

FICHES
SYNTHÉTIQUES



2023

LES EFFETS DE L'ÉOLIEN EN MER SUR L'ENVIRONNEMENT



SOMMAIRE

Résumé exécutif	3
Introduction	5
#1 Perte d'habitats benthiques	6
#2 Changement d'habitats marins *	8
#3 Modifications hydrodynamiques	10
#4 Turbidité	12
#5 Modification de la température	14
#6 Émissions sonores *	16
#7 Émissions électromagnétiques *	18
#8 Émissions de lumière	20
#9 Pollutions chimiques	22
#10 Espèces non indigènes	24
#11 Collision *	26
#12 Obstacle au mouvement	28
#13 Enchevêtrement	30

* Enjeu majeur

► Le présent document est un document de vulgarisation. Il n'a pas vocation à se substituer aux études d'impact et ne peut être opposé à l'avis des autorités délivrant les autorisations.

RÉSUMÉ EXÉCUTIF

Dans le contexte actuel de lutte contre le changement climatique et d'augmentation des besoins en électricité dans les années à venir pour atteindre la neutralité carbone, le développement des énergies marines renouvelables, et en particulier des parcs éoliens, est aujourd'hui indispensable pour décarboner la production d'énergie et assurer la sécurité de l'approvisionnement électrique à long terme.

13 parcs éoliens posés et flottants (hors sites pilotes) devraient ainsi voir le jour d'ici à 2030 au large des différentes façades maritimes françaises. Le parc éolien en mer de Saint-Nazaire est le premier à avoir été mis en service en 2022.

Or, comme toute activité humaine, le développement des parcs éoliens en mer génère des **pressions**, susceptibles d'avoir un **impact sur l'environnement**. C'est pourquoi le développement de l'éolien en mer est très **réglementé**, obligeant les porteurs de projet à l'élaboration d'une **étude d'impact environnemental**.

Les présentes fiches de synthèse ont pour objectif de donner un aperçu **général des différentes pressions identifiées pour l'éolien en mer** et d'en décrire les **principales sources d'émissions**, les **effets potentiels** associés et les principales **espèces** concernées ainsi que les **mesures d'évitement, de réduction et de compensation** mises en place pour limiter ces effets sur l'environnement. Pour chaque fiche, un focus met en avant un **retour d'expérience** issu de sites pilotes ou de parcs éoliens en France et en Europe.

Sur les **13 pressions identifiées**, 4 présentent des **enjeux majeurs** :

- ▶ le changement d'habitat
- ▶ les émissions sonores
- ▶ les émissions électromagnétiques
- ▶ les collisions

Les 9 autres pressions, comme la modification de la température ou les émissions de lumière, présentent des enjeux faibles ou considérés comme non prioritaires par les experts scientifiques de l'*Ocean Energy Systems - Environnemental*¹.

▶ LE CHANGEMENT D'HABITAT

Le changement d'habitat est bien documenté pour les différents compartiments biologiques et est localisé. Il peut avoir pour effets la création de nouveaux habitats de substrats durs, la biocolonisation et/ou l'effet récif. Le changement d'habitat est susceptible de modifier localement la biodiversité et la connectivité du réseau trophique. Il doit être étudié à l'échelle de l'écosystème et avec l'ensemble des activités humaines. L'impact varie en fonction des espèces concernées.

¹ OES-Environmental, collectif international créé pour étudier et suivre les effets environnementaux liés au développement des énergies marines renouvelables : tethys.pnnl.gov/about-oes-environmental

► LES ÉMISSIONS SONORES

Elles concernent surtout la phase travaux et les opérations de battage/forage des fondations. Au regard de la diversité des espèces et des différentes composantes du son, le niveau de connaissance reste à approfondir. Des mesures de réduction sont systématiquement mises en œuvre (dispositifs d'effarouchement préventifs, rideaux de bulles), en particulier pour les mammifères marins.

► LES ÉMISSIONS ÉLECTROMAGNÉTIQUES

Les émissions électromagnétiques sont très localisées (autour des câbles). Dans le cas des câbles enfouis ou posés sur le fond, les effets potentiels concernent principalement les espèces vivant sur/ou à proximité du fond et sensibles aux champs électromagnétiques. L'enfouissement des câbles permet de réduire le niveau d'exposition aux champs électromagnétiques des espèces vivant à proximité du fond. Ce n'est pas le cas des espèces vivant dans le sédiment.

► LES COLLISIONS

Elles concernent majoritairement les oiseaux et les chauves-souris et peuvent entraîner des blessures, pouvant aller jusqu'à la mort des individus. Les effets potentiels dépendent de nombreux facteurs (espèces présentes, altitude de vol, capacité d'évitement, conditions météo, etc.) et doivent être étudiés au cas par cas en fonction des sites d'implantation et de la configuration des parcs. Des mesures « Éviter, Réduire, Compenser » (ou mesures ERC)² sont déjà opérationnelles pour limiter les impacts et de nombreux travaux sont en cours pour améliorer les systèmes de détection des oiseaux et des chauves-souris.

Les **premiers suivis environnementaux français** sur les parcs en cours de construction (Saint-Brieuc, Fécamp, etc.) et en exploitation (Saint-Nazaire) permettront de **renforcer les retours d'expérience et d'étayer les bonnes pratiques** en matière de séquence ERC, afin de **limiter au mieux les effets potentiels** des futurs parcs éoliens en mer et leurs impacts sur l'environnement.

² La séquence « Éviter, Réduire, Compenser » ou ERC est un processus défini par le code de l'environnement. L'objectif de cette séquence est de proposer une série de mesures visant à éviter les atteintes à l'environnement, à réduire les atteintes qui n'ont pas pu être suffisamment évitées et à compenser les effets sur l'environnement qui n'ont pu être évités ou réduits.

Pour chacune des 13 pressions identifiées,
une fiche de synthèse reprend les principaux éléments clés :

- La définition de la pression
- Les principales sources de pression au sein des parcs éoliens en mer (posés et/ou flottants)
- Les principaux effets potentiels et les espèces concernées
- Quelques exemples de mesures ERC et de Suivi
- Un retour d'expérience sur les actions mises en œuvre et le suivi de leurs effets au sein de différents sites pilotes et parcs éoliens en France et en Europe.



PAGES
6 à 30



ENJEUX
MAJEURS
PAGES
8/16/18/26



INTRODUCTION

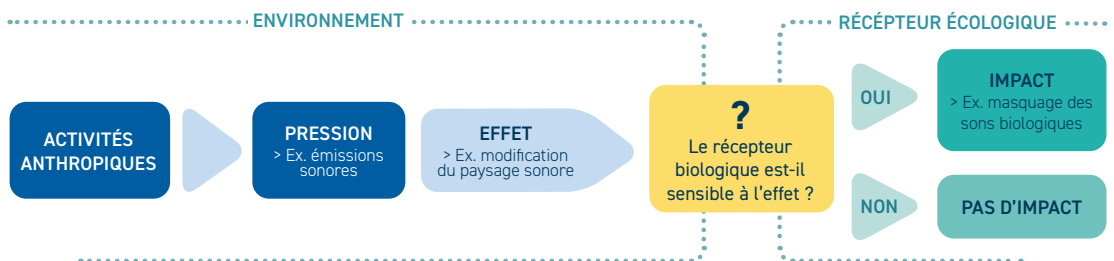
Édité par le Syndicat des énergies renouvelables (SER) et France Renouvelables, le présent document est un livret court et didactique, présentant sous forme de fiches les résultats d'une synthèse bibliographique réalisée par France Energies Marines sur la base des données disponibles en 2022³.



Ce dernier vise à fournir une **vue générale des effets** générés par le développement des parcs éoliens en mer (posé et flottant) sur l'environnement en s'appuyant sur des travaux de recherche scientifique et des synthèses produites par différents groupes de travail internationaux sur cette thématique. Tout comme d'autres activités anthropiques (trafic maritime, pêche, extraction de granulats marins, etc.), le développement des parcs éoliens en mer génère des effets, susceptibles d'avoir un impact sur l'environnement marin.

Ces effets sont étudiés à travers la chaîne suivante : une **activité** est source de **pressions** à l'origine d'**effets** sur l'environnement qui auront ou non un **impact** sur le **récepteur écologique** en fonction de sa **sensibilité** et de sa capacité de **résilience**. Par exemple, la construction d'un parc éolien en mer (activité) génère des émissions sonores (pression) qui seront à l'origine d'une augmentation du bruit ambiant (effet) qui peuvent masquer les signaux biologiques de communication (impact) de certaines espèces (récepteur).

Schéma conceptuel de la chaîne d'impact, reliant l'ensemble des notions clés indispensables à l'étude des interactions :



© La Turbine Communication, d'après France Energies Marines

3 Cf. bibliographie en fin de document.

#1 PERTE D'HABITATS BENTHIQUES

Qu'est-ce qu'un habitat benthique ?

Un habitat marin correspond au lieu où une espèce (ou un groupe d'espèces) peut vivre et prospérer dans des conditions qui lui sont favorables pour se nourrir, s'abriter, se reproduire, etc. On parle « d'habitat benthique » lorsque que ces habitats sont étroitement liés au fond marin. La perte d'habitats benthiques correspond à la disparition ou à la détérioration rapide de ce type d'habitat.

Comment les parcs éoliens en mer peuvent-ils générer une perte d'habitats benthiques ?



Lors des études pré-travaux

Certaines opérations de collecte d'informations, comme les prélèvements pour définir la nature des fonds marins par exemple, peuvent générer une perte d'habitats benthiques localisée (de l'ordre de quelques m²).



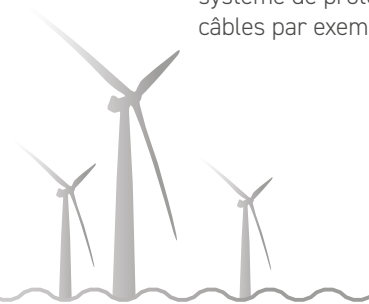
Pendant l'exploitation

La perte d'habitats benthiques est directement liée à l'emprise des infrastructures sur le fond (fondation, ancre ou système de protection des câbles par exemple).



Pendant la construction et le démantèlement

L'installation, l'ajout et/ou le retrait d'infrastructures en mer (fondations, câbles, ancrages, systèmes de protection, etc.) sont sources de travaux pouvant générer une perte d'habitats benthiques équivalent à la surface recouverte par ces infrastructures.



Qu'observe-t-on au sein des parcs éoliens déjà en activité ?

FRANCE ► Parc éolien posé *Banc de Guérande*

L'étude d'impact environnementale préalable aux travaux de construction du parc éolien de Saint-Nazaire a proposé plusieurs solutions pour réduire la perte d'habitats. Pour diminuer l'emprise sur le fond marin par exemple, le tracé des câbles de transport d'électricité a été adapté afin d'éviter des zones de laminaires (algue brune) et limiter leur destruction. Les suivis annuels menés sur site ont montré une augmentation de la densité des laminaires au cours de ces dernières années.

FRANCE ► Parc éolien posé *Baie de Saint-Brieuc*

Pour limiter la perte d'habitats clés pour les activités de pêche et préserver les enjeux socio-économiques, le parc éolien de Saint-Brieuc a été construit en dehors du gisement principal de Coquilles-Saint-Jacques et a été déplacé de 6 km vers le Nord afin de s'éloigner de la principale zone de pêche.



► Quelles sont les espèces concernées ?

En fonction de la capacité des habitats benthiques à faire face à une perturbation (on parle alors de résilience), la perte d'habitat peut être temporaire (après perturbation, les habitats vont avoir la capacité de revenir à leur état d'origine) ou définitive (après perturbation, les habitats ont été détruits). Les espèces les plus sensibles sont donc celles dont la survie dépend de la qualité de ces habitats et en particulier celles qui vivent à proximité du fond (poissons, crabes, crevettes, etc.) et dans le sédiment (coquillages, vers marins, etc.), ainsi que leurs prédateurs.



► Pour quels effets sur la faune et la flore marine ?

Pour les espèces dont la survie dépend entièrement de la qualité d'un type d'habitat benthique en particulier et que ce dernier est détruit, l'effet principal de la perte d'habitat sera une dégradation de l'état de santé voire la mort des individus. Pour les autres, l'ampleur des effets sera fonction de l'importance de l'habitat benthique perdu pour ces espèces et de son rôle dans leurs cycles de vie.

Quelques exemples pour
ÉVITER / RÉDUIRE /
COMPENSER / SUIVRE
ces effets

ÉVITER
Privilégier l'implantation des éoliennes et un tracé de raccordement hors des habitats représentant un fort enjeu et sensible au projet.

RÉDUIRE
Minimiser le nombre d'éoliennes sur le parc par une optimisation de leur puissance pour limiter les pertes d'habitats et la destruction des biocénoses/espèces associées.

COMPENSER
Restaurer ou réhabiliter les habitats à proximité ou en dehors de la zone d'influence du projet.

SUIVRE
Suivre les communautés benthiques afin d'établir un diagnostic des populations et des habitats benthiques.

7

EN BREF

Qu'il soit posé ou flottant, le développement d'un parc éolien en mer peut conduire à la destruction de certains habitats benthiques. Le niveau d'enjeu sera fonction de la capacité des habitats benthiques à surmonter une perturbation et de la surface totale d'habitat perdu. Dans le cas du parc éolien de Saint-Nazaire, la surface totale affectée par l'installation de nouvelles infrastructures en mer représente 1,1% de la superficie totale du parc (78km²). Les conséquences sur les populations qui vivent ou accomplissent certaines étapes de leurs cycles de vie grâce à ces habitats benthiques vont dépendre du type et de la surface totale d'habitats concernés par la destruction et surtout de son importance pour certaines espèces.



**ENJEU
NON-PRIORITAIRE**

au regard des autres
pressions générées par les
parcs éoliens

#2 CHANGEMENT D'HABITATS MARINS

Qu'est-ce qu'un changement d'habitats marins ?

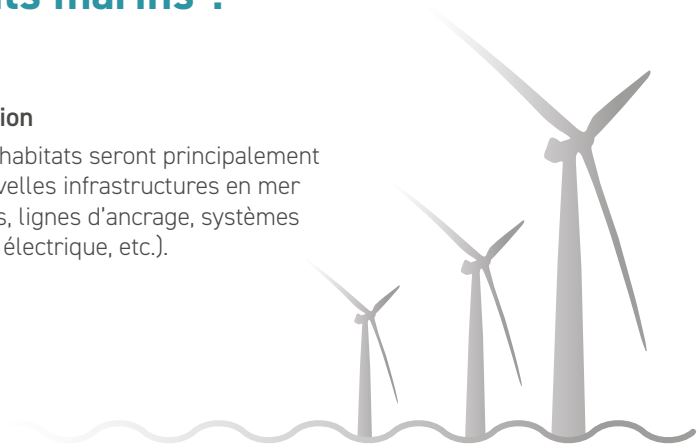
Un habitat marin correspond au lieu où une espèce (ou un groupe d'espèces) peut vivre et prospérer dans des conditions qui lui sont favorables pour se nourrir, s'abriter, se reproduire, etc. Dans le cas présent, le changement d'habitats marins correspond à une modification des conditions environnementales induites par l'ajout d'un nouveau support de fixation dans le milieu marin.

Comment les parcs éoliens en mer peuvent-ils modifier les habitats marins ?



Pendant l'exploitation

Les changements d'habitats seront principalement dus à l'ajout de nouvelles infrastructures en mer (fondations, flotteurs, lignes d'ancrage, systèmes de protection, poste électrique, etc.).



Qu'observe-t-on au sein des parcs éoliens déjà en activité ?

ALLEMAGNE ► Parc éolien posé *Alpha Ventus*

Les suivis menés au sein du parc éolien *Alpha Ventus* ont montré une augmentation locale de la diversité des espèces marines à proximité des fondations. Les fondations et les structures de protection des câbles ont créé des surfaces artificielles disponibles pour des espèces affectionnant les substrats durs (généralement des espèces vivant en milieu rocheux par exemple) et qui étaient naturellement absentes de cette zone dominée par des substrats dits « meubles » (sables, vases, etc.).

BELGIQUE ► Parcs éoliens posés *C-Power* et *Belwind*

Les 8 années de suivis menées au sein des parcs *C-Power* et *Belwind* sur plusieurs espèces, vivant dans ou à proximité des sédiments meubles, ont montré que les populations de poissons au sein des parcs n'avaient pas subi de changements radicaux, à moyen et long terme, après la mise en service des parcs. La présence des parcs a eu pour effet principal d'augmenter le nombre d'espèces généralement associées aux substrats durs (crabe dormeur, bar, etc.) mais aussi le nombre d'espèces associées aux substrats meubles (plie, sole, petite vive, etc.) à l'intérieur des parcs et à proximité immédiate.



► Quelles sont les espèces concernées ?

Les changements d'habitats marins concernent l'ensemble des espèces marines, même si au regard des effets générés, ce sont surtout les organismes marins en capacité d'émettre des larves directement dans la colonne d'eau (poissons, crustacés) et les poissons qui sont particulièrement concernés.



► Pour quels effets sur la faune et la flore marine ?

Le changement d'habitat résulte de la capacité de nombreux organismes marins à coloniser tout nouveau support de fixation. Cette colonisation est un phénomène naturel qui s'observe sur toute nouvelle structure introduite en milieu marin.

Ordinairement, ce genre d'introduction va générer un phénomène d'attraction et de concentration de certains poissons qui viennent essentiellement pour se nourrir (comme la morue, le tacaud ou le chinchard). On parle alors d'effet récif. Dans les zones naturellement sableuses où les supports de fixation sont rares, l'introduction d'une nouvelle structure a un effet plus important sur l'écosystème car elle offre un nouvel habitat alternatif qui attire des espèces naturellement absentes de ces zones.

Quelques exemples pour
ÉVITER / RÉDUIRE /
COMPENSER / SUIVRE
ces effets



ÉVITER

Privilégier l'implantation des éoliennes et un tracé de raccordement hors des habitats représentant un fort enjeu et sensible au projet.

RÉDUIRE

Choisir une fondation adaptée aux caractéristiques du site et minimiser l'empreinte des fondations pour réduire les surfaces recouvertes et réduire la zone de modification des habitats.

COMPENSER

Restaurer ou réhabiliter les habitats à proximité ou en dehors de la zone d'influence du projet.

SUIVRE

Suivre les communautés benthiques afin d'établir un diagnostic des populations et des habitats benthiques.

EN BREF

Les parcs éoliens en mer vont introduire de nouvelles infrastructures en mer (flotteurs, fondations, câbles, etc.). Comme toutes nouvelles structures immergées, elles vont être rapidement colonisées par différents organismes marins et conduire à une modification locale d'habitat pendant toute la durée d'exploitation des parcs. La création de nouveaux habitats constitue un enjeu majeur, dont les impacts, positifs ou négatifs, doivent être étudiés à l'échelle de l'écosystème, en intégrant l'ensemble des activités humaines.

► ► ►
**ENJEU
MAJEUR**



**PRESSION
CLÉ**

#3 MODIFICATION DES CONDITIONS HYDRODYNAMIQUES

Pourquoi suit-on les modifications des conditions hydrodynamiques ?

Le fonctionnement du milieu marin dépend de plusieurs contraintes naturelles (vent, courants, vagues, marées, etc.) qui vont conditionner l'hydrodynamisme. En perturbant le fonctionnement naturel des écoulements et des mouvements de l'eau, certaines activités humaines peuvent modifier les conditions hydrodynamiques d'un milieu.

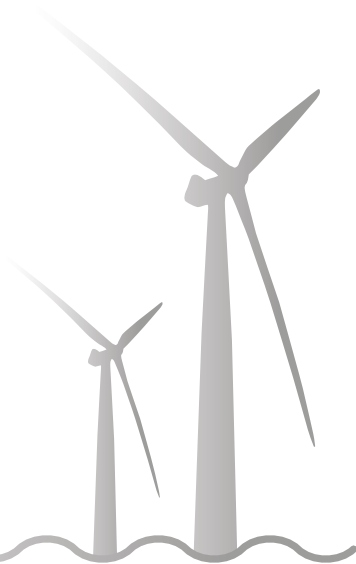
Il est intéressant de suivre les modifications des conditions hydrodynamiques car certains organismes marins sont dépendants de conditions hydrodynamiques particulières pour leur survie.

Comment les parcs éoliens en mer peuvent-ils modifier les conditions hydrodynamiques ?



Pendant l'exploitation

La présence physique de nouvelles infrastructures en mer (fondations, lignes d'ancrage, câbles sur le fond, etc.) peut perturber l'écoulement et les mouvements « naturels » de l'eau et des courants pendant toute la durée d'exploitation (25 à 30 ans en moyenne).



Qu'observe-t-on au sein des parcs éoliens déjà en activité ?

MODÉLISATION EN MER BALTIQUE

Une étude portant sur le suivi de la salinité a estimé les effets des parcs éoliens en mer sur les capacités de mélange des masses d'eaux en comparant deux scénarios : un scénario sans parc éolien et un scénario avec environ 1000 éoliennes, correspondant au nombre d'éoliennes prévues au sein des différents parcs éoliens en mer Baltique à l'horizon 2010 (date de l'étude). L'étude a conclu à une diminution de la salinité due au mélange des masses d'eaux même si, comparé aux variations naturelles de la salinité, ces diminutions ont été jugées négligeables.



► Quelles sont les espèces concernées ?

Les communautés planctoniques sont les plus susceptibles d'être impactées par les modifications hydrodynamiques car le plancton réunit l'ensemble des organismes marins qui dérivent au gré des courants. Il peut être animal (zooplancton, larves poissons ou crustacés) ou végétal (phytoplancton).



► Pour quels effets sur la faune et la flore marine ?

En perturbant l'écoulement et le mouvement naturel des masses d'eaux, les parcs éoliens en mer peuvent perturber le déplacement des espèces qui dérivent au gré des courants. La perturbation locale de la position des masses d'eau les unes par rapport aux autres dans la colonne d'eau (on parle de stratification) peut avoir des effets sur la répartition et le mouvement des communautés planctoniques.

Quelques exemples pour
ÉVITER / RÉDUIRE /
COMPENSER / SUIVRE
ces effets



ÉVITER

Limiter/adapter les emprises du projet
(éviter les zones à forts courants/houles).

RÉDUIRE

Minimiser le nombre d'éoliennes sur le parc par une optimisation de leur puissance pour limiter le nombre de sites où l'hydrodynamisme et les états de mer sont modifiés.

COMPENSER

Restaurer ou réhabiliter les habitats à proximité ou en dehors de la zone d'influence du projet.

SUIVRE

Suivre les espèces marines au stade larvaire afin d'évaluer les effets des travaux sur les larves de poissons, crustacés et mollusques.

EN BREF

L'enjeu est limité et jugé non-prioritaire car, au regard de la variabilité naturelle et des forces qui régissent le fonctionnement hydrodynamique des écosystèmes (courants, marées, bathymétrie, etc.), il semble peu probable que les parcs éoliens perturbent de manière significative les conditions hydrodynamiques, même si la présence de nouvelles structures (fondations, flotteurs, systèmes d'ancrage, etc.) peut entraîner une modification locale du mouvement de l'eau (agitation de surface).



ENJEU NON-PRIORITAIRE

au regard des autres
pressions générées par les
parcs éoliens



#4 TURBIDITÉ

Qu'est-ce que la turbidité ?

La turbidité correspond au caractère plus ou moins trouble de l'eau.

Plus la turbidité est élevée, plus les concentrations en matière en suspension dans l'eau sont importantes et moins l'eau est transparente. Cette matière en suspension peut être composée d'éléments minéraux (fer, zinc, iode, etc.) ou organiques (bactéries, microalgues, etc.).

Comment les parcs éoliens en mer peuvent-ils modifier la turbidité ?



Pendant l'exploitation

Dans le cas des parcs éoliens flottants, le « frottement » régulier des câbles et/ou des lignes d'ancrage sur le fond dû au mouvement des flotteurs peut modifier les niveaux de turbidité pendant toute la durée d'exploitation des parcs (25 à 30 ans en moyenne).



Lors des études pré-travaux

Certaines opérations de collecte d'information, comme les prélèvements pour définir la nature des fonds marins par exemple, peuvent remettre des sédiments en suspension pendant toute la durée des travaux.



Pendant la construction et le démantèlement

Les opérations de préparation des sols (dragage ou déblayage de déchets/blocs rocheux sur la trajectoire du câble) et d'enfouissement et/ou de retrait des câbles et des lignes d'ancrage peuvent contribuer à une remise en suspension des sédiments pendant toute la durée des travaux.

► Quelles sont les espèces concernées ?

L'augmentation de la turbidité est un phénomène fréquent en milieu marin. Les espèces les plus sensibles à une variation de la turbidité sont surtout celles qui vivent à proximité du fond (poissons, crabes, crevettes, etc.) et dans le sédiment (coquillages, vers marins, etc.), ainsi que les organismes filtreurs comme les moules ou les huîtres.





► Pour quels effets sur la faune et la flore marine ?

L'augmentation de la turbidité en milieu marin a pour effet principal de diminuer la transparence de l'eau. Cette variation de la transparence de l'eau peut notamment impacter les relations proies/prédateurs et peut, en fonction des espèces, leur offrir un refuge ou les rendre plus vulnérables. Dans certaines zones polluées, la remise en suspension des sédiments peut contribuer à libérer des polluants dans l'eau.

Quelques exemples pour
ÉVITER / RÉDUIRE /
COMPENSER / SUIVRE
ces effets



ÉVITER

Installer des protections anti-affouillement pour les fondations installées sur fond meuble pour éviter l'érosion et la remise en suspension de sédiments au pied des fondations.

RÉDUIRE

Privilégier la méthode d'enfouissement des câbles la moins génératrice de turbidité.

COMPENSER

Créer ou renaturer des habitats favorables aux espèces cibles.

SUIVRE

Mettre en place un suivi journalier de la turbidité.



Qu'observe-t-on au sein des parcs éoliens déjà en activité ?

DANEMARK ► Parc éolien posé *Nysted*

L'installation du câble de raccordement à terre du parc éolien *Nysted* a fait l'objet d'un suivi journalier de la turbidité. La remise en suspension des particules a contribué à diminuer la densité des espèces vivant sur le fond (faune et flore) sur une surface estimée à 0,013 km², soit 0,05% de la surface totale du parc (24km²). Les suivis post-travaux ont révélé que si les espèces marines avaient bien été affectées, leur rétablissement dépend essentiellement de leur sensibilité et de leur capacité à se remettre après une perturbation (on parle alors de résilience). C'est le cas des herbiers de zostères par exemple, qui se sont bien rétablis deux ans après les travaux, contrairement aux macro-algues.

EN BREF

Dans le cas des parcs éoliens posés, les effets sur l'environnement sont limités à la durée des travaux et restent à proximité des fondations et des câbles. L'enjeu est limité et jugé non-prioritaire.

Dans le cas des parcs éoliens flottants, les effets de la remise en suspension restent encore à préciser.



ENJEU NON-PRIORITAIRE

au regard des autres pressions générées par les parcs éoliens

#5 MODIFICATION DE LA TEMPÉRATURE

Pourquoi suit-on les variations de température de l'eau et des sédiments ?

La température de l'eau de mer dépend de l'action du vent, des vagues ou des courants. C'est un paramètre essentiel au bon fonctionnement des écosystèmes marins qui peut influencer les grands processus écologiques tels que la croissance ou la reproduction.

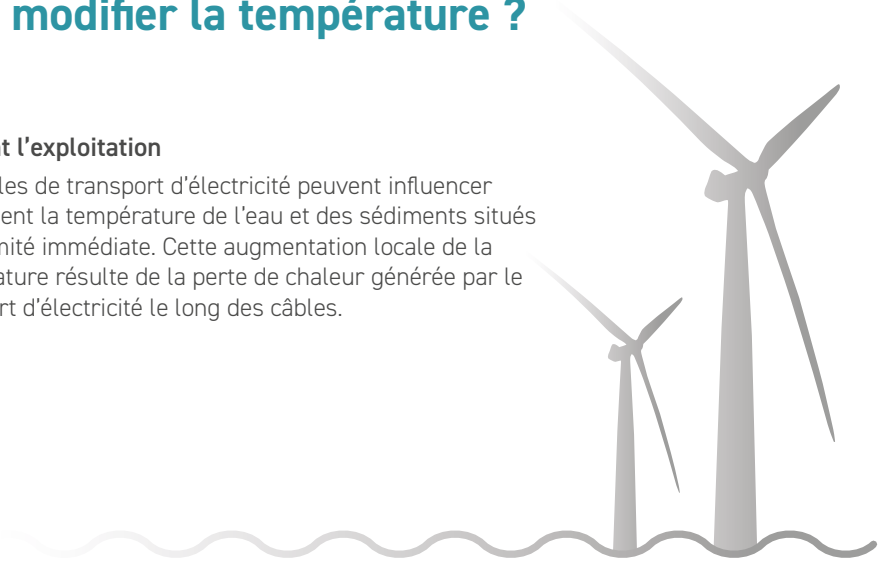
Il est intéressant de suivre les variations de température de l'eau car les espèces ne peuvent vivre et prospérer que dans un intervalle de température qui leur est propre.

Comment les parcs éoliens en mer peuvent-ils contribuer à modifier la température ?



Pendant l'exploitation

Les câbles de transport d'électricité peuvent influencer localement la température de l'eau et des sédiments situés à proximité immédiate. Cette augmentation locale de la température résulte de la perte de chaleur générée par le transport d'électricité le long des câbles.



Qu'observe-t-on au sein des parcs éoliens déjà en activité ?

FRANCE ► Éolienne flottante FLOATGEN du site d'essai SEM-REV

Les suivis menés sur les câbles de l'éolienne flottante FLOATGEN n'ont pas montré de différence significative de température (de l'ordre de 0,08°C maximum) entre les mesures relevées à deux emplacements du câble et dans une zone située à plus de 2 mètres de la zone de raccordement. Les 0,08°C d'écart localisés le long des câbles sont jugés négligeables en comparaison aux variations saisonnières naturelles de température de l'eau sur la façade Atlantique (de l'ordre de 8°C en moyenne en hiver contre 20°C en été pour la couche de surface et de 9 à 13°C à plus de 30 mètres de profondeur).



► Quelles sont les espèces concernées ?

Les variations de température impactent surtout les espèces qui vivent à proximité immédiate des câbles, et en particulier celles vivant sur le fond (poissons, crabes, crevettes, etc.) ou dans les sédiments (coquillages, vers marins, œufs de poissons, etc.).



► Pour quels effets sur la faune et la flore marine ?

Lorsqu'ils sont enfouis, l'émission de chaleur des câbles peut augmenter localement la température moyenne des sédiments (de l'ordre de 2°C à 80 cm de distance d'un câble enfoui à 1 m de profondeur pour un sédiment dit perméable, c'est-à-dire qui se laisse facilement traverser par de l'eau). L'augmentation de chaleur dépend de nombreux paramètres tels que le type de câble ou sa puissance, mais dépend surtout de la nature des sédiments. Les fonds sableux, par exemple, auront un taux d'échauffement plus important que les fonds de gravier. Ces variations de température peuvent avoir un impact sur la distribution des espèces qui vivent dans les sédiments ou sur le développement des œufs des espèces qui enfouissent leurs œufs dans le sédiment.

**Quelques exemples pour
ÉVITER / RÉDUIRE /
COMPENSER / SUIVRE
ces effets**



ÉVITER

Positionner le projet sur une zone de moindre enjeu.

RÉDUIRE

Mettre en place des dispositifs de limitation des nuisances ou d'utilisation de méthodes d'exploitation engendrant moins de nuisances physiques envers la faune.

COMPENSER

Créer ou renaturer des habitats favorables aux espèces cibles.

SUIVRE

Suivre les variations de température au niveau des câbles grâce à l'installation de sondes de mesure.

EN BREF

Le flux d'eau constant autour des câbles qui traversent la colonne d'eau tend à dissiper rapidement la chaleur émise par le passage du courant. L'enjeu est négligeable.

Pour les câbles enfouis ou posés sur le fond, les effets sur l'environnement dépendent de la nature des fonds et de la sensibilité des espèces à l'augmentation de la température. Le rayonnement de chaleur est limité à l'emprise des câbles et persiste pendant toute la durée d'exploitation des parcs (de 25 à 30 ans en moyenne).



ENJEU NON-PRIORITAIRE

au regard des autres
pressions générées par les
parcs éoliens



#6 ÉMISSIONS SONORES

Pourquoi cherche-t-on à évaluer les niveaux d'émissions sonores ?

Sous la surface de l'eau, le milieu marin est très bruyant. Les sons peuvent être d'origine naturelle, comme les vocalises des cétacés ou le bruit des vagues, et/ou d'origine humaine comme le moteur d'un navire. On parle de « bruit » lorsque les émissions sonores sont considérées comme désagréables et à l'origine d'une perturbation (audition, comportement de fuite, etc.) des organismes marins. C'est pour cette raison qu'il est nécessaire de suivre les niveaux d'émissions sonores en milieu marin.

En quoi les parcs éoliens sont-ils sources d'émissions sonores ?



Lors des études pré-travaux

La collecte d'informations sur les caractéristiques du futur site d'implantation (profondeur, nature des sédiments, etc.) requiert différentes techniques d'étude des fonds marins, comme le carottage ou la prospection sismique qui sont sources d'émissions sonores.



Pendant l'exploitation

Le mouvement des pales génère un bruit capable de se propager à travers le mât et les fondations. Le mouvement des lignes d'ancrages dû au mouvement des flotteurs est également une source de bruit, auquel s'ajoute l'augmentation du bruit ambiant par l'augmentation du trafic maritime (opération de maintenance et de contrôle, etc.).

Pendant la construction et le démantèlement



La phase de construction est probablement la plus bruyante du cycle de vie d'un parc éolien. C'est aussi la plus étudiée. Les travaux d'installation des fondations (et en particulier du battage des pieux quand il est nécessaire) et des câbles et le bruit généré par les moteurs des navires sont les principales sources d'émissions sonores. Les émissions sonores générées par les opérations de démantèlement sont peu connues, même s'il est fort probable que les travaux d'excavation et de retrait des matériaux seront sources d'émissions sonores.



Qu'observe-t-on au sein des parcs éoliens déjà en activité ?

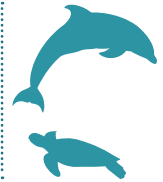
BELGIQUE ► Parcs éoliens posés *Nobelwing* et *Northwester 2*

La comparaison des données de suivi du Marsouin commun, mise en œuvre lors des opérations de construction de deux parcs éoliens (*Nobelwing* en 2016 et *Northwester 2* en 2019) a montré que la mise en place d'un double rideau de bulles (technique permettant d'atténuer les bruits sous-marins mise en œuvre uniquement lors de la construction du parc de *Northwester 2*) était une mesure efficace d'atténuation des émissions sonores. A courte distance de la source de bruit (de 0 à 10 km), le taux de fréquentation du site par les marsouins est plus important lorsque des mesures d'atténuation sont mises en œuvre, témoignant de leur efficacité.



► Quelles sont les espèces concernées ?

L'augmentation des niveaux de bruit sous-marin concerne l'ensemble des espèces marines, les mammifères marins et les tortues marines étant les plus étudiées en raison de leur capacité auditive élevée.



► Pour quels effets sur la faune et la flore marine ?

En fonction des caractéristiques du son qui est émis dans le milieu marin (intensité, durée, type de son, etc.), il existe plusieurs degrés d'effets possibles sur la faune marine. Cela va de la simple augmentation du niveau de stress, aux lésions temporaires (blessure auditive qui se guérit naturellement) ou permanentes (rupture d'un tympan par exemple), en passant par le masquage des signaux de communication entre deux espèces et les changements comportementaux (les individus fuient face au bruit ou prennent peur - sursaut, jet d'encre, etc.).

Quelques exemples pour
ÉVITER / RÉDUIRE /
COMPENSER / SUIVRE
ces effets



ÉVITER

Mettre en place des dispositifs d'effarouchement des espèces sensibles préalablement aux émissions de bruit sous-marin.

RÉDUIRE

Choisir une méthode d'installation des fondations moins bruyante quand cela est possible.

COMPENSER

Améliorer la quiétude des mammifères marins par la mise en place de campagnes de sensibilisation sur le comportement et le mode de vie des mammifères marins pour mieux les protéger.

SUIVRE

Suivre les mammifères marins par acoustique passive pour renseigner l'activité des cétacés.

17

EN BREF

Qu'ils soient posés ou flottants, les parcs éoliens en mer sont sources d'émissions sonores, même s'il est communément admis que la phase de construction est la plus bruyante. Les effets sur la faune marine peuvent aller d'un surplus de stress à des lésions permanentes. Les conséquences sur les espèces marines varient en fonction de nombreux paramètres propres au parc en lui-même (posé ou flottant), au type de travaux (battage de pieux, etc.), au site (profondeur, nature des fonds marins), et à l'espèce voire à l'individu (âge, état de santé, etc.). L'enjeu est majeur car la communauté scientifique a pu définir des seuils d'audition à partir desquels il existe un risque d'altération des capacités auditives pour quelques espèces (majoritairement des mammifères marins, tortues et quelques poissons et des invertébrés comme la Coquille-Saint-Jacques ou le Homard). Des études complémentaires doivent donc être menées.



#7 ÉMISSIONS ÉLECTROMAGNÉTIQUES

Qu'est-ce qu'un champ électromagnétique ?

Les champs électromagnétiques sont naturellement présents dans l'environnement : géomagnétisme terrestre, foudre, etc.

Certaines activités humaines peuvent émettre des champs électromagnétiques et perturber la détection du champ géomagnétique naturel par certaines espèces sensibles qui les utilisent pour s'orienter, chasser, se déplacer, etc.

Les parcs éoliens peuvent-ils émettre des champs électromagnétiques ?



Pendant l'exploitation

Les sources artificielles de champs électromagnétiques proviennent principalement des câbles électriques de transport d'électricité et sont fonction des caractéristiques du câble (intensité, puissance, type, etc.).



Qu'observe-t-on au sein des parcs éoliens déjà en activité ?

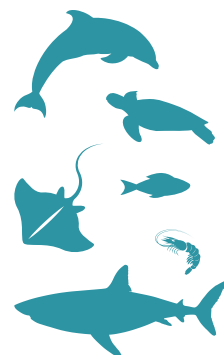
ÉCOSSE ► Parc éolien flottant *Hywind Scotland*

Une étude expérimentale a été menée sur le petit lançon (une espèce de poisson important pour le bon fonctionnement de l'écosystème marin vivant en mer du Nord) afin d'évaluer l'impact des champs magnétiques générés par les câbles utilisés pour le transport d'électricité au sein des parcs éoliens. L'exposition à des émissions magnétiques de l'ordre de celles produites par les câbles électriques au sein du parc éolien *Hywind Scotland* n'a pas eu d'incidence sur la répartition géographique des larves de petit lançon qui n'ont été ni attirées, ni repoussées par les émissions électromagnétiques artificielles.



► Quelles sont les espèces concernées ?

De nombreuses espèces marines, comme les cétacés, les raies, les requins, les poissons, les tortues ou certaines espèces de crustacés, sont capables de détecter les champs électromagnétiques qu'elles utilisent pour s'orienter (espèces migratrices comme l'anguille, etc.), se déplacer (cas des tortues marines par exemple) ou se nourrir (cas des requins qui utilisent leur sensibilité aux émissions électromagnétiques pour détecter leurs proies et leurs congénères).



► Pour quels effets sur la faune et la flore marine ?

L'émission de champs électromagnétiques artificiels peut contribuer à masquer ou altérer la capacité de détection et de réponses aux signaux électromagnétiques naturels des organismes marins. Cela peut avoir des conséquences sur le comportement des espèces, notamment celles qui utilisent ces capacités de détection pour se déplacer, s'alimenter, chasser, etc.

Quelques exemples pour
ÉVITER / RÉDUIRE /
COMPENSER / SUIVRE
ces effets



ÉVITER

Éviter les populations connues d'espèces protégées ou à forts enjeux.

RÉDUIRE

Mettre en place des dispositifs de limitation des nuisances ou d'utilisation de méthodes d'exploitation engendrant moins de nuisances physiques envers la faune.

COMPENSER

Créer ou renaturer des habitats favorables aux espèces cibles.

SUIVRE

Installer des équipements de bagues ou balises GPS sur les individus d'espèces susceptibles d'être affectées par la présence du parc.

19

EN BREF

Pour certaines espèces sensibles aux champs électromagnétiques comme les requins, les raies, les tortues marines ou certains poissons et invertébrés, les émissions électromagnétiques générées par les câbles de transport d'électricité peuvent perturber les capacités de détection des champs et des signaux électromagnétiques naturels et avoir un impact sur leur comportement (migration, mode de chasse, mode d'alimentation, etc.). L'enjeu est majeur car les effets de ces émissions sur les espèces marines restent mal connus.



ENJEU
MAJEUR



PRESSION
CLÉ

#8 ÉMISSIONS DE LUMIÈRE

Pourquoi s'intéresse-t-on aux émissions de lumière artificielle ?

Il est intéressant de suivre les émissions de lumière artificielle car elles peuvent perturber certaines espèces dont l'activité est plus importante la nuit (espèces nocturnes). C'est le cas du calmar par exemple qui profite de l'obscurité de la nuit pour chasser.

Comment les parcs éoliens en mer peuvent-ils être source d'émission de lumière artificielle ?



Pendant l'exploitation

Pour des raisons de sécurité maritime et aérienne, les fondations et les éoliennes sont éclairées par des feux lumineux. Ces systèmes d'éclairage sont obligatoires et encadrés par la loi (intensité lumineuse, couleur des feux, etc.).



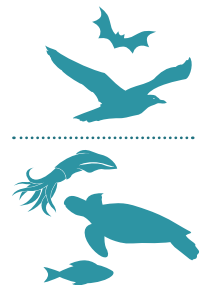
Pendant la construction et le démantèlement

Certaines opérations d'installation (fondations, câbles, etc.) nécessitent un éclairage de la zone pendant toute la durée des travaux.

► Quelles sont les espèces concernées ?

En milieu aérien, ce sont surtout les oiseaux ayant un comportement nocturne comme les Océanites ou les Puffins, les oiseaux migrateurs comme les Fous de Bassan, ou les chauves-souris comme la Pipistrelle de Nathusius qui sont concernés.

Sous la surface de l'eau, les principales espèces concernées sont les espèces sensibles aux émissions lumineuses artificielles comme les tortues marines et certaines espèces de poissons et de céphalopodes (calmars, poulpes, etc.).





► Pour quels effets sur la faune et la flore marine ?

Que ce soit en milieu aérien ou sous-marin, le principal effet des émissions de lumière artificielle en milieu marin est un effet d'attraction, c'est-à-dire que les individus sont attirés par cette nouvelle source de lumière et qu'ils modifient leur comportement pour s'en approcher. Cela peut entraîner des conséquences sur leur comportement (modification de leur trajet de migration par exemple) ou leur survie (attraction de prédateur par exemple).

Quelques exemples pour
ÉVITER / RÉDUIRE /
COMPENSER / SUIVRE
ces effets



ÉVITER

Éviter les populations connues d'espèces protégées ou à forts enjeux.

RÉDUIRE

Réduire l'attractivité nocturne du parc éolien
(nombre et intensité des éclairages).

COMPENSER

Préserver et protéger les colonies d'oiseaux marins nicheurs.

SUIVRE

Suivre les chiroptères (chauves-souris) afin d'identifier
les sources d'attraction lumineuses.



Qu'observe-t-on au sein des parcs éoliens déjà en activité ?

FRANCE ► Parcs éoliens posés *Banc de Guérande* et *Baie de Saint-Brieuc*

Lors des travaux de construction des parcs éoliens de Saint-Nazaire et de Saint-Brieuc, seules les zones de travaux et/ou le pont des navires travaillant sur site ont été éclairés afin de réduire l'attractivité nocturne. Le nombre d'éclairages de nuit sur les navires de travaux a été limité au maximum dans le respect des conditions de sécurité maritime. Pour réduire les effets du balisage nocturne, dont l'intensité et la couleur sont régis par la réglementation, un programme d'essai de nouveaux balisages a été mis en place en partenariat avec les services de l'État.

EN BREF

L'éclairage des parcs éoliens est obligatoire pour des raisons de sécurité maritime et aérienne. Pour certaines espèces sensibles aux variations lumineuses comme les tortues marines ou certaines espèces de poissons et de céphalopodes (calmars, poulpes, etc.), les émissions artificielles de lumières générées par les systèmes d'éclairage peuvent engendrer un effet d'attraction et avoir un impact sur le comportement des espèces (migration, mode de chasse, etc.).



ENJEU NON-PRIORITAIRE

au regard des autres
pressions générées par les
parcs éoliens

#9 POLLUTIONS CHIMIQUES

Pourquoi s'intéresse-t-on aux pollutions chimiques ?

Les pollutions chimiques sont des pollutions qui résultent de la présence dans l'environnement de substances chimiques. Souvent toxiques, il est nécessaire de surveiller les risques de pollutions chimiques car ces substances ne peuvent être éliminées naturellement par l'écosystème et peuvent avoir des conséquences non négligeables sur l'environnement et la santé humaine.

Quelles sont les sources de pollutions chimiques au sein des parcs éoliens ?



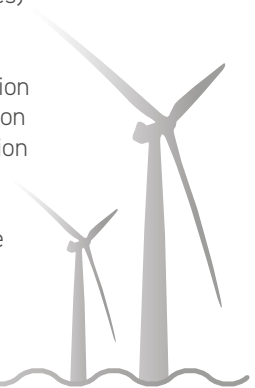
Pendant la construction et le démantèlement

Lors des opérations de préparation des sols et d'installation des infrastructures (enfouissement des câbles/ancres, installation des fondations, etc.), la remise en suspension de sédiments ayant potentiellement été pollués par le passé peut être source de pollution chimique.



Pendant l'exploitation

Les systèmes de protection contre la corrosion (appelées protections cathodiques) installés sur les fondations et les flotteurs contribuent à relarguer des métaux dans l'environnement. Ils sont sources de pollution chimique sur toute la durée d'exploitation (on parle de pollution chronique). L'augmentation du trafic maritime liée aux opérations de maintenance et de contrôle augmente le risque de pollutions accidentelles (on parle alors de pollution ponctuelle).



Qu'observe-t-on au sein des parcs éoliens déjà en activité ?

FRANCE ► Éolienne flottante FLOATGEN du site d'essai SEM-REV

Les suivis menés sur l'éolienne flottante FLOATGEN n'ont pas montré de contamination du site à la suite de l'installation de l'éolienne et de ses systèmes de protection contre la corrosion. Les valeurs de plomb, cadmium et mercure se sont révélées inférieures aux seuils réglementaires. Les teneurs en mercure, nickel et chrome sont similaires ou inférieures aux mesures de référence effectuées avant les travaux.

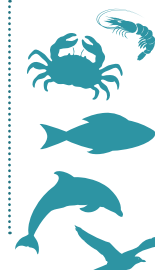
BELGIQUE ► Parcs éoliens posés *Bligh Bank* et *Thornton Bank*

Les premiers résultats de suivi menés au sein des parcs *Bligh Bank* et *Thornton Bank* n'ont pas révélé de teneurs en zinc plus élevées à proximité des parcs éoliens qu'ailleurs. Il n'existe pas de différence notable entre les concentrations en zinc dans les sédiments situés à proximité immédiate ou en périphérie des éoliennes.



► Quelles sont les espèces concernées ?

Les pollutions chimiques concernent l'ensemble des espèces marines. Les espèces qui vivent sur le fond (poissons, crabes, crevettes, etc.) ou dans les sédiments (coquillages, vers marins, etc.) sont les plus susceptibles d'être concernées par les risques de pollutions dus à la remise en suspension des sédiments. Les espèces passant du temps à la surface de l'eau (oiseaux marins, cétacés, etc.) sont plus susceptibles d'être concernées par les pollutions accidentelles.



► Pour quels effets sur la faune et la flore marine ?

Quelle que soit son origine, la libération de substances toxiques dans le milieu marin a pour effet de contaminer le milieu. Ces substances potentiellement toxiques pour les organismes marins peuvent avoir des conséquences sur le développement et l'état de santé des individus (croissance, capacité de reproduction, etc.).

**Quelques exemples pour
ÉVITER / RÉDUIRE /
COMPENSER / SUIVRE
ces effets**



ÉVITER

Limiter l'emploi des peintures empêchant la fixation d'organismes vivants sur les structures immergées (antifouling) sur les fondations des éoliennes.

RÉDUIRE

Redéfinir les caractéristiques du projet en termes d'ampleur (dimension des structures et des systèmes de protection contre la corrosion).

COMPENSER

Privilégier les matériaux ne subissant aucune modification chimique dangereuse, lorsqu'une protection des câbles par recouvrement est nécessaire.

SUIVRE

Suivre la qualité physico-chimique de l'eau en évaluant les taux de contamination d'organismes filtreurs (ex. moules) au sein du parc.

EN BREF

Les parcs éoliens en mer peuvent être à l'origine de différents types de pollution des eaux marines (pollutions accidentelles, mises en suspension de sédiments pollués, métaux relargués par les systèmes de protection contre la corrosion). Les substances émises lors des pollutions de ce type peuvent se révéler toxiques pour les organismes marins et avoir des conséquences sur leur état de santé et leur développement. Il est cependant difficile de distinguer l'origine des polluants et de déterminer la part qui est réellement imputable au développement d'une activité.



ENJEU NON-PRIORITAIRE

au regard des autres pressions générées par les parcs éoliens

#10 ESPÈCES NON INDIGÈNES

Qu'est-ce qu'une espèce non-indigène (ENI) ?

Une espèce non-indigène (ou ENI) est une espèce dont la présence est observée en dehors de son aire de répartition naturelle, dans un environnement où elle est habituellement absente. Sa présence peut être due à une introduction volontaire ou accidentelle (trafic maritime, aquaculture, aquariophilie, etc.) ou à une adaptation de l'espèce aux changements de son environnement.

En fonction des espèces et de leur mode de vie (reproduction, alimentation, etc.), la présence de ces ENI peut représenter une menace pour les écosystèmes.

Comment les parcs éoliens en mer peuvent-ils contribuer à l'introduction et à la propagation des ENI ?



Pendant la construction et le démantèlement

Le risque d'introduction et de propagation d'ENI résulte principalement de l'ajout de nouvelles structures (fondations, câbles, lignes d'ancrages par exemple) en mer.



Qu'observe-t-on au sein des parcs éoliens déjà en activité ?

BELGIQUE ► Parc éolien posé *Thornton Bank*

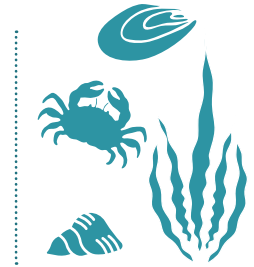
Une étude menée en 2015 sur le parc éolien de *Thornton Bank* a montré une colonisation rapide des infrastructures par les espèces non-indigènes. Les espèces identifiées sont des espèces connues en mer du Nord et déjà observées, pour certaines d'entre elles, sur les bouées situées à proximité du parc. Pour la majorité, il s'agit d'espèces introduites et en expansion qui ont profité de la présence de nouveaux substrats durs pour s'installer et se développer.



► Quelles sont les espèces concernées ?

Les principales espèces concernées sont les ENI elles-mêmes et les espèces marines qui sont en concurrence directe avec ces ENI pour accéder à la nourriture, à l'espace, etc. Cela concerne surtout les algues, les mollusques, les crustacés et les poissons.

Parmi les ENI les plus connues en France, on retrouve l'Huître creuse, la Crépidule, le Bigorneau perceur ou la Sargasse.



► Pour quels effets sur la faune et la flore marine ?

La présence de nouveaux supports de fixation permet aux organismes capables d'émettre des larves directement dans l'eau (comme les moules) de se développer en dehors de leur habitat naturel. Lorsque ces espèces sont des ENI, cela peut avoir des conséquences sur le fonctionnement de l'écosystème. Ces ENI sont généralement présentes à proximité du parc éolien et peuvent contribuer à augmenter la biodiversité locale et la biomasse.

Quelques exemples pour
ÉVITER / RÉDUIRE /
COMPENSER / SUIVRE
ces effets



ÉVITER

Mettre en place un protocole de nettoyage des fondations stockées en zone portuaire avant installation sur site.

RÉDUIRE

Mettre en place des dispositifs de lutte contre les espèces exotiques envahissantes (actions préventives et curatives).

COMPENSER

Enlever et/ou traiter les espèces exotiques envahissantes (ou espèces non-indigènes).

SUIVRE

Suivre les espèces marines au stade larvaire afin d'évaluer les effets des travaux sur les larves de poissons, crustacés et mollusques.

25

EN BREF

En fournissant un nouveau support de fixation à certains organismes marins, les parcs éoliens en mer peuvent contribuer à l'introduction et à la propagation d'ENI. Situés à proximité des côtes françaises, il semblerait que les parcs éoliens français n'aient que peu de risque de contribuer à la propagation des ENI au vu de l'importance du trafic maritime et des autres activités existantes. Le risque de propagation d'ENI via les parcs éoliens français semble limité.



ENJEU NON-PRIORITAIRE

au regard des autres pressions générées par les parcs éoliens

#11 COLLISION

Comment caractérise-t-on une collision ?

Il existe deux types de collision : les collisions sous-marines et les collisions aériennes. Les collisions représentent un risque pour la biodiversité lorsque ces dernières sont à l'origine de blessures ou d'un choc trop violent pouvant conduire à la mort des individus.

Comment les parcs éoliens en mer peuvent-ils générer un risque de collision ?



Pendant l'exploitation

Collision aérienne

En mer, le risque de collision aérienne résulte de la présence des éoliennes et du mouvement rotatif des pales. Ce risque est considéré comme spécifique au développement des parcs éoliens car il n'existe aucune autre infrastructure maritime de ce type.

Collision sous-marine

Le risque de collision sous-marine résulte de l'augmentation du trafic maritime et ce, pendant toutes les phases du cycle de vie des parcs éoliens.



Qu'observe-t-on au sein des parcs éoliens déjà en activité ?

ROYAUME-UNI ► Parc éolien posé *Thanet*

Les suivis mis en place au sein et en périphérie du parc éolien *Thanet* ont mis en avant que les oiseaux marins suivis (Fou de Bassan, Goéland marin, Goéland argenté et Mouette tridactyle) ont tendance à éviter la zone d'implantation des éoliennes, ce qui réduit fortement les risques de collision avec les pales.

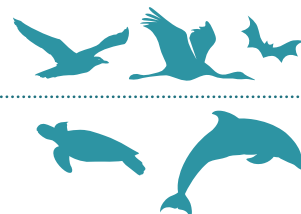
FRANCE ► Parc éolien posé *Saint-Brieuc*

Des suivis radars ont été mis en place sur le site d'implantation du parc éolien afin d'estimer l'importance de la Baie de Saint-Brieuc pour les oiseaux migrateurs. Ces suivis ont permis de montrer que l'activité des oiseaux migrateurs en Baie est modérée et que 80% des passereaux volent à une altitude inférieure à la hauteur des pales, réduisant ainsi le risque de collision.



► Quelles sont les espèces concernées ?

Le risque de collision aérienne concerne les oiseaux marins, les oiseaux migrateurs et les chauves-souris.
Les tortues marines et les mammifères marins, et en particulier les cétacés, sont concernés par le risque de collision sous-marine.



► Pour quels effets sur la faune et la flore marine ?

Qu'elles soient sous-marines ou aériennes, les principales conséquences des collisions sont des lésions physiques (contusions, fractures, œdèmes, etc.) qui, en fonction de leur gravité, peuvent conduire à la mort des individus.

Dans le cas des collisions aériennes, le risque est plus important lorsque les parcs éoliens sont implantés à proximité de zones fortement fréquentées par des oiseaux (sites de reproduction, d'alimentation, de repos, corridors migratoires, etc.).

Quelques exemples pour
ÉVITER / RÉDUIRE /
COMPENSER / SUIVRE
ces effets



ÉVITER

Localiser le projet à distance des zones de fréquentation d'espèces protégées ou à fort enjeu.

RÉDUIRE

Réduire le dérangement des espèces cibles en informant et adaptant les travaux.

COMPENSER

Créer ou renaturer des habitats favorables aux espèces cibles.

SUIVRE

Suivre l'avifaune (oiseaux et chauves-souris) et la mégafaune marine (mammifères et tortues) pour étudier leur comportement afin d'évaluer la distribution et la densité sur le site du projet.

EN BREF

Deux types de collision peuvent survenir au sein des parcs éoliens. Le risque de collision sous-marine dû au trafic maritime est un phénomène connu. Cet enjeu n'est pas spécifique à l'éolien en mer. En revanche, le risque de collision aérienne est considéré comme spécifique au développement des parcs. Le risque de collision varie fortement d'une espèce à l'autre et dépend d'un ensemble de paramètres qui rend l'étude des collisions complexe et propre à chaque site : hauteur des éoliennes, position des éoliennes les unes par rapport aux autres au sein du parc, fréquentation du site, etc. L'enjeu pour cette thématique est majeur et explique les nombreuses mesures ERC-S mises en place en France et en Europe pour réduire les risques de collision.



ENJEU
MAJEUR



PRESSION
CLÉ

#12 OBSTACLE AU MOUVEMENT

Comment caractérise-t-on un obstacle au mouvement ?

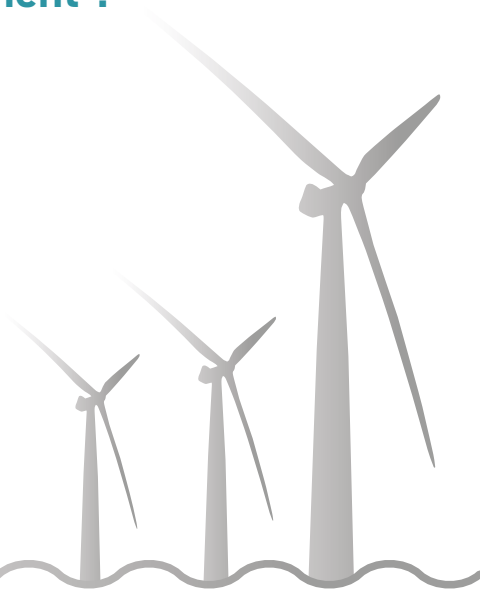
Un obstacle au mouvement se définit par la présence d'un objet naturel (un tronc d'arbre sur une rivière par exemple) ou d'origine humaine (un barrage ou une digue par exemple) qui va venir obstruer, de façon totale ou partielle, un espace libre. La présence de cet obstacle va induire une modification du comportement des espèces qui devront se déplacer pour éviter et contourner cet obstacle.

Comment les parcs éoliens en mer peuvent-ils constituer un obstacle au mouvement ?



Pendant l'exploitation

L'obstacle au mouvement résulte de la présence du parc éolien en tant que tel et sera dû à la présence des infrastructures en elles-mêmes sous l'eau (fondations, câbles, lignes d'ancrage) et en milieu aérien (mât, pales d'éolienne, poste électrique).



Qu'observe-t-on au sein des parcs éoliens déjà en activité ?

DANEMARK ► Parc éolien posé *Tuno Knob*

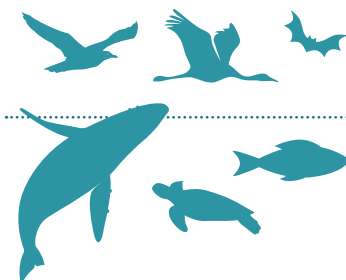
L'étude menée sur le comportement d'un canard migrateur (Eider à duvet) au sein du parc *Tuno Knob* a mis en évidence que la présence du parc éolien les avait contraints à dévier leur trajectoire d'environ 500 mètres. La distance totale de migration de ces canards étant estimée à plus de 1400 km pour la population étudiée, les conséquences de l'évitement du parc éolien sur cette population ont été jugées négligeables.



► Quelles sont les espèces concernées ?

En milieu aérien, l'obstacle au mouvement concerne les oiseaux marins, les oiseaux migrateurs et les chauves-souris.

Sous l'eau, ce sont principalement les mammifères marins et les tortues marines ainsi que les poissons de grandes tailles.



► Pour quels effets sur la faune et la flore marine ?

Qu'elles soient sous-marines ou aériennes, les principales conséquences de l'obstacle au mouvement sont une modification du comportement. Certaines espèces vont modifier leur trajectoire d'origine pour contourner le parc éolien qu'elles considèrent comme un obstacle à leur déplacement.

Quelques exemples pour
ÉVITER / RÉDUIRE /
COMPENSER / SUIVRE
ces effets

ÉVITER
Éviter les sites à enjeux environnementaux majeurs du territoire.

RÉDUIRE
Adapter la localisation, l'espacement et l'orientation des éoliennes lors de la conception pour réduire le risque de collision.

COMPENSER
Restaurer des corridors écologiques.

SUIVRE
Suivre l'avifaune (oiseaux et chauves-souris) pour étudier leur comportement afin d'évaluer la distribution et la densité d'oiseaux sur le site du projet.

29

EN BREF

La présence des parcs éoliens en mer constitue en soi un obstacle au mouvement de certaines espèces qui adaptent leur trajectoire ou modifient leur comportement.

• • •
▶ ▶ ▶
**ENJEU
NON-PRIORITAIRE**
au regard des autres
pressions générées par les
parcs éoliens

#13 ENCHEVÊTREMENT

Qu'est-ce que l'enchevêtrement ?

On parle d'enchevêtrement lorsqu'un animal se retrouve prisonnier d'un objet flexible et résistant comme un câble, une corde ou un filet.

En milieu marin, il existe deux types d'enchevêtrement :

1. Un enchevêtrement dit « primaire » où les animaux vont directement se prendre dans une corde ou une ligne d'ancrage.
2. Un enchevêtrement dit « secondaire », où les animaux peuvent se retrouver piégés dans des filets ou des déchets qui se sont eux-mêmes emmêlés dans une corde ou une ligne d'ancrage.

Comment les parcs éoliens en mer peuvent-ils présenter un risque d'enchevêtrement ?



Pendant l'exploitation

Les lignes d'ancrage et les câbles traversant la colonne d'eau présentent un risque d'enchevêtrement « primaire ». Cela concerne uniquement les parcs éoliens flottants.

Le risque d'enchevêtrement « secondaire » concerne l'ensemble des infrastructures installées en mer (fondations, systèmes de protection, lignes d'ancrage, etc.) susceptibles de servir de support à des déchets marins de type filets ou cordes abandonnés/perdus.



Qu'observe-t-on au sein des parcs éoliens déjà en activité ?

ÉCOSSE ► Parc éolien flottant *Hywind Scotland*

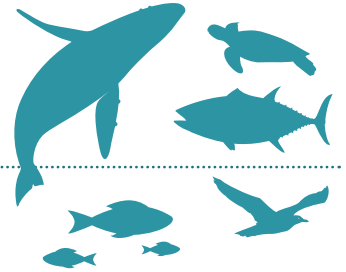
Depuis sa mise en exploitation en 2017, aucun enchevêtrement de grands cétacés dans les lignes d'ancrage ou dans les câbles n'a été signalé au sein du parc éolien flottant *Hywind Scotland* en Écosse. Par ailleurs, aucun enchevêtrement n'a été constaté au cours de ces dernières décennies dans les amarres ou toutes autres infrastructures associées à l'industrie en mer dont les systèmes d'ancrage sont similaires à ceux envisagés pour les parcs éoliens flottants.



► Quelles sont les espèces concernées ?

Le risque d'enchevêtrement primaire concerne principalement les individus de grande taille comme les mammifères marins, les tortues et les grands poissons.

Le risque d'enchevêtrement secondaire concerne un plus grand nombre d'espèces incluant des poissons de plus petite taille et certains oiseaux marins.



► Pour quels effets sur la faune et la flore ?

Qu'elle soit primaire ou secondaire, la principale conséquence de l'enchevêtrement est une restriction des mouvements, qui peut conduire à la mort des individus.

Quelques exemples pour
ÉVITER / RÉDUIRE /
COMPENSER / SUIVRE
ces effets



ÉVITER

Redéfinir les caractéristiques du projet en termes d'ampleur (dimension des lignes d'ancrage).

RÉDUIRE

Mettre en place un protocole de nettoyage des déchets sur les lignes d'ancrage pour limiter les risques d'enchevêtrement secondaire.

COMPENSER

Améliorer la quiétude des mammifères marins par la mise en place de campagnes de sensibilisation sur le comportement et le mode de vie des mammifères marins pour mieux les protéger.

SUIVRE

Suivre les mammifères marins par acoustique passive pour obtenir des informations sur la fréquentation de la zone par les mammifères marins.

EN BREF

Compte tenu des caractéristiques techniques des câbles et des lignes d'ancrage, le risque d'enchevêtrement primaire au sein des parcs éoliens flottants est jugé peu probable et l'enjeu considéré faible. Le risque d'enchevêtrement secondaire dans des déchets marins piégés par les infrastructures est considéré comme non négligeable au regard de l'impact des déchets marins déjà observé sur la mégafaune marine.



ENJEU NON-PRIORITAIRE

au regard des autres pressions générées par les parcs éoliens

BIBLIOGRAPHIE

- Ahlén I., Baagoe H.J., Bach L., (2009)** : *Behavior of Scandinavian bats during migration and foraging at sea*. In: Journal of Mammalogy, Vol 90, Issue 6, pp 1318-1323.
- Albert L., Deschamps F., Jolivet A., Olivier F., Chauvaud L., Chauvaud S., (2020)** : *A current synthesis on the effects of electric and magnetic fields emitted by submarine power cables on invertebrates*. In Marine Environmental Research 159:104958., 16p.
- Band W.M., Madders, Whitfield D.P., (2007)** : *Developing field and analytical methods to assess avian collision risk at wind farms*. In: De Lucas, M., Janss, G. and Ferrer, M., Eds., Birds and Wind Power, Quercus Editions, Madrid, pp 259-275.
- Benjamins S., Harnois V., Smith H.C.M., Johanning L., Greenhill L., Carter C., Wilson B., (2014)** : *Understanding the potential for marine megafauna entanglement risk from renewable marine energy developments*. Scottish Natural Heritage Commissioned Report No. 791. 95p.
- Blew J., Hoffmann M., Nehls G., Henning V., (2008)** : *Investigations of the bird collision risk and the response of harbor porpoise in the offshore wind farms Horns Rev, North Sea and Nysted, Baltic Sea in Denmark*. German Federal Ministry for the Environment. Final report., 146p.
- Bon C., Couturier L., Quillien N., (à paraître)** : *Etat des lieux des connaissances et des moyens d'observation de l'écosystème du golfe du Lion*. ECOSYSM-EOF, Projet d'observatoire des écosystèmes marins du golfe du Lion en interactions avec les parcs éoliens offshore flottants (EOF). TVT / Pôle Mer Méditerranée, 136p. (version provisoire)
- Brabant R., Laurent Y., Poerink B.J., Degraer S., (2019)** : *Activity and behaviour of *Nathusius pipistrelle* and *Pipistrellus nathusii* at low and high altitude in a North Sea offshore wind farm*. In Acta chiropterologica. Vol 21 (2:8), pp. 341-348
- Carlier A., Vogel C., Alemany J., (2019)** : *Synthèse des connaissances sur les impacts des câbles électriques sous-marins : phases de travaux et d'exploitation*. Rapport IFREMER. 99 pp. + Annexes
- Cresci A., Perrichon P., Durif C.M.F., Sorhus E., Johnsen E., Bjelland R., Larsen T., Skiftesvik A.B., Browman H.I., (2022)** : *Magnetic fields generated by the DC cables of offshore wind farms have no effect on spatial distribution or swimming behavior of lesser sandeel larvae (*Ammodytes marinus*)*. In Marine Environmental Research 176:105609, 6p.
- Cook A.S.C.P., Humphreys E.M., Bennet F., Masden E.A., Burton N.H.K., (2018)** : *Quantifying avian avoidance of offshore wind turbines : Current evidence and key knowledge gaps*. In Marine Environmental Research 140, 278-288. 11p.
- Coolen J., Lengkeek W., Degraer S., Kerckhof F., Kirkwood R., Lindeboom H., (2016)** : *Distribution of the invasive *Caprella mutica* and native *Caprella linearis* on artificial hard substrates in the North Sea : separation by habitat*. In Aquatic Invasions, 11(4), 437-449. doi:10.3391/ai.2016.11.4.08
- Copping A., Gear M., (2018)** : *Humpback Whale encounter with offshore wind mooring lines and inter-array cables*. OCS Study BOEM 2018-065. Bureau of Ocean Energy Management under an Interagency Agreement with the U.S. Department of Energy Contract DE-AC05-76RL01830/BOEM Interagency Agreement M17PG00047. 34p.
- Copping A.E., (2020a)** : *Changes in Oceanographic systems*. In A.E. Copping and L.G. Hemery (Eds.), OES-Environmental 2020 State of the Science Report: Environmental Effects of Marine Renewable Energy Development Around the World. Report for Ocean Energy Systems (OES). DOI:10.2172/1632880
- Copping A.E., (2020b)** : *Electromagnetic fields*. In A.E. Copping and L.G. Hemery (Eds.), OES-Environmental 2020 State of the Science Report: Environmental Effects of Marine Renewable Energy Development Around the World. Report for Ocean Energy Systems (OES). DOI:10.2172/1632880
- Copping A.E., (2020c)** : *Entanglement Risk*. In A.E. Copping and L.G. Hemery (Eds.), OES-Environmental 2020 State of the Science Report: Environmental Effects of Marine Renewable Energy Development Around the World. Report for Ocean Energy Systems (OES). DOI:10.2172/1632880
- Copping A.E., (2020d)** : *Summary and Path forward*. In A.E. Copping and L.G. Hemery (Eds.), OES-Environmental 2020 State of the Science Report: Environmental Effects of Marine Renewable Energy Development Around the World. Report for Ocean Energy Systems (OES). (pp. 280-292). doi:10.2172/1633209

Couturier L., Lecaillon G., Lenfant P., Thiriet P., (2022) : *L'effet récif induit par les parcs éoliens et leur raccordement*. Bulletin COME3T n°3, 16p.

De Mesel I., Kerckhof F., Norro A., Rumes B., Degraer S., (2015) : *Succession and seasonal dynamics of the epifauna community on offshore wind farm foundations and their role as steppingstones for non-indigenous species*. In *Hydrobiologia* 756, pp37-50.

Defingou M., Bils F., Horchler B., Liesenjohann T., Nehls., (2019) : *PHAROS4MPAs, A review of solutions to avoid and mitigate environmental impacts of offshore windfarms*. BioConsult SH on behalf of WWF France, p.279

Degraer S., Brabant R., Rumes B., Vigin L. (eds). (2018) : *Spheres of Influence*. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, 136 p.

Degraer S., Brabant R., Rumes B., Vigin L., (eds). (2019) : *Environmental Impacts of Offshore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea : Marking a Decade of Monitoring, Research and Innovation*. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, 134 p.

Degraer S., Carey D.A., Joop W.P.C., Hutchison Z.L., Kerckhof F., Rumes B., Vanaverbeke J., (2020) : *Offshore wind farm artificial reefs affect ecosystem structure and functioning*. In *Oceanography*. Vol 33, N4. Special issue on understanding the effects of offshore wind energy development on Fisheries, pp 48-57.

Degraer S., Brabant R., Rumes B., Vigin L., (eds). (2021) : *Environmental impacts of offshore wind farms in the Belgian Part of the North Sea. Attraction, avoidance and habitat use at various spatial scales. Memoirs on the Marine Environment*. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, 140pp.

Floeter J., Beusekom J.E.E.van., Auch D., Callies U., Carpenter J., Dudeck T., Eberle S., Eckhardt A., Gloe D., Haenselmann K., Hufnagl M., Janssen S., Lenhart H., Moeller K.O., North R.P., Pohlmann T., Riethmueler R., Schulz S., Spreizenbarth S., Temming A., Walter B., Zielinski O., Moellmann C., (2017) : *Pelagic effects of offshore wind farm foundations in the stratified North Sea*. In: *Progress in Oceanography*. Elsevier., 37p. DOI: 10.1016/j.pocean.2017.07.003

Furness R.W., Wade H.M., Masden E.A., (2013) : *Assessing vulnerability of marine bird population to offshore wind farms*. In *Journal of Environmental Management* 119, 56-66. 11p.

Garavelli L., (2020) : *Encounters of Marine Animals with Marine Renewable Energy Device Mooring Systems and Subsea Cables*. In A.E. Copping and L.G. Hemery (Eds.), OES-Environmental 2020 State of the Science Report: Environmental Effects of Marine Renewable Energy Development Around the World. Report for Ocean Energy Systems (OES). (pp. 146-153). doi:10.2172/1633184

Gervaise C., Lossent J., Gigou A., (2021) : *Synthèse de la connaissance scientifique sur les effets sonores des éoliennes flottantes sur la faune marine; contribution au débat public sur le projet de parcs commerciaux d'éoliennes flottantes en Méditerranée française*. 52p + annexes

Gill A.B., Desender M., (2020) : *Risk to Animals from Electromagnetic Fields Emitted by Electric Cables and Marine Renewable Energy Devices*. In A.E. Copping and L.G. Hemery (Eds.), OES-Environmental 2020 State of the Science Report: Environmental Effects of Marine Renewable Energy Development Around the World. Report for Ocean Energy Systems (OES). (pp. 86-103). doi:10.2172/1633091

Hemery L.G., (2020) : *Changes in Benthic and Pelagic Habitats Caused by Marine Renewable Energy Devices*. In A.E. Copping and L.G. Hemery (Eds.), OES-Environmental 2020 State of the Science Report: Environmental Effects of Marine Renewable Energy Development Around the World. Report for Ocean Energy Systems (OES). (pp. 104-125). doi:10.2172/1633185

Henry S., Assali C., Alloncle N., Campillos-Llanos M., Cervera-Nuñez C., Gutierrez E., Prevot J., (2022a) : *Knowledge synthesis about interactions between Mediterranean ecosystems and offshore floating windfarm in the Gulf of Lion*. EU Project Grant No EASME/887390/MSPMED/EMFF-MSP-2019. Towards the operational implementation of MSP in our common MEDiterranean sea (MSPMED). OFB, 58p + annexes

Henry S., Ceyac L., Le Courtois F., Martinez L., Couturier L., Heerah K., (2022b) : *Pour étudier l'effet du bruit émis par les projets éoliens en phase de construction et d'exploitation sur les écosystèmes marins, est-il pertinent de travailler sur quelques taxons ?* Bulletin COME3T n°5, 12p

Hutchison Z.L., Gill A.B., Sigray P., He Haibo., King J.W., (2020) : *Anthropogenic electromagnetic fields (EMF) influence the behaviour of bottom-dwelling marine species*. In *Scientific reports, Nature Research* 10(4219), 15p.

ICES, (2019) : *Working Group on Marine Benthic Renewable Developments (WGMBRED)*. ICES Scientific Reports. 1:6. 95pp.

- Jakubowska M., Greszkiewicz M., Fey D.P., Otremba Z., Urban-Malinga B., Andrulewicz E., (2021) :** *Effects of magnetic fields related to submarine power cables on the behaviour of larval rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)*. Mar. Freshw. Res. 72, 1196–1207.
- Jiang Z., Huang Y., Xu X., Liao Y., Shou L., Liu J., Chen Q., Zeng J., (2010) :** *Advance in the toxic effects of petroleum water accommodated fraction on marine plankton*. Acta Ecologica Sinica 30:8–15.
- Johanning L., Smith G.H., (2008) :** *Station keeping study for WEC devICES including compliant chain, compliant hybrid and taut arrangement*. 27th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering. Estoril, Portugal, 15th Jun – 20th Jun 2008, OMAE 2008
- Kirchgeog T., Weinberg I., Hörning 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*. In Marine Pollution Bulletin 136, pp. 257-268
- Kjelland M.E., Woodley C.M., Swannack T.M., Smith D.L., (2015) :** *A review of the potential effects of suspended sediment on fishes: potential dredging-related physiological, behavioral, and transgenerational implications*. In Environ Syst Decis 35. pp 334-350
- Kropp R.K., (2013) :** *Biological and existing data analysis to inform risk of collision and entanglement hypothes. Environmental effects of marine and hydrokinetic energy*. Pacific Northwest National Laboratory. 42p.
- Lagerveld S., Noort C.A., Meesters L., Bach L., Bach P., Geelhoed S.C.V., (2020) :** *Assessing fatality risk of bats at offshore wind turbines*. Wageningen Marine Research report C025/20, 39p.
- Lalancette S., (2019) :** *Analyse économique de l’empreinte territoriale des projets d’énergies marines renouvelables – Le cas de l’éolien posé en mer en Bretagne*. Thèse de doctorat de l’Université de Bretagne Occidentale. UMR AMURE., 195p.
- Lawson M., Jenne D., Thresher R., Houck D., Wimsatt J., Straw B., (2020) :** *An investigation into the potential for wind turbines to cause barotrauma in bats*. In Plos One 15(12):e0242485, 24p.
- Leyris J., (2002) :** *Suivi environnemental et étude de l’influence de l’éolien en mer sur les déplacements de la Sterne caugek au large des côtes du Norfolk*. Actes du séminaire éolien et biodiversité, 17 et 18 novembre 2021, Paris, France, LPO. 34p.
- Lieber L., Langrock R., Nimmo-Smith W.A., (2021) :** *A bird’s-eye view on turbulence : seabird foraging associations with evolving surface flow features*. In Royal society publishing 288:20210592, 10p.
- Lohmann K.J., Lohmann C.M.F., Endres C.S., (2008) :** *The sensory ecology of ocean navigation*. In The Journal of Experimental Biology 211, pp 1719-1728
- Masden E.A., Haydon D.T., Fox A.D., Furness R.W., Bullman R., Desholm M., (2009) :** *Barriers to movement: impacts of wind farms on migrating birds*. ICES J. Mar. Sci. 66, pp 746–753.
- Maxwell S.M., Kershaw F., Locke C.C., Conners M.G., Dwason C., Aylesworth S., Loomis R., Johnson A.F., (2022) :** *Potential impacts of floating wind turbines technology for marine species and habitats*. In Journal of Environmental Management 307 (2022): 114577, 15p.
- May R., Hamre O., Vang R., Nygard T., (2012) :** *Evaluation of the DTBird video-system at the Smøla wind-power plant. Detection capabilities for capturing near-turbine avian behaviour*. Nr. NINA Report 910, Norwegian Institute for Nature Research/Trondheim (NOR), S: 27.
- Michelet N., Julian N., Duarte R., Burgeot T., Amouroux I., Dallet M., Caplat C., Gonzalez J.L., Garreau P., Aragon E., Perrin F.X., Safi G., (2020) :** *Recommendations for the quantitative assessment of metal inputs in the marine environment from the galvanic anodes of offshore renewable energy structures*. Ed France Energies Marines, 34p.
- Moulin C., Beslin S., (2012) :** *Pressions physiques et impacts associés : interférences avec des processus hydrologiques – Modification du régime thermique. Pressions et impacts Manche – mer du Nord*. Etat initial de la DCSMM., 16p.
- Mooney T.A., Andersson M.H., Stanley J., (2020) :** *Acoustic impacts of offshore wind energy on Fishery resources : An evolving source and varied effects across a wind farm’s lifetime*. In Oceanography 33(4):82-95, 14p.
- Nelms SE., Piniak W.E.D., Weir C.R., Godley B.J., (2016) :** *Seismic surveys and marine turtles: An underestimated global threat?* In. Biological Conservation 193:49–65.
- Nexer M., Ben Rais Lasram F., Bourgougnon N., Del Amo Y., Gillet P., Le Loc’h F., Lejart M., Massé C., Quillien N., Taormina B., (2019) :** *La colonisation des parcs d’énergies marines renouvelables facilite-t-elle l’introduction et la propagation d’espèces non indigènes ?* Bulletin COMEST n°2, 12p

Nightingale B., Longcore T., Simenstad C.A., (2006) : *Artificial night lighting and fishes*. In: Rich C, Longcore T (eds) *Artificial night lighting and fishes*, Island Press. Island Press Washington, DC, Washington, D.C., pp 257-276

OES-Environmental, (2022) : *Marine renewable energy, an introduction to environmental effects*. 24p.

Persohn C., Helloco L., Baudinière E., Martinez L., (2020) : *Préconisations pour limiter les impacts des émissions acoustiques en mer d'origine anthropique sur la faune marine*. Rapp. Du Ministère de la transition écologique et solidaire, 212p.

Popper A.N., Hawkins A.D., (2019a) : *An overview of fish bioacoustics and the impacts of anthropogenic sounds on fishes*. *J Fish Biol* 94:692-713.

Popper A.N., Hawkins A.D., Sand O., Sisneros J.A., (2019b) : *Examining the hearing abilities of fishes*. *The Journal of the Acoustical Society of America* 146:948-955.

Quillien N., Lejart M., Damblans G., (2018) : *Atlas bibliographique du biofouling des façades maritimes françaises dans un contexte d'énergies marines renouvelables*. FEM, 2018, 76p.

Ramirez L., Brindley G., (2022) : *Offshore wind energy 2021 statistics*. WindEurope market intelligence. p52.

Reynaud M., Le Bourhis E., Soulard T., Perignon Y., (2021) : *Rapport de suivi environnemental de l'éolienne flottante FLOATGEN, site d'essai SEM-REV*. 87p.

Russell D.J.F., Brasseur S.M.J.M., Thompson D., Hasstie G.D., Janik V.M., Aarts G., McClintock B.T., Matthiopoulos J., Moss S.E.W., McConnell B., (2014) : *Marine mammals trace anthropogenic structures at sea*. In. *Current Biology* 24(14), 638-639

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**. In *Marine Poll. Bull.* 131(A), pp. 580-588

Skov H., Heinänen S., Norman T., Ward R.M., Méndez-Roldán S., Ellis I., (2018) : *ORJIP Bird collision and avoidance study*. Final report (april 2018). The Carbon trust. UK. 247p.

Taormina B., Bald J., Want A., Thouzeau G., Lejart M., Desroy N., Carlier A., (2018) : *A review of potential impacts of submarine power cables on the marine environment: Knowledge gaps, recommendations and future directions*. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 96, pp380-399

Taormina B., Quillien N., Lejart M., Carlier A., Desroy N., Laurans M., D'Eu J.F., Reynaud M., Perignon Y., Erussard H., Derrien-Courtrel S., Le Gal A., Derrien R., Jolivet A., Chauvaud S., Degret V., Saffroy D., Pagot J.P., Barillier A., (2020) : *Caractérisation des impacts potentiels des câbles électriques sous-marins associés aux projets d'énergies marines renouvelables*. Plouzané : France Energies Marines Editions, 74 p.

Thums M., Whitting S.D., Reisser J., Pendoley K.L., Pattiaratchi C.B., Proietti M., Hetzel Y., Fisher R., Meekan M.G., (2016) : *Artificial light on water attracts turtle hatchlings during their near shore transit*. In *R. Soc. Open sci.* 3:160142, 12p.

Tyrrell M.C., Byers J.E., (2007) : *Do artificial substrates favor nonindigenous fouling species over native species?* *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 342(1): 54-60

Van Berkel J., Burchard H., Christensen A., Mortensen L.O., Svenstrup Petersen O., Thomsen F., (2020) : *The effects of offshore wind farms on hydrodynamics and implications for fishes*. In *Ocean. Soc. Vol 33(4)*. Special issues on understanding the effects of offshore wind energy development on Fisheries, pp 108-117



Wenger A.S., Harvey E., Wilson S., Rawson C., Newman S.J., Clarke D., Saunders B.J., Browne N., Travers M.J., Mcilwain J.L., Erfteimeijer P.L.A., Hobbs J.P.A., McLean D., Depczynski M., Evans R.D., (2016) : *A critical analysis of the direct effects of dredging on fish*. In *Fish and Fisheries*, 18, pp 967-985.

Westberg H., Bégout M.L., (2000) : *Orientation of silver eel (*Anguilla anguilla*) in a disturbed geomagnetic field*. In *Advances in Fish telemetry. Proceedings of the 3rd Conference on Fish telemetry*, pp149-158



France Renouvelables

5, avenue de la République – 75011 Paris
contact@france-renouvelables.fr

 @f_renouvelables  france-renouvelables
www.france-renouvelables.fr

Syndicat des énergies renouvelables (SER)

40-42 rue La Boétie – 75008 Paris
contact@enr.fr

 @ser_enr  syndicat-des-énergies-renouvelables
www.enr.fr