

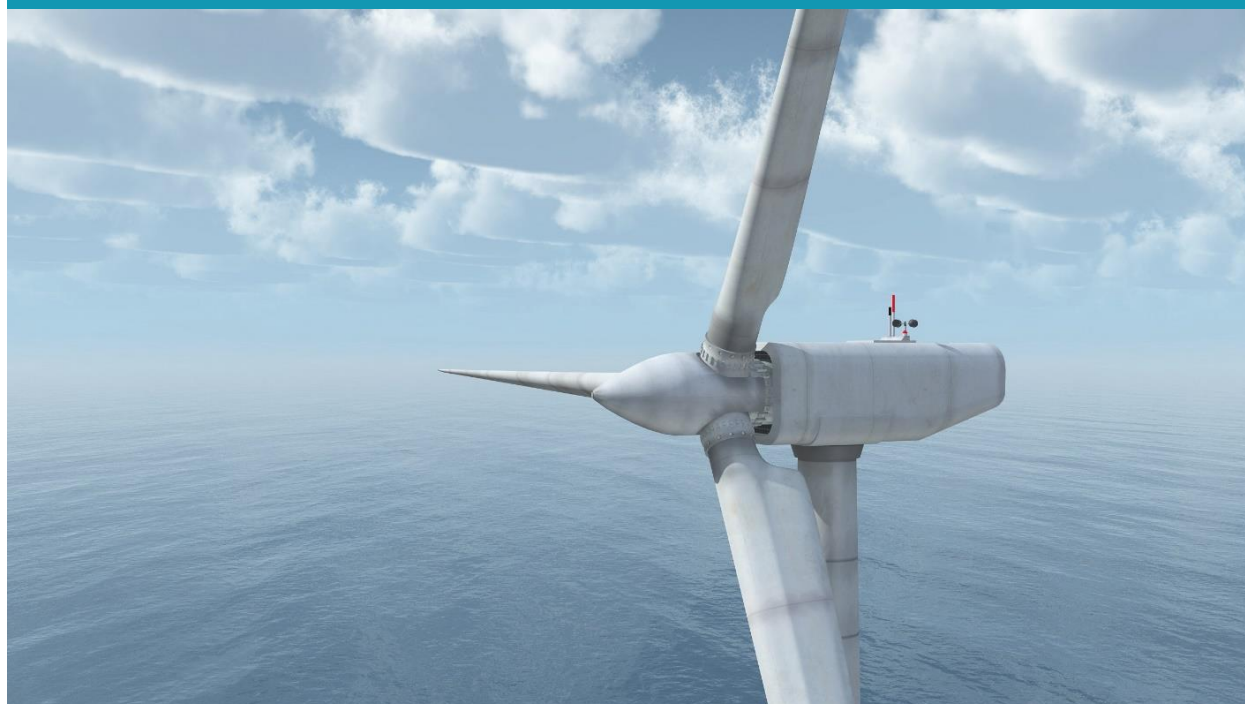
**DÉBAT
PUBLIC**

**EN MER EN NORMANDIE
DE NOUVELLES ÉOLIENNES ?**

Environnement et parcs éoliens en Manche

Enjeux, bilans et perspectives des recherches menées
par France Energies Marines, ses membres et partenaires

Juillet 2020



Ce document synthétise les enjeux, bilans et perspectives des recherches menées par France Energies Marines, ses membres et partenaires en matière d'intégration environnementale des parcs éoliens offshore. Il ne prétend pas à l'exhaustivité de l'ensemble des travaux menés sur cette thématique. Ce document a été préparé dans le cadre du débat public actuellement en cours à propos d'un futur appel d'offres de l'État pour la construction d'un nouveau parc éolien d'une puissance de 1 GW au large des côtes normandes.

Rédaction :

Bastien Taormina, Morgane Lejart, Nicolas Michelet, Maëlle Nexer, Nolwenn Quillien, Georges Safi - France Energies Marines

Maquettage :

Mélusine Gaillard - France Energies Marines

Crédits iconographiques :

Michael Rosskothén / AdobeStock (couverture), Jeremy Bishop / StockSnap (p. 4), France Energies Marines (p. 6, 7, 12), Bodgesoc (p. 9), Pichitstocker / AdobeStock (p. 10, 16), Nolwenn Quillien, France Energies Marines (p. 11), Vidsplay / StockSnap (p. 14), Armando Martin (p. 16), Haiderose / AdobeStock (p. 18), Richard Crossley (p. 19), Patrick Bonnor / AdobeStock (p. 20)

Edition : Juillet 2020

SOMMAIRE

Préambule.....	4
Priorisation des thématiques à étudier	6
Modification de l’habitat	10
Émissions acoustiques	12
Émissions de champs électromagnétiques.....	14
Risque de collision et de dérangement	18
Une approche intégrée de l’environnement	20
Annexes.....	22



PRÉAMBULE

Une R&D mutualisée au sein d'un institut dédié

France Energies Marines est l'Institut pour la transition énergétique dédié à la recherche et au développement (R&D) sur les énergies marines renouvelables aussi appelées EMR. Sa mission est de fournir, valoriser et alimenter l'environnement scientifique et technique nécessaire pour lever les verrous liés au développement des technologies EMR, tout en assurant une intégration environnementale optimale.

Les activités de l'Institut sont majoritairement tournées vers la R&D collaborative qui porte sur des enjeux mutualisés entre les différents acteurs de la filière. Cela comprend la réalisation de travaux de recherche, mais également le montage, la coordination et le pilotage scientifique de projets. Quatre programmes de recherche transversaux et complémentaires ont été définis : caractérisation de sites, dimensionnement et suivi des systèmes, intégration environnementale et optimisation des parcs.

Bâti autour d'un partenariat public-privé soutenu par le Programme des Investissements

d'avenir, l'Institut fédère 25 membres qui sont des acteurs clés du secteur des EMR en France : industriels, structures académiques et scientifiques, collectivités territoriales et pôles de compétitivité mer.

Avec ses 46 collaborateurs, France Energies Marines dispose de l'équipe dédiée à la R&D des EMR la plus élargie au niveau national. Celle-ci possède des compétences clés dans plusieurs disciplines complémentaires et peut ainsi accompagner la filière sur un ensemble de thématiques qui s'avèrent interdépendantes concernant les cas concrets. Ceci illustre bien l'intérêt d'une R&D menée avec une approche transversale, en particulier concernant les technologies.

Une action en support aux différentes technologies, en particulier l'éolien offshore

France Energies Marines intervient en support aux différentes technologies EMR : éolien, hydrolien, houlomoteur, énergie thermique des mers, marémoteur et énergie osmotique. Depuis sa création en 2012, l'Institut a monté, coordonné et contribué à plus de 30 projets de R&D

collaboratifs en lien avec l'éolien posé et flottant. Cela représente un budget total de plus de 35 millions d'euros. Les thématiques abordées sont nombreuses :

- Océanographie et météorologie : vents, vagues, courants, dynamique sédimentaire, fonds marins,
- Ingénierie des EMR : câbles dynamiques, ancrages, fondations, biofouling,
- Environnement et usages de la mer : socio-écosystèmes, faune volante, mammifères marins, poissons et requins, organismes vivant en relation avec le fond,
- Architecture des fermes offshore : optimisation des parcs, réseaux électriques.

En savoir +

LIRE

[Rapport d'activité 2019](#) de France Energies Marines téléchargeable sur france-energies-marines.org.

Contribuer à l'acceptabilité des énergies marines renouvelables

Une grande partie des activités de R&D menées par France Energies Marines contribuent à améliorer l'acceptabilité des projets EMR en travaillant à leur intégration environnementale et en diminuant *in fine* le coût de production de l'énergie. Les résultats issus de ces travaux scientifiques sont largement diffusés à l'aide de différents dispositifs : organisation d'ateliers thématiques, édition de rapports et de synthèses illustrés, participation à des conférences-débats, élaboration d'animations ludiques et didactiques, conception de supports à visée pédagogique (vidéos, BD...). Cette restitution des connaissances issues de la recherche permet à tous les publics d'accéder à plus d'objectivité vis-à-vis des EMR.



PRIORISATION DES THÉMATIQUES À ÉTUDIER

Comment prioriser les enjeux de R&D concernant les interactions entre parcs éoliens offshore français et environnement marin ? Répondre à cette question est crucial pour concentrer les efforts de recherche sur les thématiques prioritaires. En France, deux groupes de travail s'intéressent à ce sujet : **ECUME** et **COME3T**. Le retour d'expérience des pays d'**Europe du Nord** est également précieux car les premières fermes éoliennes en mer y ont été installées au début des années 90.

Effets cumulés des parcs éoliens en mer

ECUME est piloté et supervisé par le Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire, coordonné par l'Ineris, animé par France Energies Marines, l'Office Français de la Biodiversité et le Cerema. Au sein de ce groupe, les scientifiques mènent une réflexion sur les impacts cumulés des parcs éoliens offshore français. Le travail d'une trentaine d'experts de l'environnement marin a permis l'identification des principales thématiques de recherche à mener.

Concernant les futurs parcs éoliens normands de Fécamp et Courseulles-sur-mer, les experts ont d'abord répertorié et pondéré les pressions possiblement exercées par les futures éoliennes (ex. modification de l'habitat, bruit sous-marin, pollution chimique) sur les différents récepteurs biologiques présents dans l'environnement (ex. oiseaux, poissons, mammifères marins).

Ce travail a permis de faire ressortir les espèces marines normandes qui pourraient présenter une sensibilité à certaines pressions et pour lesquelles il existe un manque de connaissances. Un des enjeux majeurs de R&D s'avère ainsi être la modification de l'habitat marin pour les oiseaux, les mammifères marins, les poissons, le plancton et les espèces vivant à proximité du fond aussi appelées le benthos. Plus de travaux de recherche semblent aussi être nécessaires concernant les perturbations physiques, comme les collisions ou les émissions lumineuses, pouvant affecter les oiseaux et chauves-souris. Le sujet des émissions électromagnétiques vis-à-vis des mammifères marins et du benthos nécessite également d'être plus approfondi. Plus de connaissances doivent également être acquises sur

les effets du bruit sous-marin concernant les oiseaux plongeurs, les mammifères et le benthos.

Hiérarchisation des enjeux environnementaux des parcs EMR

COME3T réunit un ensemble d'acteurs nationaux de la filière EMR afin d'apporter des éléments de réponse et des recommandations sur les enjeux environnementaux des EMR. Les questions traitées sont élaborées à partir des enjeux identifiés par la filière et sur la base des interrogations du public concernant l'intégration de ces énergies nouvelles dans le contexte français. C'est cette connexion forte entre les préoccupations des différentes parties prenantes qui fait l'originalité de la démarche. France Energies Marines a mis en place et coordonne la démarche **COME3T** en se positionnant à l'interface entre un comité de pilotage et un panel d'experts. L'Institut garantit ainsi l'impartialité du traitement des enjeux et la transmission des résultats à un large public.

Le comité de pilotage, regroupant industriels, acteurs gouvernementaux, associations de protection de l'environnement, bureaux d'études, universités, régions et comité des pêches, priorise les questions à traiter. Ces dernières sont transmises au comité d'experts scientifiques neutres

et indépendants qui les approfondit. Il les classe ensuite en fonction de l'enjeu environnemental associé et fournit des recommandations le cas échéant :

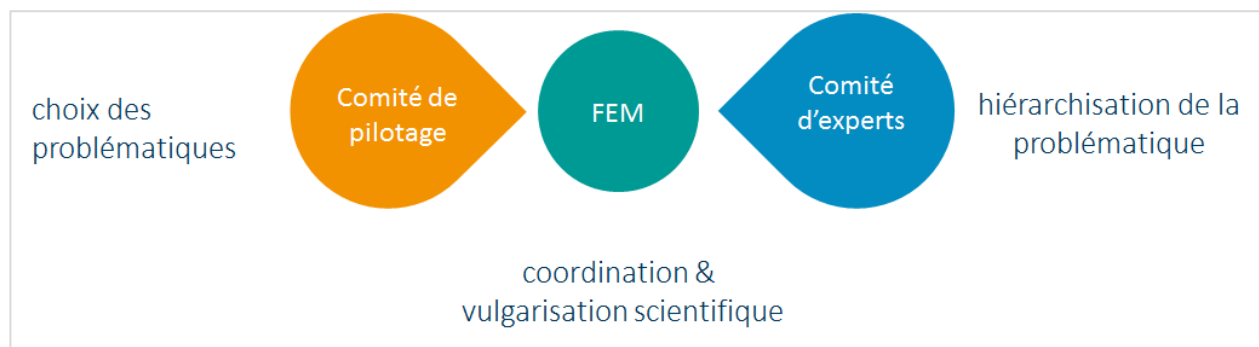
- La question posée ne représente pas un enjeu environnemental,
- La question posée représente effectivement un enjeu environnemental qui peut être précisé avec les connaissances scientifiques actuelles et les retours d'expérience des premiers parcs éoliens,
- La question posée représente un enjeu environnemental potentiel, mais le niveau de connaissances actuel est jugé insuffisant pour pouvoir apporter des éléments de réponse. Ses pistes sont alors proposées pour la mise en place d'un plan d'acquisition de connaissances et d'effort de R&D à déployer.

Des synthèses argumentant scientifiquement ce classement sont rédigées pour chacune des questions posées et servent de base à l'élaboration de bulletins didactiques richement illustrés.

En savoir +

LIRE

[Bulletins de COME3T N°1 et 2 téléchargeables sur france-energies-marines.org.](https://france-energies-marines.org)



| Schéma de fonctionnement simplifié de la démarche COME3T

COME3T a démarré en 2018 par une phase de test au cours de laquelle deux questions ont été traitées :

- Les parcs éoliens posés peuvent-ils générer des vagues dangereuses ?
- La colonisation des parcs d'énergies marines renouvelables facilite-t-elle l'introduction et la propagation d'espèces non indigènes ?

En savoir +

VOIR

[Est-ce que la construction d'un parc éolien en mer peut faciliter la propagation de nouvelles espèces par effet relais ?](#)

Réponse sur la chaîne YouTube de France Energies Marines.

Une nouvelle session a été lancée en mai 2020 avec deux nouvelles interrogations :

- Peut-on évaluer un rapport entre les gains et les pertes pour l'écosystème marin des effets DCP (Dispositif de Concentration de Poissons), récif et réserve induits par les parcs éoliens et leur raccordement ?
- Quelles sont les réactions des populations de mammifères marins à la présence des parcs éoliens en mer pendant leur durée de fonctionnement ?

Retours d'expérience de l'étranger

Des parcs éoliens en mer sont installés en **Europe du Nord** depuis le début des années 90. De nombreux suivis des impacts des fermes éoliennes offshore sur l'environnement marin ont ainsi été réalisés. La Belgique vient par exemple de terminer sa dixième année de surveillance de l'écosystème situé autour de ses parcs éoliens.

Les conclusions issues de ce suivi sont compilées dans un rapport de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique. Il concerne différentes thématiques : réduction du bruit sous-marin, impact sur la pêche, le benthos, les oiseaux marins, les chauves-souris et les marsouins. D'après cette étude, beaucoup d'organismes se sont fixés sur les fondations. Ces nouveaux écosystèmes sont différents des substrats durs naturels alentours. De plus, selon le type de fondation (jacket ou gravitaire), les écosystèmes sont différents. Les scientifiques préconisent la poursuite des suivis car l'écosystème qui s'est développé sur ces structures n'est pas encore à son état d'équilibre. Certains oiseaux marins ont évité très significativement la zone des parcs éoliens en mer. C'est le cas des fous de Bassan, des guillemots et des pingouins torda. Par contre, les goélands bruns et argentés étaient plus nombreux lors des six années d'exploitation du parc qu'avant la construction. Les cormorans, quant à eux, ont investi la zone alors qu'ils n'étaient pas présent auparavant. Les scientifiques conseillent de continuer le suivi de l'avifaune et de s'intéresser à l'impact du déplacement des fous de Bassan, mais aussi au succès reproducteur des oiseaux marins situés dans la zone.

En savoir +

LIRE

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.

Téléchargeable sur tethys.pnnl.gov.



| Parc éolien en mer de London Array, situé à près de 30 km au large de l'estuaire de la Tamise

Il est important pour les chercheurs français d'être informés de ce qui est réalisé dans les autres pays. C'est pour cela que France Energies Marines participe à deux groupes de travail internationaux : **WREN** (*Working Together to Resolve Environmental Effects of Wind Energy*) et le **CEAF** (*Common Environmental Assessment Framework*). En fédérant un réseau d'acteurs représentant 12 pays, **WREN** permet de compiler

toutes les publications sur l'éolien et la biodiversité dans le Monde. Le **CEAF** rassemble les pays européens de la mer du Nord afin de collaborer sur l'établissement d'une méthode commune pour l'évaluation environnemental des parcs éoliens en mer.

En savoir +

LIRE

- [WREN - Working Together to Resolve Environmental Effects of Wind Energy](http://tethys.pnnl.gov) sur tethys.pnnl.gov
- [CEAF - Common Environmental Assessment Framework](http://northseaportal.eu) sur northseaportal.eu



MODIFICATION DE L'HABITAT

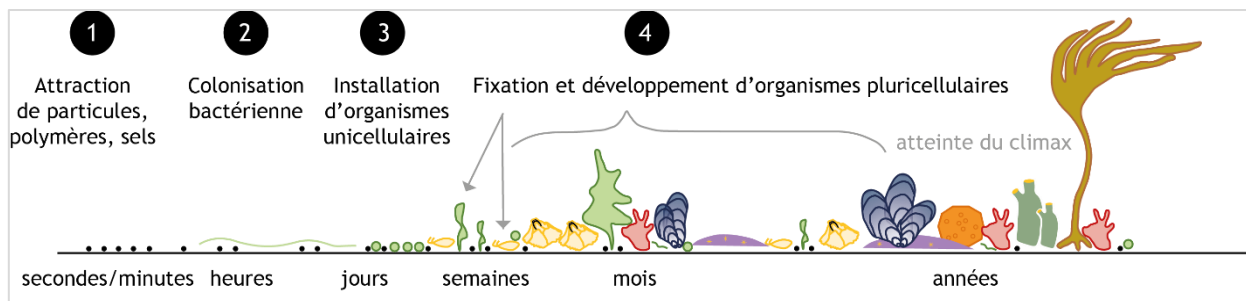
Enjeux

L'installation des structures associées aux parcs éoliens en mer (fondations, câbles...) engendre une modification de l'habitat marin. L'empreinte de ces structures sur le fond va entraîner une perturbation, voire une destruction, directe de l'habitat benthique naturel, c'est-à-dire de l'ensemble des organismes qui vivent en relation avec le fond marin. La présence de ces structures entraîne également, par effet de turbulence, une modification de l'hydrodynamisme local pouvant induire des perturbations de la sédimentation, de l'érosion ou de la turbidité. Par ailleurs, les composants sous-marins des éoliennes vont fournir un nouvel habitat pour de nombreux organismes qui vont pouvoir le coloniser : c'est l'effet récif. Le développement et l'attraction d'organismes vivant sur et autour des structures implantées peut indirectement modifier le fonctionnement naturel de l'écosystème (ex. apport en matière organique, utilisation de sources alimentaires). Enfin, la régulation ou l'interdiction de certaines activités anthropiques (telles que la pêche) au sein du parc éolien peut permettre la création d'une zone agissant comme une réserve pour les écosystèmes.

Travaux et résultats

Au travers de plusieurs projets de recherche, France Energies Marines s'intéresse à caractériser les impacts de ces modifications de l'habitat sur l'écosystème marin.

Lors du projet **SPECIES**, qui visait à étudier l'impact des câbles électriques sous-marins sur les peuplements benthiques, la colonisation des structures associées au câble électrique sous-marin du site d'essai de Paimpol-Bréhat a été étudiée de près. Cette étude a montré que le câble et les matelas de béton qui le stabilisent étaient colonisés par une grande diversité d'organismes fixés (ex. algues, ascidies) et mobiles (ex. homards, tacauds). Le suivi de la biocolonisation dans le cadre des projets **ABIOP** et **ABIOP+** apporte également des connaissances quant à l'effet récif en domaine offshore, dominé par la houle, caractéristique des zones de déploiement de fermes éoliennes.



| Développement schématique de la biocolonisation

Toujours au cours du projet **SPECIES**, l'impact de l'interdiction d'activités anthropiques sur les communautés benthiques a été évalué autour de câbles électriques reliant Jersey et le Cotentin. Il a été démontré que la diversité de ces communautés est supérieure dans la zone d'interdiction, témoignant ainsi que cette zone agit comme une réserve.

Au cours du projet **TROPHIK**, l'utilisation de modèles informatiques écosystémiques pour étudier l'impact du futur parc éolien au large de Courseulles-sur-mer a mis en exergue le rôle potentiel de réserves naturelles que pourraient jouer les fermes éoliennes offshore. En effet, la biomasse de plusieurs espèces, comme le taud, augmente dans la zone du parc. Il a également été démontré qu'au bout de quelques années, un seuil devrait être atteint et qu'une partie des individus allait sortir de cette zone et se déplacer sur plusieurs kilomètres autour du parc. Ce phénomène est appelé débordement.

Le projet **DUNES**, qui est actuellement en cours, vise à fournir de nouvelles connaissances sur un écosystème particulier : les dunes sous-marines. En effet, la pose de fondations d'éoliennes et de câbles sur les fonds marins, impliquera des travaux de tranchage et de dragage des dunes présentes en Manche. Afin d'évaluer au mieux l'impact de ce type de travaux, le projet porte sur

l'étude de la dynamique sédimentaire et biologique naturelle de ces écosystèmes qui est encore mal comprise.

Perspectives

La conduite de l'ensemble de ces projets apporte d'importantes informations pour la filière des énergies marines renouvelables et permet de mieux appréhender la vaste question de la modification des habitats générée par l'implantation de parcs éoliens en mer. Certaines pistes de réflexion restent néanmoins à explorer et font l'objet d'une attention particulière au sein des futurs projets de recherche de France Energies Marines. Parmi celles-ci, la potentielle capacité des parcs éoliens en mer à favoriser l'expansion d'espèces introduites (c'est-à-dire des espèces non présentes naturellement) vers de nouvelles zones, apparaît comme une des préoccupations principales nécessitant des études spécifiques.

En savoir +

LIRE

[Bulletin de COME3T N°2 téléchargeable sur france-energies-marines.org.](https://france-energies-marines.org/)



ÉMISSIONS ACOUSTIQUES

Enjeux

Les parcs éoliens en mer émettent du bruit dans l'environnement marin, principalement durant leur installation (ex. battage de pieux, trafic maritime), mais également pendant leur phase d'exploitation (ex. vibration des turbines). Ce bruit d'origine humaine modifie le paysage sonore naturel et impacte la vie marine en induisant potentiellement des changements de comportement (ex. évitement de la zone), des blessures physiques ou des réductions temporaires ou permanentes de la capacité auditive. Les risques associés au bruit sur la faune marine sont souvent pointés comme faisant partie des impacts majeurs des parcs éoliens en mer. Ils ont donc été particulièrement scrutés par la communauté scientifique.

Travaux et résultats

France Energies Marines et ses partenaires participent activement à la recherche et au développement sur cette thématique.

Au travers des projets **BENTHOSCOPE** et **BENTHOSCOPE2**, l'impact des émissions acoustiques associées aux énergies marines renouvelables sur le benthos a été caractérisé. Ce dernier, qui correspond à l'ensemble des organismes qui vivent en relation avec le fond marin, est un compartiment de l'écosystème qui avait été peu étudié jusqu'ici. **BENTHOSCOPE** a permis notamment de réaliser et publier pour la première fois la mesure du bruit émis par une hydrolienne et d'estimer les effets sur l'écosystème. Ces travaux sont d'importance également pour le contexte éolien puisque les experts considèrent que le bruit émis par une hydrolienne sera similaire à celui d'une éolienne, transmis au milieu marin par le mât. Les résultats montrent que la production de bruit est équivalent à celle d'un bateau de 19 m naviguant à 10 nœuds. Le bruit émis est supérieur au bruit ambiant dans un rayon de 1,5 km autour de la machine et pourrait être perçu par un marsouin dans un rayon de 1 km. Le niveau de bruit ne laisse présager aucun dommage physiologique pour les mammifères marins, les poissons ou les invertébrés.

En savoir +

LIRE

Lossent J. *et al.* (2018) [Underwater operational noise level emitted by a tidal current turbine and its potential impact on marine fauna](#). *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 131, p. 323-334

Téléchargeable sur [sciencedirect.com](https://www.sciencedirect.com).

Jolivet A. *et al.* (en préparation) Study of the acoustic effects of anthropogenic activities on scallop *Pecten maximus* behavior.

Des travaux plus précis concernant l'effet des bruits sur les espèces benthiques ont été réalisés au cours du projet **BENTHOSCOPE2**. Des coquilles Saint-Jacques ont été soumises à des bruits continus (bruits de navires, bruits biologiques, bruits synthétiques) et des bruits impulsionnels de battage de pieux (correspondant à un niveau perçu à 500 m de la source). Les résultats montrent que ces mollusques perçoivent les sons, une augmentation significative des mouvements de leur coquille ayant été enregistrée pendant la diffusion. Ces mouvements semblent plus lents lors de l'émission des bruits continus, mais de même amplitude que pour les bruits impulsionnels. Dans l'ensemble, les réponses restent modérées et non comparables à des réponses de stress ou de fuite qui peuvent être observées en présence de prédateurs ou sous l'effet d'algues toxiques. Ces expérimentations ont permis d'apporter de premiers éléments sur les réponses des coquilles Saint-Jacques aux bruits émis par un parc éolien. Les bruits pour le battage de pieux ne pouvaient être testés à des niveaux équivalents à des distances inférieures à

500 m. L'effet de fatigue à long terme qui pourrait être induit par les mouvements des valves des individus exposés aux bruits de manière prolongée reste incertain.

Perspectives

Bien que la réponse aux perturbations sonores associées aux parcs éoliens en mer commence à être bien appréhendée, notamment grâce au retour d'expérience d'autres activités anthropiques qui émettent également du bruit, plusieurs incertitudes demeurent. Jusqu'à présent, la caractérisation des seuils acoustiques causant des dommages physiques est mieux décrite pour les mammifères marins que pour les poissons, et reste presque inconnue pour les invertébrés et les tortues marines. Il est à noter que la connaissance de ces seuils n'est pas le seul élément permettant de répondre à la question des impacts des émissions acoustiques sur la vie marine. Il faut aussi considérer les changements potentiels sur le long terme au niveau des populations. A titre d'exemple, certaines incertitudes persistent concernant la réponse du marsouin commun vis-à-vis du bruit des parcs éoliens en Manche et mer du Nord. En effet, bien que des études britanniques et belges aient démontré que l'abondance de ces cétacés sur une zone revenait généralement à son niveau initial peu après l'arrêt du battage de pieux utilisé pour installer certaines éoliennes, il est encore impossible de décrire avec certitude la manière dont sont impactées les populations sur une période de temps relativement longue. La même question se pose pour les communautés benthiques, dont certaines espèces sont exploitées par l'Homme.



ÉMISSIONS DE CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES

Enjeux

Le transit de courant électrique dans les câbles de liaison et d'export des installations éoliennes en mer entraîne la production de champs électromagnétiques au voisinage de ces câbles. Quand ces champs électromagnétiques artificiels s'ajoutent aux champs naturels ambiants, les organismes marins électro ou magnétosensibles, tels que les requins, raies, mammifères marins, crustacés, tortues de mer et poissons, peuvent potentiellement être perturbés. Cela peut induire une augmentation de la mortalité, une modification du succès de reproduction ou des habitudes migratoires de ces organismes. Dans le contexte du développement des parcs éoliens en mer, le nombre de câbles sous-marins va drastiquement augmenter, rendant nécessaire la caractérisation des impacts potentiels des champs électromagnétiques sur les écosystèmes marins.

Travaux et résultats

C'est dans ce contexte que France Energies Marines et ses partenaires ont exploré ce vaste sujet au cours du projet de recherche **SPECIES**. Ce dernier visait à étudier l'impact des câbles électriques sous-marins sur un compartiment spécifique de l'écosystème marin : le benthos, c'est-à-dire l'ensemble des organismes qui vivent en relation avec le fond marin.

Un premier volet du projet avait pour objectif de mesurer sur site les valeurs de champs électromagnétiques émis par des câbles électriques. Ces mesures ont été effectuées sur différents sites de la façade maritime française : un site d'essai pour l'éolien flottant au large du Croisic (Loire-Atlantique) et deux interconnexions France-Angleterre. Ces résultats, qui viendront consolider les connaissances déjà disponibles, sont actuellement en cours d'analyse et devraient bientôt être rendus publics.

Un second volet de **SPECIES** avait pour but d'étudier l'impact des champs électromagnétiques sur la faune marine. Dans ce cadre, deux expérimentations en laboratoire ont été menées pour

étudier la réponse de deux organismes cibles : le homard et la coquille Saint-Jacques. Pour le homard, les travaux portaient sur des individus juvéniles et n'ont pas montré d'impact des champs électromagnétiques sur le comportement des animaux. Concernant la coquille Saint-Jacques, les résultats sont encore en cours d'analyse et devraient être bientôt disponibles.

En savoir +

VOIR

[Les champs magnétiques produits par les câbles d'exports ont-ils des effets sur les homards ?](#)

Le détail de l'expérimentation menée sur des juvéniles de homards sur la chaîne YouTube de France Energies Marines.

LIRE

Taormina B. *et al.* (2020) [Impact of magnetic fields generated by AC/DC submarine power cables on the behavior of juvenile European lobster \(*Homarus gammarus*\)](#). *Aquatic Toxicology*, Vol. 220, 105401

Téléchargeable sur [sciencedirect.com](https://www.sciencedirect.com).

Perspectives

Bien que des incertitudes demeurent, le projet **SPECIES** permet d'apporter des premiers éléments de réponse concernant la question de l'impact des champs électromagnétiques sur la vie marine, qui est une préoccupation récente. Pour continuer d'apporter de nouvelles informations scientifiques, de nombreux projets de recherche continuent à explorer cette question à travers le monde.



POLLUTION CHIMIQUE

Enjeux

Le développement des parcs éoliens en mer peut conduire à une pollution chimique de l'environnement. Celle-ci peut intervenir durant la phase d'installation du parc, en raison de l'augmentation du trafic maritime et donc du risque de fuite de carburant, mais également avec la remise en suspension de contaminants contenus dans le sédiment suite au remaniement du fond marin. En ce qui concerne la phase d'exploitation, l'utilisation de protection cathodique par anode galvanique pour lutter contre la corrosion des structures métalliques peut également conduire à une pollution. En effet, l'oxydation de ces anodes, principalement composées d'aluminium et de zinc, provoque la libération et la diffusion d'éléments métalliques sous forme d'ions ou d'oxyhydroxydes dans le milieu marin. La question des effets de la dégradation de ces anodes, apparue au sein de la société civile, est relayée par les services de l'Etat. Il est donc important de pouvoir fournir des réponses scientifiquement étayées quant à cette interrogation.

En savoir +

VOIR

[Quel est le rôle d'une anode galvanique ?](#)

Réponse sur la chaîne YouTube de France Energies Marines.



| Anodes galvaniques fixées sur des fondations d'éoliennes de type jacket

Travaux et résultats

Dans ce contexte, le projet **ANODE**, piloté par France Energies Marines et l'Ifremer, a pour but de quantifier les composés chimiques émis par les anodes galvaniques des structures associées aux parcs éoliens en mer et leur dynamique de dispersion dans le milieu marin via une approche de modélisation informatique. Ce projet, actuellement en cours, permettra de fournir une première étude approfondie de l'état actuel des connaissances sur les protections cathodiques, mais aussi sur les métaux libérés et leur dispersion dans la colonne d'eau. L'objectif est également de remettre en contexte cette pollution avec les concentrations en éléments métalliques naturellement présentes dans le milieu marin et celles provenant d'autres activités humaines.

Perspectives

Les résultats très attendus de ce projet permettront de dresser les premières conclusions concernant les potentiels impacts des protections cathodiques sur le milieu marin. Des recommandations seront proposées pour la conception d'expérimentations visant à caractériser et quantifier ces impacts. Des protocoles de mesure sur site et de modélisation seront définis afin d'étudier les éventuels effets des anodes galvaniques sur les futurs sites d'implantation d'éoliennes offshore.



RISQUE DE COLLISION ET DE DÉRANGEMENT

Enjeux

L'implantation de parcs éoliens offshore engendre des risques de dérangement et de collision pour certains animaux qui peuvent se traduire par des comportements d'évitement de la zone concernée, des blessures et, dans le pire des cas, de la mortalité. Durant la phase d'installation, ce risque concerne principalement les collisions entre les moyens nautiques utilisés et les mammifères marins, tortues de mer et poissons. En ce qui concerne la phase d'exploitation du parc, le risque de collision concerne les pâles d'éoliennes en rotation qui peuvent percuter directement la faune volante, c'est-à-dire les oiseaux et chauves-souris.

Bien que le risque de collision associé aux éoliennes en mer ait été soumis à une attention particulière depuis la mise en place des premiers parcs de ce type en Europe, de nombreuses incertitudes demeurent. Il est donc nécessaire de caractériser au mieux le risque en utilisant des approches de modélisation et d'observations sur site. Une caractérisation plus fine des impacts

passera en un premier lieu par une meilleure connaissance globale des organismes potentiellement sensibles à ce risque de collision, en apportant, par exemple, des informations sur les flux migratoires et les comportements de vol.

Travaux et résultats

Dans ce contexte, France Energies Marines participe activement à la recherche et au développement sur cette thématique en pilotant divers projets avec des partenaires variés.

Le projet **GEOBIRD**, qui est actuellement en cours, a ainsi pour but de conceptualiser et réaliser une balise miniature de géolocalisation pour le suivi d'oiseaux de taille moyenne comme les puffins. L'utilisation d'un tel équipement permettra de développer la connaissance sur le comportement de ces animaux. La balise mise au point durant ce projet est actuellement en phase de test, notamment sur des puffins de Scopoli.



| Puffin en vol

SEMMACAPE, un autre projet actuellement en cours, vise à proposer et démontrer la pertinence de solutions automatisées de traitement et d'analyse des photographies aériennes pour assurer le recensement automatisé de la mégafaune marine (c'est à dire les animaux de grande taille comme les mammifères marins) à l'échelle d'un parc d'énergies marines renouvelables. La robustesse de ces méthodes sera notamment testée dans le Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis.

Également en cours, le projet **ORNIT-EOF** porte sur la proposition d'une architecture pour un observatoire en mer Méditerranée afin de mieux connaître l'évolution des interactions entre l'avi-faune et les futurs parcs éoliens flottants. Ce projet permettra l'acquisition de données de déplacements des oiseaux migrateurs terrestres et marins à une échelle spatio-temporelle très fine. Les données obtenues serviront ainsi au développement d'un modèle prédictif novateur qui

viendra compléter les outils existants d'aide à la décision pour l'implantation des éoliennes de grande puissance.

A l'automne 2020 débutera le projet **OWF-SOMM**. Sa feuille de route principale est la standardisation des outils et méthodes de suivi de la mégafaune marine à l'échelle des parcs d'énergies marines renouvelables. Les suivis actuels sont réalisés par des observateurs à bord d'avions qui identifient et dénombrent les espèces observées dans les zones d'implantation des futurs parcs. Cependant, après l'installation des éoliennes, l'altitude de survol devra être considérablement augmentée pour des questions de sécurité, ce qui amènera à l'utilisation de caméras digitales. Or, passer d'un mode d'observation à l'autre nécessitera un travail d'inter-calibration : c'est le premier objectif de ce projet. Une méthode de fusion de données sera ensuite développée pour pouvoir traiter des informations issues de différents types de suivis : radar, acoustique sous-marine et aérienne, observations à bord de bateaux, caméras digitales fixées sur des mats d'éoliennes...

Perspectives

Le manque de connaissances sur l'impact du risque de collision concernant la faune volante et la mégafaune reste important et demande des stratégies de suivi et de gestion particulières. France Energies Marines et ses partenaires travaillent activement à développer des méthodes pour mieux caractériser les conséquences associées, méthodes qui s'avèreront cruciales dans le contexte de développement des premiers parcs éoliens français.



UNE APPROCHE INTÉGRÉE DE L'ENVIRONNEMENT

Présentation de l'approche

Les études visant à caractériser les impacts potentiels des parcs éoliens offshore sur l'environnement marin se concentrent majoritairement sur certains compartiments de l'écosystème (ex. benthos, oiseaux, mammifères marins) ou certaines perturbations (ex. bruit, risque de collision, champs électromagnétiques). Ces travaux produisent des résultats d'une importance majeure pour la filière, mais sont issus d'une approche fractionnée rendant difficile l'obtention d'une vision globale du milieu marin.

Pour pallier à cette problématique, l'utilisation d'une approche écosystémique est sérieusement considérée par les gestionnaires des futurs parcs. En effet, le besoin d'une gestion intégrée et holistique des écosystèmes marins est clairement identifié dans différentes directives européennes établies depuis le début des années 2000 (ex. Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin). Celles-ci ont été traduites sur le plan national par la Stratégie Nationale pour la Mer et le

Littoral ainsi que sur les différentes façades maritimes françaises avec les Documents Stratégiques de Façades. Les énergies marines renouvelables doivent s'intégrer dans un contexte de contraintes multiples, ce qui représente un défi technique, juridique, sociétal et écologique. L'approche écosystémique a pour objectif de mener des études en considérant :

- l'écosystème dans sa globalité avec l'ensemble de ses compartiments de manière conjointe et non isolée,
- l'ensemble des perturbations générées par un parc éolien en mer sur la totalité de son cycle de vie (de sa conception à son démantèlement), aussi appelées impacts cumulés,
- les impacts socio-économiques associés.

Travaux et résultats

Dans ce contexte, France Energies Marines, en collaboration avec un grand nombre de partenaires, coordonne plusieurs projets novateurs en utilisant des approches intégrées pour mieux comprendre l'impact des parcs éoliens en mer

sur l'environnement écologique et socio-économique. C'est notamment le cas du projet **TROPHIK** qui a permis de développer les bases d'une approche écosystémique associée à la présence d'un parc éolien posé, par la mise en place d'outils de modélisation informatique considérant le réseau trophique dans son ensemble. Cette approche a été développée en se basant sur le cas d'étude du futur parc éolien offshore de Courseulles-sur-mer. Dans ce projet, l'impact du parc sur le fonctionnement de l'écosystème de la baie de Seine a pu être modélisé en tenant compte de l'effet du changement climatique, qui a une action indéniable à l'échelle planétaire. Les différentes projections à horizon 2050 ont mis en exergue le rôle potentiel de réserves naturelles que pourraient jouer les fermes éoliennes offshore. En effet, la biomasse de plusieurs espèces, telles que le tacaud, augmente dans le parc et une partie des individus finit par sortir de la zone. Ce phénomène est appelé débordement.

En savoir +

LIRE

[Araignous E. et al. \(2019\) Recommandations pour une approche écosystémique des aires d'implantation d'énergies marines renouvelables. Cas d'étude du parc éolien offshore de Courseulles-sur-mer.](#) Plouzané : France Energies Marines Editions, 60 p.
Téléchargeable sur france-nergies-marines.org.

VOIR

[Towards a better understanding of environmental integration of offshore renewable energies](#)
L'approche socio-écosystémique expliquée en moins de 3 min sur la chaîne YouTube de France Energies Marines.

Dans la continuité de ces travaux, le projet **AP-PEAL**, actuellement en cours, associe sciences naturelles, humaines et sociales. Il intègre plusieurs champs disciplinaires (biologie, écologie, géographie, anthropologie, économie et droit maritime) pour produire des outils permettant de qualifier et de quantifier les effets des parcs éoliens en mer sur le fonctionnement des socio-écosystèmes côtiers.

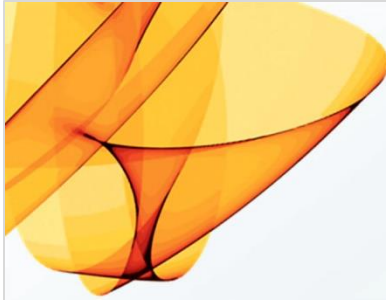
Pour aller encore plus loin dans cette approche, le projet **WINDSERV**, récemment lancé, étudie les interactions entre parcs éoliens en mer et services écosystémiques afin de développer de nouveaux indicateurs pertinents, basés sur la quantification des flux de matière organique. Pour cela, la mise en place d'une approche multi-modèles couplant physique et biologie va permettre de décrire le fonctionnement des écosystèmes des zones des futurs parcs éoliens de Dunkerque en Manche et de Leucate en Méditerranée. Ces travaux de R&D s'inscrivent dans la perspective d'une stratégie gagnant-gagnant entre le développement des énergies marines renouvelables, la conservation des écosystèmes et le bien-être humain.

Perspectives

Dès l'automne 2020, France Energies Marines va initier, avec ses membres et partenaires, le projet **LIF-OWI** dont l'objectif est d'élaborer une méthodologie complète pour l'analyse du cycle de vie d'un parc éolien offshore, au niveau environnemental et sociétal, puis de la valider en l'appliquant à une sélection de parcs français (pilotes et commerciaux, flottants et fixes). Les résultats obtenus permettront d'identifier des voies d'amélioration pour la durabilité environnementale et sociétale des fermes éoliennes en mer.

ANNEXES

Fiches de présentation
des différents projets collaboratifs
cités dans le document



ABIOP

Comptabilisation du biofouling au moyen de protocoles de quantification établis

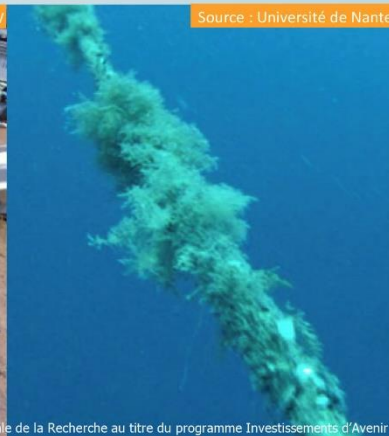
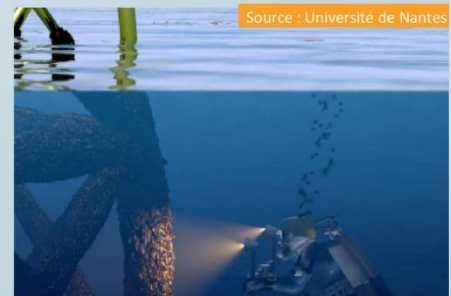


Les effets et l'ampleur du biofouling sur les systèmes EMR sont méconnus et représentent un défi pour les ingénieurs dans les phases de conception et de maintenance pouvant impacter le LCOE.

Le projet **ABIOP** en regroupant les compétences en biologie marine, métrologie marine et conception des structures a pour objectif à terme de fournir les données d'entrée fiabilisées nécessaires à l'ingénierie. Une synthèse approfondie des connaissances sur la nature du biofouling sur les différentes façades maritimes françaises et des moyens pour le caractériser et le suivre sera réalisée dans un premier temps.

Une analyse critique de cette synthèse permettra avec des développements complémentaires de proposer un panel de protocoles de caractérisation et de suivis du biofouling adaptés aux sites et aux différentes technologies EMR.

Des méthodes d'observations et de quantifications basées sur l'analyse d'images en développant la technologie de mesure, les algorithmes et le traitement statistique seront testées, pour les préqualifications, sur quatre sites pilotes des façades Atlantique et Méditerranée facilement accessibles et déjà équipés.



Objectifs :

- Réaliser une synthèse approfondie des connaissances sur la nature du biofouling sur les différentes façades maritimes françaises et des moyens pour le caractériser et le suivre.
- Elaborer des méthodes de caractérisation et de quantification du biofouling pour fiabiliser les données d'entrée nécessaires au dimensionnement et à la maintenance des systèmes EMR.

Ce travail a bénéficié d'une aide de l'Etat gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme Investissements d'Avenir (ANR-10-IEED-0006-21).



contact@ite-fem.org
www.france-energies-marines.org





© Service des Moyens à la Mer, Observatoire Océanologique de Banyuls

ABIOP+

Prise en compte du biofouling au moyen de protocoles de quantification utiles à l'ingénierie



Eolien flottant



Hydrolien



ETM



Etudes



Conception



Opérations Maintenance

DURÉE : 36 mois | LANCEMENT : 2019
Budget total : 1,99 M€

NOS PROGRAMMES S&T CONCERNÉS



CONCEPTION DES TECHNOLOGIES



INTÉGRATION ENVIRONNEMENTALE

OBJECTIF

Caractériser qualitativement et quantitativement le biofouling en fonction des sites et des composants concernés grâce à des protocoles innovants, peu coûteux et applicables au niveau mondial, reposant sur de solides analyses de données.

CONTENU SCIENTIFIQUE

- Caractérisation multi-échelles du biofouling
- Amélioration des protocoles de caractérisation du biofouling sur les aspects standardisation, opérabilité et coût
- Développement d'une méthode quantitative d'analyse d'images
- Evaluation des solutions existantes pour gérer le biofouling

Avec le soutien complémentaire du Pôle Mer Méditerranée et des régions Bretagne, La Réunion, Normandie, Pays de La Loire et SUD Provence-Alpes-Côte d'Azur.

CONTEXTE

L'augmentation de la compétitivité des EMR (liée à la baisse du LCOE) est essentielle à leur développement. Une conception optimisée ainsi qu'un plan de maintenance pertinent des structures et des fermes sont donc nécessaires. Dans ce contexte, le développement d'organismes vivant sur des éléments immergés en mer, aussi appelé biofouling, est un paramètre crucial à prendre en compte.

Ce processus biologique qui affecte tous les types de structures n'est pas entièrement compris, surtout si l'on considère les sites très dynamiques et peu profonds, caractéristiques des zones d'implantation des systèmes EMR. Plusieurs travaux, dont le projet ABIOP, soulignent que le biofouling est un problème critique pour les liaisons mobiles fond-surface telles que les lignes d'ancrages et les câbles dynamiques.

RÉSULTATS ATTENDUS

- Meilleure connaissance du biofouling à des sites EMR incluant les différences entre sites (Atlantique et Méditerranée) à grande échelle et une caractérisation fine sur 4 ans.
- Nouveaux protocoles et approches pour l'identification et la quantification du biofouling et de ses effets en vue d'une prise en compte dans le design des structures.
- Réponses à des questions spécifiques aux composants de liaison fond-surface : effets des sollicitations cycliques, effet thermique du biofouling...
- Proposition de solutions de gestion du biofouling adaptées aux EMR parmi celles d'autres secteurs industriels, en soulignant la nécessité d'une approche durable.

PARTENAIRES



Ce projet bénéficie d'une aide de l'Etat, gérée par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) au titre du programme Investissements d'Avenir.



france-energies-marines.org

contact@ite-fem.org - T. +33(0)2 98 49 98 69



© France Energies Marines

ANODE

Evaluation quantitative des métaux libérés dans le milieu marin et issus des anodes galvaniques des structures EMR



Eolien posé



Eolien flottant



Hydrolien



Houlo-moteur



ETM



Etudes



Conception

DURÉE : 12 mois | LANCEMENT : 2019
Budget total : 263 k€

NOS PROGRAMMES S&T CONCERNÉS



CARACTÉRISATION DE SITES



INTÉGRATION ENVIRONNEMENTALE

OBJECTIF

Quantifier les composés chimiques émis par les anodes galvaniques des structures EMR et le risque de dispersion dans le milieu marin.

CONTENU SCIENTIFIQUE

- Revue bibliographique des protections cathodiques et de leurs impacts potentiels sur l'environnement
- Modélisation des flux de dispersion des métaux libérés dans l'environnement à différents sites d'EMR situés sur les façades maritimes françaises
- Evaluation des risques d'exposition aux émissions dans l'environnement de composés chimiques issus des anodes galvaniques

Avec le soutien complémentaire de la Région Normandie.

CONTEXTE

L'utilisation d'une protection cathodique par anode galvanique est une méthode efficace et utilisée depuis longtemps pour lutter contre la corrosion des structures métalliques immergées en mer (ex. navires, quais sur pieux, plateformes offshore...). L'oxydation de ces anodes, composées souvent de zinc ou d'aluminium, provoque la libération et la diffusion d'éléments métalliques sous forme d'ions ou d'oxyhydroxydes.

A la faveur du développement des EMR, la question des effets de la dégradation des anodes est réapparue au sein de la société civile et relayée par les services de l'état. Il est donc important de pouvoir fournir des réponses scientifiquement étayées à cette interrogation.

RÉSULTATS ATTENDUS

- Etude approfondie de l'état actuel des connaissances sur les protections cathodiques, les composés libérés et leur répartition dans les différents compartiments de l'environnement.
- Remise en contexte des apports de métaux provenant des anodes galvaniques des structures EMR avec les composés métalliques d'origines naturelle et anthropique dans le milieu marin.
- Conclusions concernant les potentiels impacts des protections cathodiques sur le milieu marin et recommandations pour la conception d'expérimentations permettant de caractériser et quantifier ces effets, le cas échéant.

PARTENAIRES



Ce projet bénéficie d'une aide de l'Etat de 70 k€, gérée par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) au titre du Programme des Investissements d'Avenir (ANR-10-IEED-0006-30).

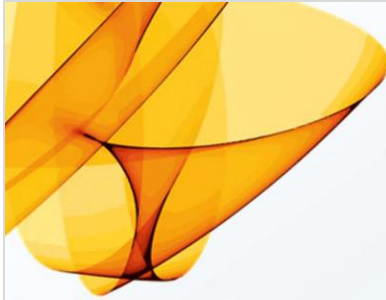


© France Energies Marines, 2019



france-energies-marines.org

contact@ite-fem.org - T. +33(0)2 98 49 98 69

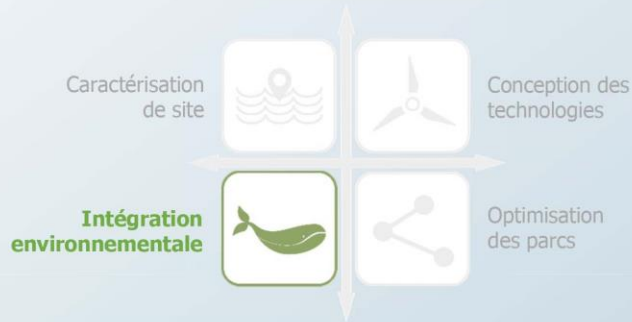
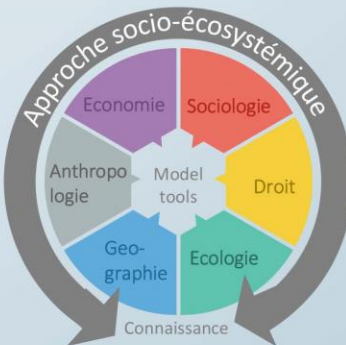


APPEAL

Approche socio-écosystémique de l'impact des parcs éoliens flottants

Suite au succès de l'appel à projets sur l'**éolien flottant** (AAP EolFlo) lancé par l'ADEME en 2015, l'installation de **fermes pilotes** sera prochainement opérée en **Atlantique (1 site)** et en **Méditerranée (3 sites)**. L'intégration de ces infrastructures particulières (*i.e.* les parcs éoliens offshore flottants ou **PEOF**) dans les milieux complexes et convoités que sont les écosystèmes marins côtiers, est un **défi du point de vue technique, juridique, sociétal et environnemental**.

Le projet **APPEAL** a pour principal objectif de construire une **nouvelle approche associant sciences de la nature et sciences humaines et sociales**, afin de mesurer les effets des PEOF sur le fonctionnement des socio-écosystèmes côtiers et de proposer des outils d'aide à la décision.



Ce projet de trois ans se déroulera en **trois temps** avec :

- la **définition de l'état initial** environnemental, écologique, et socio-économique (usages, perceptions et acceptabilité) des futurs sites d'implantation des PEOF,
- la **modélisation des évolutions possibles** de leur fonctionnement trophique et de leur rôle dans la conservation de la biodiversité, des impacts économiques sur les flottilles de pêche, et des interactions avec les autres usages et,
- le **développement d'un modèle de socio-écosystème** visant à caractériser et analyser les interactions entre l'ensemble des acteurs et l'environnement, en tenant compte du cadre juridique.

Deux sites de développement de PEOF pilotes seront étudiés prioritairement : **Groix & Belle-Île** (Atlantique) et **Leucate** (Méditerranée).

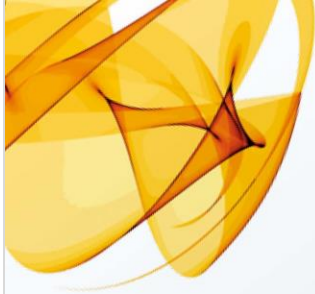
Le projet **APPEAL** contribuera plus largement à l'identification et à la mesure des enjeux écologiques et socio-économiques posés par les projets EMR.



Objectifs :

- Connaître les **effets des PEOF sur les socio-écosystèmes**
- Développer des **outils numériques** pour caractériser et mesurer les **interactions acteurs-environnement**
- Développer des **outils d'aide à l'intégration des PEOF** dans leur environnement naturel et socio-économique

Ce travail a bénéficié d'une aide de France Energies Marines et de l'Etat gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme Investissements d'Avenir (ANR-10-IEED-0006-25).

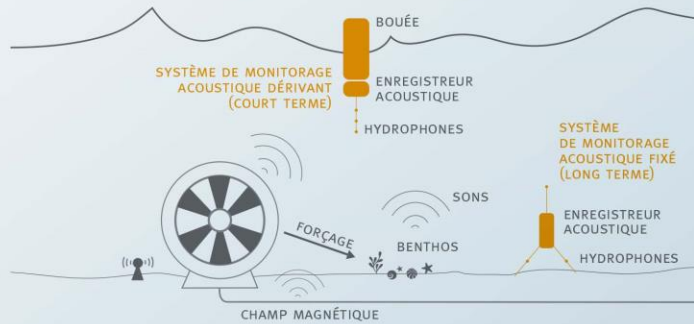


Benthoscope



INDEX ACOUSTIQUE DE LA RICHESSE BENTHIQUE DES SUBSTRATS DURS POUR L'ÉVALUATION DES IMPACTS DES HYDROLIENNES

Le projet BENTHOSCOPE a pour objectif de diagnostiquer l'état et l'évolution des peuplements benthiques d'un habitat marin rocheux en écoutant les sons qu'ils produisent, à l'image du stéthoscope dans le domaine médical.



Le benthos, ensemble des organismes vivant à proximité du fond, est un compartiment essentiel au fonctionnement des écosystèmes en milieux côtiers. Il présente également des enjeux économiques, patrimoniaux et emblématiques au sein de ces milieux, par ailleurs privilégiés pour le déploiement des équipements de production d'énergies marines renouvelables (EMR).

Le projet BENTHOSCOPE a pour objectif de développer des méthodes novatrices, car quantitatives, de surveillance environnementale des impacts potentiels des hydroliennes sur le compartiment benthique des substrats durs, là où les méthodes classiques font défaut.

La richesse biotique du benthos sera en effet décrite par acoustique passive. Cet outil de surveillance

présente plusieurs avantages, dont l'accès à des indicateurs issus du vivant (leur production sonore), le caractère non intrusif du dispositif, la haute résolution temporelle, un coût abordable et la possibilité d'étudier les écosystèmes marins sur le long terme.

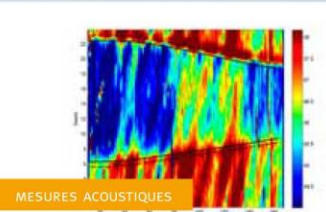
À l'aide de cette méthode opérationnelle, les fonctions de transfert suivantes seront mesurées à l'échelle des peuplements :

- richesse biologique (biomasse et diversité),
- variabilité spatiale,
- variabilité temporelle.

Ce projet relèvera des défis scientifiques et techniques (première description acoustique du benthos sur substrat dur et dans un fort courant) sur un des premiers sites de déploiement d'hydroliennes en France.

Un projet de recherche

- R&D collaborative menée par France Énergies Marines, la chaire d'excellence CHORUS de la Fondation Grenoble INP, l'UBO/CNRS (LEMAR), RTsys, Océanopolis, TBM et Quiet Oceans
- Une thèse de doctorat (EDSM) : cofinancement France Énergies Marines et région Bretagne
- Des problématiques à l'interface entre le traitement de signal, la biologie marine et l'industrie des EMR



MESURES ACOUSTIQUES



POLYSIPHONIA LANOSA



SYSTÈME DE MONITORAGE ACOUSTIQUE FIXÉ

© hippocampe.com • 1923011 • 03/2014 • Crédits photos : C. GERVAISE Chaire ChorUS, N. Job, Région Bretagne, E. AMICEDUIS



contact@france-energies-marines.org
www.france-energies-marines.org



BENTHOSCOPE2

Compréhension et surveillance des impacts EMR sur le compartiment benthique via une plateforme de mesure dédiée à l'acoustique passive

Le projet **BENTHOSCOPE2** a pour objectif la mise au point d'une méthode d'observation opérationnelle permettant de quantifier et d'évaluer les effets des projets EMR sur le compartiment benthique. Cette méthode utilisera les sons produits par les espèces sonifères (biophonie) du benthos comme indicateur de l'état de santé des peuplements.

BENTHOSCOPE1 a permis le développement des outils acoustiques innovants et pertinents dans le contexte des EMR.

BENTHOSCOPE2 mettra en œuvre ces outils dans une approche BACI (*Before / After Control / Impact*) d'étude d'impact et de réaliser un suivi environnemental annuel sur un site atelier.

BENTHOSCOPE2 se propose de développer un prototype de plateforme de mesures multidisciplinaire pour le suivi des paramètres environnementaux.



Ceci afin d'interpréter les sons mesurés et décrire les conditions de vie de la faune benthique étudiée.

Le projet permettra également d'améliorer la compréhension des impacts acoustiques des EMR puis les effets d'impacts cumulés avec les pressions prépondérantes avant introduction des EMR (dépôt des résidus de dragage, pêche, changement climatique...) sur les écosystèmes.

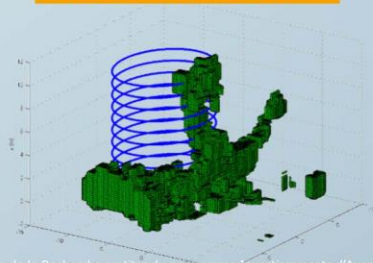
Etude d'une surface sentinelle (Crédit : E. Amice, CNRS)



Matériel d'étude par acoustique passive déployé devant le pylône (Crédit : E. Amice, CNRS)



Localisation des positions sur le pylône avec au moins 3 impulsions benthiques par m²/minute (Crédit : J. Lossent, FEM)



Objectifs :

- Mieux comprendre les impacts des émissions acoustiques des EMR,
- Développer une méthode d'observation par acoustique passive permettant d'évaluer les effets potentiels des projets EMR sur le benthos,
- Fournir une plateforme de mesures multidisciplinaire,
- Proposer une méthodologie d'étude d'impact optimisée.

Ce travail a bénéficié d'une aide de l'Etat gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme Investissements d'Avenir (ANR-10-IEED-0006-05).





© Brook / Adobestock

CONTEXTE

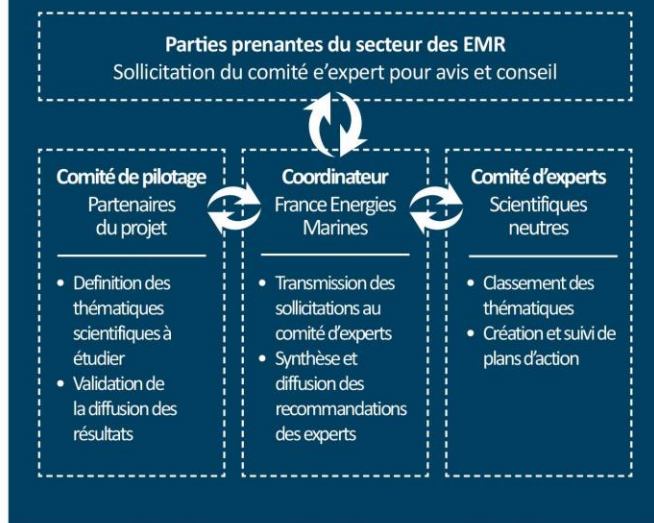
Tout au long de la vie des projets d'énergie marine renouvelable (EMR), de la phase initiale de demande d'autorisation au démantèlement en passant par la surveillance en cours d'exploitation, la législation impose la prise en compte des impacts potentiels de ces projet sur l'environnement et l'utilisation du milieu marin.

De nombreuses questions se posent aux parties prenantes (Etat, Régions, promoteurs, bureaux d'études...) sur les enjeux environnementaux pertinents à prendre en compte.

OBJECTIFS

- Fournir des éléments d'expertise, de synthèse et de recommandations sur l'identification des enjeux environnementaux prioritaires concernant les EMR par la mise en place d'un comité d'experts neutres.
- Mettre en place un réseau national et unique d'experts consultable par les différentes parties prenantes du secteur des EMR.

RÔLES DES ACTEURS



TECHNOLOGIES

ÉTAPES DE LA CHAÎNE DE VALEUR



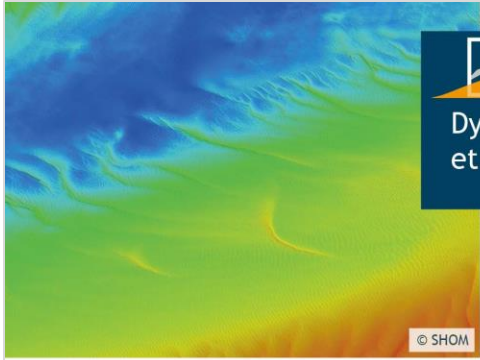
Etudes préliminaires

VALORISATION

- Réseau national et unique d'experts consultable par les parties prenantes du secteur des EMR.
- Fiches synthétiques et illustrées établies à partir de rapports d'experts pour chaque problématique.
- Vidéos vulgarisées pour diffuser largement les résultats auprès du public.
- Participation à des groupes de travail internationaux en Europe du Nord.
- Centralisation de l'expertise française concernant l'intégration environnementale des EMR.

PARTENAIRES





DUNES

Dynamique des dunes hydrauliques et impact sur les projets EMR



Eolien posé



Eolien flottant



Etudes



Conception



Opérations
Maintenance

DURÉE : 36 mois | LANCEMENT : 2019
Budget total : 1,28 M€

NOS PROGRAMMES S&T CONCERNÉS



CARACTÉRISATION
DE SITES



CONCEPTION
DES TECHNOLOGIES



INTÉGRATION
ENVIRONNEMENTALE

OBJECTIFS

- Comprendre la dynamique sédimentaire et écosystémique des dunes sous-marines.
- Proposer aux développeurs et industriels du secteur des EMR des connaissances et approches complémentaires pour travailler dans des environnements comportant des dunes hydrauliques.

CONTENU SCIENTIFIQUE

- Cartographie des dunes des côtes françaises métropolitaines
- Acquisition de données haute fréquence sur la dynamique des dunes de Dunkerque
- Compréhension de l'évolution court terme de ces dunes sous-marines
- Caractérisation in situ de la structure des écosystèmes dunaires
- Caractérisation du fonctionnement des écosystèmes via l'étude des réseaux trophiques par analyses isotopiques

Avec le soutien complémentaire du Pôle Mer Bretagne Atlantique et des régions Bretagne et Normandie.

CONTEXTE

Structures sédimentaires formées par l'action combinée des courants marins et de la houle, les dunes hydrauliques sont relativement fréquentes dans les futures zones d'implantation des parcs offshore envisagés en Mer du Nord et en Manche.

Dans le cadre du raccordement de ces fermes, la pose de câbles sur les fonds marins impliquera des travaux de tranchage et de dragage des dunes présentes. L'évaluation de l'impact de ce type de travaux passe par une meilleure connaissance de l'évolution naturelle de ces écosystèmes dont la dynamique sédimentaire et biologique est encore mal comprise.

Par ailleurs, du fait de leur extrême variabilité morphologique et de leur vitesse de déplacement qui peut être importante, les dunes hydrauliques peuvent avoir un impact sur les systèmes EMR et nécessiter des opérations de surveillance accrues.

RÉSULTATS ATTENDUS

- Meilleure connaissance des processus physiques et du fonctionnement naturel des dunes hydrauliques.
- Mise à jour d'un SIG en accès libre dédié aux champs de dunes et aux bancs de sable.
- Caractérisation à une fine échelle de la structure des réseaux trophiques des dunes pour comprendre le fonctionnement de ces systèmes particuliers.
- Recommandations méthodologiques quant à l'évaluation des impacts anthropiques sur les écosystèmes dunaires.

PARTENAIRES



Ce projet bénéficie d'une aide de l'Etat, gérée par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) au titre du programme Investissements d'Avenir.

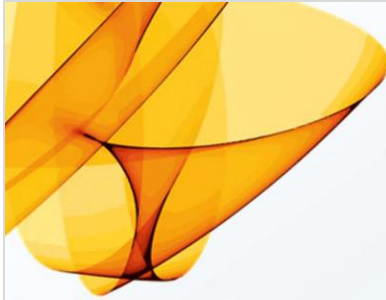


© France Energies Marines, 2019



france-energies-marines.org

contact@ite-fem.org - T. +33(0)2 98 49 98 69

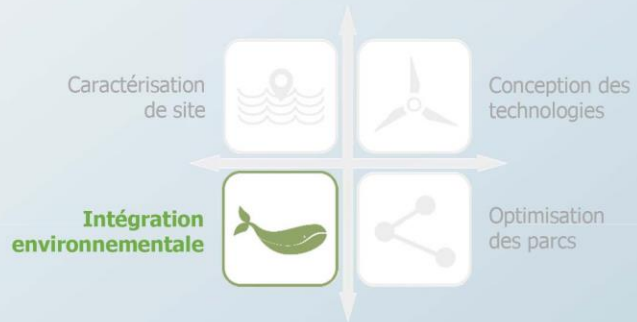


GEOBIRD

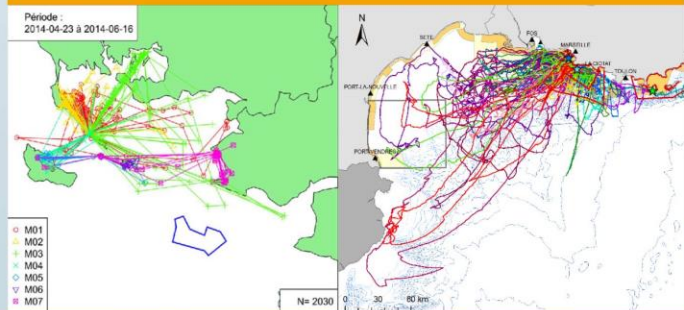
Développement d'une balise de géolocalisation pour les oiseaux marins

En s'appuyant sur des experts reconnus et des technologies de pointe, le projet **GEOBIRD** a pour objectif de développer et fabriquer une balise de géolocalisation miniaturisée intelligente et communicante (bio-logger) intégrant des enregistreurs de données physiologiques et environnementales, qui pourra être mobilisée dans le cadre des suivis de l'avifaune marine sensible de moyenne taille.

Le développement technologique issu du projet **GEOBIRD** contribuera à l'amélioration des connaissances sur l'écologie spatiale des oiseaux marins et leurs interactions avec les projets EMR (risque de collision aérienne et sous-marine, évitement, attraction, effets cumulés) permettant une meilleure acceptabilité sociétale de ces projets. La phase de tests, menée sur les zones de déploiement de parcs d'éoliennes posées et flottantes, permettra d'acquérir un premier retour d'expérience concret et valorisable au sein de la filière française des EMR.



A gauche : déplacements des Goélands marins du Mor Braz, au nord du projet de parc éolien de Saint-Nazaire (polygone bleu) (Source : PERISCOPE - Bretagne Vivante)
A droite : déplacements des Puffins de Scopoli des îles de Marseille (Source : CEFE/CNRS, AAMP, Parc National des Calanques, CEN PACA)



Exemple de bio-loggers - Source : IPHC (CNRS/Unistra)



Objectifs :

- Conception et réalisation d'une balise miniature de géolocalisation pour le suivi de l'avifaune de taille moyenne (puffins, petits laridés, espèces plongeuses, etc.),
- Développer la connaissance sur l'avifaune pour sécuriser les études, les autorisations et la filière EMR.

Ce travail a bénéficié d'une aide de l'Etat gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme Investissements d'Avenir (ANR-10-IEED-0006-15).





© Anette Mageau / Pixabay

SEMMACAPE

Suivi et étude de la mégafaune marine par caractérisation automatique dans les parcs éoliens

ADEME



Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

DUREE : 3 ans | LANCEMENT : Sept 2019
Budget total : 600 k€

TECHNOLOGIES CONCERNÉES



Eolien posé



Eolien flottant

OBJECTIF

Démontrer la pertinence des solutions logicielles de traitement et d'analyse des photographies aériennes pour assurer le recensement automatisé de la mégafaune marine.

CONTENUS SCIENTIFIQUES

- Réalisation d'une campagne d'observation aérienne de la mégafaune (méthode visuelle standardisée et système d'acquisition d'images digitales à très haute résolution) intégrant la variabilité saisonnière des espèces et des conditions environnementales.
- Développement et qualification de 2 types d'algorithmes de traitement automatisé des images aériennes, pour l'identification et la classification des animaux :
 - ▷ Détection par réseau de neurones profonds dits end-to-end, allant de l'image globale aux boîtes englobantes de façon directe,
 - ▷ Détection d'anomalies par apprentissage profond non supervisé.
- Evaluation des performances de chacune des méthodes de détection testées à partir d'indicateurs déclinés par espèces ou groupes d'espèces, ainsi que selon les conditions environnementales.

CONTEXTE

Le développement des énergies marines renouvelables (EMR) connaît un essor considérable en France. Entre 2011 et 2017, le gouvernement a ainsi lancé 5 appels d'offres et à manifestations d'intérêt pour un total de 7 parcs éoliens posés, 4 fermes pilotes éoliennes et 2 fermes pilotes hydroliennes. Durant les 5 ans à venir, 5 appels d'offres supplémentaires sont programmés, lesquels pourraient doubler la puissance installée en mer. Selon le Code de l'environnement, les porteurs de projets doivent produire des études d'impact sur l'environnement, en particulier sur la mégafaune marine (oiseaux, mammifères, tortues, grands poissons...).

L'analyse des impacts d'un projet EMR nécessite généralement des observations aériennes de la mégafaune marine afin de mieux caractériser la fréquentation des espèces dans les zones proposées. Cela inclut un suivi pendant les phases de construction, d'exploitation et de démantèlement, soit au total environ 30 ans. Ces observations sont classiquement basées sur des survols aériens embarquant des observateurs naturalistes spécialisés. Cependant, à l'ère du big data, les récents développements scientifiques et technologiques offrent des perspectives nouvelles pour améliorer radicalement le rapport coût/efficacité de ces suivis.

RÉSULTATS ATTENDUS

- Démonstration de la faisabilité d'une solution entièrement automatisée d'analyse d'images pour le suivi aérien de la mégafaune marine à l'échelle de la zone d'un projet EMR.
- Proposition d'une solution logicielle adaptée au suivi de la mégafaune marine présente en France métropolitaine, et plus particulièrement dans les zones des futurs parcs éoliens offshore français et européens.
- Garantir la faisabilité technique des suivis aériens après l'installation d'éoliennes en mer, grâce à une combinaison de technologies permettant des observations à une altitude imposée par les contraintes de sécurité (300 m et plus) et s'affranchissant du recours massif à des experts naturalistes pour leur interprétation.

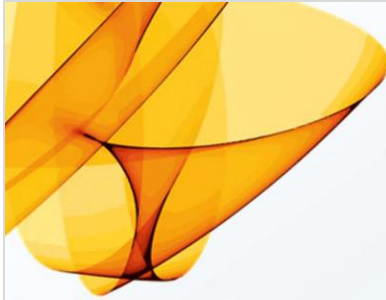
PARTENAIRES



Ce projet bénéficie d'une subvention de l'ADEME au titre de l'appel à projets de recherche « Energies durables » (2018-2019).

semmacape.irisa.fr

© France Energies Marines, 2019



SPECIES

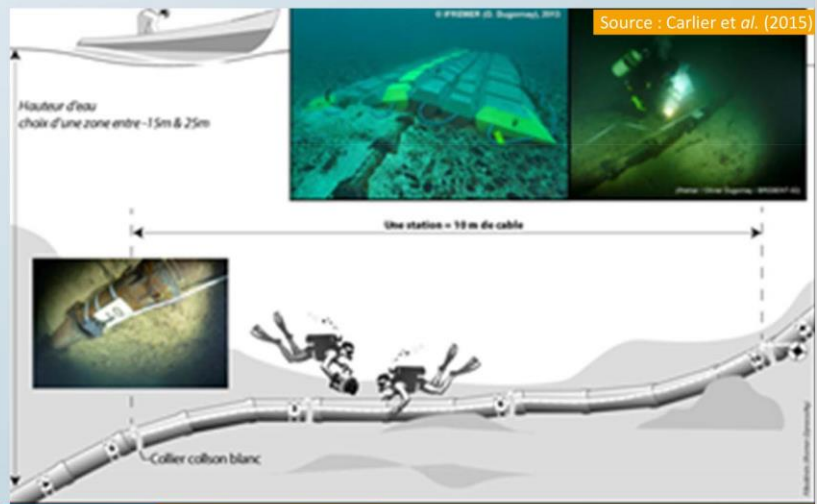
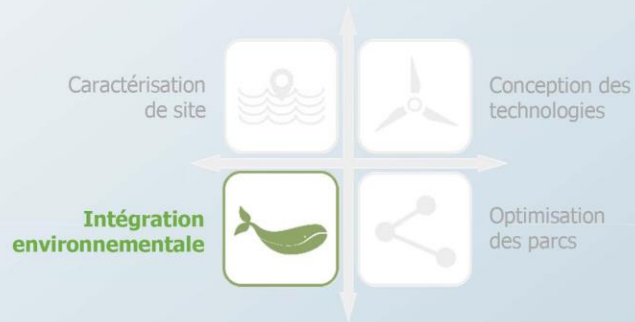
Interactions des câbles sous-marins avec l'environnement et suivis associés

Le projet **SPECIES** a pour objectif d'améliorer les connaissances sur les interactions potentielles entre les câbles de raccordement électrique des projets d'énergies marines renouvelables (EMR) et les organismes benthiques des écosystèmes marins côtiers.

Il abordera à la fois les impacts directs dus aux modifications des champs électromagnétiques et de la température, et les impacts indirects, notamment l'effet « réserve » dû aux restrictions d'usage à proximité des câbles et le rôle d'habitat pour des espèces benthiques commerciales.

Le caractère innovant du projet **SPECIES** réside dans la mise en œuvre simultanée de suivis sur plusieurs câbles existants (projets EMR, interconnexions île-continent), de suivis in situ similaires dans différents contextes écologiques (Manche et Atlantique) et d'approches *in situ* et *in vitro* sur un même modèle biologique.

Cette mise en œuvre implique de fait le développement de méthodologies de mesure et de suivi, ainsi que d'outils de mesure, notamment d'instrumentation permettant de générer et d'enregistrer des champs électromagnétiques in situ et en laboratoire.



Objectif :

- Améliorer la connaissance des impacts potentiels des câbles de raccordement électrique des projets EMR sur les écosystèmes côtiers

Ce travail a bénéficié d'une aide de l'Etat gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme Investissements d'Avenir (ANR-10-IEED-0006-17).



contact@ite-fem.org
www.france-energies-marines.org



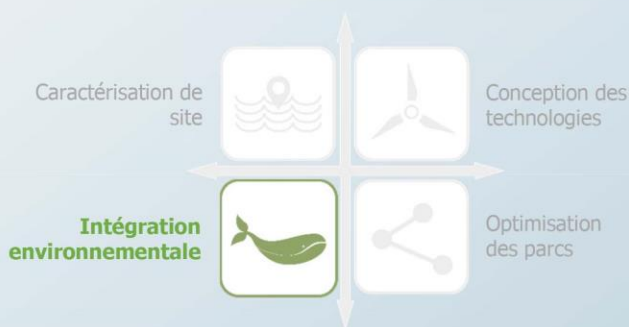


TROPHIK

Approche écosystémique des EMR
Modélisation du rôle des éoliennes offshore
dans la modification du fonctionnement
des réseaux trophiques côtiers et dans le cumul d'impacts

Les études d'impact environnemental des projets éoliens offshore s'attachent à considérer la sensibilité aux perturbations potentielles de chacun des compartiments écologiques (benthos, oiseaux, mammifères marins) de façon fractionnée.

Dans ce contexte, l'objectif du projet **TROPHIK** est de développer une vue d'ensemble intégrée de l'écosystème, par la mise en place d'outils de modélisation, complémentaires aux approches utilisées lors des études d'impact, considérant le réseau trophique dans son ensemble. La modélisation proposée permettra de considérer l'écosystème dans toute sa complexité, du plancton aux oiseaux.

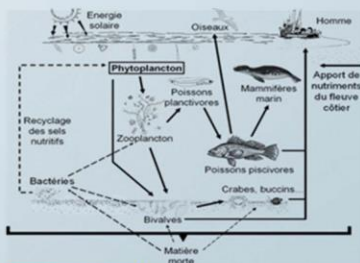


Le projet **TROPHIK** se propose de développer les outils de cette approche écosystémique, en se basant sur le site représentatif du bassin oriental en baie de Seine : le parc éolien au large de Courseulles-sur-Mer.

Le projet permettra également d'améliorer la compréhension des effets d'impacts combinés (pressions prépondérantes avant l'introduction des EMR: dépôt des résidus de dragage, pêche, changement climatique, etc.) sur les écosystèmes.



Source : Aurore Raoux



Source : Marulio

Objectifs :

- Modéliser le fonctionnement actuel du réseau trophique sur le site d'un futur parc éolien offshore,
- Analyser le cumul des impacts des EMR et des autres activités anthropiques.

Ce travail a bénéficié d'une aide de l'Etat gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme Investissements d'Avenir (ANR-10-IEED-0006-12).



contact@france-energies-marines.org
www.france-energies-marines.org



WINDSERV

Rôle des parcs éoliens en mer dans la préservation de la biodiversité et des services écosystémiques : vers une approche multi-modèle des indicateurs de services

DURÉE : 24 mois | LANCEMENT : 2020 | Budget total : 1 076 k€

CONTEXTE

Les écosystèmes marins fournissent des services écosystémiques aux populations humaines, mais sous une pression anthropique croissante, leur production est perturbée. La conservation des écosystèmes est assurée par des zones marines protégées, mais leur couverture spatiale est actuellement insuffisante au regard des objectifs de la Convention sur la diversité biologique.

Par ailleurs, le développement des énergies marines renouvelables est incontournable et conduit à l'idée d'une stratégie "gagnant-gagnant" conciliant production d'énergie propre et préservation de la biodiversité et des services écosystémiques en découlant. Pour cela, il est essentiel de comprendre et prévoir les impacts, aussi bien positifs que négatifs, des parcs éoliens en mer sur les écosystèmes, d'évaluer les services écosystémiques et d'en prévoir les évolutions futures.

OBJECTIFS

- Développer une approche multi-modèle afin de prévoir les impacts des parcs éoliens en mer sur les écosystèmes et les services en découlant.
- Aller vers une stratégie "gagnant-gagnant" entre le développement de parcs éoliens offshore et les stratégies de conservation de la biodiversité.

RÉSULTATS ATTENDUS

- Prédiction et projections futures du fonctionnement des écosystèmes des zones des futurs parcs éoliens de Dunkerque en Manche Orientale et de Leucate dans le Golfe du Lion grâce à des couplages et forçages de modèles écosystémiques et aux simulations de divers scénarios.
- Proposition de nouveaux indicateurs quantitatifs et spatialisés de services écosystémiques en lien avec l'éolien en mer.
- Elaboration d'une base de connaissances relatives aux conflits et aux synergies entre le développement de l'éolien en mer et les considérations écosystémiques.



© Shilly / Pixabay

TECHNOLOGIE



ÉTAPE DE LA CHAÎNE DE VALEUR



Études préliminaires

CONTENUS SCIENTIFIQUES

- Développement d'un modèle *End-to-End* consistant en un modèle trophique spatialisé forcé par des sorties de modèles de niches écologiques et un modèle biogéochimique sur les zones des futurs parcs éoliens en Manche Orientale et dans le Golfe du Lion avec les indicateurs écosystémiques associés.
- Développement de nouveaux indicateurs de services écosystémiques spécifiques à l'éolien en mer en lien avec les sorties de modèles écosystémiques.

PARTENAIRES



Ce projet bénéficie d'une aide de l'Etat de 218 k€, gérée par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) au titre du programme des Investissements d'Avenir.



france-energies-marines.org





**DÉBAT
PUBLIC**

**EN MER EN NORMANDIE
DE NOUVELLES ÉOLIENNES ?**



**FRANCE
ENERGIES
MARINES**