



BIODIVERSITÉ ET ÉOLIEN *OFFSHORE*

Impacts des installations éoliennes en mer sur la biodiversité
et recommandations pour l'évaluation des risques

Depuis le déploiement des premières installations éoliennes en mer, dites *offshore*, des controverses sont nées autour de leurs coûts et bénéfices économiques et environnementaux.

De nombreux travaux de recherche se sont donc efforcés d'évaluer les impacts, positifs ou négatifs, de ces dispositifs sur la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes marins, générant une abondante littérature. Ces impacts sont très variables et différents selon le cycle de vie de l'installation, l'emplacement, le type de turbine employée, le type de fondations et d'ancrages, les structures annexes associées et les espèces présentes qui interagissent avec ces infrastructures. Ces installations sont principalement situées dans des parcs éoliens, plus ou moins étendus, à plus ou moins grande distance des côtes. Or, les territoires côtiers sont à la fois des zones de forte biodiversité, mais aussi des zones culturellement riches et où le partage des usages des terres, de la mer et des ressources est un réel enjeu.



Impacts de l'éolien *offshore* : de quoi parle-t-on ?

Si la production d'énergie *offshore* renouvelables participent à l'accroissement global des activités humaines dans les habitats marins elle a également à la fois des effets positifs et négatifs sur les écosystèmes marins qui, par leur intensité, leur durée ou leur gravité, provoquent des changements significatifs sur la biodiversité.

De nombreux travaux de recherche se sont efforcés d'évaluer ces impacts sur la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes marins.

Les installations éoliennes *offshore* impactent les trois dimensions importantes de l'intégrité écologique d'un écosystème, à savoir :

- sa **composition** (impact sur différents groupes biologiques comme les poissons, les oiseaux etc.) ;
- sa **structure** (impact sur les habitats, homogénéisation biotique, etc) ;
- ses **fonctions** (impacts sur les interactions entre espèces, leur capacité d'adaptation, etc.).

Parmi les pressions les plus fréquentes exercées par ces installations, on retrouve les perturbations biologiques, sonores et physiques, l'apport d'énergie (y compris champs électromagnétiques), les pertes physiques, de nutriments, de matières organiques ou d'autres substances inorganiques, les changements hydrologiques, ou encore les espèces non indigènes.

Les impacts les mieux documentés sont le plus souvent négatifs et concernent les impacts sur les espèces, en particulier les oiseaux et mammifères marins, ainsi que sur la structure des écosystèmes. Les impacts sur les fonctions écosystémiques peuvent être à la fois positifs

et négatifs, mais sont en général encore peu documentés (voir figure ci-après).

→ L'intensité et la nature des impacts des installations éoliennes *offshores* varie en fonction :

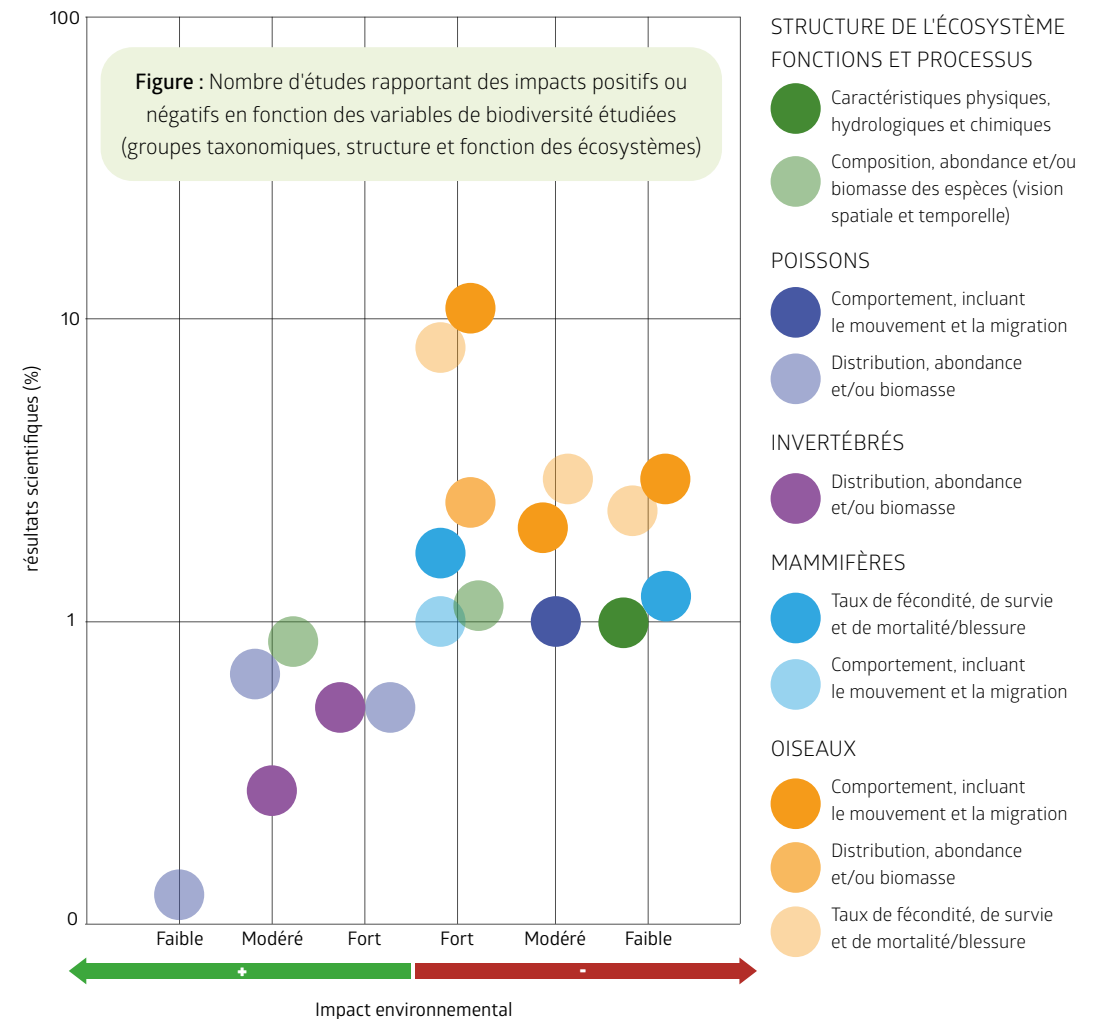
- du cycle de vie de l'installation, son emplacement, le type de turbine employé, de fondation et d'ancrage, les structures annexes associées ;
- des espèces présentes, de leur vulnérabilité (par exemple oiseaux migrateurs), de l'état de la biodiversité et de sa résilience ;
- de la proximité ou non d'autres parcs éoliens, d'aires protégées, d'autres activités humaines de proximité, des stratégies de développement local ;
- de la perception des milieux naturels par les usagers de la mer et des régulateurs ;
- de l'adaptabilité des bénéficiaires de services aux impacts dus aux parcs éoliens ;
- des impacts synergiques potentiels d'autres pressions.

Tous ces éléments doivent être pris en considération et articulés.



→ Zoom sur les impacts peu documentés

Il existe des lacunes de connaissance considérables sur les impacts écologiques des éoliennes. De manière générale, les impacts positifs des installations éoliennes *offshore* sont les moins documentés. Il manque également des informations précises sur l'impact des pressions cumulées mais aussi sur les poissons, les invertébrés et les services écosystémiques, pouvant être positifs ou négatifs.



LES IMPACTS SUR LES ESPÈCES VIVANTES

Les installations éoliennes ont un impact négatif pendant la phase d'installation, dû au chantier et à ses nuisances, mais peuvent ensuite avoir des impacts positifs pour certaines espèces marines. En effet, elles constituent des supports durs favorables à l'installation de moules, d'amphipodes, d'anémones, qui vont créer un récif secondaire qui à son tour attire des espèces prédatrices mobiles de plus en plus grande au cours du temps telles que les morues, chinchards, maquereaux, tacauds, marsouins communs, phoques communs ou grands dauphins, voire des espèces rares comme les balanes, balistes gris, coraux. Le groupe pour lequel l'impact est le plus fréquemment négatif est celui des oiseaux, avec des mortalités du même type que leurs cousines terrestres, guillemots, fous de bassans, mouettes tridactyles, mouettes

pygmées, sternes, bernaches etc. Cependant certains oiseaux tels que les goéléands argentés, cormorans en tirent également profit.

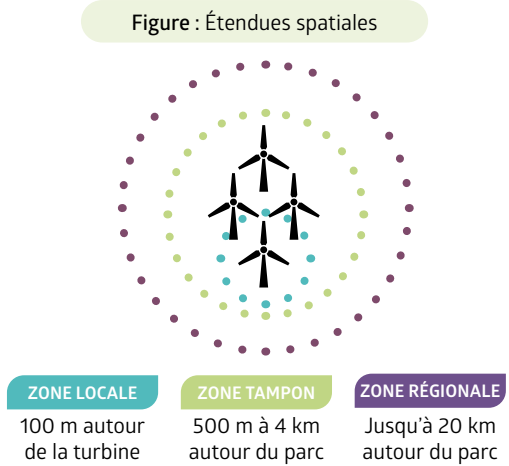


Tableau : Typologie des pressions exercées par les installations éoliennes marines sur la biodiversité en fonctions des différentes phases de déploiement

PHASE DE CONSTRUCTION	
Pressions	Impacts sur les espèces
Réarrangement du benthos, augmentation de la turbidité, modification des flux de matières organiques et de détritus : Modification de l'écosystème	Possible anoxie benthique, c'est-à-dire une absence d'oxygène dans les fonds marins, baisse des niveaux de lumière pour les producteurs primaires, dommages physiques aux filtreurs et aux suspensivores et étouffement des oeufs pour les consommateurs secondaires et tertiaires. Étendue spatiale des pressions : Zone locale
Creusement et concassage des fonds marins lors des fondations et du passage des câbles : Modification de l'écosystème	Mortalité de l'endofaune (faune vivant à l'intérieur du sédiment) et des espèces sessiles (fixées sur un substrat) et perte d'habitats. Effets comportementaux chez les espèces capables de s'éloigner du chantier : stress et évitement. Perte de plus de 27 % des producteurs primaires et des groupes de consommateurs primaires. Étendue spatiale des pressions : Zone régionale

Battage des pieux lors des fondation : Pollutions sonores et vibrations	Effets comportementaux chez les groupes d'espèces les plus sensibles (prédateurs supérieurs, notamment mammifères marins, et certaines espèces de poissons et de crustacés dans une moindre mesure) : Dommages physiques et stress, comportements d'évitement de la zone de construction et modifications de leur répartition. Étendue spatiale des pressions : Zone tampon
--	---

PHASE D'EXPLOITATION	
Pressions	Impacts sur les espèces
Collisions avec les mâts et les pâles des éoliennes	Mortalité d'oiseaux et de chiroptères. Étendue spatiale des pressions : Zone locale
Effet barrière : Évitement, exclusion	Effets comportementaux chez des espèces migratrices de poissons, d'oiseaux et de mammifères marins : Modification des voies de migration, réduction des aires d'alimentation, suppression de haltes migratoires. Accroissement des dépenses énergétiques et risques de mortalité indirectes de ces espèces qui cherchent à éviter ces zones sur une longue distance (jusqu'à 3 km). Étendue spatiale des pressions : Zone régionale
Effet récif : nouveaux supports de colonisation et nouveaux habitats favorables aux espèces à substrat dur	Affecte l'ensemble du réseau trophique : Changements dans la structure des communautés, évolution vers un écosystème plus complexe avec augmentation de la diversité et de la biomasse des bivalves filtreurs et des poissons pélagiques, aggrégation des grands prédateurs et une prédation accrue. Un effet de tremplin pour les espèces de substrat dur non indigènes peut également être observé. Étendue spatiale des pressions : Zone locale
Effet réserve dû à la limitation de la pêche	Effet positif pour les espèces cibles des pêcheries avec, à long terme, un effet d'entraînement écologique avec augmentation de la biomasse piscicole autour du parc. Étendue spatiale des pressions : Zone tampon
Changement des habitats fonctionnels	Modification du comportement chez certaines espèces de substrat meuble (endofaune, certains producteurs primaires) et certains oiseaux plongeurs et de surface. Étendue spatiale des pressions : Zones locale et tampon
Pollutions sonores et vibrations dues aux rotation des pâles	Dérangement de certaines espèces de macroinvertébrés (crustacés), de poissons, de mammifères marins et d'oiseaux. Étendue spatiale des pressions : Zones locale et régionale
Pollutions lumineuses : Lumières et ombres	Modification du comportement chez certaines espèces de poissons, d'oiseaux et de chiroptères. Étendue spatiale des pressions : Zones locale et régionale

LES IMPACTS SUR LES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES

Il est reconnu que l'approvisionnement en services écosystémiques est positivement corrélé à la biodiversité.

→ Les services écosystémiques sont des avantages que les humains retirent des écosystèmes fonctionnels pour assurer leur bien-être. Ils sont classés en quatre grandes catégories :

- les **services de production de biomasse** : le bois, l'alimentation, les fibres ;
- les **services culturels** : les paysages, l'identité, le bien-être ;
- les **services de régulation** : de la qualité de l'air, de l'eau, du changement climatique, des événements extrêmes, des pathogènes ;
- les **services de support** : la création d'habitats fonctionnels, la formation et la fertilité du sol, la pollinisation, les grands cycles des éléments chimiques, etc.

Les scientifiques estiment que tous les services écosystémiques sont impactés par les installations éoliennes pendant la phase de construction et d'exploitation. Ces impacts peuvent être positifs (création d'habitat, protection d'espaces, effet de nurserie, fourniture de ressources halieutiques aux zones de pêche adjacentes aux parcs, etc.) ou négatifs, en particulier sur les services culturels du fait de l'altération du paysage.

Les changements induits dans les fonctions de production de l'écosystème perturbent les interactions trophiques. Ces perturbations peuvent également impacter la diversité spécifique ou génétique et provoquer un gain ou une perte de biomasse, incitant les bénéficiaires comme les pêcheurs à adapter leurs pratiques.

Dans ce contexte, le changement de régime de services écosystémiques est principalement causé par l'**effet récif**, c'est-à-dire la capacité d'un substrat dur d'origine anthropique à accueillir des organismes vivants, et l'**effet réserve**. Ces effets, liés à la phase de construction, engendrent à long terme le développement d'un écosystème plus riche et plus complexe que l'écosystème de substrat meuble existant avant la construction. Ces modifications des services écosystémiques se produisent *via* :

- l'**apparition de nouvelles pratiques** comme le tourisme marin et côtier de loisir, éducatif ou culturel ou la diminution, voire **disparition de pratiques existantes** en raison de la restriction de navigation, la limitation de la taille des bateaux, des types d'engins de pêche, l'accès restreint aux épaves et éléments patrimoniaux ;
- une **nouvelle spatialisation des activités**, liée aux nouveaux usages, tel que le tourisme, ou des restrictions d'anciens usages, tels que les zones d'exclusion de pêche ou des reports d'usages ;
- la **modification de la biodiversité et l'accès à cette dernière** ;
- la **modification des valeurs sociales du milieu marin**, telle que la perte de certaines qualités essentielles de la mer, comme le sentiment de nature sauvage, d'espaces ouverts sans aucune structures ou à l'inverse, le développement d'une image de territoire développant les énergies renouvelables ;
- les **pertes ou gains de connaissances ou de compétences**, liées à la pêche par exemple.

QUELS IMPACTS ? SUR QUELS SERVICES ?

Légende :



SERVICES DE PRODUCTION

(x) (+) Perte de plus de 27 % des producteurs et des groupes de consommateurs primaires causée par les activités de creusement et d'écrasement du substrat.

(triangle) (+) L'effet récif, l'effet réserve et le changement d'habitat fonctionnel entraînent une diminution de l'abondance et de la diversité des poissons plats dues à la perte d'une partie de leur habitat de substrat meuble

(triangle) (+) Emigration nette d'espèces depuis les parcs éoliens vers les zones adjacentes avec augmentation de la biomasse d'espèces exploitables. Cet effet dit de "débordement" ou d'"entraînement écologique" est bien documenté pour les aires protégées, mais reste à quantifier pour les réserves plus petites autour des parcs éoliens offshore où les activités humaines persistent et qui, perturbant la biodiversité, pourrait diminuer voire annuler cet effet de débordement.

(triangle) (+) L'effet récif, l'effet réserve et le changement d'habitat fonctionnel entraînent une augmentation globale de l'abondance et de la diversité des poissons pélagiques au sein du parc et à proximité malgré une prédation accrue des prédateurs supérieurs.

SERVICES CULTURELS

(x) (-) La mégafaune marine et l'avifaune évitent la zone, ce qui a un impact négatif sur l'ornithologie et les activités d'observation de ces « espèces charismatiques ».

(triangle) (+) Dans les parcs éoliens, une plus grande production secondaire associée à une plus grande diversité spécifique et génétique favorisent l'installation de grands prédateurs ayant un d'intérêt patrimonial et de ressources halieutiques d'intérêt récréatif.

(triangle) (+) La filtration accrue de l'eau contribue à un paysage marin plus clair et plus attrayant. Le couplage de ces différents effets a un effet positif sur les usages récréatifs potentiels.

SERVICES DE RÉGULATION

(x) (-) Réduction des services de filtration de l'eau, de production et de recyclage des nutriments en raison du réarrangement du benthos et de l'augmentation du taux de mortalité des organismes filtrants.

(triangle) (+) Augmentation des services de filtration de l'eau, de production et de recyclage des nutriments due à augmentation de l'abondance des bivalves filtrants.

→ Accès aux services et compromis

Les changements dans les **services de régulation** affecteront l'offre de **services d'approvisionnement** et de **services culturels**. De même les modifications de valeurs sociales et les mutations associées reconfigurent profondément le fonctionnement des territoires marins-côtiers conduisant potentiellement à des conflits entre les différentes activités humaines maritimes.

RECOMMANDATIONS POUR LA GESTION ET LA PRISE DE DECISION

L'expansion progressive de l'éolien *offshore* pour répondre aux objectifs de production d'énergie fait face à des problèmes techniques, économiques, sociaux et des préoccupations écologiques dans le monde entier.
















Plusieurs défis se posent :




















- le **partage de l'espace océanique entre les acteurs**, qui doit être pris en compte afin d'éviter, ou du moins minimiser, les conflits.
- le **développement d'outils d'évaluation des risques écologiques** qui doivent être davantage intégrés dans les outils d'aide à la décision pour identifier les zones à forte

biodiversité pour y éviter le déploiement d'infrastructures éoliennes *offshore*, mais aussi pour éclairer le processus de consentement.

La recherche d'une absence de dommages environnementaux significatifs lors du développement des installations de production d'énergie *offshore* doit également être accompagné d'une évaluation de la compatibilité des nouveaux projets avec les cibles du Cadre mondial pour la biodiversité, adopté en décembre 2022 à Montréal.

Tableau : recommandations en fonction des cibles du Cadre mondial pour la biodiversité

Cibles du Cadre mondial	Recommandations	Acteurs
Cible 1 Planification spatiale	Processus de concertation participatif, intégré et inclusif, pour la planification de l'espace marin, intégrant les générations futures et la biodiversité.	  
Cible 2 Restauration	Diagnostiquer des zones de grand intérêt écologique en vue de leur protection stricte.	
	Inscrire l'effet récif comme un des objectifs prioritaires de tout projet éolien.	
	Privilégier l'éco-conception et les solutions fondées sur la nature.	
	Réfléchir à la taille du parc et au nombre d'implantation de structures dures pour ne pas transformer trop massivement la zone d'emprise.	 
Cible 3 Aires protégées	Trajectoire de partage de l'espace avec la biodiversité : Inscrire l'effet réserve comme un des objectifs prioritaires du projet.	
Cible 6 Espèces exotiques envahissantes (EEE)	Réduire les milieux attractifs pour les espèces exotiques envahissantes.	 
	Mettre en œuvre des actions pour favoriser la plus grande diversité biologique possible, y compris de potentiels prédateurs ou concurrents.	 
	Restaurer les milieux et réduire les pressions anthropiques.	 

Cible 7 Pollutions	Identifier et évaluer les risques de pollutions impactant la biodiversité pendant la phase d'installation et de fonctionnement des parcs éoliens afin de proposer des plans de réduction de ces pressions et des risques associés.	 
Cible 11 Services de régulation	Prendre en compte les composantes écosystémiques et sociétales dans le diagnostic de l'état des écosystèmes marins et côtiers.	 
	Identifier les paramètres environnementaux et socio-économiques permettant de surveiller les impacts globaux des installations, y compris sur les services écosystémiques.	 
Cible 14 Intégration politique	Améliorer les études d'impacts en respectant la chronologie ERC, en intégrant mieux les connaissances scientifiques dès la conception du projet, en prévoyant des actions correctives pour diminuer les impacts tout au long de la vie des projets).	 
Cible 15 Intégration dans les entreprises	Contrôler les impacts des installations, par des suivis réguliers sur site et par des mises à jour des processus en fonction des nouvelles connaissances scientifiques.	
	Évaluer les impacts sur l'ensemble de la chaîne de valeur et avec une approche systémique (composition, structure et fonction de l'écosystème).	
	Informier régulièrement sur les risques liés aux options de gestion choisies.	
Cible 16 Consommation durable	Être transparent sur la participation du projet à l'empreinte écologique française, participer aux campagnes de réduction des consommations d'énergie et aux projets de recherche caractérisant nos dépendances à la biodiversité.	
Cible 17 Connaissances scientifiques	Participer ou financer des suivis des espèces exotiques envahissantes.	
	Favoriser l'implantation ou le maintien d'espèces rares ou menacées en diminuant les pressions liées à l'activité et participer à l'acquisition de connaissance sur ces espèces (suivis, études, projets de recherche).	 
	Favoriser une trajectoire de préservation de la biodiversité par l'aménagement de zones multi-activités et de grandes zones en protection forte.	
Cible 22 Équité, inclusivité, participation	Tenir compte de l'impact des parcs, y compris en termes de perte de services écosystémiques, d'accès aux ressources et aux territoires marins, pesant sur la société (y compris les générations futures), la biodiversité, ou les autres activités, lors du choix de la localisation et de l'étendue spatiale de ces installations.	  



Filière de l'éolien *offshore*
Gestionnaires / Agents de terrain



Décideurs
publics



Communauté
de recherche



D'importants obstacles techniques s'opposent encore à une quantification précise des impacts directs et indirects des installations éoliennes en mer, par exemple la quasi impossibilité de dénombrer les mortalités des oiseaux, ainsi qu'un grand nombre d'incertitudes et de lacunes de connaissances, en particuliers en matière de quantification des impacts des pressions cumulées suite à la multiplication prévues de fermes éoliennes en France et en Europe.

D'autres risques ou impacts sont moins documentés, mais réels, comme l'augmentation des risques de dissémination d'espèces non indigènes et d'homogénéisation de l'habitat à grande échelle, la perte de valeurs environnementales socioculturelles et touristiques.

Si le nombre des publications scientifiques sur le sujet n'a cessé d'augmenter, notamment au cours des huit dernières années, en cohérence avec le développement de cette énergie au niveau mondial, l'incidence à moyen et longs termes de l'installation de nombreuses fermes éoliennes sur le fonctionnement des écosystèmes marins reste encore à documenter.

Cette publication a été réalisée dans le cadre du programme « **Impact des énergies renouvelables sur la biodiversité** ». Ce programme de financement de projets de recherche porté par la **Fondation pour la recherche sur la biodiversité (FRB)** et le **Mirova Research Center** vise à mieux évaluer l'impact des énergies renouvelables sur la biodiversité et à produire des recommandations opérationnelles sur de meilleures pratiques à destination des acteurs de la filière.

Consulter la synthèse complète :



Référence : Hélène Soubelet, Claire Salomon, Jean-François Silvain, 2023. *Impacts de l'éolien offshore sur la biodiversité et recommandations pour l'évaluation des risques*. Synthèse de connaissances. Fondation pour la recherche sur la biodiversité

Auteur : Robin Almansa (FRB)

Relectures : Hélène Soubelet (FRB), Pauline Coulomb (FRB), Claire Salomon (FRB)

Mise en page : Robin Almansa (FRB)

Crédit photo : Pexels

Avec le soutien de

