiels	Cause - Considérations pour la réduction des impacts Commentaires
	Parcs éoliens flottants en mer	Construction Exploitation et maintenance	Les câbles électriques sous-marins connectés aux parcs éoliens flottants en mer sont en partie suspendus dans la colonne d'eau, bien qu'ils reposent sur le fond marin. Ils sont souvent recouverts par les sédiments au moyen d'une roue de découpe dans les fonds rocheux, ou par labourage ou injection d'eau dans les sédiments meubles. Leur impact sur le fond marin peut être amplifié par les grands navires lors du déploiement, en raison du recours à de nombreux stabilisateurs d'ancrage qui génèrent un panache de sédiments remis en suspension.	communautés locales, en contribuant à accroître la biomasse et en créant éventuellement des zones refuges pour certaines espèces. Ces panaches peuvent affecter les œufs de poissons pélagiques et réduire l'abondance de la mégafaune le long du tracé des câbles, ce qui peut avoir des effets durables (Dunham et al., 2015). Il est raisonnable de supposer qu'en l'absence de dragage et de déplacement des lignes sous-marines, aucun impact significatif ne peut être observé.
Impacts spécifiques des parcs éoliens en mer fixes – eaux peu profondes	Parcs éoliens en mer	Exploitation et maintenance	L'effet de sillage éolien généré par les parcs éoliens en mer modifie les conditions hydrodynamiques de l'océan, ce qui pourrait, selon certaines hypothèses, affecter la production primaire marine. La plupart des études concluent que les conséquences hydrodynamiques directes des structures des parcs éoliens sont principalement limitées à la zone située à l'intérieur des parcs eux-mêmes. Les effets des parcs éoliens en mer sur l'écosystème marin peuvent être ou non importants, positifs ou négatifs. Les modifications du brassage et de la stratification influencent également la disponibilité des nutriments dans la zone euphotique. Daewel et al. (2022) ont étudié comment les regroupements de parcs éoliens en mer peuvent affecter la productivité des écosystèmes marins.	À ce jour, les connaissances sur la réponse des écosystèmes aux sillages éoliens dans le contexte de vastes regroupements de parcs éoliens en mer sont encore limitées. Les résultats de modélisation montrent que les projets en cours de parcs éoliens en mer peuvent avoir un impact important sur la structuration des écosystèmes côtiers marins à l'échelle du bassin. Certains avancent que les impacts cumulatifs d'un nombre croissant de parcs éoliens en mer pourraient provoquer des effets significatifs sur la stratification à grande échelle. L'évaluation des effets sur les écosystèmes par des études de type BACI (Before-After Control-Impact) est complexe, en raison de la variabilité spatio-temporelle du système naturel, des tendances régionales et mondiales, ainsi que d'autres pressions anthropiques telles que l'évolution de l'effort de pêche, l'eutrophisation et les niveaux sonores. De plus, les recherches se concentrent souvent sur un nombre limité d'espèces de poissons et d'oiseaux marins. La manière exacte dont l'écosystème est affecté reste difficile à établir, notamment parce que les changements de concentration en nutriments déclenchent une chaîne de causalité qui modifie la production primaire, ce qui peut perturber l'ensemble de la chaîne alimentaire.

Problématique	Type d'installation d'ERM	Phase	Impacts potentiels	Cause - Considérations pour la réduction des impacts Commentaires
			REMARQUE : les impacts, y compris ceux mentionnés ci-dessus, ne sont pas encore bien compris et font l'objet de recherches en cours et futures.	Les résultats montrent l'apparition nette de cellules de remontée et de plongée d'eau à proximité des regroupements de parcs éoliens en mer (mer du Nord). La réponse de l'océan à l'extraction massive d'énergie de la basse atmosphère se traduit par une modification systématique de la stratification, tant en termes de profondeur de la couche mélangée saisonnière (réduite d'environ 1 à 2 m dans et autour des parcs) que de l'intensité de la stratification. Cet effet n'est pas pertinent dans les zones déjà bien mélangées. Diminution substantielle de la moyenne annuelle verticalement moyennée horiz. Les vitesses des courants dans le sud de la mer du Nord modifieront sensiblement la circulation à grande échelle de la zone, avec des impacts potentiels sur le transport des sédiments.