

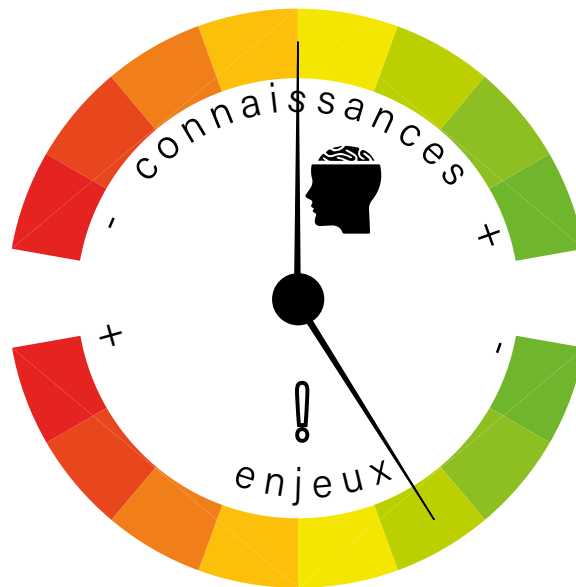


© Pixabay

Les parcs éoliens en mer modifient-ils la turbidité ? Quels effets sur le benthos ?

Bulletin n°14
Novembre 2025

C  MEST



Problématique jugée comme à « enjeu faible considérant que les parcs éoliens en mer ne sont pas une source de turbidité en tant que telle et dont les connaissances sont moyennes (bonne connaissance des effets de la turbidité sur certains habitats mais encore limitée sur les effets en phase d’exploitation) »

Tous droits réservés.
 Les textes de ce bulletin sont la propriété de France Energies Marines.
 Ils ne peuvent être reproduits ou utilisés sans citer la source et sans autorisation préalable. Les photos, les schémas et les tableaux (sauf indication contraire) sont protégés par le droit d’auteur.
 Ils restent la propriété de France Energies Marines et ne peuvent être reproduits sous quelque forme ou par quelque moyen que ce soit, sans l’autorisation écrite préalable de France Energies Marines.

Citer le document comme ci-dessous:
 Henry S., Brenon I., Derrien-Courtel S., Jourdin F., Lemoine J.-L. et Rivier A.
 Les parcs éoliens en mer modifient-ils la turbidité ? Quels effets sur le benthos ? Bulletin COME3T n°14
 Plouzané : France Energies Marines, 2025, 20 pages.
 Edition : Novembre 2025

Dépôt légal à parution.
 Maquettage : France Energies Marines
 Conception graphique des figures : Siegrid Design

COME3T, COMité d'Expertise pour les Enjeux Environnementaux des énergies marines renouvelables, réunit des experts neutres et indépendants pour apporter des éléments de connaissances scientifiques et des recommandations en réponse à un enjeu environnemental en lien avec les énergies marines renouvelables.



Expertise scientifique

Isabelle Brenon, Maître de conférences

La Rochelle Université

Sandrine Derrien-Courtel, Chargée de recherche

Muséum National d'Histoire Naturelle

Frédéric Jourdin, Chercheur en océanographie

Shom

Jean-Philippe Lemoine, Ingénieur

Cerema (équipe de recherche RHITME)

Aurélie Rivier, Ingénieure

Actimar

Coordination, synthèse et rédaction

Sybill Henry, Chargée d'études et de médiation scientifique

France Energies Marines

Introduction

Parmi les nombreuses activités s'exerçant en mer, certaines ont des effets sur les conditions de turbidité : extraction de granulats marins, dragage et clapage, chalutage, travaux maritimes, etc. Le développement des parcs éoliens en mer est également une activité susceptible d'affecter les conditions de turbidité au large des côtes françaises.

La première partie de ce bulletin présentera le concept et les origines de la turbidité en milieu marin. Les effets potentiels du développement des parcs éoliens en mer sur la turbidité, notamment en phase travaux, seront présentés dans une deuxième partie. Les effets potentiels de ces variations de turbidité sur le benthos et les différents types de suivis existants seront ensuite abordés dans une troisième partie.

A noter qu'au regard des domaines d'expertises des participant.e.s, seul le benthos est abordé dans ce bulletin. Cela ne signifie pas qu'il est le seul compartiment écologique impacté par des variations de turbidité à devoir être considéré. Tous les compartiments écologiques (pelagos, mammifères marins, avifaune, etc.) peuvent présenter différents niveaux de sensibilité à ces variations. Cependant, le benthos est le compartiment le plus touché. Les espèces mobiles peuvent éviter les panaches turbides temporaires et sont, de fait, potentiellement moins affectés.

● En bref

La turbidité est souvent perçue comme néfaste pour la santé des écosystèmes marins. Or de nombreux écosystèmes, notamment les estuaires, sont naturellement turbides. Ils abritent une biodiversité riche et permettent à certaines espèces d'accomplir des fonctions écologiques indispensables à leur survie (rôle de nurserie des estuaires ou importance des matières en suspensions pour les espèces filtreuses ou suspensivores). La turbidité en soit n'est donc pas dommageable pour le milieu marin. En revanche, les variations soudaines des conditions naturelles de turbidité constituent une anomalie et peuvent avoir un impact sur les écosystèmes marins. Du fait de leurs caractéristiques (organismes fixés ou peu mobiles), les communautés benthiques y sont particulièrement exposées. De nombreuses activités humaines en mer induisent des variations des conditions naturelles de turbidité. **Dans le cas des parcs éoliens en mer, il apparait peu probable que ces derniers aient un impact significatif sur les conditions de turbidité.**

Définitions

Anoxie

Correspond à la diminution des teneurs en oxygène dissous ou biodisponible (c'est-à-dire assimilable par les organismes vivants) dans le milieu (eau, sol, air, etc.) (1).

Benthos

Du grec « benthos » qui signifie « profondeur », le benthos, regroupe l'ensemble des êtres vivants (animaux ou végétaux) fixes ou mobiles se développant en étroite relation avec ou dans les fonds marins (1).

Biofouling

Résulte du processus biologique de biocolonisation qui se met en place dès lors qu'un support (d'origine naturelle ou anthropique) est ajouté en milieu aquatique, ou qu'une surface déjà présente dans le milieu est libre (28).

Disponibilité sédimentaire

Liée à la capacité de remise en suspension dans la colonne d'eau des matières non dissoutes. En cas de disponibilité sédimentaire, une remise en suspension de la matière non dissoute est possible à travers une modification des conditions hydrodynamiques locales (d'origine anthropique ou non). A noter que la disponibilité sédimentaire n'induit pas nécessairement une remise en suspension, la matière non dissoute peut être disponible sans être nécessairement mobilisable (1).

Matière en suspension (MES)

Correspond à l'ensemble des particules solides (d'origine minérales ou organiques) présentes dans l'eau sans y être dissoutes et pouvant être éliminées par filtration ou centrifugation (1, 18).

Pelagos

Du grec « pelagos » qui signifie « mer », le pelagos, regroupe l'ensemble des organismes vivants en pleine mer qu'ils soient actifs et capable de se déplacer contre les courants (necton) ou passifs et se laissant dériver au grès des courants (plancton) (1).

Turbidité

Correspond à la réduction de la transparence de l'eau due à la présence de matières non dissoutes (19). Les matières présentes dans l'eau sous forme de particules proviennent d'argile, de composés organiques ou inorganiques, de plancton, de micro-organismes, etc. Elle traduit la concentration en matière en suspension (MES) du milieu et dépend des caractéristiques optiques et géométriques des particules (forme, taille, composition, quantité, etc.). La mesure de la turbidité s'appuie sur les propriétés optiques de l'eau et sur la capacité des MES à dévier ou à absorber la lumière. En fonction des outils de mesures, la turbidité peut être exprimée en NTU (Unité de Turbidité Néphélométrique qui s'appuie sur la mesure du rayonnement diffus, soit le rayonnement indirect induit par la dispersion de la lumière par les MES) ou en NFU (Unité Néphélométrique Formazine qui s'appuie sur une mesure de l'atténuation du rayonnement par les MES) (14).

Quelques notions clés

Dans les représentations collectives, la turbidité est souvent perçue comme quelque chose de néfaste pour la biodiversité et la qualité des écosystèmes. Or, ce n'est pas toujours le cas, de nombreux écosystèmes naturellement turbides comme les estuaires ou les mangroves abritent une biodiversité riche. Ces milieux sont certes peu propices aux développements des algues et de certains producteurs primaires dont le développement dépend fortement des conditions d'accès à la lumière. Néanmoins, ils sont très intéressants pour d'autres organismes dont les filtreurs comme les bivalves (huîtres, moules, éponges, anthozoaires, ascidies, etc.) pour lesquels l'abondance de matières organiques dissoutes et particulaires est bénéfique à leur croissance et à leur développement (1, 14). Ces milieux naturellement turbides présentent des communautés d'espèces riches et spécifiques comme les bancs d'hermelles de la baie du Mont-Saint-Michel qui prospèrent en milieu turbide et présentent pourtant une forte sensibilité aux variations du milieu (1).

Une « **anomalie** » de turbidité (**Fig. 1**) correspond à un écart entre une situation de référence (c'est-à-dire établie sur la durée) qui considère les forçages naturels (marée, vagues, apports terrigènes, topographie, mode d'exposition, etc.) et une situation d'anomalie généralement induite par un événement extrême (tempête centennale, bloom phytoplanctonique, etc.) ou une activité anthropique : travaux maritimes (installation d'infrastructures maritimes, dragage, clapage etc.), extraction de granulats, eutrophisation, pêche aux arts trainants, etc.

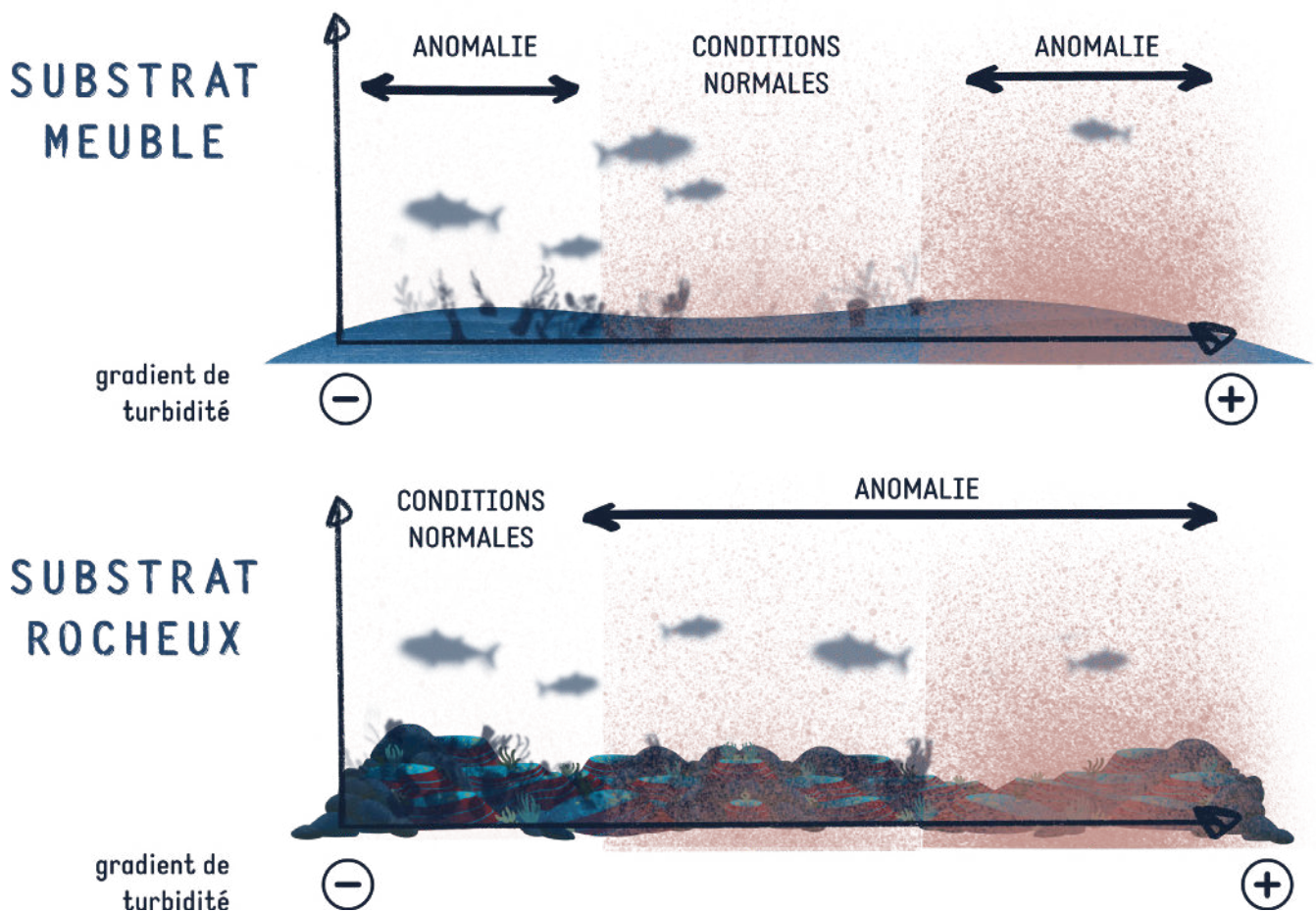


Fig. 1 Concept d' « anomalie » de turbidité pour deux types de substrats : meuble et rocheux.

Cette notion d'anomalie est utile pour comprendre, analyser et étudier les effets des variations de turbidité selon les espèces et leurs affinités aux conditions de turbidité. En effet, pour certains milieux naturellement turbides, les seuils de dangerosité fixés pour certains organismes filtreurs sont naturellement dépassés. La création d'un panache turbide dans un milieu déjà turbide (comme un estuaire par exemple) n'aura que peu d'effet sur les communautés benthiques. Inversement, un léger dépôt de sédiment sur un substrat rocheux qui ne pourrait être remis en suspension par la courantologie naturelle (marée, vagues, etc.) pourrait limiter les capacités de fixation, de filtration, de respiration, ou de croissance de certains organismes benthiques, voire créer des situations d'anoxies et avoir des effets non négligeables sur les communautés. Les mesures de turbidité et la définition de seuils de préservation des espèces doivent donc être réalisées au cas par cas en tenant compte de la turbidité naturelle et de sa variabilité aux forçages environnementaux (augmentation naturelle par remise en suspension à chaque marée, saison, variation des débits fluviaux, etc.) (1).



Mise en suspension de particules après le passage d'une vague entraînant la formation de tourbillons sédimentaires.

A noter que les communautés benthiques sont particulièrement sensibles aux variations des conditions de turbidité. Hors anomalies de turbidité, elles évoluent en fonction des forçages environnementaux, potentiellement renforcés ces dernières décennies par les effets du changement climatique (modification des régimes de vent et de houle dominants, augmentation de la température de l'eau, variations des apports telluriques et de la salinité, etc.). Chaque communauté peut donc être caractérisée par un gradient de sensibilité à la turbidité et aux anomalies de turbidité du milieu (durée et fréquence des événements extrêmes – tempêtes, etc.) qui va conditionner la réponse de cette communauté aux variations du milieu.

Dans quelles mesures les parcs éoliens en mer peuvent-ils modifier la turbidité ?

La prise en compte du contexte local est fondamentale à l'identification et à l'évaluation des effets sur la turbidité. Les caractéristiques environnementales, saisonnières et techniques du parc éolien en mer de London Array par exemple, situé au large de l'estuaire de la Tamise (milieu hydrodynamique plutôt faible avec une bonne disponibilité sédimentaire) sont spécifiques et les effets induits par la présence du parc éolien sur l'environnement (et en particulier sur la remise en suspension des sédiments) également (29). Les observations et conclusions faites sur ce site ne peuvent donc pas être directement transposées et considérées comme valables pour tous les parcs éoliens en mer, même si ce dernier est situé au large d'un estuaire comme le parc éolien de Saint-Nazaire par exemple, situé sur un platier rocheux en condition hydrodynamique plutôt forte et à faible disponibilité sédimentaire. **Identifier, comprendre et évaluer les effets des parcs éoliens en mer sur l'environnement requiert au préalable de connaître l'ensemble des spécificités et des caractéristiques locales.**

Les effets d'un parc éolien en mer sur la turbidité vont dépendre de la durée d'exposition et de la distance à la source d'émission. Mais au-delà de ces caractéristiques spatio-temporelles, plusieurs éléments sont importants à prendre en compte pour évaluer les effets (**Tab. 1**) :

Caractéristiques du site propres à définir le contexte hydrosédimentaire local	Caractéristiques du parc éolien en mer
<ul style="list-style-type: none"> • Turbidité naturelle ; • Disponibilité du stock sédimentaire ; • Nature des fonds et des sédiments ; • Granulométrie et % de sédiments fins dans le substrat ; • Hydrodynamisme local : vagues/houle, marée, profondeur d'eau, débit fluvial, etc. ; • Présence/absence d'activités anthropiques susceptibles de modifier les conditions ambiantes de turbidité : pêche à la drague et au chalut de fond, dragage, clapage, travaux maritimes, etc. ; • Topographie ; • Dénivellation du fond ; • Etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Technique de pose des câbles/fondations ; • Type de parc éolien (posé/flottant) ; • Type de fondation (gravitaire, monopieu, jacket) ou de système de maintien des flotteurs (TLP, ancre) ; • Technique de protection des câbles (enfouissement, protection par enrochement/matelas béton, etc.) ; • Degrés d'enrochement des infrastructures ; • Présence/absence de structure anti-affouillement ; • Etc.

Tab. 1 Synthèse des caractéristiques environnementales et techniques à considérer pour l'étude des effets d'un parc éolien en mer sur la turbidité.

Au regard de la pluralité des paramètres à considérer, évaluer globalement les effets des parcs éoliens en mer sur les conditions de turbidité n'est pas pertinent. L'importance de faire du cas par cas a été précédemment exposée. En revanche, proposer une approche d'**évaluation non quantitative par les risques** en s'intéressant à des paramètres clés qui définissent la dynamique sédimentaire d'une zone permet de contextualiser l'évaluation des effets et d'apporter quelques éléments de réponse. Pour cela, plusieurs scénarios tenant compte des principaux paramètres contribuant aux variations de turbidité ont été étudiés :

- **Nature des fonds** : milieu rocheux, habitats cohésifs, habitats non-cohésifs ;
- **Disponibilité sédimentaire** : faible, forte ;
- **Conditions hydrodynamiques locales** : faible, forte.

Deux matrices d'évaluation des effets potentiels des parcs éoliens sur la turbidité en phase travaux et en phase d'exploitation ont ainsi été proposées en s'appuyant sur des éléments bibliographiques et à dire d'experts.

Phase travaux

Les travaux d'installation des câbles et des fondations vont induire une remise en suspension des sédiments par action mécanique des engins sur le fond (déroctage, enfouissement, forage etc.). Ces opérations sont considérées comme **temporaires** (temps effectif de travaux) et sont **suivies en temps réel** avec des seuils de turbidité à ne pas dépasser fixés par arrêté.

Les principaux effets (augmentation et modification de la turbidité) sont limités à l'emprise du parc (zone immédiate) et sont jugés « nuls » à plus large échelle (zone éloignée) au regard des connaissances disponibles (Tab. 2). Les effets sur les communautés benthiques vont dépendre de leur sensibilité aux variations de turbidité (1). L'enjeu des suivis mis en place en phase travaux est de maîtriser ce risque d'augmentation de la turbidité et de connaître les communautés benthiques présentes pour anticiper leur capacité de résilience et définir des seuils adaptés.

	Parc éolien en mer posé		Parc éolien en mer flottant	
	Zone immédiate	Zone éloignée	Zone immédiate	Zone éloignée
Milieu rocheux à faible disponibilité sédimentaire et conditions hydrodynamiques fortes	A	N	A	N
Milieu rocheux à faible disponibilité sédimentaire et conditions hydrodynamiques faibles	A	N	A	N
Habitats cohésifs à forte disponibilité sédimentaire et conditions hydrodynamiques fortes	A ^{ref.25}	N ^{ref.25}	M	N
Habitats cohésifs à forte disponibilité sédimentaire et conditions hydrodynamiques faibles	A ^{ref.25}	N ^{ref.25}	M	N
Habitats non-cohésifs à faible disponibilité sédimentaire et conditions hydrodynamiques fortes	A ^{ref.15,26}	N ^{ref.15}	M	N
Habitats non-cohésifs à faible disponibilité sédimentaire et conditions hydrodynamiques faibles	A ^{ref.15,26}	N ^{ref.15}	M	N
Habitats non-cohésifs à forte disponibilité sédimentaire et conditions hydrodynamiques fortes	A ^{ref.15,26}	A	M	N
Habitats non-cohésifs à forte disponibilité sédimentaire et conditions hydrodynamiques faibles	A ^{ref.15,26}	N	M	N

Tab. 2 Matrice d'évaluation des effets potentiels de la phase travaux des parcs éoliens en mer sur la turbidité, établie selon des caractéristiques similaires mise en avant par la littérature (bleu) ou à dire d'experts (vert). Au regard des résultats, strictement identiques entre la période estivale et hivernale, les variations saisonnières ne sont pas présentées ici. Sauf cas particuliers, les milieux rocheux et cohésifs ont, respectivement, une faible et forte disponibilité sédimentaire. L'effet potentiel induit par les parcs éoliens en mer sur la turbidité est classé selon plusieurs probabilités : N, nul ; A, augmentation probable de la turbidité et M, modification probable de la turbidité.

Phase d'exploitation

Dans la majorité des cas, les effets des parcs éoliens en exploitation sur la turbidité, qu'ils soient posés ou flottants, sont jugés « nuls ». Les principaux effets (augmentation et modification de la turbidité) sont limités à l'emprise du parc (zone immédiate) et sont jugés « nuls » à plus large échelle (zone éloignée) au regard des connaissances disponibles (Tab. 3).

	Parc éolien en mer posé		Parc éolien en mer flottant	
	Zone immédiate	Zone éloignée	Zone immédiate	Zone éloignée
Milieu rocheux à faible disponibilité sédimentaire et conditions hydrodynamiques fortes	N ^{ref.12}	N ^{ref.12}	N	N
Milieu rocheux à faible disponibilité sédimentaire et conditions hydrodynamiques faibles	N ^{ref.12}	N ^{ref.12}	N	N
Habitats cohésifs à forte disponibilité sédimentaire et conditions hydrodynamiques fortes	N ^{ref.7}	N ^{ref.7}	M	N
Habitats cohésifs à forte disponibilité sédimentaire et conditions hydrodynamiques faibles	M	N ^{ref.7}	N	N
Habitats non-cohésifs à faible disponibilité sédimentaire et conditions hydrodynamiques fortes	M ^{ref.5,6,7,8,12,19}	N ^{ref.5,6,12,22}	M	N
Habitats non-cohésifs à faible disponibilité sédimentaire et conditions hydrodynamiques faibles	M ^{ref.5,6,7,8,12,19}	N ^{ref.5,6,12,22}	N	N
Habitats non-cohésifs à forte disponibilité sédimentaire et conditions hydrodynamiques fortes	M ^{ref.5,6,7,8,12,19}	N ^{ref.5,6,12,22}	M	N
Habitats non-cohésifs à forte disponibilité sédimentaire et conditions hydrodynamiques faibles	M ^{ref.5,6,7,8,12,22}	N ^{ref.5,6,12,22}	N	N

Tab. 3 Matrice d'évaluation des effets potentiels de la phase d'exploitation des parcs éoliens en mer sur la turbidité établie selon des caractéristiques similaires mise en avant par la littérature (bleu) ou à dire d'experts (vert) selon les mêmes conditions d'évaluation que la phase travaux (cf. tableau 2). L'effet potentiel induit par les parcs éoliens en mer sur la turbidité est classé selon plusieurs probabilités : N, Nul ; A, augmentation probable de la turbidité et M, Modification probable de la turbidité.

En phase d'exploitation, les **rejets induits par la présence de biofouling sur les infrastructures** sont la seule source potentielle de sédiment identifiée au sein des parcs éoliens. A l'image des dépôts sédimentaires générés par l'activité des organismes filtreurs (huîtres, moules) dans les parcs conchylicoles ou dans les ports, la présence de ces organismes fixés sur les fondations pourrait induire un dépôt sédimentaire au pied des infrastructures. Ces dépôts seraient susceptibles, localement, de modifier la granulométrie et d'augmenter le stock sédimentaire potentiellement mobilisable. En fonction des conditions hydrodynamiques locales, ces sédiments pourront être piégés au pied des infrastructures (amoindrissement des conditions hydrodynamiques par la présence des fondations) ou remis en suspension (augmentation des conditions hydrodynamiques par la présence des fondations) et déposés à distance de l'infrastructure dans une zone potentiellement non soumise à des dépôts sédimentaires (habitats rocheux par exemple). Ces mêmes organismes filtreurs vont par ailleurs contribuer à réduire la turbidité en captant la matière organique en suspension pour se nourrir et croître. Le degré de modification (augmentation/diminution) de la turbidité ambiante par les organismes filtreurs sera donc fonction des espèces mais aussi des conditions naturelles de turbidité, de la saison, etc.

La présence des fondations pourra induire une modification de l'hydrodynamisme par accélération des courants de part et d'autre de la structure mais conduira à une répartition différente des sédiments à l'échelle locale (11, 24). La remise en suspension inhérente à ces modifications de l'hydrodynamisme local est minime et va induire une redistribution locale et temporaire de la turbidité qui se stabilisera ensuite rapidement.

Il apparaît donc peu probable que les parcs éoliens en mer en phase d'exploitation, qu'ils soient posés ou flottants, induisent une augmentation durable de la turbidité (1).

Effets du biofouling sur la granulométrie : retour d'expériences des parcs éoliens belges (12)

La majorité des espèces se développant sur les structures artificielles sont des espèces suspensivores, qui filtrent l'eau pour se nourrir (10). Ces organismes contribuent ainsi à éliminer les particules organiques en suspension dans l'eau ce qui conduit à une diminution de la turbidité (**Fig. 2**). Cependant, les suivis menés au sein des parcs éoliens belges (17, 23) sur des échantillons prélevés à moins de 50 mètres des fondations trois à six ans après l'installation ont montré la présence de sédiments plus fins et une augmentation de la matière organique. Les sédiments autour des fondations pourraient ainsi être enrichis par les fèces émises par l'ensemble des organismes filtreurs fixés à la structure. Si cette variation de la granulométrie est plus faible pour les fondations monopieux que les fondations jackets, les communautés benthiques situées à proximité des fondations présentaient toutes des densités et une richesse et/ou diversité d'espèces plus élevées que les communautés étudiées en périphérie des parcs (9, 17, 23).



Fig. 2 Schéma du biofouling se développant sur une fondation d'éolienne en mer accueillent des organismes suspensivores qui filtrent la matière organique en suspension dans l'eau et enrichissent les fonds marins environnementaux de matière organiques (fèces). Adapté de Degraer, 2020 (12).

Focus sur le parc éolien de Saint-Brieuc

Quels suivis de la turbidité en phase de travaux ?

Comme tous les parcs éoliens en mer, le parc éolien de Saint-Brieuc a fait l'objet d'un suivi de la turbidité en phase travaux. Un programme de surveillance et d'alerte défini par arrêté préfectoral a ainsi été établi au regard des avis rendus par les instances de concertation du parc (mission d'expertise d'organismes spécialisés, ici le Cerema, comité de gestion et de suivi du parc, etc.) et du besoin de limiter les potentiels impacts induits par une trop forte remise en suspension.

Un réseau de plusieurs bouées instrumentées a été mis en place en phase travaux afin de réaliser une surveillance en temps réel de la turbidité. Trois bouées "fixes" ont ainsi été positionnées en trois points "stratégiques" permettant de suivre la turbidité en périphérie et à proximité immédiate du parc : au nord du parc, au sud-est du parc à proximité de la zone Natura 2000 et à l'ouest du parc à proximité du gisement de coquilles Saint-Jacques. Ce réseau de surveillance a été complété par des bouées "mobiles" positionnées à proximité immédiate des fondations.

Toutes ces bouées ont permis d'acquérir des mesures de la turbidité à différentes profondeurs : en surface, à 1,5 mètres de la surface et à 3 mètres du fond. En fonction des concentrations en MES mesurées, l'arrêté fixe différents niveaux d'alerte :

- Niveau 1, Seuil de vigilance. La concentration en MES est comprise entre 20 et 50 mg/L et induit la réalisation de mesures complémentaires (MES, pH, chlorophylle a, etc.) ;
- Niveau 2, Seuil d'alerte et d'adaptation des travaux. La concentration en MES est comprise 50 et 85 mg/L et induit un ralentissement des travaux et la réalisation des mesures complémentaires prévues au niveau d'alerte n°1 ;
- Niveau 3, Seuil d'alerte et arrêt des travaux. La concentration en MES est supérieure à 85 mg/L et induit un arrêt temporaire des travaux (4).

La mise en œuvre des mesures proposées par les différents niveaux d'alerte reste applicable tant que les concentrations en MES ne sont pas revenues à une concentration inférieure à 20 mg/L (4). A noter que ces seuils ont été définis à l'échelle du parc éolien de Saint-Brieuc et en fonction de ses spécificités environnementales. Ils ont été établis selon des données de références acquises sur site afin de détecter tout dépassement de seuils qui, pour la zone étudiée constituerait une anomalie de turbidité par rapport à une situation de référence (1). Au cours des deux années de travaux (2021, 2022), ces seuils n'ont jamais été dépassés (2, 3). **Il n'y a donc pas eu de conditions d'anomalies au cours des travaux** et ces derniers n'ont pas eu d'effet sur les conditions de turbidité.

Quels suivis de la turbidité en phase d'exploitation ?

Contrairement à la phase travaux, la phase d'exploitation n'est pas une activité susceptible d'induire une modification nette et brutale des conditions de turbidité et de créer une anomalie. En phase d'exploitation, seuls les rejets de matière organique induits par la présence de biofouling sur les infrastructures constituent une source potentielle de sédiment. La modification des conditions de turbidité associée au biofouling, ainsi qu'à la remobilisation potentielle des sédiments issus de la phase travaux, ne pourrait donc se faire qu'à long terme et de façon progressive (1).

Sur l'ensemble des suivis menés en phase d'exploitation du parc éolien de Saint-Brieuc, seul le suivi de la qualité de l'eau et de la masse d'eau permet d'évaluer les conditions de turbidité. Mis en œuvre pour la première fois en 2024, ce dispositif de suivi sera poursuivi annuellement jusqu'en 2026 puis tous les cinq ans.

En cas d'anomalie, quels effets potentiels sur les communautés benthiques ?

En cas d'anomalie, les effets induits par une modification des conditions de turbidité vont dépendre de la répétitivité, de la durée d'exposition et de l'intensité de la perturbation et peuvent être de deux types :

- **Diminution de la transparence de l'eau** par augmentation de la quantité de matière en suspension ;
- **Dépôt de matière** dans des zones initialement dégagées (27).

En fonction des zones biogéographiques concernées (nature des fonds, des espèces présentes, histoire de vie des individus, etc.), la modification des conditions de turbidité peut avoir des impacts sur les communautés benthiques en modifiant : (i) les capacités de respiration et/ou de filtration de certaines espèces filtreuses (20, 27) ; (ii) les relations proies-prédateurs (réduction des capacités de chasse pour les prédateurs visuels ou protection de certaines proies rendues moins visibles et donc moins vulnérable) (11, 20).

L'évaluation des effets peut être menée selon un gradient d'éloignement à la source de pression où : plus on s'éloigne de la source d'émission, plus l'impact physique sur le substrat et la capacité de remise en suspension sont faibles et plus les effets sur les communautés benthiques associées sont faibles. Cependant, distinguer l'origine de la perturbation ayant conduit à une modification de la structure d'une communauté est un exercice complexe, tant l'équilibre de ces communautés dépend d'une multitude de paramètres déjà impactés par le changement climatique et les nombreuses activités maritimes. En ce sens, la mise en place de suivis de certains groupes trophiques est intéressante car ils permettent d'évaluer le degré de modification d'un milieu grâce à différents indices, comme l'indice biotique. Cet indice, basé sur l'analyse des communautés benthiques, permet d'évaluer le niveau de perturbation de l'écosystème en fonction des espèces ou groupes d'espèces présents (16). Couplés à des mesures des paramètres environnementaux, ces suivis permettent de détecter les anomalies et de distinguer une modification du milieu liée aux forçages naturels d'une modification du milieu résultant d'une activité anthropique (1).

Lorsqu'on évalue les effets sur ces communautés, il est important de ne pas considérer uniquement la nouvelle source de pression étudiée (dans le cas présent, l'installation d'un parc éolien en mer) mais de tenir compte de l'état de santé du milieu et des potentiels effets cumulés avec d'autres sources naturelles et/ou activités anthropiques génératrices de turbidité. Il est donc important de connaître l'état des communautés benthiques en amont du déploiement des parcs éoliens en mer. Il est également essentiel de suivre les effets cumulés des différentes pressions exercées sur ces communautés afin de tenir compte de la capacité de résilience des écosystèmes. Cela permet d'éviter d'atteindre un effet de seuil pouvant impacter, parfois de manière irréversible, l'état de santé de la communauté tout entière.

Recommandations

Dans le cas des parcs éoliens en mer, les **mesures de réduction des effets de la phase travaux sur la turbidité doivent être encouragées**. Ces mesures de réduction peuvent se traduire, lorsqu'elles s'avèrent possibles et nécessaires au regard des résultats de l'étude d'impact, par l'utilisation de techniques de forages moins perturbatrices des fonds, la mise en place de barrières sédimentaires pour réduire la formation de panaches turbides ou encore par l'utilisation de matériaux à faible fraction particulaire pour l'enrochement (cas du parc éolien en mer de Courseulles-sur-Mer).

La définition des seuils de turbidité à ne pas dépasser en phase travaux montre l'importance de connaître les spécificités de l'écosystème marin en amont des travaux. En ce sens, un renforcement des suivis pluriannuels existants permettrait de mieux caractériser le milieu et les variations naturelles à différentes échelles de temps et ainsi définir des seuils pertinents à ne pas dépasser.

La standardisation des suivis menés au sein des parcs éoliens en mer doit également être encouragée par la mise en place de protocoles communs (incluant des mesures sur les paramètres environnementaux) et la prise en compte des standards déjà mis en œuvre à l'échelle nationale (par exemple, suivis réglementaires, suivis des panaches estuariens par imagerie satellite, etc.) afin de garantir l'interopérabilité et l'accès aux données (21). En s'intéressant à l'ensemble des paramètres biotiques et abiotiques du milieu, ces suivis permettent de suivre les effets des parcs éoliens en mer sur les écosystèmes marins mais peuvent aussi contribuer à mieux connaître et suivre les communautés littorales. Avec plus d'une dizaine de projets de parcs éoliens en mer sur l'ensemble des façades maritimes, l'ensemble des suivis mis en œuvre au sein des parcs représente une opportunité d'amélioration et de mutualisation des connaissances, et de suivi de l'évolution de l'état de santé des écosystèmes.

Conclusion

La turbidité n'est pas nécessairement néfaste pour la biodiversité, elle est même propice au développement de certaines espèces (les zones de grossissements des moules ou des huîtres sont généralement situées au large d'estuaires). Certains milieux turbides comme les golfes, les rias, les estuaires ou les baies (la baie du Mont-Saint-Michel par exemple) présentent une biodiversité riche et spécifiques grâce à des conditions de turbidité élevée. **Ce sont les modifications rapides des conditions naturelles de turbidité, qui constituent des « anomalies »** et présentent un risque pour la biodiversité et en particulier pour certaines espèces sensibles et peu mobiles. Dans le cas du développement et de l'exploitation des parcs éoliens en mer, **il apparait peu probable que les parcs éoliens induisent un effet majeur et durable sur les conditions de turbidité.** En dehors de la phase travaux, dont l'action mécanique sur les fonds va induire une remise en suspension des sédiments, les effets sur les conditions de turbidité sont jugés négligeables. En revanche, mettre en place des suivis adaptés permettant de suivre l'évolution des conditions de turbidité et de détecter de potentielles anomalies est indispensable pour prévenir les potentiels effets sur les communautés benthiques déjà fortement soumises aux pressions anthropiques et aux effets du changement climatique.

Bibliographie

- [1] Paroles d'experts., (2024) : Ateliers COME3T du 19/06/2024, 03/07/2024, 17/07/2024 et du 01/10/2024 en présence de I. Brenon (Univ. La Rochelle), S. Derrien-Courtel (MNHN), F. Jourdin (Shom), JP. Lemoine (Cerema), A. Rivier (Actimar). Coord. S. Henry (FEM).
- [2] Ailes Marines., (2023a) : Bilan environnemental. Première année de construction. Ailes Marines, le parc éolien au large de la Baie de Saint-Brieuc. ID : STB-DWF-CON-REP-AMS-004496, 41p.
- [3] Ailes Marines., (2023b) : Bilan environnemental. Deuxième année de construction. Ailes Marines, le parc éolien au large de la Baie de Saint-Brieuc. ID : STB-DWF-CON-REP-AMS-004580, 38p.
- [4] Arrêté Préfectoral des Côtes-d'Armor., (2017) : Arrêté complémentaire à l'arrêté préfectoral du 18 avril 2017 modifié portant autorisation unique au titre de l'article L. 214-3 du code de l'environnement en application de l'ordonnance du 12 juin 2014, concernant la réalisation d'un parc éolien en mer et sa sous-station électrique en baie de Saint-Brieuc, établissant un programme de surveillance et d'alerte de la turbidité. Préfecture des Côtes-d'Armor, Saint-Brieuc, 10p.
- [5] Baeye, M., Fettweis, M., (2015): In situ observations of suspended particulate matter plumes at an offshore wind farm, southern North Sea. *Geo-Marine Letters*, 35, 247-255, <https://doi.org/10.1007/s00367-015-0404-8>
- [6] Bailey, L.P., Dorrell, R.M., Kostakis, I., McKee, D., Parsons, D., Rees, J., Strong, J., Simmons, S., Forster, R., (2024): Monopile-induced turbulence and sediment redistribution form visible wakes in offshore wind farms. In *Frontiers in Earth Science* 12 :1383726. <https://doi.org/10.3389/feart.2024.1383726>
- [7] Brandao, ILS., Van Der Molen, I., Van Der Wal, D., (2022) : Effects of offshore wind farms on suspended particulate matter derived from satellite remote sensing. In *Science of the Total Environment*, 866 (2023) 161114. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4188618>
- [8] Cai, L., Hu, Q., Qiu, Z., Yin, J., Zhang, Y., Zhang, X., (2023) : Study on the Impact of Offshore Wind Farms on Surrounding Water Environment in the Yangtze Estuary Based on Remote Sensing. In *Remote Sensing*, 15, 5347. <https://doi.org/10.3390/rs15225347>
- [9] Coates, DA., Deschutter, Y., Vincx, M., Vanaverbeke, J., (2014): Enrichment and shifts in macrobenthic assemblages in an offshore wind farm area in the Belgian part of the North Sea. *Marine Environmental Research* 95:1–12, <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2013.12.008>
- [10] Coolen, JWP., Bittner, O., Driessen, FMF., Van Dongen, U., Siahaya, MS., De Groot, W., Mavraki, N., Bolam, SG., Van der Weide, B., (2020): Ecological implications of removing a concrete gas platform in the North Sea. *Journal of Sea Research* 166:101968, <https://doi.org/10.1016/j.seares.2020.101968>.
- [11] Definou 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
- [12] Degraer, S., Carey, DA., Coolen, JWP., Hutchison, ZL., Kerckhof, F., Rumes, B., Vanaverbeke, J., (2020): Offshore wind farm artificial reefs affect ecosystem structure and functioning: A synthesis. *Oceanography* 33(4):48–57, <https://doi.org/10.5670/oceanog.2020.405>.
- [13] Derrien-Courtel, S., Le Gal, A., Grall, J., (2013) : Regional-scale analysis of subtidal rocky shore community. *Helgoland Marine Research*, 1-16. [DOI : 10.1007/s10152-013-0355-2]
- [14] Fallou, H., (2024) : Guide technique sur la mesure de turbidité et la concentration en matières en suspension. Précisions méthodologiques et application au réseau de mesure haute fréquence SyVEL. GIP Loire Estuaire, 19p.
- [15] Garlan, T., Jourdin, F., Marchès, E., (2024) : Préconisations pour le suivi de la turbidité durant les opérations de mise en place des EMR sur la base des mesures effectuées de 2021 à décembre 2023 sur le parc EMR de Saint-Brieuc. Rapport du Shom pour le Maître d'Ouvrage. 20 mars 2024.
- [16] Grall, J., Coïc, N., (2006) : Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier. Rapport du REBENT. REF Ifremer, DYNECO/VIGIES/06-03/REBENT, 91p.

- [17] HDR., (2020): Benthic and Epifaunal Monitoring During Wind Turbine Installation and Operation at the Block Island Wind Farm, Rhode Island. Project Report. Final Report to the US Department of the Interior, Bureau of Ocean Energy Management, Office of Renewable Energy Programs, OCS Study. BOEM 2020-044, 263p.
- [18] ISO., (1997) : Norme NF EN ISO 11923, Qualité de l'eau, dosage des matières en suspension par filtration sur filtre en fibres de verre, 9p.
- [19] ISO., (2016) : Norme NF EN ISO 7027-1, Qualité de l'eau, détermination de la turbidité. Partie 1 : méthodes quantitatives, 17p.
- [20] 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 *Environnement Système Decis* (2015) 35 :334-350, doi :10.1007/s10669-015-9557-2
- [21] Le Gal, A., Derrien-Courtel, S., (2015): Quality Index of Subtidal Macroalgae (QISubMac), a suitable tool for ecological quality status assessment under the scope of the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin*, 101(1) : 334-48. [DOI : 10.1016/j.marpolbul.2015.10.053]
- [22] Lecordier, EM., Gernez, P., Mazik, K., York, K., Forster, R.M., (2025) : Quantification of Turbid Wakes in Offshore Wind Farms Using Satellite Remote Sensing. In *Science of the Total Environment* 967 (2025) 178814. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.178814>
- [23] Lefaible, N., Colson, L., Braeckman, U., Moens, T., (2019): Evaluation of turbine-related impacts on macrobenthic communities within two offshore wind farms during the operational phase. pp 47–64 in *Environmental Impacts of Offshore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea: Marking a Decade of Monitoring, Research and Innovation*, Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B., Vigin, L., Eds, Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, Brussels, Belgium.
- [24] Miquerol L., Bultel E., Michel S., Coz R., La Rivière M., Sauboua P., (2023) : Référentiel pour la préservation de l'environnement marin dans les projets d'éoliennes en mer. Tome 2. Interactions entre les projets d'éoliennes en mer et le milieu marin – avec focus sur les habitats benthiques de métropole et les espèces Natura 2000. Office français de la biodiversité. 896 pp.
- [25] Pincetti, L., (2023) : Sustainable coastal development: a comparative analysis of environmental impacts between floating platforms and dredging. Master's thesis in Env. and Land Eng. *Climat Change, Sup. by* : Sirigu., S., Laio, F., Manes, C., Politecnico di Torino, 134p.
- [26] Przyborska, A., Muzyka, M., Andrzejewski, J., Jakacki, J., & Rak, D. (2020): The spreading of suspended matter formed during construction works of offshore wind farms, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-13845>
- [27] 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*, Vol-96 (2018) 380-391. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.07.026>
- [28] 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.
- [29] Vanhellefont, Q., & Ruddick, K. (2014). Turbid wakes associated with offshore wind turbines observed with Landsat 8. *Remote Sensing of Environment*, 145, 105-115

COME3T

COME3T est une initiative qui réunit un ensemble d'acteurs nationaux et régionaux (universités, industriels, bureaux d'études, régions, services de l'État, etc.) au sein d'un comité de pilotage qui soumet des questions, issues des interrogations du public et des principaux enjeux environnementaux et socio-économiques identifiés par les acteurs, à des comités d'experts neutres et indépendants. Pour chaque thématique, un comité d'experts est constitué suite à un appel à candidature et apporte des éléments d'information, de synthèse et de recommandation sur les enjeux environnementaux et socio-économiques des énergies marines renouvelables.

<https://www.france-energies-marines.org/projets/come3t/>

Une initiative coordonnée par France Energies Marines.



France Energies Marines est un centre de recherche et d'innovation sur l'éolien en mer à l'impact industriel, économique et sociétal reconnu en France et à l'international. Sa mission ? Lever les verrous auxquels est confronté le secteur de l'éolien offshore. Soutenu par l'Etat, porté par une équipe multidisciplinaire de plus de 90 collaborateurs, un réseau d'experts internationaux et des infrastructures uniques, l'Institut mène des projets de recherche multi-partenariaux guidés par l'excellence. Les résultats qui en découlent sont transférés à la filière sous la forme de prestations de recherche et d'expertise, de licences d'exploitation, de transfert de savoir-faire, ainsi que de participation à des comités d'experts et des réseaux. L'un des quatre programmes de recherche structurant ses activités est dédié à l'intégration environnementale et sociétale des parcs éoliens en mer.

Bâtiment Cap Océan
Technopôle Brest Iroise
525, Avenue Alexis De Rochon
29280 Plouzané
02 98 49 98 69

www.france-energies-marines.org

ISSN 2743-6896



© France Energies Marines - 2025