



Le réseau
de transport
d'électricité

Réseau électrique en mer

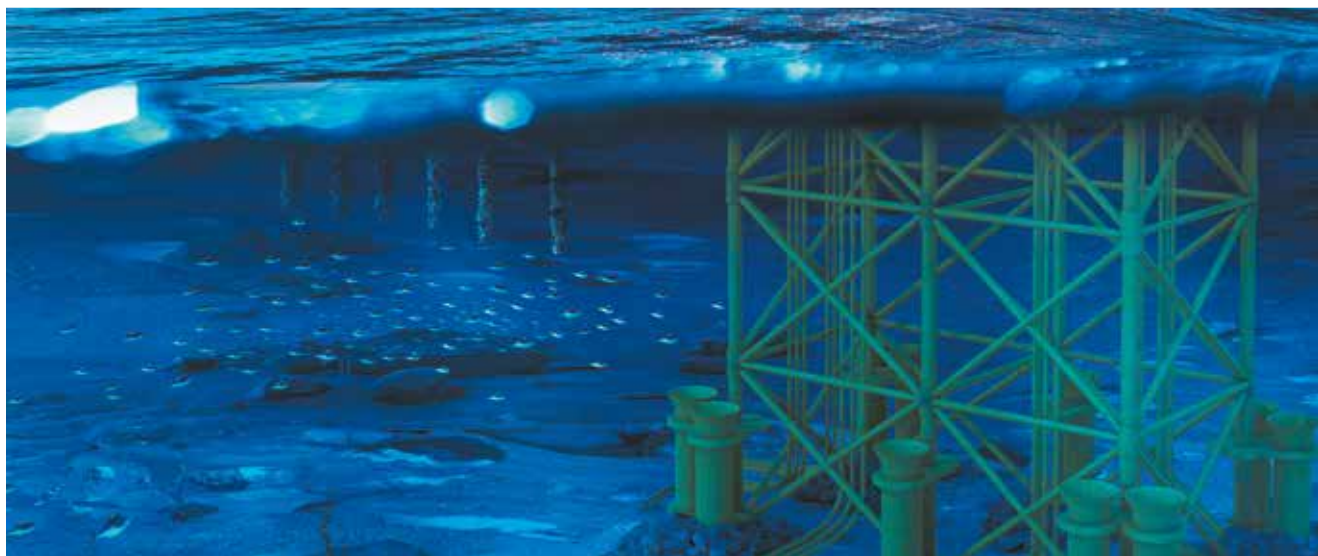
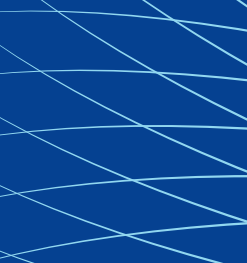
La R&D pour mieux
connaître, innover
et préserver les
écosystèmes marins

Juillet 2025



Sommaire

1. Introduction	3
2. Le programme de R&D de RTE sur la biodiversité marine	4
3. Les synthèses de connaissances et expertises collectives	6
3.1 La synthèse bibliographique IFREMER des connaissances sur les impacts des câbles électriques sous-marins	7
3.2 L'expertise collective du COME3T	8
4. Les études à sujets multiples	9
4.1 GIS ECUME	10
4.2 NESTORE	11
4.3 Lif-OWi	12
5. Les études ciblées en cours et à venir	13
5.1 BIODHYL	14
5.2 CEMARB	15
5.3 DRACCAR-MMERMAID	16
5.4 ECOCAP	17
5.5 FISHOWF+	18
5.6 Lignes de vie marine	19
5.7 OASICE	20
5.8 RHODÉ (raccordement HDVC offshore distant électrique)	21
5.9 SEARÉNITÉ	22
6. Les études ciblées terminées	23
6.1 ABIOP+	24
6.2 APPEAL	25
6.3 CEM FISH	26
6.4 DUNES	27
6.5 ECOSYSM EOF	28
6.6 FISHOWF	29
6.7 JERSEY	30
6.8 MODULLES	31
6.9 SPECIES	32
7. Bilan et perspectives	33



1. Introduction

Renforcer le rôle de l'éolien en mer dans le mix électrique en visant 45 GW de capacité de production en 2050 : c'est l'objectif que s'est fixé la France dans sa Stratégie Nationale pour la Mer et le Littoral¹. Cela nécessite le développement par RTE d'un **réseau électrique en mer** pour raccorder et acheminer l'électricité produite par l'éolien en mer vers le réseau terrestre.

À cela s'ajoute le développement **d'interconnexions** avec nos pays voisins dont certaines passent par la mer (Royaume-Uni, Espagne et Irlande).

Or comme toute activité humaine, ces activités génèrent des **pressions**, susceptibles d'avoir un **impact sur l'environnement**.

RTE développe ces réseaux en prenant soin de **maîtriser ses impacts** environnementaux. Pour cela, RTE applique tout au long de ses projets la séquence « Éviter, Réduire, Compenser et Suivre » (ERC-S) ayant pour objectif d'éviter au maximum les atteintes à l'environnement, de réduire celles qui n'ont pu être suffisamment évitées, si nécessaire de les compenser, et enfin de suivre la bonne efficacité de ces mesures.

Le milieu marin reste relativement méconnu comparativement au milieu terrestre et l'évaluation des impacts potentiels des activités de RTE en mer présente encore des **incertitudes** sur certaines thématiques, notamment en ce qui concerne les effets du bruit, de l'effet récif, des champs électromagnétiques (CEM), du risque de propagation d'espèces non indigènes, des effets de la libération d'éventuels contaminants, et des effets des impacts cumulés².

Des efforts de recherche scientifique sont ainsi nécessaires pour **compléter les connaissances existantes**, permettant *in fine* une meilleure prise en compte de l'environnement dans la conception et la réalisation des réseaux en mer.

Pour ce faire, RTE coopère étroitement avec des associations et des experts de la mer et des océans et mène depuis une dizaine d'année des **études et recherches** avancées sur les interactions entre ses ouvrages et la biodiversité marine.

Le présent document a pour objectif de donner une **vision d'ensemble et synthétique** des recherches et développements dans lesquels RTE est impliqué. Il renvoie également à de nombreuses **ressources complémentaires** pour en savoir plus (rapports, publications scientifiques, supports de vulgarisation, etc.).

À noter :

*Les travaux présentés ne sont pas exhaustifs, et s'insèrent dans un **environnement de recherche plus large aussi bien en France qu'à l'international**. On peut citer en France les programmes d'acquisition de connaissances menés dans le cadre de l'observatoire de l'éolien en mer³ et d'autres projets coordonnés par France Énergies Marines par exemple.*

1. <https://www.mer.gouv.fr/strategie-nationale-pour-la-mer-et-le-littoral>

2. Selon la synthèse bibliographique IFREMER (cf. §3.1) et le COME3T (cf. §3.2)

3. <https://www.eoliennesenmer.fr/observatoire/presentation>

2. Le programme de R&D de RTE sur la biodiversité marine

Le programme de recherche et développement (R&D) de RTE sur le milieu marin est mené depuis une dizaine d'années. RTE finance et participe à une vingtaine de projets de recherche, dont une dizaine sont terminés à date.

Les actions menées visent à répondre à un ou plusieurs des objectifs suivants :

- **Comprendre** les interactions des infrastructures de RTE avec le paysage marin, les milieux et les organismes vivants, par des approches scientifiques rigoureuses et opposables ;
- **Exploiter** les connaissances pour développer des solutions de réseaux qui réduiront les impacts et qui pourraient éventuellement contribuer à la régénération de la biodiversité (ex : projet lignes de vie marine) ;
- **Développer** des outils et des méthodologies innovants (ex : projet OASICE utilisant la coquille Saint-Jacques comme outil de monitoring environnemental).

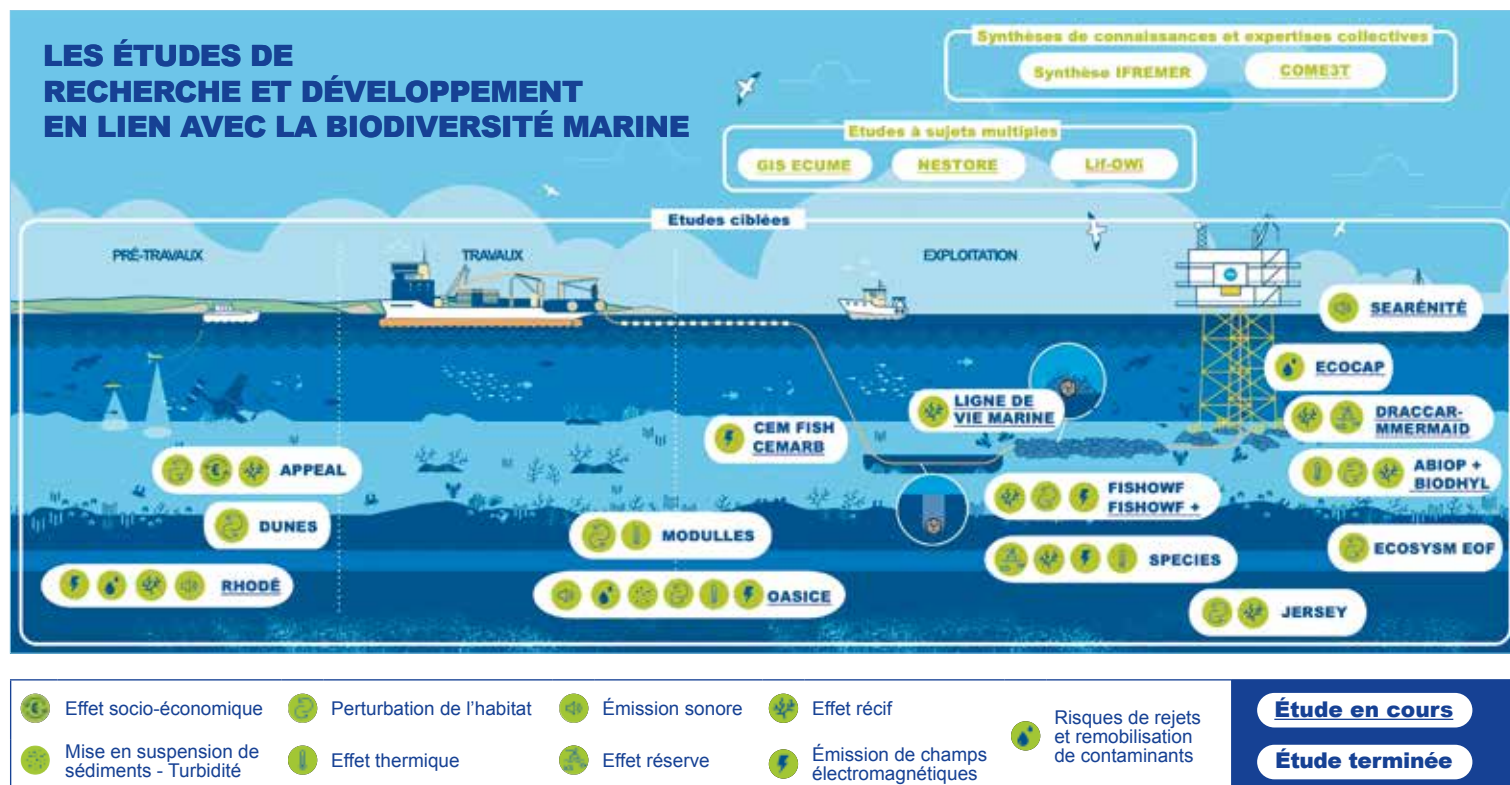


Figure 1 - Aperçu des différentes études de R&D en lien avec la biodiversité auxquelles RTE participe ou a participé

Certaines actions sont directement et intégralement financées par RTE, en collaboration avec des partenaires académiques, scientifiques ou privés. Pour d'autres, RTE est partenaire aux côtés d'autres parties prenantes, comme cela est le cas des projets coordonnés par France Énergies Marines (FEM) qui est l'Institut pour la transition énergétique dédié à la recherche et au développement (R&D) sur les énergies marines renouvelables (EMR) en France.

Outre les publications scientifiques dans des revues spécialisées, et leur partage lors de conférences entre pairs, les résultats issus

des travaux de R&D peuvent être diffusés à l'aide de différents dispositifs : comités scientifiques de suivi des projets, organisation d'ateliers thématiques, édition de rapports et de synthèses illustrés, participation à des conférences, conception de supports à visée pédagogique (vidéos, infographies...).

Plusieurs projets de R&D sont toujours en cours et font l'objet d'une description méthodologique dans le présent document. Le cas échéant, les résultats seront soumis pour publications à des revues ou conférences par les équipes de recherche après finalisation des projets.

3. Les synthèses de connaissances et expertises collectives

Dès 2011, RTE s'est engagé aux côtés de l'IFREMER à rassembler les connaissances portant sur les impacts des câbles électriques sous-marins lors des phases de travaux et d'exploitations.

En 2019, une mise à jour de la **synthèse des connaissances** a été publiée par l'**IFREMER** (cf. §3.1). Cette synthèse met en lumière que les questions environnementales relatives aux **impacts écologiques des câbles électriques sous-marins** sont comparables à toute structure artificielle installée sur les fonds marins avec une modification du substrat naturel pour lesquelles il existe un recul scientifique généralement important. Cela renvoie aussi à des questions plus inédites, liées au passage du courant électrique dans les câbles (champs électromagnétiques, échauffement), qui ont fait l'objet de beaucoup moins d'attention jusqu'aux années 2000.

Depuis 2018, RTE siège au comité de pilotage du **COME3T** (cf. §3.2), COMité d'Expertise pour les Enjeux Environnementaux des énergies marines renouvelables, réunissant des experts neutres et indépendants. Le COME3T vise à apporter des éléments de connaissances scientifiques et des recommandations en réponse à un enjeu environnemental en lien avec les énergies marines renouvelables.

Parmi les thématiques traitées, voici celles qui peuvent concerner les raccordements et qui interrogent :

- ▶ La colonisation des parcs EMR facilite-t-elle l'introduction et la propagation d'espèces non indigènes ?
- ▶ L'effet récif induit par les parcs éoliens et leur raccordement
- ▶ Comment évaluer les impacts d'un parc éolien en exploitation sur les mammifères marins ?
- ▶ Pour étudier l'effet du bruit émis par les projets éoliens sur les écosystèmes marins, est-il pertinent de travailler sur quelques taxons ?
- ▶ Les parcs éoliens flottants peuvent-ils générer un risque d'enchevêtrement et de blessure pour la mégafaune marine ?
- ▶ Quels sont les effets potentiels des champs électromagnétiques produits par les câbles de transport d'électricité des parcs éoliens sur les organismes marins ?
- ▶ Les métaux relargués par les anodes sacrificielles des parcs éoliens en mer présentent-ils un risque pour l'écosystème marin ?
- ▶ Comment envisager l'usage des parcs éoliens en mer par les oiseaux et faut-il l'encourager ?

3.1 La synthèse bibliographique IFREMER des connaissances sur les impacts des câbles électriques sous-marins

Synthèse des connaissances sur les impacts des câbles électriques sous-marins en phases de travaux et d'exploitation : étude du compartiment benthique et des ressources halieutiques, réalisée par l'IFREMER à la demande de RTE et basée sur l'exploitation de 58 rapports, 100 articles scientifiques parus entre 1982 et 2019, 6 livres ou chapitres de livres, 4 thèses, 1 avis officiel émis par l'IFREMER et le contenu de la plateforme « Tethys » du Pacific Northwest National Laboratory (PNNL).

**INITIÉE EN 2011,
ACTUALISÉE EN 2019**

LES PRINCIPAUX RÉSULTATS

				Récepteurs de l'écosystème impactés									
				Benthos			Poissons			Poissons migrateurs + élaémobranches			Ensemble de l'écosystème concerné
PARAMÈTRES AFFECTÉS	PHASE CONCERNÉE			E	P	D	E	P	D	E	P	D	
	Substrat	Remaniement	Tr.	1	1	1	1	1	NA	1	1	NA	2
		Structures artificielles	Expl.	NA	1	2	NA	1	2	NA	1	1	1
	Turbidité	Tr.	1	1	NA	1	1	NA	1	1	NA	1	
	Hydrodynamique	Expl.	NA	1	NA	NA	1	NA	NA	1	NA	1	
	Température	Expl.	2	1	1	2	NA	NA	NA	NA	NA	2	
	Chimie/contaminant	Tr.	1	1	NA	1	1	NA	1	1	NA	1	
		Expl.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Acoustique	Tr.	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	
	Champs électro-magnétiques	Expl.	1	2	NA	1	2	2	2	2	2	3	2
Restrictions d'usage	Expl.	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	2	
Effets cumulés	Tr., Expl.	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	

Ce tableau synthétise de manière qualitative l'information récoltée sur l'impact environnemental des câbles électriques sous-marins. Il ne saurait en aucun cas être considéré comme exhaustif et la consultation des chapitres correspondants est indispensable en vue d'une utilisation dans le cadre d'une étude spécifique.

Signification des codes et abréviations :

	pas d'interaction	Inconnu	Négligeable	Faible	Moyen	Fort
Degré d'impact	NA	?				
Degré d'incertitude			1	2	3	

Phase concernée : Tr. = Transport ; Expl. = Exploitation

Technique de pose : E = Ensouillé ; P = Posé ; D = Dynamique

NOTRE PARTENAIRE



POUR EN SAVOIR +

Carlier Antoine, Vogel Camille, Alemany Juliette (2019). Synthèse des connaissances sur les impacts des câbles électriques sous-marins: Phases de travaux et d'exploitation. Etude du compartiment benthique et des ressources halieutiques. ODE/DYNECO/LEBCO/2019. <https://doi.org/10.13155/61975>

Cette étude a été financée par RTE

3.2 L'expertise collective du COME3T



DEPUIS 2018 (EN COURS)



L'OBJECTIF

Fournir des éléments d'expertise, de synthèse et de recommandations sur l'identification des enjeux environnementaux prioritaires concernant les EMR par un comité d'experts neutres.

Le **COM**ité 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.

LA MÉTHODOLOGIE

- ▶ Appels à experts selon les problématiques votées en comité de pilotage.
- ▶ Fiches synthétiques et illustrées établies pour chaque problématique travaillée par les experts.
- ▶ 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.

LES PRINCIPAUX RÉSULTATS

- ▶ Fiches synthétiques illustrées (bulletins) accessibles sur la page du projet : www.france-energies-marines.org/projets/come3t/
- ▶  [Vidéos vulgarisées accessibles sur la chaîne YouTube du projet](#)

LES FINANCEURS (SUR 2023-2024)

Régions



Industriels



État et institutions gouvernementales



COME3T est coordonné par France Energies Marines qui se positionne à l'interface entre un comité de pilotage, qui priorise les thématiques à traiter, et les comités d'experts, qui y apportent des éléments de connaissances scientifiques.

RTE, en tant que partenaire financier de ce projet, siège au comité de pilotage et participe à son suivi.

LES PARTENAIRES NON FINANCEURS SIÉGEANT AU COMITÉ DE PILOTAGE (2023-2024)

 **Membres extérieurs**
(non financeurs)
12 membres

Clusters et bureaux d'études



Écoles et universités



Organisations non gouvernementales (ONG)

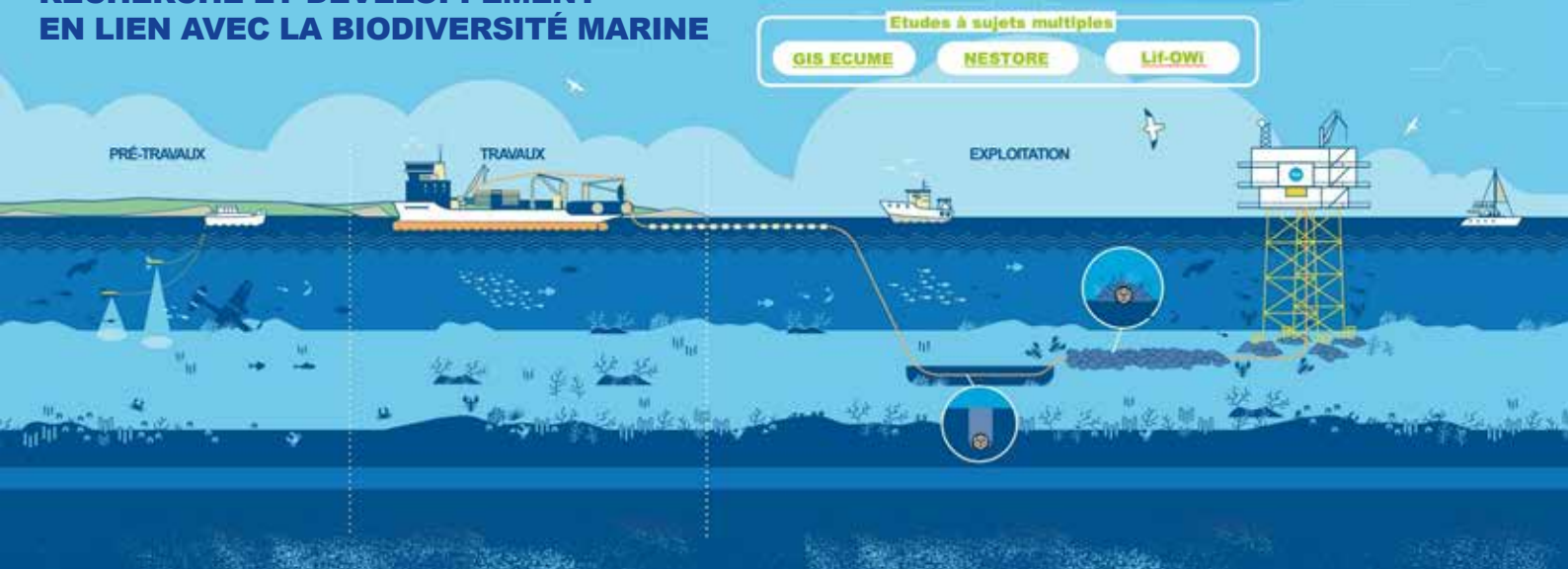


État et institutions gouvernementales



4. Les études à sujets multiples

LES ÉTUDES DE RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT EN LIEN AVEC LA BIODIVERSITÉ MARINE



- Effet socio-économique
- Perturbation de l'habitat
- Émission sonore
- Effet récif
- Émission de champs électromagnétiques
- Mise en suspension de sédiments - Turbidité
- Effet thermique
- Effet réserve
- Risques de rejets et remobilisation de contaminants

Étude en cours

Étude terminée

4.1 GIS ECUME – Groupement d'Intérêt Scientifique pour l'étude des Effets CUMulés en MEr

2020-2026



L'OBJECTIF

Améliorer la connaissance des impacts cumulés des activités humaines en mer générés par l'exploitation de granulats marins, les énergies marines renouvelables, la pose de câbles, les dragages et dépôt de dragages portuaires et les activités de pêche.

POUR EN SAVOIR +

► <https://gis-ecume.fr/>



Le GIS ECUME est porté par l'Université de Caen Normandie. RTE est partenaire du projet.

Un fonds FEAMP (financement européen & Région Normandie) complété par une contribution de l'Unicem Normandie a permis le lancement du GIS. Le fonctionnement du GIS ECUME est assuré par des contributions de ses membres économiques (Unicem Normandie, HAROPA PORT, RTE, EOC, EOHF et Ports de Normandie). Les projets de recherche portés par le GIS bénéficient de financements régionaux, européens, du Fonds d'Intervention Maritime, de l'ANRT et de la Fondation de France, ainsi que de co-financements apportés par les membres économiques et scientifiques du GIS.

LA MÉTHODOLOGIE

- Proposer une méthode pour la prise en compte des effets cumulés dans les études d'impact et études d'incidence.
- Poursuivre l'acquisition de connaissances sur le milieu marin et les effets cumulés des activités anthropiques en mer sur les thématiques prioritaires partagées par les partenaires du GIS (dynamique hydro-sédimentaire, bruit sous-marin, recolonisation des surfaces perturbées, synergie entre extractions de granulats marins et immersion de sédiments portuaires ainsi que l'acceptabilité sociale des activités humaines en mer).
- Valoriser et diffuser les connaissances acquises.

LES PARTENAIRES



UNIVERSITÉ
CAEN
NORMANDIE



4.2 NESTORE

LA MÉTHODOLOGIE

- ▶ Gouvernance et enjeux spatiaux : analyse des acteurs et des échelles de la gouvernance, analyse de la notion d'impacts cumulés actuels dans les documents (DSF)
- ▶ Développement d'outils de modélisation à différentes échelles pour comprendre le devenir des réseaux trophiques pour l'évaluation des impacts cumulatifs du développement des EMR
- ▶ Analyse des incertitudes dans les prédictions des modèles développés
- ▶ Application des outils à différents scénarios par l'intégration des enjeux locaux et régionaux

LES PARTENAIRES



2022-2025



L'OBJECTIF

Développer des outils adaptés pour étudier le cumul d'impact potentiel des parcs EMR et des autres activités humaines sur le fonctionnement des écosystèmes marins.



POUR EN SAVOIR +

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

Ce projet est piloté par l'Université de Caen Normandie et France Énergies Marines. RTE est partenaire du projet.



Il bénéficie d'un financement de France Énergies Marines, de ses membres et partenaires, ainsi que d'une aide de l'État gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du plan d'investissement France 2030. Il bénéficie également du soutien financier des régions SUD Provence-Alpes-Côte d'Azur, Bretagne et Normandie.

4.3 Lif-OWi

2020-2023



L'OBJECTIF

Développer un cadre méthodologique pour l'analyse environnementale et sociale du cycle de vie de parcs éoliens en mer.

Identifier les moyens d'améliorer la durabilité environnementale et sociétale des parcs éoliens en mer en utilisant les résultats de l'analyse de leurs cycles de vie (ACV).



POUR EN SAVOIR +

- ▶ <https://www.france-energies-marines.org/projets/lif-owi/>
- ▶ Publications scientifiques :
 - Lehmann, J., Fofack-Garcia, R., Ranchin, T., & Pérez-López, P. (2024). *Hierarchization of social impact subcategories: towards a systematic approach for enhanced stakeholders' representativeness*. The International Journal of Life Cycle Assessment, 1-18.
 - Baulaz Y., Aраignous E., Perez-Lopez P., Douziech M., Quillien N., Verones F., 2024. *Development of a collision impact indicator to integrate in the life cycle assessment of offshore wind farms*. International Journal of Life Cycle Assessment. DOI:10.1007/s11367-024-02413-8
 - Baulaz, Yoann & Mouchet, Maud & Niquil, Nathalie & Lasram, Frida. (2023). *An integrated conceptual model to characterize the effects of offshore wind farms on ecosystem services*. Ecosystem Services. 60. 10.1016/j.ecoser.2023.101513.

Ce projet était piloté par MINES Paris – PSL et France Energies Marines. RTE était partenaire du projet.



Il bénéficie d'un financement de France Énergies Marines, de ses membres et partenaires, ainsi que d'une aide de l'État gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du plan d'investissement France 2030. Il bénéficie également du soutien financier des régions SUD Provence-Alpes-Côte d'Azur, Bretagne et Normandie.

LA MÉTHODOLOGIE

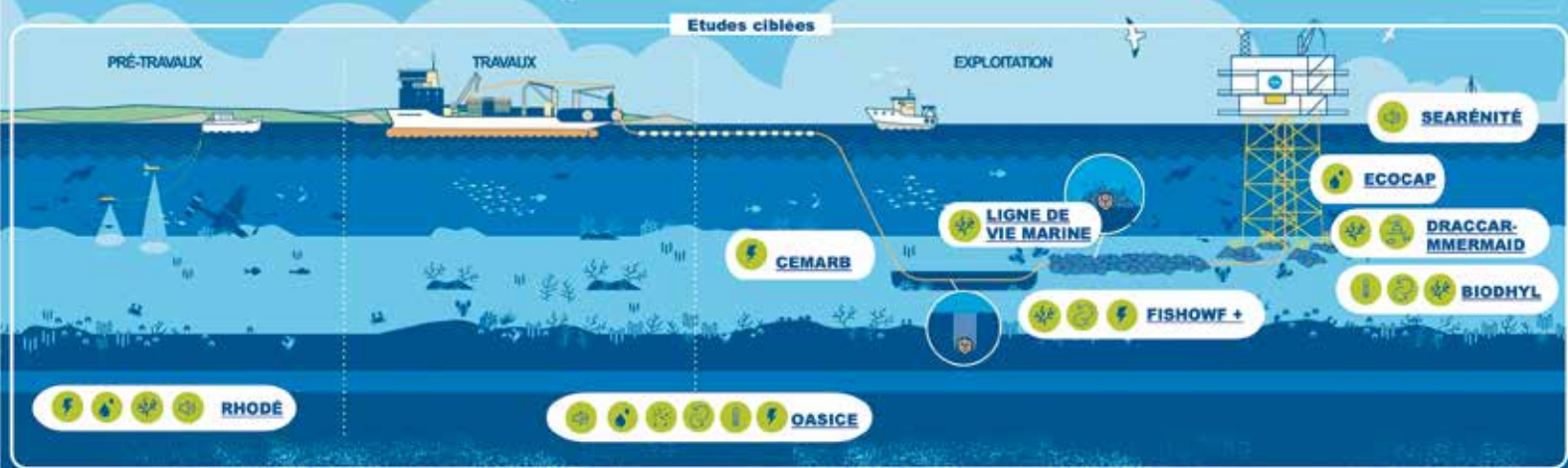
- ▶ Construction de modèles paramétrés d'analyse de cycle de vie sociale et environnementale
- ▶ Élaboration de recommandations détaillées et de documents de référence pour l'analyse environnementale et sociétale du cycle de vie des projets éoliens offshore
- ▶ Identification d'indicateurs spécifiques (existants ou non) à la biodiversité et aux aspects socio-économiques en vue de leur intégration dans l'analyse du cycle de vie
- ▶ Études de cas à partir des données de plusieurs parcs éoliens offshore français : analyse du cycle de vie sur le volet environnemental puis sociétal et identification préliminaire des points cruciaux pour une écoconception des projets éoliens en mer
- ▶ Transfert de la méthodologie élaborée et des bonnes pratiques aux acteurs du secteur à l'aide d'un site web et d'ateliers

LES PARTENAIRES



5. Les études ciblées en cours et à venir

LES ÉTUDES DE RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT EN LIEN AVEC LA BIODIVERSITÉ MARINE



- | | | | | |
|---|---------------------------|-----------------|---------------------------------------|---|
| Effet socio-économique | Perturbation de l'habitat | Émission sonore | Effet récif | Risques de rejets et remobilisation de contaminants |
| Mise en suspension de sédiments - Turbidité | Effet thermique | Effet réserve | Émission de champs électromagnétiques | |

5.1 BIODHYL

2022-2025



LES OBJECTIFS

Mieux comprendre le biofouling, les caractéristiques des organismes qui le constituent, son évolution dans le temps et les variables environnementales l'influençant

Identifier les techniques et protocoles les plus fiables et robustes pour caractériser finement le biofouling de manière automatique afin de modéliser ses effets

POUR EN SAVOIR +

Consultez la page du projet incluant notamment des newsletters d'information : <https://www.france-energies-marines.org/projets/biodhyl/>



Ce projet est piloté par France Énergies Marines. RTE est partenaire du projet.



Il bénéficie d'un financement de France Énergies Marines, de ses membres et partenaires, ainsi que d'une aide de l'État gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du plan d'investissement France 2030. Il bénéficie également d'un soutien financier des régions Bretagne, Occitanie, Pays de la Loire et SUD Provence-Alpes-Côte d'Azur.

LA MÉTHODOLOGIE

- ▶ Caractérisation *in situ* du biofouling et étude de l'influence de paramètres tels que la durée d'immersion, la profondeur, les conditions physico-chimiques et l'hydrodynamique du site
- ▶ Développement de méthodologies pour mieux caractériser le biofouling
- ▶ Définition et caractérisation de groupes hydromécaniques de biofouling basés sur les différents comportements fluide-structure donnés par la littérature scientifique et affinés par des essais mécaniques
- ▶ État de l'art des technologies permettant d'automatiser la reconnaissance du biofouling

LES PARTENAIRES



5.2 CEMARB

LA MÉTHODOLOGIE

- ▶ Des œufs de petites roussettes *Scyliorhinus canicula*, issus d'élevage sont élevés pendant toute la période d'incubation en quatre lots soumis à différentes valeurs de champs électromagnétiques (un témoin, 100, 200 et 400 μ T en courant alternatif, puis un témoin, 80, 160 et 540 μ T en courant continu).
- ▶ Pendant toute la durée de l'incubation (de 5 à 6 mois), les œufs sont surveillés quotidiennement, et plusieurs paramètres sont mesurés de manière hebdomadaire : survie individuelle, croissance, taux de consommation du sac vitellin et durée des différentes phases du développement.
- ▶ Une fois éclos, les juvéniles sont suivis pendant 6 mois pour mesurer les capacités métaboliques, la croissance, la survie, les anomalies de développement du squelette ainsi que leurs comportements de recherche alimentaire.



© MNHN

NOS PARTENAIRES



2023-2025



L'OBJECTIF

Évaluer les effets des champs électromagnétiques sur le développement, la croissance et le comportement des élasmobranches en milieu contrôlé.

POUR
EN SAVOIR +

<https://borea.mnhn.fr/fr/projet/cemarb>



Ce projet est piloté par le MNHN et est co-financé par le MNHN et RTE, associés en partenariat.

Il bénéficie également d'un financement de la Région Bretagne.



5.3 DRACCAR-MMERMAID

2023-2027



LES OBJECTIFS

Suivre la mégafaune marine par une approche intégrée préfigurant un réseau d'observation.

Fournir un cadre intégré de méthodes de suivi innovantes pour des évaluations d'impact environnemental efficaces et pertinentes, en utilisant des technologies de pointe et des développements méthodologiques.

POUR EN SAVOIR +

Consultez la page du projet incluant notamment un pitch vidéo du projet et le webinaire d'information (février 2024) : <https://www.france-energies-marines.org/projets/draccar-mmmermaid/>

Ce projet est piloté par France Énergies Marines. RTE est partenaire du projet.



Ce projet bénéficie d'un financement de France Énergies Marines, de ses membres et partenaires, ainsi que d'une aide de l'État gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du plan d'investissement France 2030. Il reçoit également le soutien financier des régions Normandie, Bretagne Occidentale, SUD Provence-Alpes-Côte d'Azur et de la Direction générale de l'énergie et du climat (dans le cadre de l'Observatoire national de l'éolien en mer).

LA MÉTHODOLOGIE

- ▶ Identification et utilisation de multiples instruments complémentaires pour surveiller simultanément différents compartiments de la mégafaune marine autour d'une structure offshore ;
- ▶ Développement d'algorithmes pour des détections automatisées ;
- ▶ Caractérisation de l'utilisation d'une structure offshore, située près du parc éolien en mer de Fécamp, et des zones environnantes par la mégafaune marine ;
- ▶ Étude de la dynamique spatio-temporelle du réseau trophique autour de cette structure ;
- ▶ Évaluation des impacts cumulés des activités anthropiques et du changement climatique sur la structure et le fonctionnement de l'écosystème aux niveaux local et régional ;
- ▶ Élaboration d'une feuille de route pour la mise en place d'un réseau de surveillance (standardisation des protocoles et de l'acquisition des données).

LES PARTENAIRES



5.4 ECOCAP

LA MÉTHODOLOGIE

- ▶ Réalisation d'une revue bibliographique et un audit des pratiques en matière de protections cathodiques et de peintures anticorrosion.
- ▶ Réalisation d'une série d'expériences en laboratoire pour évaluer (i) les risques chimiques de l'aluminium issu des GACP et libéré dans l'eau de mer, (ii) l'impact des cocktails d'éléments libérés par les GACP et ICCP sur les organismes marins.
- ▶ Caractérisation de tous les éléments et les composés (chloro)bromés libérés par les systèmes ICCP et leur stabilité dans l'eau de mer.
- ▶ Développement de modèles pour simuler la dispersion des éléments issus des GACP et ICCP (modèle hydrodynamique) et étudier leur transfert trophique dans les réseaux alimentaires (modèle trophique).

LES PARTENAIRES



2021-2025



L'OBJECTIF

Analyse écotoxicologique des protections cathodiques pour évaluer le risque chimique des éléments libérés par les anodes galvaniques et le courant imposé sur le milieu marin et ses réseaux trophiques



POUR EN SAVOIR +

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

Ce projet est piloté par France Énergies Marines. RTE est partenaire du projet.



Ce projet bénéficie d'un financement de France Énergies Marines, de ses membres et partenaires, ainsi que d'une aide de l'État gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du plan d'investissement France 2030. Il reçoit également le soutien financier des régions Normandie, Bretagne Occidentale, SUD Provence-Alpes-Côte d'Azur et de la Direction générale de l'énergie et du climat (dans le cadre de l'Observatoire national de l'éolien en mer).

5.5 FISHOWF+

2024-2027



L'OBJECTIF

Étude des interactions entre les poissons et les parcs éoliens en mer pour appréhender les conséquences écologiques des éoliennes en mer



POUR EN SAVOIR +

- ▶ <https://www.france-energies-marines.org/projets/fishowf-plus/>
- ▶ [Webinaire d'information national : suivre les effets des parcs éoliens sur les poissons](#)



Ainsi que les ressources associées au projet précédent : cf. §6.6 FISHOWF

Ce projet est piloté par France Énergies Marines. RTE est partenaire du projet.



Il bénéficie d'un financement de France Énergies Marines, de ses membres et partenaires, ainsi que d'une aide de l'État gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du plan d'investissement France 2030. Il bénéficie aussi du soutien des régions Pays de la Loire, SUD Provence-Alpes-Côte d'Azur, Bretagne and Normandie.

LA MÉTHODOLOGIE

- ▶ Promouvoir et faciliter l'intégration de la télémétrie acoustique dans les cadres de surveillance du milieu marin en vue d'une prise de décision éclairée
- ▶ Caractériser les schémas d'occupation et l'utilisation de l'espace par les poissons à l'intérieur et à l'extérieur des parcs éoliens à différents stades de développement
- ▶ Identifier les impacts *in situ* des champs électromagnétiques émis par les sous-systèmes sur le mouvement des poissons électro-sensibles
- ▶ Combler les lacunes dans les connaissances sur la connectivité régionale et les zones fonctionnelles des espèces afin de déterminer les chevauchements avec les zones de développement des parcs éoliens en mer

Intégrer les efforts de suivi et les résultats de la France dans les collaborations européennes afin d'aborder les questions communes relatives à l'effet du développement des parcs éoliens en mer sur la migration des poissons à l'échelle de l'Atlantique Nord-Est

LES PARTENAIRES



5.6 LIGNES DE VIE MARINE

LA MÉTHODOLOGIE

- ▶ Benchmark de solutions inspirées du vivant visant à stabiliser le fond sédimentaire. Preuve de concept réalisée en 2022 au moyen de simulations numériques. Deux solutions retenues pour un démonstrateur, une inspirée d'herbiers marins (appelée solution patch d'herbiers) et l'autre d'algues de type laminaire (appelée solution kelp).
- ▶ Mise à l'eau de démonstrateurs à Agde (34) entre mars et novembre 2024 incluant un suivi hydro-sédimentaire et un suivi écologique.



Sars détectés au niveau de la solution « patch »)



Bogues se déplaçant à l'intérieur de la solution « kelp »

LES PREMIERS RÉSULTATS

Les solutions ont offert, en quelque mois, des fonctionnalités d'habitats, d'alimentation, de frayère et de prédation à un large spectre d'espèces (poissons, crustacés, céphalopodes...). Au cours des 7 mois de déploiement, plus de 15 espèces ont été observées auprès de chaque solution contre 6 sur la zone témoin.

Une réduction de la mobilité sédimentaire a également pu être observée en aval des solutions vis-à-vis de la direction des vagues et courants.

La mobilisation du sédiment est causée par les courants ou le mouvement des vagues sur le fond. Le suivi hydrosédimentaire a montré que les solutions atténuaient bien les courants localement, mais moins les vagues.

Sur la base des résultats, les solutions patch d'herbiers seraient à privilégier sur les sites où la mobilité sédimentaire est dictée par les courants. Des réflexions sur un potentiel déploiement au niveau d'infrastructures RTE sont en cours.

NOTRE PARTENAIRE

SEABOOST

DEPUIS 2019



L'OBJECTIF

Développer des solutions inspirées du vivant favorisant la biodiversité et permettant de protéger les liaisons contre l'érosion.

Ce projet est piloté et financé par RTE.

5.7 OASICE

2017-2029



L'OBJECTIF

Mesurer l'impact des câbles électriques et en particulier leur pose et leur exploitation sur la qualité de l'eau et le milieu benthique à l'aide d'un bioindicateur : la coquille Saint-Jacques (CSJ).



POUR EN SAVOIR +

- ▶ Vidéo de présentation du projet



- ▶ [Poster présenté à Seanergy 2022](#) (forum international dédié aux énergies renouvelables en mer)



- ▶ Thèse « Développement de méthodes de suivi des effets des champs magnétiques produits par les câbles d'alimentation sous-marins sur la faune marine », Luana Albert (2023)



LA MÉTHODOLOGIE

Un suivi de la CSJ réalisé sur 2 sites en Baie de Seine : le raccordement du parc éolien du Calvados et l'interconnexion électrique France-Angleterre IFA2.

- ▶ 2017-2021 : Mesure des **conditions initiales** environnementales sur les deux sites à l'aide de la CSJ et d'outils de mesures ;
- ▶ 2019-2021 : mesures environnementales et comportementales des CSJ lors des travaux et de l'**exploitation d'IFA2** ;
- ▶ 2022-2023 : mesures environnementales et comportementales des CSJ lors des **travaux** et de l'**exploitation du raccordement du parc éolien en mer du Calvados** ;
- ▶ 2028-2029 : suivis en phase exploitation du parc éolien en mer du Calvados.



© TBM Environnement

LES PREMIERS RÉSULTATS

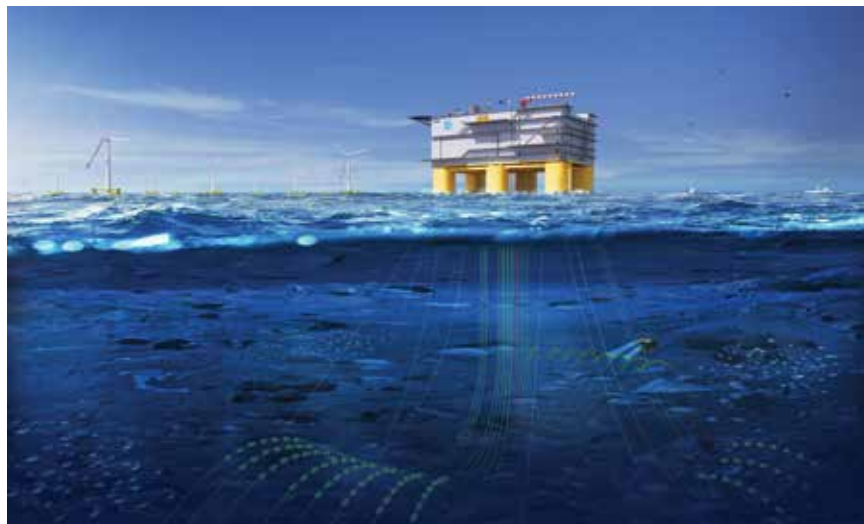
- ▶ L'utilisation de la coquille Saint-Jacques comme outil de surveillance de l'environnement est validée.
- ▶ Une légère perturbation de la croissance et du comportement des coquilles Saint-Jacques a été observée lors des travaux. L'effet a été temporaire. Chaque coquille a repris un cycle normal à l'issue du passage des engins d'ensouillage.
- ▶ Aucun impact n'a été mesuré sur la croissance des coquille Saint-Jacques en phase exploitation sur le site d'IFA2.

NOS PARTENAIRES



Ce projet est piloté et financé par RTE et TBM Environnement, associés en partenariat.

5.8 RHODÉ (Raccordement HVDC Offshore Distant Électrique)



© RTE / Agence MIP

LA MÉTHODOLOGIE

Sur le plan environnemental :

- ▶ **Quantifier les potentielles nuisances générées sur l'environnement par la présence de la sous-station flottante HVDC**, sur les volets suivants : (1) l'effet des rayonnements électromagnétiques et acoustiques générés par l'infrastructure (poste et câbles), (2) l'effet d'attraction pour **la faune volante** (effet reposoir) (3) l'effet d'agrégation temporaire de **poissons** (4) **les incidences de l'ensemble des rejets chimiques liés au fonctionnement de la sous-station avec recherche de potentielles alternatives aux biocides**. Cela passera dans un premier temps par une revue bibliographique réalisée par Frances Énergies Marines sur les différents volets.
- ▶ **Proposer la mise en place de suivis environnementaux spécifiques en lien avec les caractéristiques de l'ouvrage** (distance au littoral supérieure à 100 km, profondeur supérieure à 100 m).

NOS PARTENAIRES



CHANTIERS
DE L'ATLANTIQUE



CONTRACTUALISATION EN COURS ENTRE LES PARTENAIRES ET AVEC L'ADEME



LES OBJECTIFS

Étudier et valider la **faisabilité technico-économique et industrielle** d'un raccordement électrique flottant à forte puissance tout en **étudiant les impacts potentiels sur l'environnement**.

Favoriser l'émergence et la consolidation d'une filière industrielle pour la fourniture de telles solutions.

Ce projet est piloté par RTE. Il s'agit d'une opération financée par le Gouvernement dans le cadre du plan France 2030 opéré par l'ADEME.

Il bénéficie par ailleurs du soutien de pôles de compétitivité.



5.9 SEARÉNITÉ



DÉMARRAGE EN 2025



L'OBJECTIF

Réduire le bruit des travaux d'installation des postes électriques en mer notamment dans le cadre des projets de raccordement de parc éoliens flottants.



POUR EN SAVOIR +

- ▶ Page de présentation de la technologie sur le site internet de Greenov, société nantaise qui développe la technologie de réduction de bruit : <https://greenov.green/solutions/subsea-quieter/>

Ce projet est piloté par la société Greenov avec un fort soutien de RTE. Il est financé par RTE, Greenov et l'État dans le cadre de France 2030. Il bénéficie par ailleurs du soutien de pôles de compétitivité.



LA MÉTHODOLOGIE

- ▶ Étudier les modes de propagation acoustique au travers des différents éléments (marteau/pieu d'ancrage (pile) /manchon (sleeve) /structure métallique (jacket) /sol) pour localiser les émissions sonores lors du battage ;
- ▶ Réaliser des conceptions détaillées par ordinateur et fabriquer un système-prototype permettant de réduire le bruit émis lors de l'installation du poste électrique installé sur de grandes profondeurs ;
- ▶ Tester le prototype en bassin et à quai ;
- ▶ Faire la première démonstration en mer sur un chantier RTE.

LES PARTENAIRES

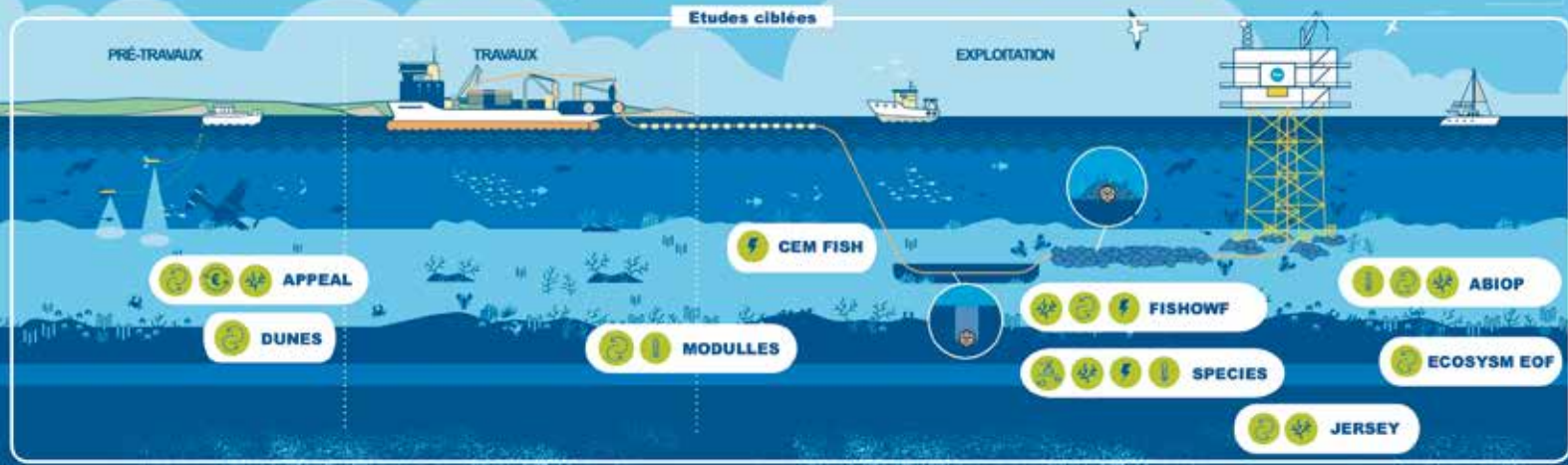


CHANTIERS
DE L'ATLANTIQUE



6. Les études ciblées terminées

LES ÉTUDES DE RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT EN LIEN AVEC LA BIODIVERSITÉ MARINE



- Effet socio-économique
- Mise en suspension de sédiments - Turbidité
- Perturbation de l'habitat
- Effet thermique
- Émission sonore
- Effet réserve
- Effet récif
- Émission de champs électromagnétiques
- Risques de rejets et remobilisation de contaminants

6.1 ABIOP+

2019-2022



L'OBJECTIF

Caractériser qualitativement et quantitativement le biofouling (la bio-colonisation d'infrastructure sous-marine) en fonction des sites.



POUR EN SAVOIR +

- ▶ Page du projet : <https://www.france-energies-marines.org/projets/abiop-plus/>
- ▶ Publications scientifiques :
 - Portas, A., Quillien, N., Culioli, G., & Briand, J. F. (2022). *Eukaryotic diversity of marine biofouling from coastal to offshore areas*. *Frontiers in Marine Science*, 9, 971939.
 - Portas, A., Carriot, N., Ortalo-Magné, A., Damblans, G., Thiébaud, M., Culioli, G., ... & Briand, J. F. (2023). *Impact of hydrodynamics on community structure and metabolic production of marine biofouling formed in a highly energetic estuary*. *Marine Environmental Research*, 192, 106241.
 - Portas, A., Culioli, G., Briand, J. F., & Quillien, N. (2021, March). *Characterization of marine eukaryotic biofilms at offshore wind farm sites: assessment of DNA extraction methods and marker gene used for metabarcoding approaches*. In *ARPHA Conference Abstracts* (Vol. 4, p. e65369). Pensoft Publishers.
 - Signor, J., Schoefs, F., Quillien, N., & Damblans, G. (2023). *Automatic classification of biofouling images from offshore renewable energy structures using deep learning*. *Ocean Engineering*, 288, 115928.

Fiche résultats



Ce projet était piloté par l'Université de Nantes et France Énergies Marines. RTE était partenaire du projet.



Il a bénéficié d'un financement de France Énergies Marines, de ses membres et partenaires, ainsi que d'une aide de l'État gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme des Investissements d'Avenir (ANR-10-IEED-0006-32). Il a également eu le soutien financier du Pôle Mer Méditerranée et des régions Bretagne, La Réunion, Normandie, Pays de la Loire et SUD Provence-Alpes-Côte d'Azur. Ce projet a également bénéficié du support technique de la Direction inter-régionale de la Mer Nord Atlantique - Manche Ouest.

LA MÉTHODOLOGIE

- ▶ 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.
- ▶ Évaluation des solutions existantes pour gérer le biofouling.

LES RÉSULTATS

- ▶ Mise en évidence d'une forte variabilité spatiale et temporelle des communautés d'organismes constituant le biofouling sur des sites offshore
- ▶ Développement de protocoles et d'outils numériques performants pour une meilleure prise en compte de l'impact de la biocolonisation des composants immergés
- ▶ Identification d'une solution antifouling innovante et validée pour un usage en condition statique et dynamique

NOS PARTENAIRES



6.2 APPEAL

LA MÉTHODOLOGIE

- ▶ Description de la structure et du fonctionnement écologique des sites de Groix & Belle-Île et de Leucate
- ▶ Étude des effets du changement climatique sur les poissons dans le Golfe de Gascogne
- ▶ Élaboration d'une base de connaissances spatialisées sur les activités humaines en mer
- ▶ Évaluation de l'acceptabilité sociale des infrastructures
- ▶ Étude des impacts juridiques et des activités de la pêche professionnelle et analyse du réseau des acteurs
- ▶ Modélisation du système socio-écologique

LES RÉSULTATS

Le projet a permis de mener un travail sur le cadre juridique de l'évaluation environnementale et de la planification du développement de l'éolien flottant en France, de réaliser des états initiaux et suivis pluriannuels environnementaux, sociologique et économique du site du parc éolien flottant de Groix Belle-Île. Des campagnes en mer et des enquêtes de terrain auprès de groupes d'acteurs ont été réalisées pour comprendre le fonctionnement et l'écologie des écosystèmes marins et évaluer l'acceptabilité sociale des infrastructures avec le réseau des acteurs. Plusieurs modèles ont été développés : les modèle d'interactions et d'analyse multicritères pour une approche d'optimisation spatialisée pour l'identification de zones de moindres contraintes pour les parcs éoliens flottants, intégrant des indicateurs biologiques, économiques et sociaux ; les modèles trophiques des changements dans le golfe de Gascogne : scénarisation à l'horizon 2050 des impacts combinés du changement climatique et de l'intégration de parcs éoliens flottants, des modèles du système socio-écologique.

NOS PARTENAIRES



2018-2021



L'OBJECTIF

Comprendre l'évolution des écosystèmes (benthos et poissons) en présence de parcs éoliens flottants en mer en prenant en compte la modification des usages associés (pêche et autres activités) dans le cadre réglementaire ainsi que du changement climatique



POUR EN SAVOIR +

- ▶ <https://www.france-energies-marines.org/projets/appeal/>
- ▶ Publications scientifiques :
 - Fofack-Garcia, R., Mazé, C., Safi, G., Lejart, M., Chauvac, N., Thermes, M., ... & Niquil, N. (2023). *Socio-political acceptability of floating offshore wind farms in France: challenges and perspectives for marine governance towards sustainability*. Ocean & Coastal Management, 236, 106513.
 - Niquil, N., Scotti, M., Fofack-Garcia, R., Haraldsson, M., Thermes, M., Raoux, A., ... & Mazé, C. (2021). *The merits of loop analysis for the qualitative modeling of social-ecological systems in presence of offshore wind farms*. Frontiers in Ecology and Evolution, 9, 635798.
 - Nogues, Q., Raoux, A., Araidous, E., Chaalali, A., Hattab, T., Leroy, B., ... & Niquil, N. (2021). *Cumulative effects of marine renewable energy and climate change on ecosystem properties: Sensitivity of ecological network analysis*. Ecological Indicators, 121, 107128.
 - Nogues, Q., Araidous, E., Bourdaud, P., Halouani, G., Raoux, A., Foucher, É., ... & Niquil, N. (2022). *Spatialized ecological network analysis for ecosystem-based management: effects of climate change, marine renewable energy, and fishing on ecosystem functioning in the Bay of Seine*. ICES Journal of Marine Science, 79(4), 1098-1112.
 - Le Marchand, M., Hattab, T., Niquil, N., Albouy, C., & Lasram, F. B. R. (2020). *Climate change in the Bay of Biscay: Changes in spatial biodiversity patterns could be driven by the arrivals of southern species*. Marine Ecology Progress Series, 647, 17-31.

Ce projet était piloté par l'Université de Bretagne Occidentale et France Énergies Marines. RTE était partenaire du projet.



Il a bénéficié d'un financement de France Énergies Marines, de ses membres et partenaires, ainsi que d'une aide de l'État gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme des Investissements d'Avenir (ANR-10-IEED-0006-25).

6.3 CEM FISH

2021-2024



L'OBJECTIF

Étudier la sensibilité des effets des champs électromagnétiques sur différentes espèces de poissons (benthique, élasmobranché et pélagique) sur une période de temps longue et de croissance décisive des individus (12 semaines).

POUR EN SAVOIR +

Publication scientifique associée :

- ▶ Simpson SD1*, Gudefin A2, Fortin A2, Einsargueix D2, Garnier L3, Deschamps F3, Lecaillon G2, Radford AN1. *Long-term exposure to AC and DC electro-magnetic fields does not appear to negatively affect juvenile European seabass or European eels*. Soumise à Royal Society Open Science.

Ce projet est financé par RTE.

Ecocean est le pilote, coordinateur et expérimentateur, les universitaires ont mis au point le protocole, réalisé les analyses statistiques, la discussion, et l'article scientifique, RTE a mis au point les bobines génératrices de champs électromagnétiques.

LA MÉTHODOLOGIE

- ▶ Taux de mortalité mesuré quotidiennement (étude de l'effet sur la probabilité de survie)
- ▶ Mesures de la croissance (étude de l'effet sur les conditions physiques)
- ▶ Mesure du taux de battement des opercules (OBR) et analyse du comportement en bassin (études des effets sur le stress)



© Ecocean

LES RÉSULTATS

- ▶ Les résultats n'ont rien démontré de clair ou de nécessairement intuitif démontrant un effet potentiel des CEM sur les juvéniles de poissons
- ▶ Très peu de résultats significatifs pour le bar, les civelles ou le saumon en courant alternatif ou continu, pas d'effet démontré des CEM sur les poissons

NOS PARTENAIRES



6.4 DUNES

LA MÉTHODOLOGIE

- Acquisition de données haute résolution spatiale et temporelle sur la dynamique des dunes de Dunkerque.
- Compréhension de l'évolution à court terme de ces dunes sous-marines.
- Caractérisation *in situ* de la structure et du fonctionnement des écosystèmes dunaires.

LES RÉSULTATS

Sur la dynamique sédimentaire :

- Très forte dynamique des dunes avec des migrations d'Est en Ouest notamment dues à la hauteur d'eau entre pleine et basse mer.
- Ces observations vont permettre de comprendre les interactions entre les dunes et les câbles sous-marins.

Sur la dynamique biologique :

- Le travail réalisé sur le réseau trophique a permis de comprendre l'écosystème et a montré qu'il s'agit d'un système adapté aux perturbations physiques.

LES PARTENAIRES



2019-2022



L'OBJECTIF

Améliorer la connaissance des dunes sous-marines pour travailler au mieux dans des environnements comportant des dunes hydrauliques



POUR EN SAVOIR +

- <https://www.france-energies-marines.org/projets/dunes/>
- Enregistrement de la réunion de restitution (octobre 2022)



- Rapport public – Tome 1
Synthèse des connaissances sur les dunes sous-marines



- Rapport public – Tome 2
Résultat et recommandations issus du projet

Publications scientifiques associées :

- Robert, A. E., Quillien, N., Bacha, M., Caulle, C., Nexer, M., Parent, B., ... & Desroy, N. (2021). *Sediment migrations drive the dynamic of macrobenthic ecosystems in subtidal sandy bedforms*. Marine Pollution Bulletin, 171, 112695.
- Robert, A., Quillien, N., Bacha, M., Caulle, C., Nexer, M., Parent, B., ... & Desroy, N. (2023, April). *Dynamic of the benthic ecosystem of bedform areas assessed via structural diversity, functional diversity and isotopic diversity*. In MARID VII-Marine and River Dune Dynamics. 1-3 April 2023, Rennes, France.
- Robert, A. E., Quillien, N., Bacha, M., Caulle, C., Nexer, M., Parent, B., ... & Desroy, N. (2024). *Seasonal dynamic of the benthic food web in subtidal sandbanks*. Marine Ecology Progress Series, 735, 27-41.
- Nexer, M., Garlan, T., Lefebvre, A., Quillien, N., Gangloff, A., Blanpain, O., ... & Robert, A. (2023, April). *Study marine dunes in an offshore windfarm context*. In MARID VII-Marine and River Dune Dynamics. 1-3 April 2023, Rennes, France.
- MICHELET, N., BARY, M., BLANPAIN, O., LE BOT, S., & NEXER, M. (2022). *Estimation de l'influence des conditions hydrodynamiques sur les flux sédimentaires associés à la migration des dunes au large de Dunkerque*. Journée Nationales Génie Côtier–Génie Civil, Chatou.

Ce projet était piloté par le SHOM et France Énergies Marines. RTE était partenaire du projet.



Il a bénéficié d'un financement de France Énergies Marines, de ses membres et partenaires, ainsi que d'une aide de l'État gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme des Investissements d'Avenir (ANR-10-IEED-0006-33).

6.5 ECOSYSM EOF

2020-2022



L'OBJECTIF

Améliorer la connaissance sur l'évolution des écosystèmes marins en interaction avec les parcs éoliens flottants dans le golfe du Lion.



POUR EN SAVOIR +

Synthèse du projet et Rapport final (décembre 2022) disponible sur la librairie de l'ADEME :

<https://librairie.ademe.fr/energies/6127-projet-ecosysm-eof.html>

Ce projet était coordonné par le Pôle Mer Méditerranée. RTE était membre du comité de suivi.



Il a bénéficié d'une subvention de l'ADEME au titre de l'appel à projet de recherche « Énergies durables » (2018-2019).

LA MÉTHODOLOGIE

- ▶ État de l'art des connaissances et des moyens d'observation disponibles concernant le fonctionnement des écosystèmes marins de Méditerranée (poissons, cétacés...).
- ▶ Évaluation de l'instrumentation actuellement utilisée et/ou développée par la recherche académique et le secteur privé.
- ▶ Synthèse des besoins de mesure pour l'observation des écosystèmes marins ainsi que des contraintes techniques et environnementales associées.
- ▶ Rédaction d'un cahier des charges des architectures potentielles de réseau d'observation.

LES RÉSULTATS

À l'issue de recherche sur les outils disponibles et de tests *in situ*, le projet aura permis l'élaborer une proposition d'architecture potentielles de réseau d'observation basée sur 2 hypothèses : un réseau d'observation sur des bouées autonomes avant l'implantation des parcs et un réseau d'observation adossé et connecté aux infrastructures EMR.

LES PARTENAIRES



6.6 FISHOWF

LA MÉTHODOLOGIE

- ▶ Suivi de la fréquentation, de l'utilisation de l'habitat et des mouvements individuels des poissons par la méthode de télémétrie acoustique
- ▶ Suivi de la connectivité régionale
- ▶ Proposition d'une approche combinée efficace utilisant des méthodes innovantes et complémentaires

LES RÉSULTATS

- ▶ La pertinence de la méthode de la télémétrie acoustique pour suivre les espèces de poissons a été démontrée.
- ▶ Le projet a apporté des connaissances clés sur la fréquentation des espèces et sur leurs comportements face à des pressions spécifiques (suivis à fine échelle d'individus libres dans leur milieu naturel, fréquentation des zones de parcs éoliens en mer, déplacement des espèces au-delà des parcs et fidélité au site).
- ▶ Trois méthodes complémentaires à la pêche expérimentale ont été identifiées pour évaluer la dynamique des peuplements de poissons : le métacodage de l'ADNe, l'échosondage et les caméras stéréos.

LES PARTENAIRES



2022-2024



L'OBJECTIF

Développer des stratégies de suivi pour identifier et évaluer les effets des parcs éoliens offshore et leurs raccordements sur les peuplements de poissons



POUR EN SAVOIR +

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

Ce projet est piloté par France Énergies Marines. RTE est partenaire du projet.



Il bénéficie d'un financement de France Énergies Marines, de ses membres et partenaires, ainsi que d'une aide de l'État gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du plan d'investissement France 2030. Il bénéficie également du soutien financier de l'Université de Bretagne Occidentale et des régions Provence-Alpes-Côte d'Azur et Bretagne.

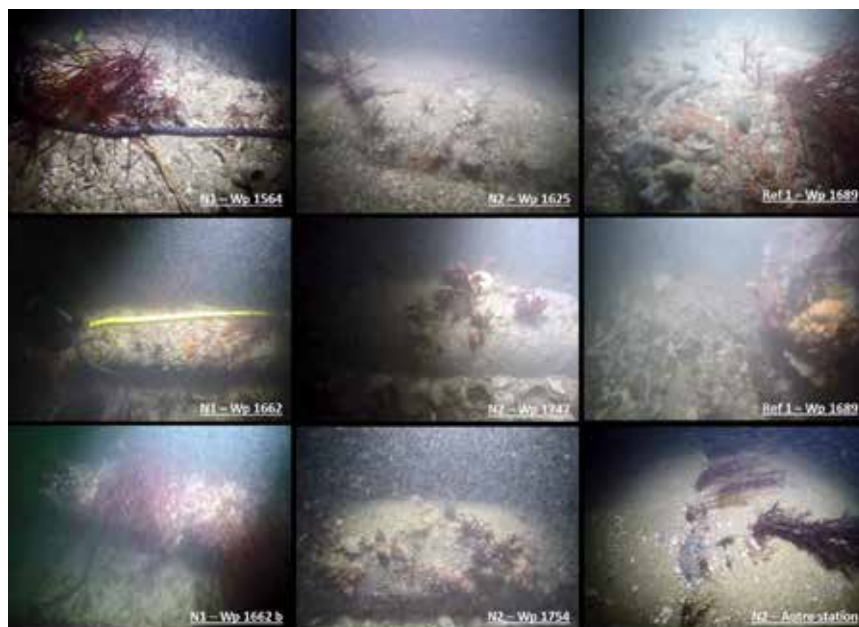
6.7 JERSEY

RÉALISÉE EN 2016



L'OBJECTIF

Étudier l'impact d'un câble électrique sous-marin en fonctionnement (entre Jersey et le Cotentin) sur la faune benthique



© TBM Environnement

LA MÉTHODOLOGIE

Échantillonnage quantitatif de l'épifaune et comparaison d'inventaires biologiques sur 8 stations, réparties sur 3 sites différents (5 réplicats de 0.1 m² par station) :

- ▶ 3 stations sur un câble électrique posé sur le fond marin depuis 2000 et en fonctionnement (entre la Manche et Jersey) ;
- ▶ 3 stations sur un câble électrique posé sur le fond marin depuis 1985 et hors tension depuis 2012 (entre la Manche et Jersey) ;
- ▶ 2 stations sur la roche naturelle côtière, située entre les deux câbles.

LES PRINCIPAUX RÉSULTATS

- ▶ L'ensemble des stations échantillonnées a fait l'objet d'une détermination jusqu'à l'espèce (lorsque cela était possible) ;
- ▶ L'abondance et la richesse spécifique étaient plus faible sur le câble en fonctionnement que sur les deux autres sites, mais les autres indices de diversité testés (Shannon, Simpson, Pielou) ne montraient pas de différences significatives entre les câbles et les substrats rocheux naturels. Des facteurs confondants (présence de bancs de crépidules et ensablement variable des câbles) n'ont pas permis de conclure sur l'impact lié au fonctionnement du câble sur la faune du fond marin étudiée (épifaune benthique).

LES PARTENAIRES



POUR EN SAVOIR +

- ▶ [Poster présenté à Seanergy 2017](#) (forum international dédié aux énergies renouvelables en mer)



Cette étude a été financée par RTE.

6.8 MODULES

LA MÉTHODOLOGIE

Travail scindé en plusieurs lots :

- ▶ Modélisation fine des turbulences en pied de monopile
- ▶ Morpho dynamisme des dunes suite au dragage du corridor d'une liaison
- ▶ Modélisation de l'effet de sillage généré par les monopiles du champ d'éolienne sur le champ de dunes
- ▶ Expérimentations en bassins pour reproduire le passage d'une dune au niveau d'une monopile
- ▶ Modélisation thermique dans un milieu poreux (i.e. prise en compte des échanges thermiques par conduction et convection)
- ▶ Pré-étude de la résilience écologique des dunes

LES RÉSULTATS

Les résultats d'intérêt premier pour RTE concernent la modélisation de la zone de fond stable, la prédiction du temps de comblement de la tranchée par la dune créée après dragage, le comportement des dunes à proximité du poste électrique, ainsi que la modélisation thermique des liaisons en milieu poreux.

LES PARTENAIRES



2021-2024



L'OBJECTIF

Modéliser l'effet d'un parc éolien offshore sur les dunes sous-marines avoisinantes :

- ▶ Prévoir le morpho-dynamisme des dunes et l'impact sur le parc éolien,
- ▶ Mieux comprendre la résilience des dunes marines après la phase de construction.



POUR EN SAVOIR +

- ▶ <https://www.france-energies-marines.org/projets/modules/>
- ▶ Enregistrement du webinar de restitution du projet du 17 octobre 2024



Ce projet était piloté par le SHOM, MARUM et France Énergies Marines. RTE était partenaire du projet.



Il a bénéficié d'un financement de France Énergies Marines, de ses membres et partenaires, ainsi que d'une aide de l'État gérée par l'Agence Nationale de la Recherche dans le cadre du plan d'investissement France 2030. Il bénéficie également du soutien financier de la région Normandie.

6.9 SPECIES

2017-2020



L'OBJECTIF

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



POUR EN SAVOIR +

- ▶ Page du projet incluant fiches résultats, webinaire de restitution des résultats (2021), questions & réponses et rapport de synthèse : <https://www.france-energies-marines.org/projets/species/>
- ▶ Publications :
 - 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*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 96, 380-391.
 - Taormina, B., Marzloff, M. P., Desroy, N., Caisey, X., Dugornay, O., Metral Thiesse, E., ... & Carlier, A. (2020). *Optimizing image-based protocol to monitor macroepibenthic communities colonizing artificial structures*. ICES Journal of Marine Science, 77(2), 835-845.
 - Taormina, B., Di Poi, C., Agnalt, A. L., Carlier, A., Desroy, N., Escobar-Lux, R. H., ... & Durif, C. M. (2020). *Impact of magnetic fields generated by AC/DC submarine power cables on the behavior of juvenile European lobster (Homarus gammarus)*. Aquatic Toxicology, 220, 105401.
 - Taormina, B., Percheron, A., Marzloff, M. P., Caisey, X., Quillien, N., Lejart, M., ... & Carlier, A. (2020). *Succession in epibenthic communities on artificial reefs associated with marine renewable energy facilities within a tide-swept environment*. ICES Journal of Marine Science, 77(7-8), 2656-2668.
 - Taormina B., Laurans M., Marzloff M., Dufournaud N., Lejart M., Desroy N., Leroy D., Martin S., Carlier A. (2020d) *Renewable energy homes for marine life: habitat potential of a tidal energy project for benthic megafauna*. Marine Environmental Research, Vol 161, 105131 <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.105131>

Ce projet était piloté par l'Ifremer et France Énergies Marines, RTE était partenaire.



Il a bénéficié d'un financement de France Énergies Marines, de ses membres et partenaires, ainsi que d'une aide de l'État gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme des Investissements d'Avenir (ANR-10-IEED-0006-17).

LA MÉTHODOLOGIE

- ▶ Mesures *in situ* sur différents sites des **effets physiques** (température et CEM) **générés par les câbles**.
- ▶ Étude de l'**impact de leur présence** sur les espèces des fonds marins posés ou mobiles (invertébrés, algues...) en zone côtière.
- ▶ Étude en laboratoire de l'**effet potentiel des CEM sur le comportement du homard européen** et de la coquille Saint-Jacques.

LES PRINCIPAUX RÉSULTATS

- ▶ L'**échauffement** généré par les câbles posés est immédiatement dissipé par la masse d'eau environnante et est donc **négligeable**.
- ▶ L'**intensité des CEM in situ** est de l'ordre de quelques centaines de nT et est localisé sur le corridor du câble.
- ▶ La structure des protections externes des câbles posés offre **un habitat favorable pour de nombreuses espèces (crustacés, algues...)**.
- ▶ **Aucun impact négatif significatif** des câbles n'a été mis en évidence sur l'écosystème benthique.

L'effort de recherche initié doit être poursuivi pour approfondir certaines problématiques encore insuffisamment documentées, comme la caractérisation des seuils de sensibilité aux champs magnétiques, et le cumul d'impact.

LES PARTENAIRES



STATION MARINE
CONCARNEAU

7. BILAN ET PERSPECTIVES

En 2011, l'Ifremer réalisait, à la demande de RTE, une première **synthèse bibliographique de l'état des connaissances** sur l'impact potentiel des câbles électriques sous-marins sur différentes composantes des écosystèmes marins côtiers susceptibles d'accueillir des projets de liaisons électriques en mer. Cette synthèse a sera ensuite actualisée en 2019.

En 2016, RTE s'associait à TBM Environnement et l'Ifremer pour étudier *in situ* **l'impact d'un câble électrique sous-marin en fonctionnement sur la faune benthique** (projet JERSEY).

En 2017, RTE s'engageait sur l'étude de l'impact des travaux d'installation de câbles sous-marins sur le milieu benthique, les opérations touchant aux fonds marins étant susceptibles de générer une **augmentation de la charge en particules dans l'eau (turbidité)**. Il s'agissait de s'appuyer sur les caractéristiques biologiques de la coquille Saint-Jacques, mollusque filtreur réputé sensible à la turbidité (projet OASICE). À la suite des travaux de raccordement en courant continu de IFA2 entre la France et le Royaume-Uni, la coquille Saint-Jacques s'est montrée être une espèce indicatrice permettant de vérifier le bon état environnemental de l'eau de mer (potentielle pollution, turbidité présente).

Les travaux d'installation des câbles sous-marins étant également susceptible de **générer des émissions sonores sous-marines** auxquelles diverses espèces marines sont sensibles, des mesures in-situ ont pu être réalisées lors du projet OASICE et ont permis de caractériser les niveaux sonores de ces opérations.

À partir de 2017 démarrait également un projet sur les effets des câbles électriques sous-marins en **phase d'exploitation** : le projet SPECIES, en partenariat avec France Énergies Marines au sein d'un consortium de partenaires.

Ces premiers projets ont été les précurseurs d'un ensemble de thématiques de recherche qui se sont déroulés au cours de ces dernières années :

- ▶ La première étant celle qui concerne les émissions de **champs électromagnétiques (CEM)** générés par les câbles en exploitation. RTE a pris part et a développé et financé plusieurs projets de recherche à ce sujet (notamment OASICE, SPECIES, CEM FISH, CEMARB), **qui pour le moment n'ont pas montré d'impacts significatifs sur les espèces et aux stades de vie étudiés. Les actions de la R&D de RTE sur cette thématique se poursuivent pour compléter les études existantes et améliorer les connaissances.**
- ▶ Les effets potentiels de **hausse de température** aux abords des câbles en exploitation ont fait l'objet de plusieurs études (notamment au sein du projet SPECIES). Il apparaît que l'échauffement d'un câble non ensouillé est très efficacement dissipé par la masse d'eau mais que l'échauffement dans le sédiment nécessitait d'être investigué. Ce sujet a récemment été traité au sein du projet MODULES.

- ▶ Les effets de la **perturbation des habitats** associés aux travaux et à l'exploitation des réseaux en mer. Les effets sur les habitats benthiques (associés aux fonds marins) sont globalement bien connus à ce jour. Il existe cependant des lacunes pour d'autres compartiments, ce qui a amené RTE à participer à divers projets s'intéressant aux poissons et la mégafaune marine (FISHOWF/ FISHOWF+ et DRACCAR-MMERMAID) de façon à accroître les connaissances des impacts potentiels sur leur habitat, notamment en phase exploitation des ouvrages.
- ▶ **Le changement d'habitat** dû aux infrastructures électriques en mer, tels que les postes en mer et la protection des câbles par enrochement. Ces nouveaux supports offrent de nouvelles conditions d'habitats pour une multitude d'espèces, que l'on appelle **l'effet récif**. C'est une opportunité pour la biodiversité marine tel que documenté dans le projet SPECIES notamment et étudié dans le projet en cours LIGNES DE VIE MARINE, mais aussi un risque pour le relais et la dispersion d'espèces exotiques envahissantes comme noté par les experts du COME3T. Il s'agit d'un axe de travail prioritaire pour la R&D de RTE à l'avenir.
- ▶ Sur les risques de **rejets de contaminants**, RTE a pris part au projet ECOCAP qui a étudié les effets et impacts des protections cathodiques sur le milieu marin, dispositifs employés au niveau de la structure des postes électriques en mer pour les protéger de la corrosion.

Les enseignements de ces projets sont de nature à mieux évaluer les impacts bruts des ouvrages de RTE en mer et, lorsque ceux-ci sont significatifs, de mettre en œuvre les mesures d'évitement, de réduction et de suivi les plus pertinentes afin, *in fine*, de garantir des niveaux d'impacts résiduels non significatifs et ainsi préserver l'environnement marin.

Compte tenu de la multitude de sujets qui restent à explorer et des évolutions technologiques pouvant présenter de nouveaux types d'impacts (exemple : les postes flottants qui seront explorés dans le projet RHODÉ), **RTE poursuit sur la durée son engagement en faveur de la recherche pour améliorer les connaissances et développer des solutions plus respectueuses de l'environnement.**

C'est ainsi que deux nouveaux projets d'envergure vont démarrer en 2025 : le projet SEARÉNITÉ qui vise à développer une solution innovante de réduction du bruit généré par l'installation des postes posés, et le projet RHODÉ qui comprend un lot sur l'intégration environnementale des postes flottants.



Le réseau
de transport
d'électricité



RTE

Immeuble WINDOW - 7C Place du Dôme,
92073 PARIS LA DEFENSE CEDEX
www.rte-france.com