



Le réseau  
de transport  
d'électricité

# Projet de raccordement éolien en mer Sud-Atlantique - A07

GT environnement

7 décembre 2022



Le réseau  
de transport  
d'électricité

# État initial de l'environnement

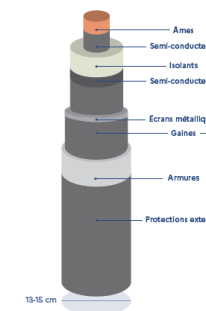
# Le raccordement en mer



## Câbles sous-marins en courant continu



env 15 cm de diamètre

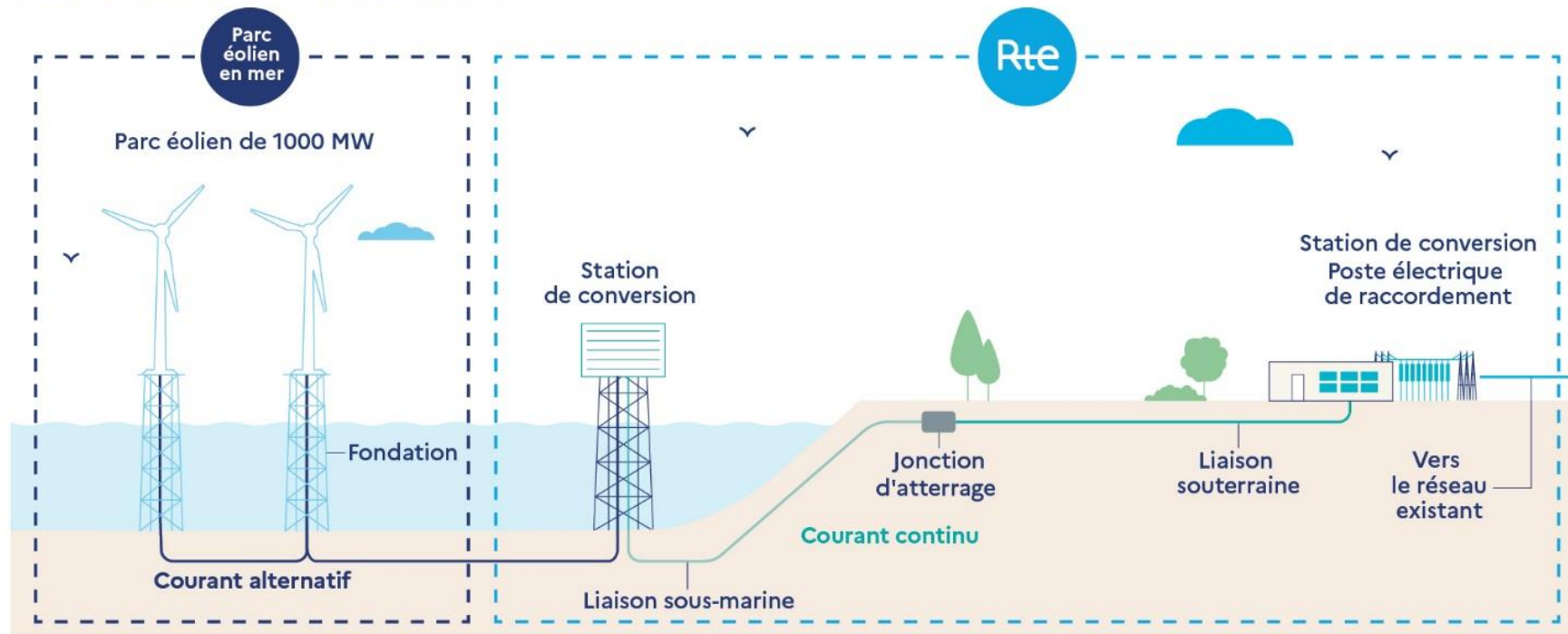


## Protection des câbles selon les fonds



# Consistance technique: raccordement en courant continu

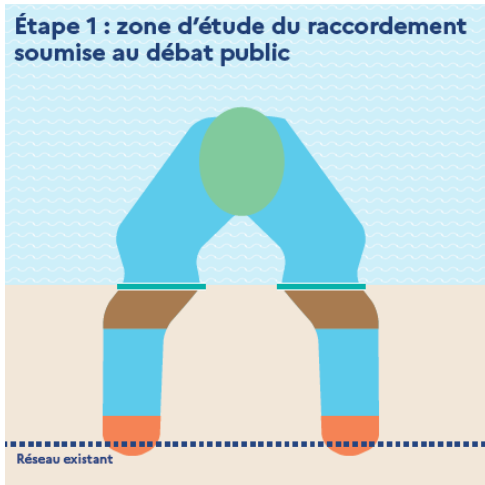
Quelles seraient les grandes composantes du raccordement pour un projet éolien en mer de 1000 MW en courant continu ?



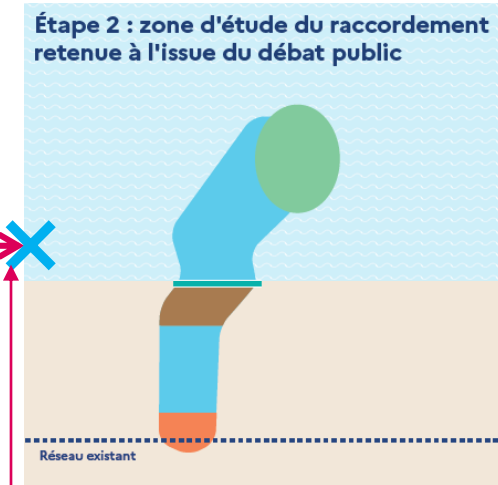
*La technologie de raccordement électrique dépend de la puissance du parc éolien en mer et de sa distance au réseau existant.*

Source : RTE, 2021

# Une emprise et une mise en oeuvre ERC par étapes

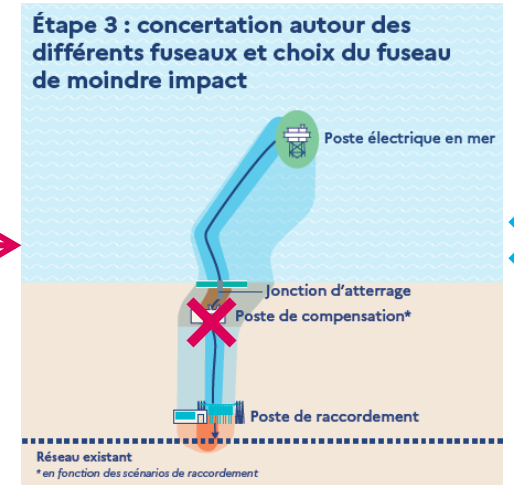


Débat Public



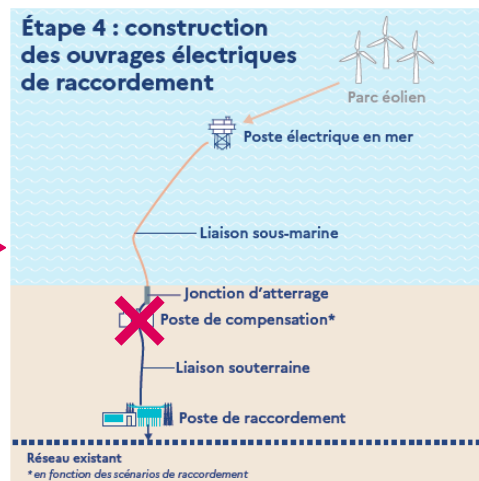
Décision ministre

Concertation  
Fontaine



Désignation du Lauréat

Etude d'impact,  
enquête publique et  
autorisations



Mise à disposition



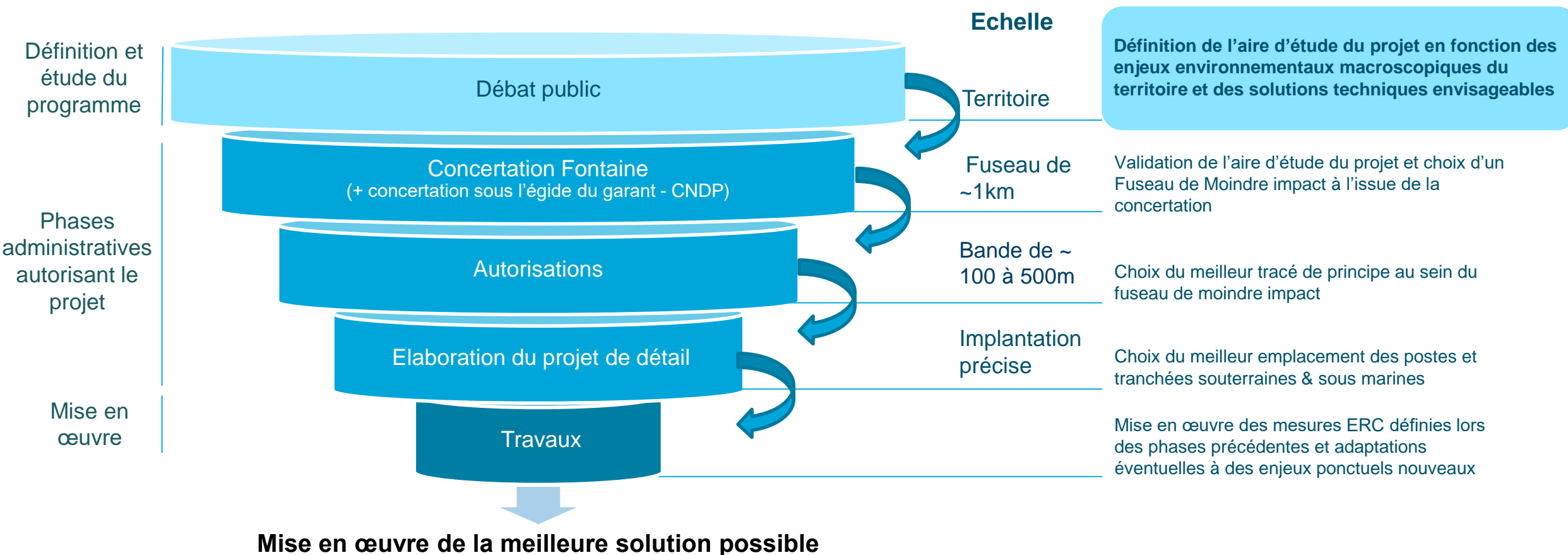
- Zone d'implantation du poste en mer
- Zone d'implantation du poste de compensation\*
- Zone de création de liaisons électriques (sous-marines et souterraines)
- Zone d'implantation du poste électrique de raccordement
- Zone d'atterrage

*\* en fonction des scénarios de raccordement*

Ministère de la Transition écologique, RTE. Réalisation : stratéact'2021

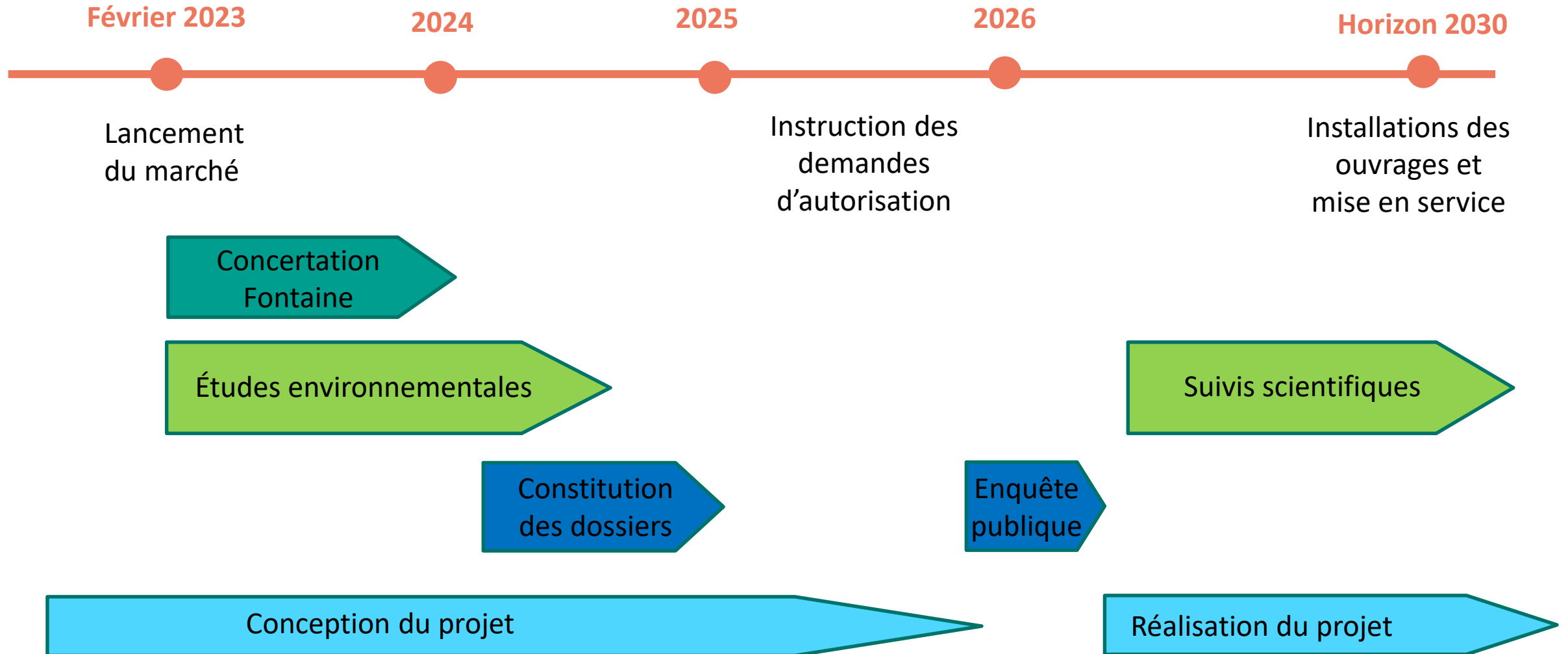
# Eviter - Réduire - Compenser

Une séquence itérative : exemple au cours d'un projet





# Calendrier du marché dans le contexte du projet





# Les études environnementales : mise en œuvre du marché

## 1 – Synthèse bibliographique :

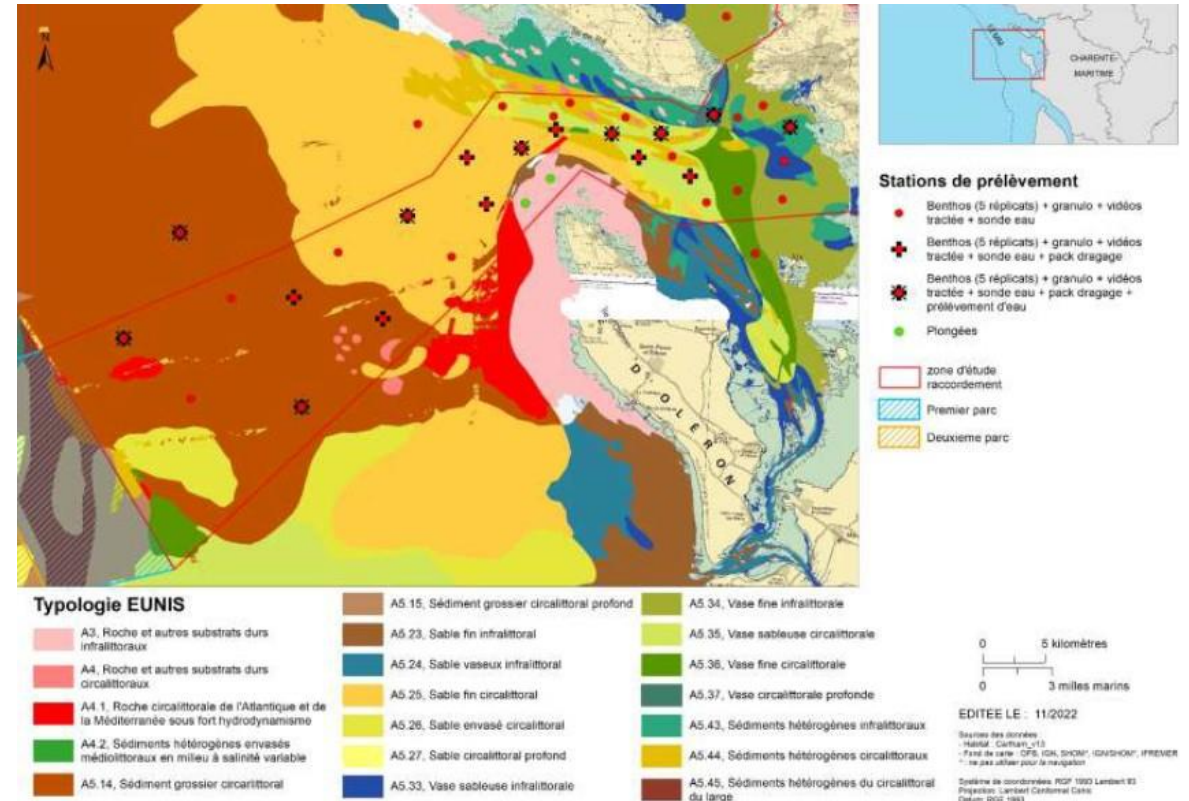
- Associer les acteurs scientifiques du territoire
- Alimenter la concertation Fontaine pour la définition du fuseau de moindre impact (FMI)

## 2 – Identifier les lacunes

- Pour la définition du FMI
- Pour alimenter d'étude d'impact

## 3 – Planifier des expertises de terrain

- A l'échelle de l'aire d'étude définie par la concertation Fontaine ponctuellement
- A l'échelle du FMI pour l'ensemble des compartiments ciblés



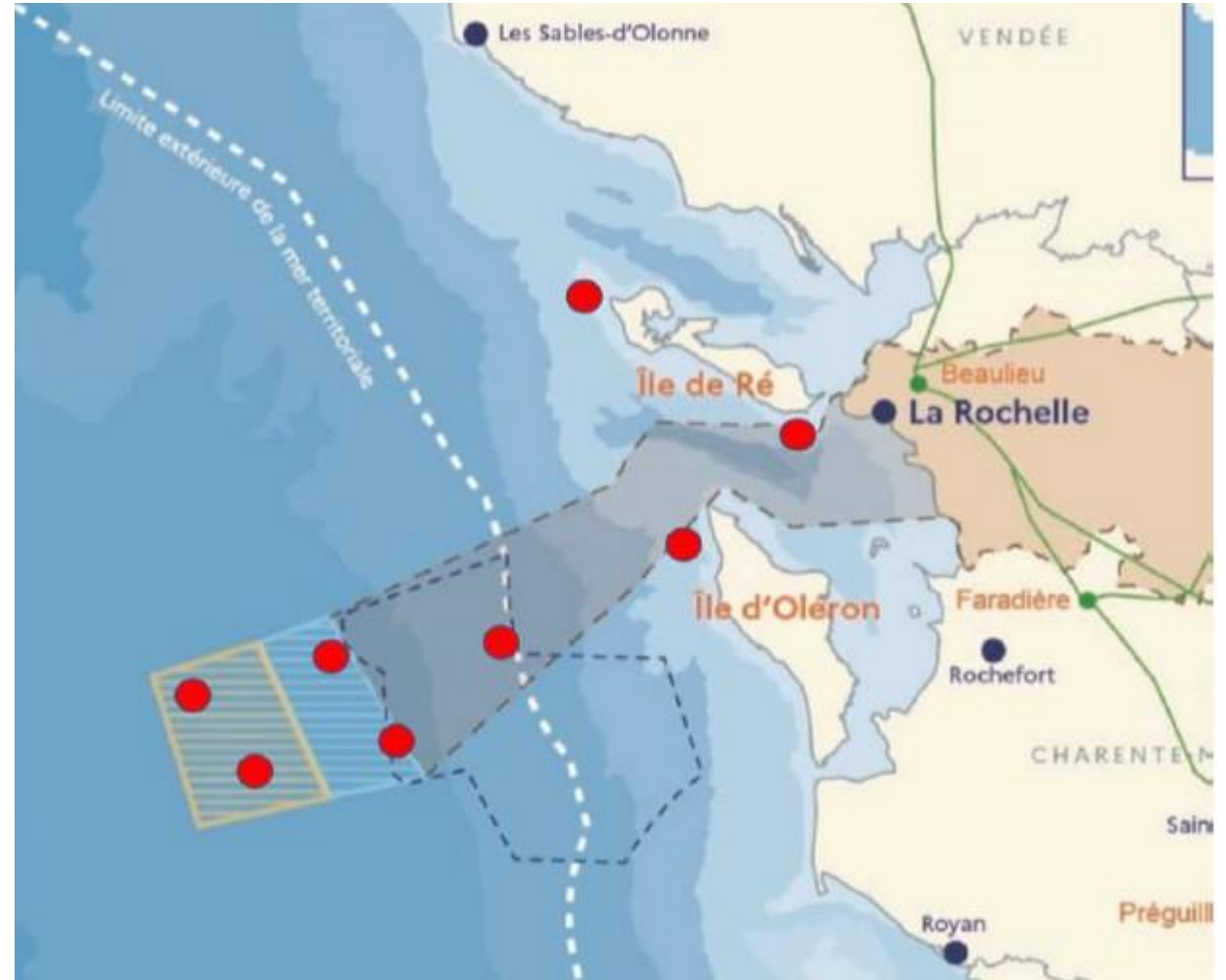
Exemple de protocole proposé au stade de l'offre





# Les études environnementales : périmètres

- **Pour les campagnes en mer et à terre**  
→ le fuseau de moindre impact (FMI)
- Le poste en mer est pris en compte dans les campagnes réalisées sur le périmètre de la zone du parc
- **Pour l'étude d'impact**, à l'échelle du projet, parc et ouvrages du raccordement





# Les études environnementales



- **Acquisition de donnée pour l'état actuel de l'environnement :**
  - Qualité de l'eau et plancton → 1 prélèvement /mois sur 1 an
  - Qualité des sédiments et peuplements benthiques de substrat meuble → 1 prélèvement en fin d'hiver
  - Bruit sous-marin et écoute passive des cétacés → acquisition sur 1 année
  - Habitats benthiques particuliers et habitats de la zone intertidale (roche, maërl, herbiers, hermelles...) → selon protocole en vigueur, une caractérisation à la période adéquate
  - Poissons, mollusques et crustacés → cibler l'ensemble des stades de vie, une campagne/saison sur 1 année
  - Usages: activités de pêche, activités anthropiques, paysage et patrimoine





Le réseau  
de transport  
d'électricité

# ANNEXES



- **Acquisition de donnée pour l'état actuel de l'environnement :**
  - Qualité de l'eau et plancton
  - Qualité des sédiments et peuplements benthiques de substrat meuble
  - Habitats benthiques particuliers et habitats de la zone intertidale (roche, maërl, herbiers, hermelles...)
  - Poissons, mollusques et crustacés
  - Bruit sous-marin et écoute passive des cétacés





- Décrire les conditions environnementales
  - Fournir une aide à l'interprétation des données « biologiques » (facteurs abiotiques)
- Suivi par prélèvement sur des stations ponctuelles
- Sondes multi-paramètres + prélèvements à la bouteille Niskin à 3 profondeurs
- 1 sortie/mois pendant 1 an





# Qualité de l'eau

Hydrologie	Température, pH, salinité, conductivité de la colonne d'eau, concentration en oxygène dissous, fluorescence
Transparence	Mesure optique (NTU), matières en suspension (MES) (fractions organiques et minérales)
Biologie	Concentration en chlorophylle a et <u>phéopigment</u>
Chimie (sur fraction totale et dissoute)	Al, Ca, Cd, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Ni, Pb, Zn, matières inhibitrices, composés <u>organohalogénés</u> absorbables sur charbon actif, HAP
Micropolluants organiques	HCT C10-C40
Bactériologie	<i>Escherichia coli</i> , entérocoques intestinaux
Nutriments	COT, Azote Total, Nitrites, Nitrates, Ammonium, Phosphates, <u>Orthophosphates</u> (PO4), Fluorures, Sulfates, Silicium, Indium, AOX, Bromoforme





- Identifier la nature des habitats et des communautés phytoplanctoniques et zoo planctoniques présents, leur état écologique (bon, déjà dégradé, etc.) et leur degré de sensibilité vis-à-vis du projet
  - Cartographier ces communautés, au minimum à l'échelle de l'aire d'étude rapprochée
- Suivi par prélèvement sur des stations ponctuelles
- Phytoplancton : Prélèvement à la bouteille Niskin
- Zooplancton : Prélèvement par filet bongo ou équivalent à 200  $\mu\text{m}$
- Kyste phytoplanctonique toxique : prélevé dans les sédiments
- 1 sortie/mois pendant 1 an
- Biomasse et Taxonomie







# Qualité des sédiments

- Caractériser la qualité physico-chimiques des sédiments en zone subtidale et intertidale

→ Suivi par prélèvement sur des stations ponctuelles

→ Paramètres acquis :

- Propriétés physiques : densité, granulométrie (analyse par tamisage et diffraction laser), matières sèches, teneur en - carbone organique total (COT), teneur en matière organique (MO), azote et phosphore totaux ;
- Micropolluants inorganiques : Aluminium (Al), Arsenic (As), Cadmium (Cd), Chrome total (Cr), Cuivre (Cu), Fer (Fe), Mercure (Hg), Nickel (Ni), Plomb (Pb), Zinc (Zn)
- Contaminants organiques : PCB (7 congénères réglementaires) et PCB totaux, HAP (16 congénères), hydrocarbures totaux ;
- Organostaminiques : Tributylétain (TBT) et produit de sa dégradation (DBT et MBT).

→ 1 sortie



Benne DayGrab



Benne mini-Hamon



Carottier



# Peuplements benthiques

- Réaliser des inventaires biologiques, des cartographies des habitats et peuplements benthiques en mer (faune et flore) ainsi qu'une analyse de leur état écologique.

→ Peuplements de substrat meubles, grossiers, de roches et habitats particuliers

→ Suivi sur des stations ponctuelles, avec les moyens matériels adaptés :

- Bennes
- Carottier
- Drague
- Plongée
- Caméra sous-marine...

→ Protocole en vigueur pour chaque type d'habitat

→ 1 expertise à la période requise





# Poissons, mollusques et crustacés

- Caractériser la présence d'espèces et la diversité spécifique, la structure des peuplements, l'abondance, leur utilisation des habitats, la fonctionnalité de la zone et l'état de conservation des espèces recensées.
- Compartiment benthique et démersales pour les adultes et les juvéniles
    - Chalut, drague adapté au contexte
    - Casiers, filets adapté au contexte
  - Compartiment pélagique pour les œufs et larves
    - Filet Bongo 500  $\mu\text{m}$
  - 1 sortie / saison sur 1 année

Paramètres acquis :

- Composition spécifique
- Abondances et biomasses spécifiques par unité de surface ou de temps
- Démographie (Structure en taille, poids, sexe,...)





# Bruit sous-marin et écoute passive des cétacés

- Caractériser le bruit ambiant sous-marin afin de pouvoir calibrer un modèle de propagation acoustique sur l'aire d'étude éloignée
- Acquisition de la donnée brute dans son intégralité (captation de tous les signaux d'intérêt) indépendamment du traitement et des analyses proposées ensuite (par exemple : filtrage, détection)
- Matériel permettant de capter la donnée brute dans son entièreté soit 180kHz pour le lot 2 du fait de la présence potentielle de marsouins
- Mesure sur 1 année
- Paramètres mesurés :
  - Intensité sonore
  - Répartition fréquentielle



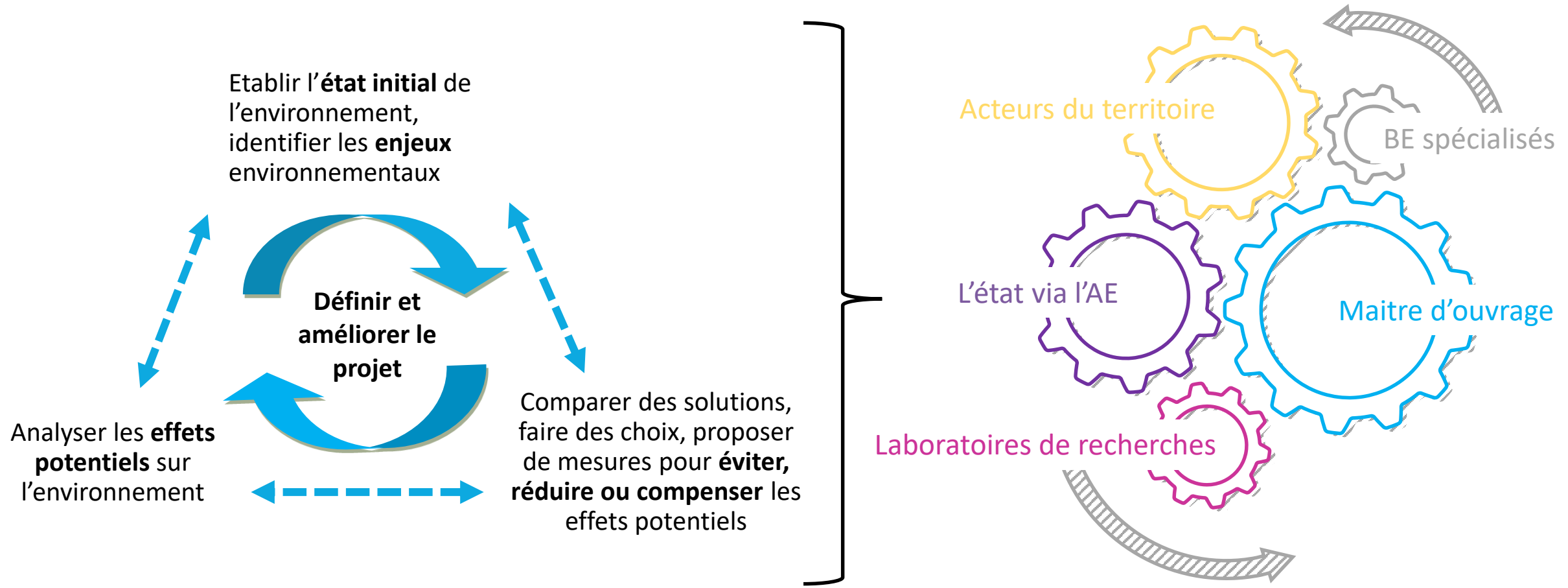


Le réseau  
de transport  
d'électricité

# REX étude d'impact – raccordement EMR

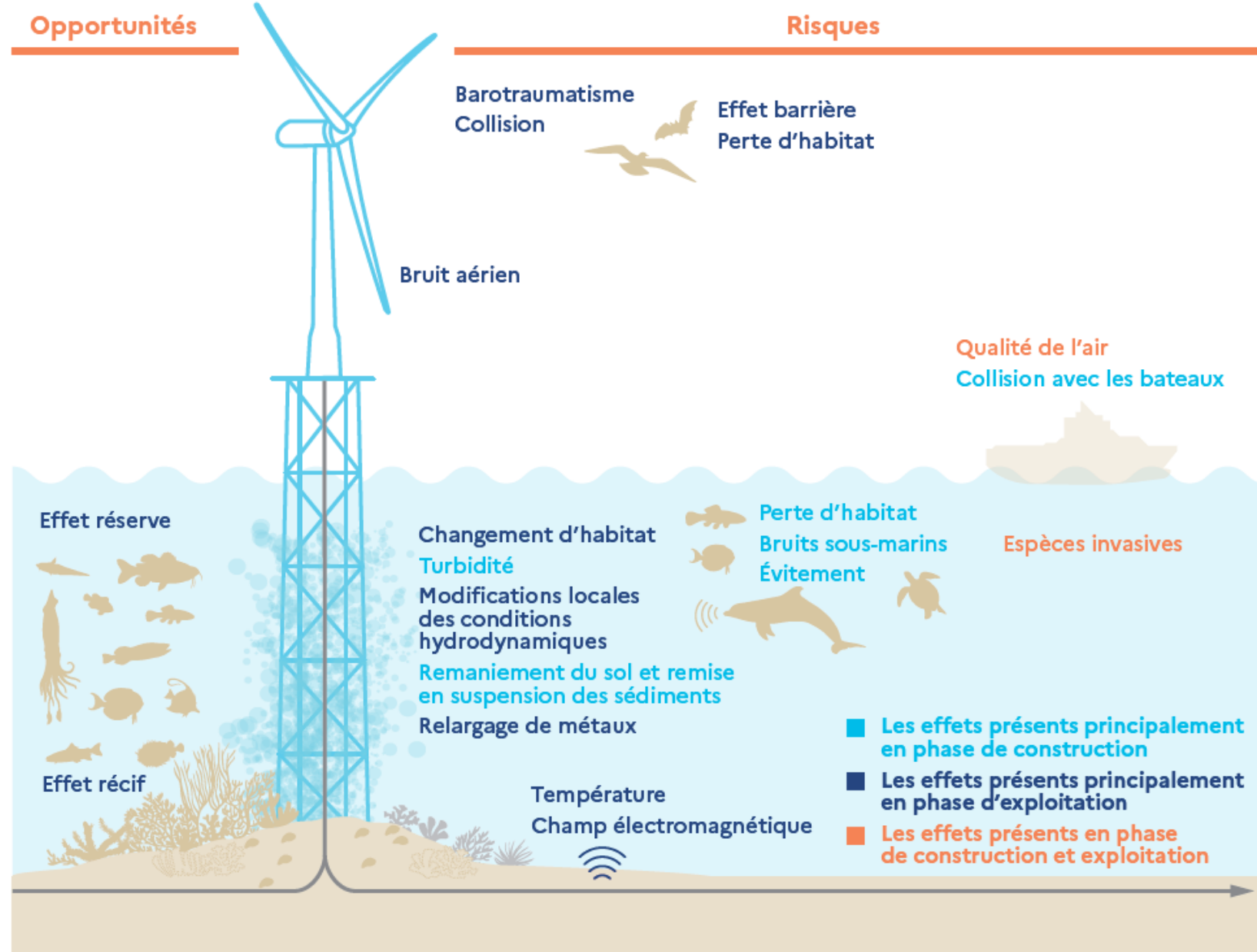
# L'évaluation environnementale

→ Une démarche itérative pour concevoir un projet de moindre impact sur l'environnement



→ L'étude d'impact environnementale (EIE) est la pièce maîtresse de la demande d'Autorisation Environnementale

# LES INTERACTIONS AVEC L'ENVIRONNEMENT EN MER



# L'état initial de l'environnement

## Le milieu physique

Eau, sédiments, bruit

## Le milieu humain

Usagers de la mer : Pêche, transport, plaisance et nautisme, extraction de granulats, marine nationale

## Le milieu naturel

Faune et flore benthique, poissons, mammifères et oiseaux marins



Turbidité



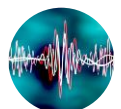
Qualité physico-chimique de l'eau



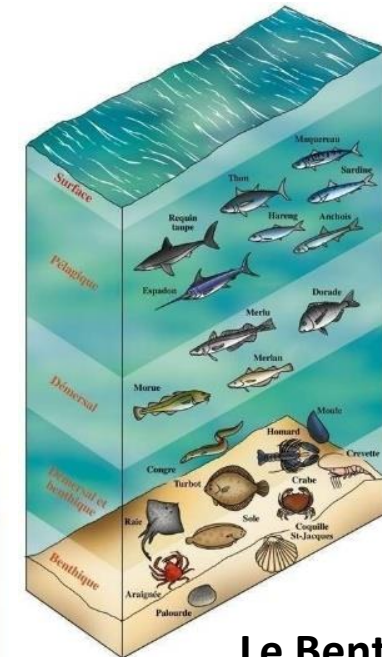
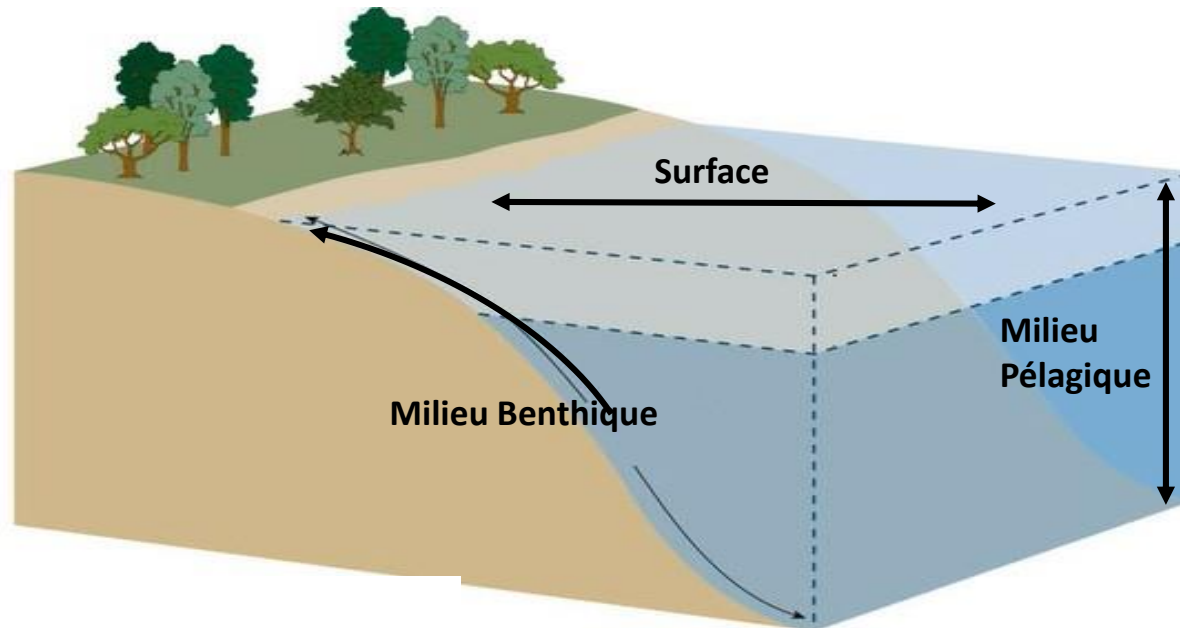
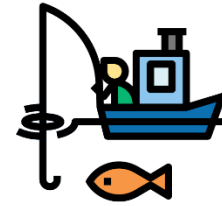
Substrat



Hydrodynamisme



Acoustique



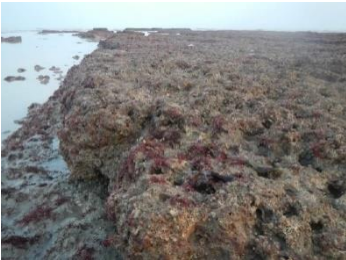
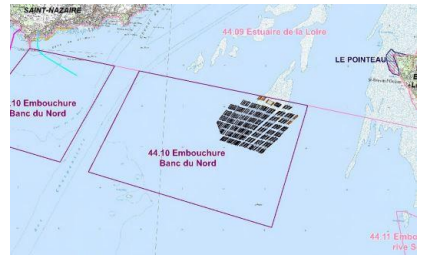
**Le Pelagos:** regroupe les organismes vivant en pleine mer

**Le Benthos:** regroupe l'ensemble des organismes vivant en relation étroite avec les fonds marins



# Les mesures d'évitement possibles - mer & littoral

## Géographique



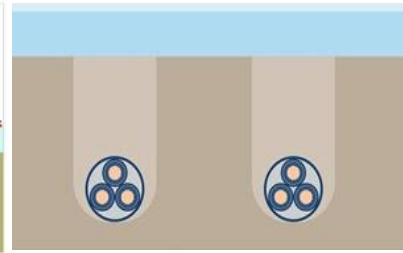
**Evitement des zones d'activité** par ex **conchylicoles** (ou **granulats**, **épaves...**)

**Evitement des habitats benthiques** sensibles, comme les récifs d'hermelles



**Evitement** des zones soumises aux **risques naturels / érosion – recul du trait de côte**

## Technique



**La technique du forage dirigé** permet de franchir certains obstacles ou **milieux sensibles** (**dunes littorales**)

**La technique d'ensouillage** du câble permet d'éviter les **risques de croches** accidentelles par les **engins de pêches**

## Temporel



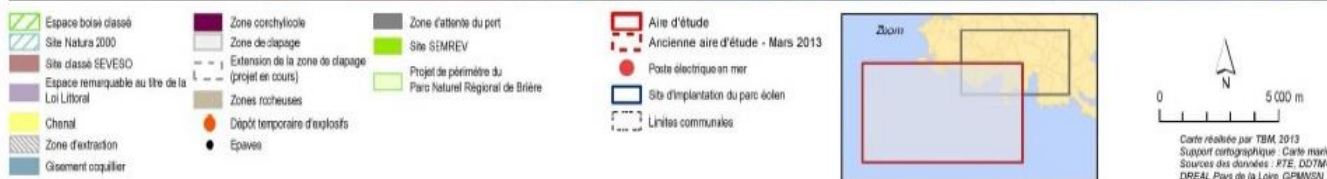
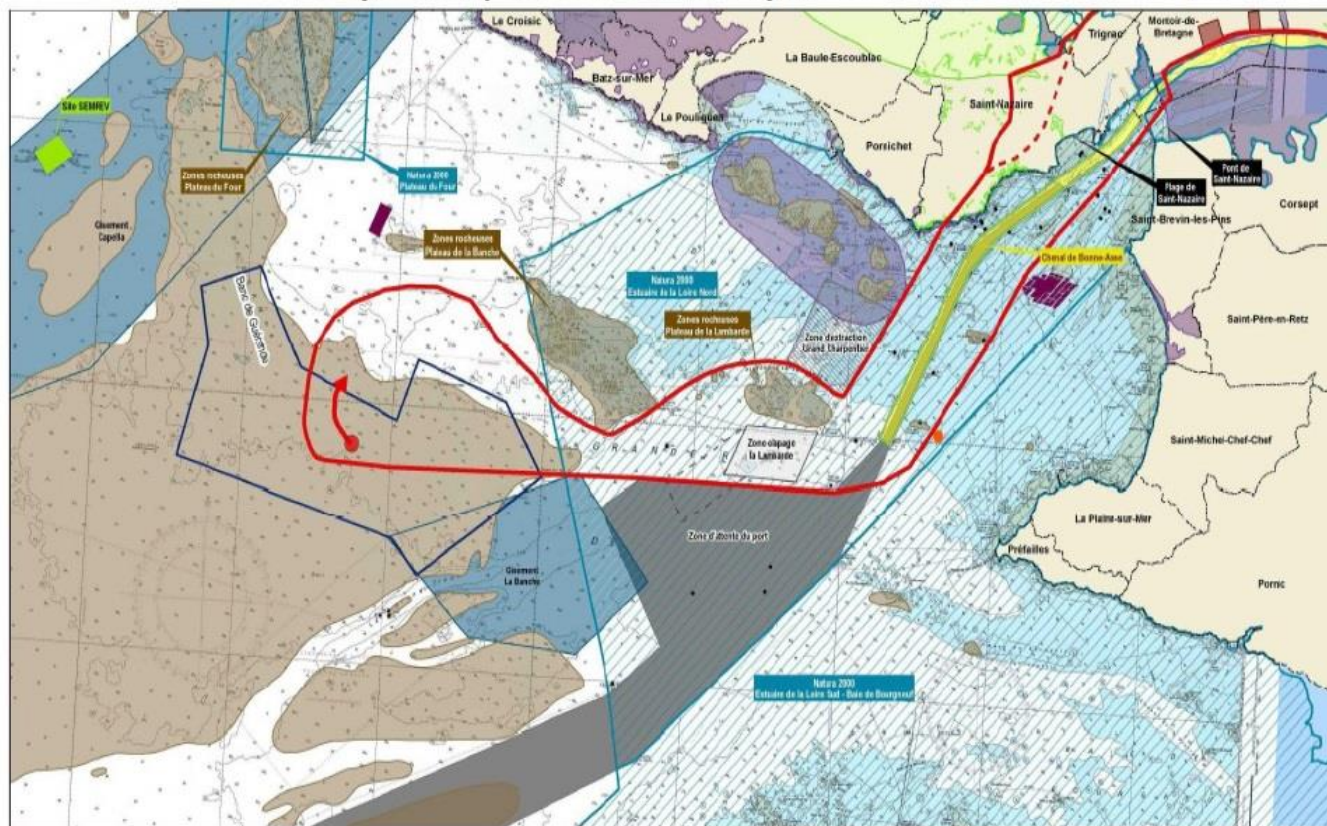
**Au littoral évitement de la période de reproduction** (ex Gravelot à collier interrompu - mars-juillet), Et de la **période estivale** vu son **importance économique**

**Evitement de la période de pêche à la coquille Saint-Jacques** (octobre-avril) pour les travaux, vu son **importance économique**

# Ex d'évitement en mer – Fuseau de moindre impact : SNZ

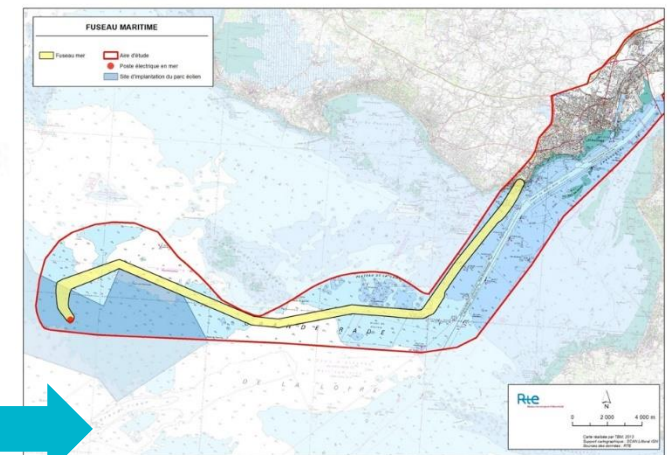


**Aire d'étude :** Exclusion de certaines zones à enjeux sur la partie maritime



Exclusion de certaines zones à enjeux, tant environnementaux que sociétaux :

- zone d'attente du Grand Port Maritime de Nantes-Saint-Nazaire
- zones rocheuses
- zone d'extraction de sédiments marins
- zones de production de coquillage
- gisement coquiller
- espaces remarquables au titre de la Loi Littoral
- zones de protection spéciale



**FMI - 2013**

**Evitement supplémentaire**

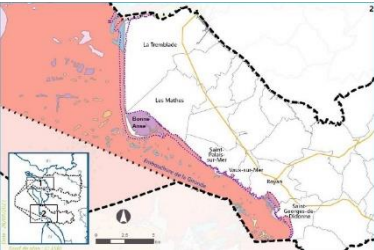
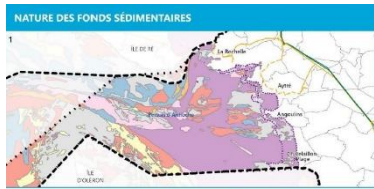
- ✓ Des fonds rocheux
- ✓ Du chenal du port de St-Nazaire
- ✓ Eloignement des zones conchyloles



Ilots de la Baie de Baule

# Les mesures de réduction possibles - mer et littoral

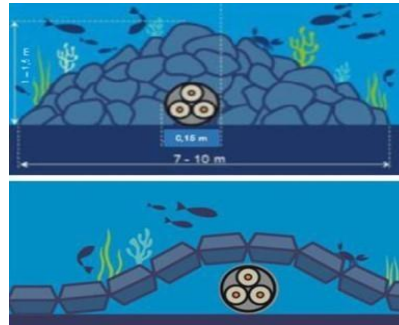
## Géographique



**Passage privilégié dans des fonds meubles** (sables, graviers, vases)

Pour réduire la gêne des usagers, des navires « chiens de garde » sont prévus pour surveiller le chantier en mer

## Technique



Lorsque l'ensouillage n'est pas possible (fonds meubles), des **protections externes** sont envisagées



Réduction du **risque de dérangement de la faune marine** par l'observation à bord et un démarrage progressif des travaux

## Temporelle



Modes opératoires optimisés pour réduire la gêne sur la **navigation dans le chenal d'accès** au port

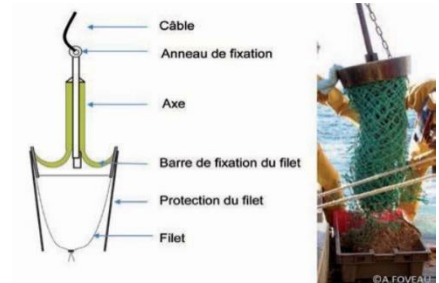


Les travaux d'atterrage sont réalisés dans les **périodes de moindre fréquentation des groupes de limicoles et laridés** (entre décembre et juin)



# ERC-Suivi : Mesures de suivi en mer

- ❖ Un **comité de suivi et un conseil scientifique** mis en place sous l'égide du préfet afin de définir et évaluer l'efficacité des mesures de suivi de l'impact du projet
- ❖ Protocole de type **BACI** (Before – After Control Impact) : état de référence, pendant et après les travaux d'installation des câbles sous-marins
- ❖ Un **suivi benthique** est prévu pour tous les projets
- ❖ Un **suivi de la qualité de l'eau** peut également être mis en place en fonction des enjeux de la zone ou des modélisations préalables
- ❖ Les **suivis sont plus ou moins poussés** en fonction des impacts et des enjeux de la zone



# Exemples de mesures de suivi

⇒ Le suivi des **habitats intertidaux** dans le cadre du projet de DLT



Les falaises de craie d'Ault surplombant des plages de galets © *Agence des aires marines protégées*

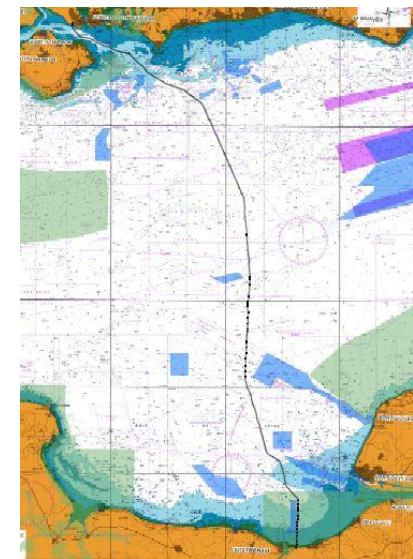
⇒ **Suivis de la qualité de l'eau.**

Dans le cas de DLT, des **prélèvements zoo - et phytoplanctoniques** saisonniers ont été demandés exceptionnellement.



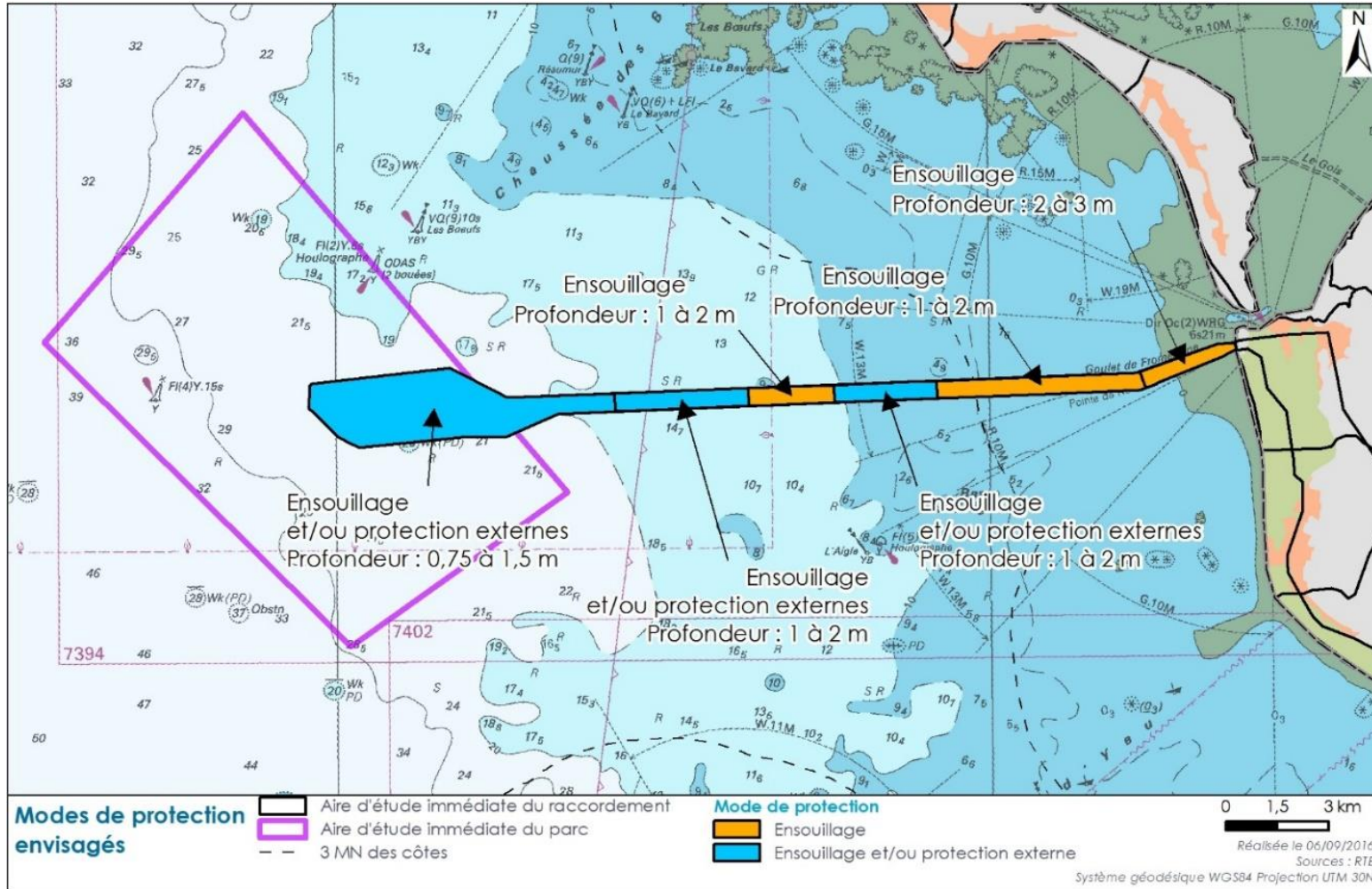
Dans le cas de NOY, un suivi de la qualité du milieu marin via la **qualité des coquillages** est prévu selon la stratégie d'échantillonnage REMI et ROCCH

⇒ Le **suivi bio sédimentaire** en zone **Natura 2000** pour le projet IFA 2



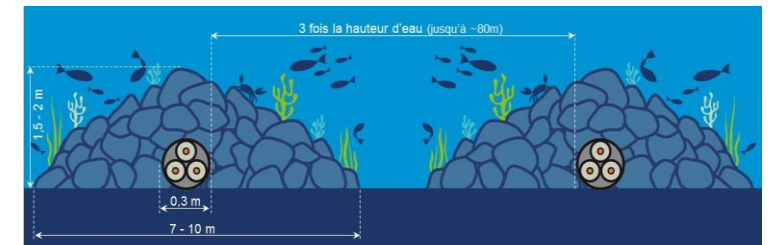
Suivi de la recolonisation du milieu sur les 20 km de tracé en Natura 2000 (sur 200 km), avec une fréquence de surveillance établie avec les autorités environnementales (OFB) en fonction des premières observations en N+1.

# Suivi de l'effet récif – projet NOY



Protocole adopté en comité de gestion et de suivi scientifique - en décembre 2021 :

- 3 Stations sur le tracé et 3 stations témoins, 1 par habitat rocheux identifié dans la zone
- Travaux prévus en 2024**
- Etat de référence et suivi campagnes N+1, N+3 et N+5
- Protocoles ECBRS et ZNIEFF
- Dénombrement de macrofaune (grands crustacés, congrès...) sur les enrochements**

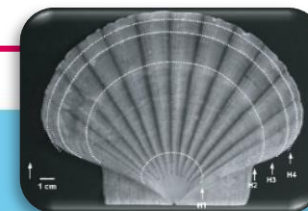




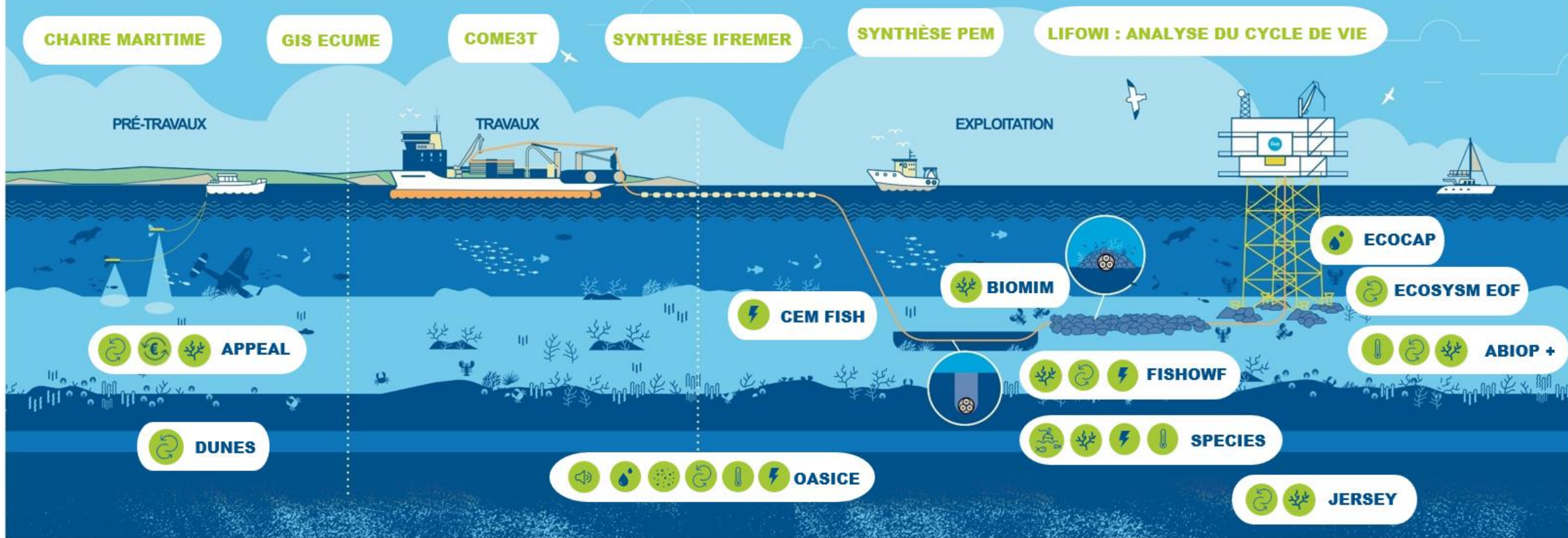
Le réseau  
de transport  
d'électricité

**R&D**

# Accompagnement : R&D



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



### Légende

- Effet socio-économique
- Perturbation de l'habitat
- Emission sonore
- Effet récif
- Emission de champs électromagnétiques
- Mise en suspension de sédiments - Turbidité
- Effet thermique
- Effet réserve
- Pollution chimique
- ÉTUDES GLOBALES**
- ÉTUDES CIBLÉES**



# Accompagnement : multi-usages en mer

## 1 PLATEFORME INTELLIGENTE OU « SMART LAB » EN MER

- Equipement de capteurs
- Services de communication très haut débit, numérique

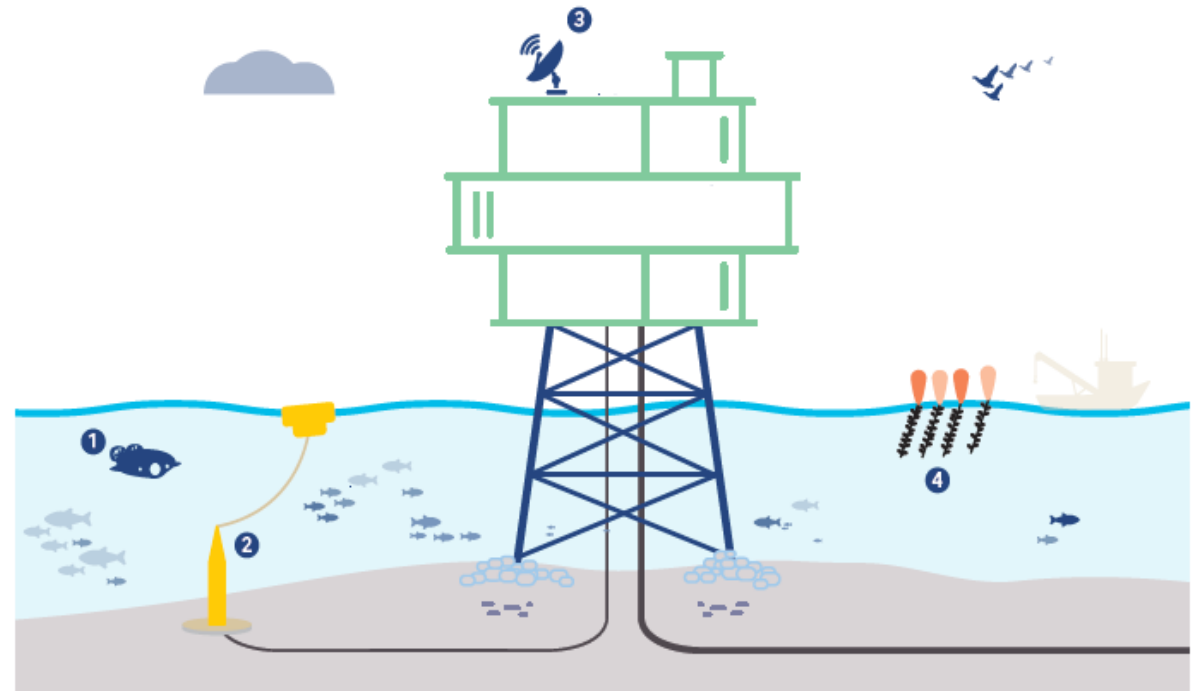
## 2 EXPÉRIMENTATION DE NOUVELLES TECHNOLOGIES

- Nouvelles technologies de la transition énergétique
- Validation de prototypes & démonstrateurs
- Valorisation de la ressource marine

## 3 TOURISME INDUSTRIEL ET GRAND PUBLIC

- Visites touristiques à distance
- Site d'accueil à terre - showroom
- Site internet grand public

Les utilisations éventuelles du poste électrique en mer



- 1 Instruments d'observation du milieu marin
- 2 Projet houlomoteur
- 3 Développement des télécommunications
- 4 Élevage marin



# Synthèse IFREMER

Actualisation en 2019

Améliorer la connaissance 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.

## La méthodologie

Analyse bibliographique réalisée par l'IFREMER à la demande de RTE et basée sur l'exploitation de :

- 40 rapports, 86 articles scientifiques parus entre 1982 et 2019, 6 livres ou chapitres de livres, 2 thèses, 1 avis officiel émis par l'Ifremer
- contenu sur le site internet <https://tethys.pnnl.gov>

## Les résultats

Les impacts considérés comme **négligeables** sont :

- la modification de la **température** autour des câbles ensouillés, principalement en raison du **caractère très localisé** dans l'espace (< 1 m du câble) de cet effet ;
- la **modification de la nature des fonds**, de la **turbidité**, de la **dynamique hydro-sédimentaire**, de la **chimie de l'eau** de mer et du **sédiment**.

L'impact considéré comme **moyen** avec un degré d'incertitude moyen est :

- la modification du **champ électromagnétique** vis-à-vis d'**espèces migratrices sensibles** (anguilles par ex) et de la famille des requins pour un câble posé non ensouillé. Dans le cas d'un câble dynamique, le niveau d'incertitude est jugé fort.

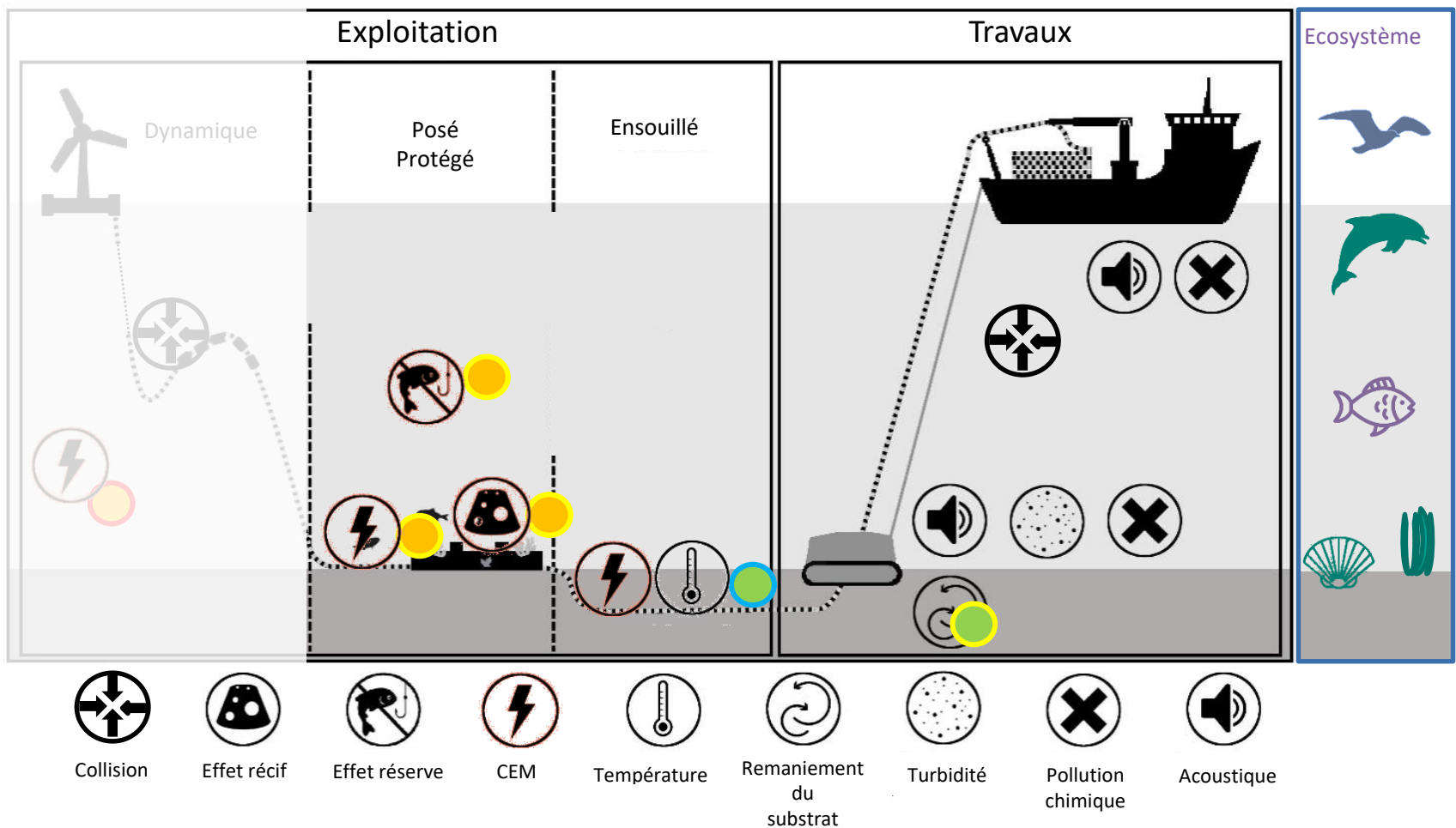
**Il n'est pas relevé d'impact jugé fort.**

En savoir +

## Notre partenaire



# La synthèse Ifremer (2019)



## IFREMER 2019 Bilan des connaissances

↓  
 Besoin de compréhension des mécanismes écologiques en présence de câbles électriques sous-marins  
 → **Orienter les programmes de R&D**

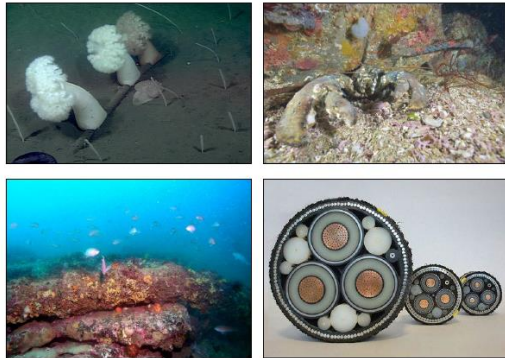
Diagramme des effets engendrés par les différents types d'immersion de câbles sous-marins pendant les phases de travaux (pose/démantèlement) et d'exploitation (adapté de Taormina et al 2018).

## La synthèse IFREMER (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



→ Traite des **effets\* et impacts\*** potentiels des câbles électriques sous-marins sur les différentes composantes des écosystèmes marins côtiers susceptibles d'accueillir ce type de liaison

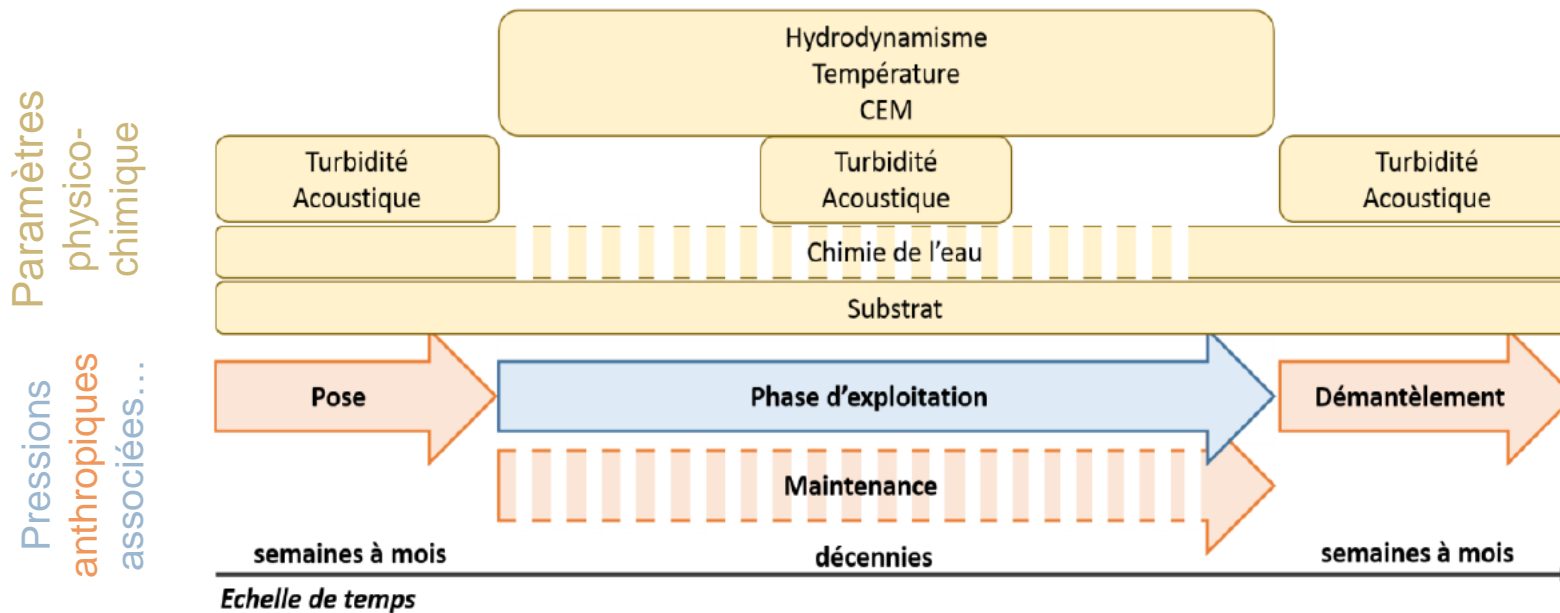
→ Synthèse bibliographique réalisée par l'IFREMER, financé par RTE

→ Il s'agit d'une actualisation d'un premier état de l'art réalisé en 2011 (déjà à la demande de RTE)

→ Elle représente en tout l'exploitation d'un corpus bibliographique de **40 rapports, 86 articles scientifiques** parus entre 1982 et 2019, **6 livres** ou chapitres, **2 thèses, 1 avis officiel émis par l'Ifremer** et du contenu d'un site internet (<https://tethys.pnnl.gov>.)

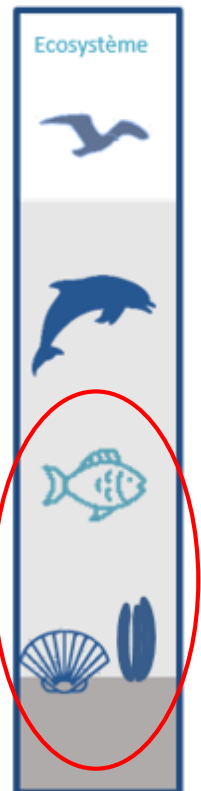
→ **Outil solide permettant d'orienter les programmes de recherches**

**\*L'effet** : **variation** spatio-temporelle d'un **paramètre physico-chimique** donné (substrat, température, turbidité, chimie de l'eau, etc...) par une ou plusieurs **pressions anthropiques**. Dans l'espace, l'effet peut être localisé ou étendu ; dans le temps, il peut être ponctuel ou durable. L'effet est dit **significatif** lorsque la gamme de mesures observée pendant la perturbation est statistiquement **différente de la gamme de variabilité naturelle**.

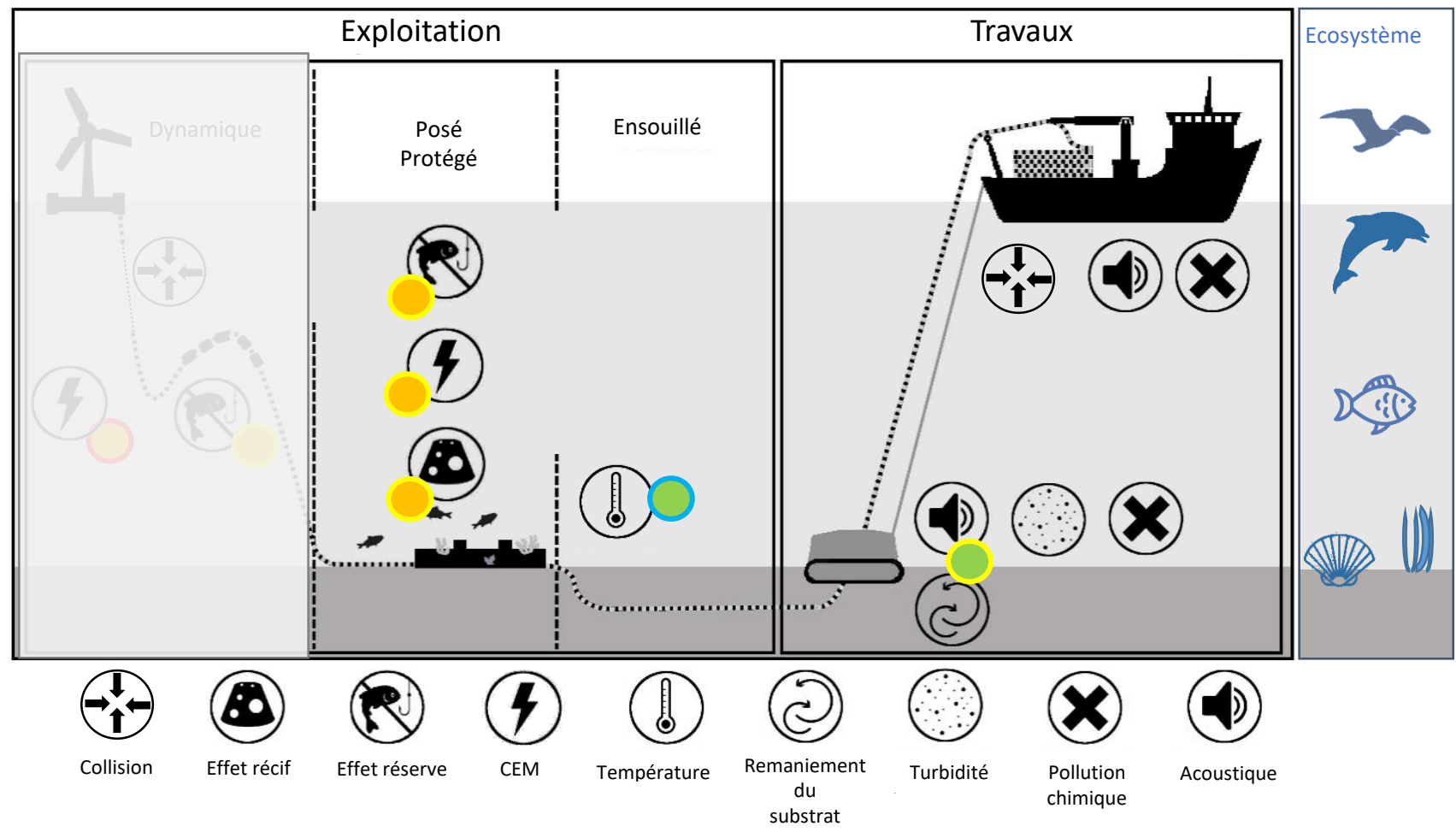


**\*L'impact** : **conséquences** (positives ou négatives) d'un **effet** sur un **récepteur de l'écosystème** (espèce ou groupe d'espèces, habitat...).

Dans la synthèse publiée par l'IFREMER, l'impact est qualifié de manière qualitative, selon quatre niveaux :  
**négligeable** < **faible**  
 < **moyen** < **fort**.



# 2 – Les effets d'un projet de raccordement



## IFREMER 2019 Bilan des connaissances

- Impact faible, incertitude faible
- Impact faible, incertitude moyenne
- Impact moyen, incertitude moyenne**
- Impact moyen, incertitude forte**



Besoin de compréhension des mécanismes écologiques en présence de câbles électriques sous-marins  
 → Orienter les programmes de R&D

Diagramme des effets engendrés par les différents types d'immersion de câbles sous-marins pendant les phases de travaux (pose/démantèlement) et d'exploitation (adapté de Taormina et al 2018).



# Synthèse Ifremer « impacts potentiels LSM 2019 »

	PHASE CONCERNEE	RECEPTEURS DE L'ECOSYSTEME IMPACTES									Ensemble de l'écosystème concerné	
		Benthos			Poissons			Poissons migrateurs + élasmobranches				
		E	P	D	E	P	D	E	P	D		
PARAMETRES AFFECTES	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	3	2
	Restrictions d'usage	Expl.	2	2	2	1	1	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	?	1	2	3	
Degré d'incertitude:				1	2	3

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

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

Carlier, A., Vogel, C., Alemany, J. 2019. Synthèse des connaissances sur les impacts des câbles électriques sous-marins : phases de travaux et d'exploitation. Rapport IFREMER. 99 pp. + Annexes. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00508/61975/>



# DUNES

2019-2022 (en cours)

[DUNES \(france-energies-marines.org\)](http://france-energies-marines.org)



## Objectif de recherche

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

## 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.

## Nos partenaires







# OASICE

2017 – 2023

Mesurer l'impact de travaux en mer et en particulier la pose de câbles électriques sur **la qualité de l'eau et le milieu benthique** à l'aide d'un bio-indicateur : la coquille Saint-Jacques (CSJ).

## La méthodologie

- Le projet est déployé sur deux sites d'étude en Baie-de-Seine : raccordement du parc du Calvados et l'interconnexion IFA2
- Il repose sur des analyse physique, chimique et éthologique des animaux :
  - Lecture et interprétation des stries journalières de croissance
  - Analyse de traceurs élémentaires et isotopiques des coquilles
  - Valvométrie et suivi acoustique

Le projet se déroule sur 3 phases selon la méthodologie BACI (Before/After/Control/Impact) : état initial / suivi des phases chantier / suivi des phases exploitation

## Les 1<sup>ers</sup> résultats

- L'utilisation de la coquille Saint-Jacques comme outil de suivi de l'impact d'un ouvrage industriel tel qu'un câble sous-marin est validé.
- **Le suivi lors du chantier d'IFA2 a permis de mettre en évidence une réponse des animaux (physique et comportementale suivi d'un rapide retour à l'état initial.**
- Ces résultats seront consolidés suite au suivi de la phase chantier du raccordement du parc du Calvados en 2022 (en cours).

## Nos partenaires





# FISH OWF

*En cours de lancement – 3 ans*

## Objectif de recherche

Développer une approche de suivi à long terme des peuplements de poissons capable de détecter les effets des parcs éoliens offshore posés et flottants

## La méthodologie

- Acquisition des connaissances nécessaires
- Recommandations sur les stratégies méthodologiques les plus efficaces pour un suivi par télémétrie acoustique
- Recommandations sur le développement d'une approche méthodologique combinée innovante permettant une meilleure évaluation des effets des parcs éoliens en mer sur les peuplements de poissons

## Nos partenaires





# CEM FISH

2021-2023 (en cours)

Etudier les effets des champs électromagnétiques sur différentes espèces de poissons sur une période de temps longue (12 semaines).

## 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 et analyse du comportement en bassin (études des effets sur le stress)

## Les premiers résultats

- Pas de résultats clairs et cohérent entre les différentes expérimentations
- Quelques résultats significatifs occasionnels difficiles à interpréter
- Résultats cohérents avec la bibliographie montrant qu'il n'y a pas d'effets sur les lousps

## Nos partenaires





# CEM FISH

2021-2023 (en cours)

1<sup>er</sup> résultats sur *Dicentrarchus labrax*

Facteurs analysés	LTE 1 (AC)	LTE 3 (AC – traitements inversés)	LTE 2 (DC)
Mortalité	500µT & 10µT : meilleure survie 100µT : plus forte mortalité	500µT : la survie semble meilleure	Pas de différence
Croissance (longueur et poids)	500µT & 10µT : meilleure croissance	Pas de différence entre les traitements	Pas de différences claires
Stress ponctuel	500 & 10 : Ralentissement des OBR à l'allumage (seulement semaine 6)	Pas d'effet de l'allumage sur les OBR 500µT : poissons situés plus en haut du bac (seulement semaine 6)	Pas d'effet de l'allumage sur les OBR, mais changement dans le positionnement dans la colonne d'eau
Stress chronique	100µT : « moins bon » rétablissement à l'arrêt des CEM Tendance générale à l'habituation face aux CEM quelque soit le traitement	Il ne semble pas y avoir d'effet quelque soit le traitement	Les OBR sont différents entre les bassins, et restent plus haut pour le traitement 100µT au cours du temps

- faible significativité de la majorité des tests statistiques
- positionnement des traitements dans les salles ne semblent pas être responsable des résultats.
- Résultats cohérents avec la bibliographie montrant qu'il n'y a pas d'effets sur les loups



# GIS ECUME

## Groupement d'intérêt Scientifique des Effets Cumulés en Mer

2020 - 2026 (en cours)

### Objectif de recherche

Améliorer la connaissance des impacts cumulés des activités humaines dans les environnements côtiers (exploitation de granulats marins, énergies marines renouvelables [câbles], dragages et dépôt de dragages portuaires, activités de pêche notamment aux arts traînants).

### La méthodologie

- Etudes prioritaires sur la dynamique hydro-sédimentaire, le bruit sous-marin, les communautés benthiques et ressources halieutiques, l'effet récif et l'acceptabilité sociétale des activités humaines en mer.
- Recherches de financement pour porter les projets scientifiques

### Nos partenaires





# CHAIRE MARITIME

2019 - 2023 (en cours)

## Objectif de recherche

Etudier les dynamiques des activités humaines en mer et la planification de l'espace maritime, proposer des outils opérationnels et accompagner la concertation autour des projets maritimes.

## La méthodologie

- Identifier les données spatiales existantes et des lacunes concernant les activités humaines en mer et produire des méthodes d'acquisition et de représentation de ces données.
- Identifier ou développer des méthodes de concertation adaptées à la planification spatiale maritime.
- Identifier ou développer des méthodes d'évaluation d'impacts socio-économiques des activités humaines en mer.

## Nos partenaires





# SPECIES

2017 – 2020

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

## La méthodologie

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

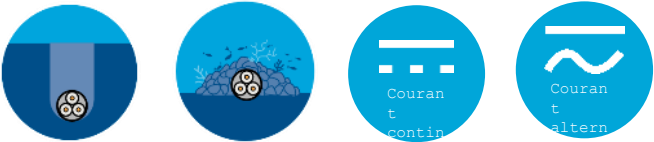
## Les résultats

- **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.

## Nos partenaires





# SPECIES

2017 – 2020



[Lien vers le CR final FEM](#)



Le programme reposait sur le postulat que :

- **Hypothèse n°1 : La présence d'un câble de raccordement électrique sous-marin peut entraîner la variation - significative, ou non - de certains paramètres environnementaux :**



**La température** : Lors du passage d'un courant électrique dans un câble, une partie de l'énergie est transformée en énergie thermique par effet Joule.



**Les champs électromagnétiques (CEM)** : Les câbles émettent un champ magnétique (CM) qui, par effet d'induction dans les éléments électriquement conducteurs adjacents (courants marins, poissons, ...), est susceptible de produire un champ électrique (CE) de très faible amplitude. L'intensité du CM décroît rapidement avec la distance au câble.

- **Hypothèse n°2 : Par sa présence physique, un câble non-ensouillé peut entraîner des modifications de l'habitat naturel environnant :**



**La colonisation du substrat** : L'immersion d'une structure anthropique (câble et protections externes : matelas en béton, enrochement, coque en fonte) fournit un nouveau substrat dur qui, dans le temps, est soumis à la colonisation d'organismes fixés ou mobiles : on parle d'effet « récif ».



**L'effet réserve** : Lorsqu'un câble ne peut être ensouillé ou totalement protégé, toute activité entraînant un risque de croche sur ce dernier (pêche aux arts trainants, mouillage, etc...) peut faire l'objet de restriction d'usage. Cette restriction peut avoir un effet écologique, tendant vers une amélioration du milieu. C'est ce que l'on appelle l'effet « réserve ».





[Lien vers le CR final FEM](#)

# SPECIES

Méthodologie & Résultats

## La température

**Câble de connexion Jersey-Cotentin**  
**Puissance :** 50 MW (Normandie 1) – 90 MW (Normandie 2) – 100 MW (Normandie 3)  
**Tension :** 90 kV (Normandie 1-2-3)  
**Type :** Courant Alternatif  
**Description :** L'alimentation de Jersey en électricité est opérée par 3 câbles. Le plus récent, Normandie 3, est installé au sud et est ensouillé, au contraire de Normandie 1 et 2 localisés plus au nord et espacés l'un de l'autre par 500 m, simplement posés sur le fond marin sans système de protection associé.

**Câble du site d'essai éolien SEM-REV**  
**Puissance :** 8 MVA  
**Tension :** 20 kV  
**Type :** Courant Alternatif  
**Date d'installation :** 2012  
**Description :** Un câble de 23 km relie un système de raccordement en mer (hub de connexion) au poste de livraison à terre. Ce câble est ensouillé sur tout son trajet à environ 1,5 m sous les sédiments, sauf à l'aplomb d'une tête rocheuse au nord-ouest du plateau du Four. Il est alors protégé par 60 matelas de protection en béton (installés en 2013) sur une longueur de 350m.

**Câble du site d'essais hydrolien du Fromveur**  
**Puissance :** 500 kW (maximum)  
**Tension :** 7,5kV  
**Type :** Courant Alternatif  
**Date d'installation :** 2015  
**Description :** Le démonstrateur hydrolien est relié à l'Île d'Ouessant par un câble non-ensouillé d'une longueur de 2 km. Ce câble est nu à l'exception d'un tronçon de 200 m qui est protégé par des coques en fonte. Une première mise sous tension a eu lieu entre mi-octobre et fin décembre 2018 de manière continue puis de façon ponctuelle jusqu'en avril 2019.

## Méthodologie *in situ*

Les mesures de température à la surface de câble électrique non ensouillés en fonctionnement et des mesures témoins ont été réalisés par des sondes autonomes fixées sur les sites **Jersey-Cotentin**, du **SEM-REV** et du **Fromveur**.



Mesures de la température (a : Paimpol-Bréhat, b : SEM-REV, c et d : Jersey-Cotentin)

## Résultats *in situ*

Dans le cas de câbles non ensouillés du site du **Fromveur**, du **SEM-REV** et de **Jersey**, **aucune différence de température n'a été mesurée entre le milieu ambiant et la surface des câbles**. Il semble donc que l'impact écologique lié à la température des câbles posés sur le fond en période de fonctionnement soit **négligeable**.

La température n'a pas pu être mesurée sur la portion ensouillée du câble de raccordement du site du **SEM-REV**. Il n'a, par conséquent, pas été possible de caractériser l'échauffement potentiel autour d'un câble ensouillé à 1,5 m sous le fond marin.

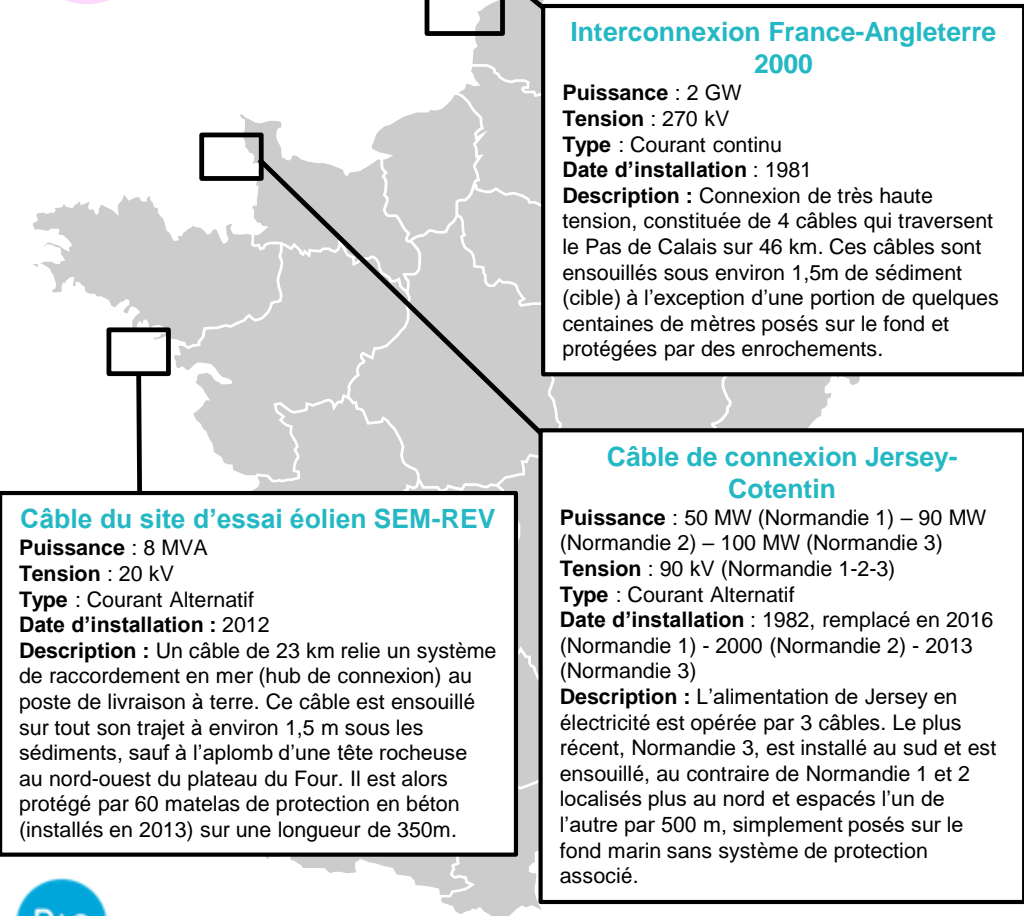




[Lien vers le CR final FEM](#)

# SPECIES

Méthodologie & Résultats

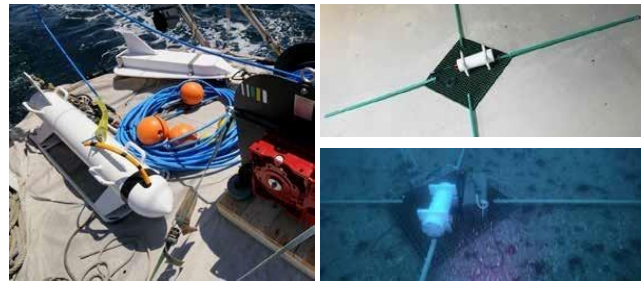


**Interconnexion France-Angleterre 2000**  
**Puissance :** 2 GW  
**Tension :** 270 kV  
**Type :** Courant continu  
**Date d'installation :** 1981  
**Description :** Connexion de très haute tension, constituée de 4 câbles qui traversent le Pas de Calais sur 46 km. Ces câbles sont ensouillés sous environ 1,5m de sédiment (cible) à l'exception d'une portion de quelques centaines de mètres posés sur le fond et protégées par des enrochements.

**Câble de connexion Jersey-Cotentin**  
**Puissance :** 50 MW (Normandie 1) – 90 MW (Normandie 2) – 100 MW (Normandie 3)  
**Tension :** 90 kV (Normandie 1-2-3)  
**Type :** Courant Alternatif  
**Date d'installation :** 1982, remplacé en 2016 (Normandie 1) - 2000 (Normandie 2) - 2013 (Normandie 3)  
**Description :** L'alimentation de Jersey en électricité est opérée par 3 câbles. Le plus récent, Normandie 3, est installé au sud et est ensouillé, au contraire de Normandie 1 et 2 localisés plus au nord et espacés l'un de l'autre par 500 m, simplement posés sur le fond marin sans système de protection associé.

**Câble du site d'essai éolien SEM-REV**  
**Puissance :** 8 MVA  
**Tension :** 20 kV  
**Type :** Courant Alternatif  
**Date d'installation :** 2012  
**Description :** Un câble de 23 km relie un système de raccordement en mer (hub de connexion) au poste de livraison à terre. Ce câble est ensouillé sur tout son trajet à environ 1,5 m sous les sédiments, sauf à l'aplomb d'une tête rocheuse au nord-ouest du plateau du Four. Il est alors protégé par 60 matelas de protection en béton (installés en 2013) sur une longueur de 350m.

## Méthodologie *in situ*



Mesures des CEM  
(droite : mobile, gauche : fixe)

Des outils (tractés et fixes) ont permis d'évaluer très convenablement les signaux électromagnétiques émis pendant les différentes phases de fonctionnement des câbles.

## Résultats *in situ* !

Les mesures tractées sur les sites d'**IFA2000 (CC)** ont montré un champ magnétique de quelques centaines de nanoTeslas (nT) à une distance de 10m du câble. Des CM du même ordre de grandeur ont été mesurés pour **Jersey (CA)**.

Les mesures fixes sur le site de **Jersey** révèlent également des variations de **de quelques nT à 4m du câble**, suivant les variations de la puissance du courant dans le câble pendant toute la durée de la mesure. Des résultats comparables ont été observés sur le site du **SEM-REV**, avec une saturation à **6 nT pendant la phase de production électrique maximale**.

\* Le champ magnétique terrestre varie de 30µT à 60µT (microTesla) selon la localisation sur la terre.





# SPECIES

Méthodologie & Résultats



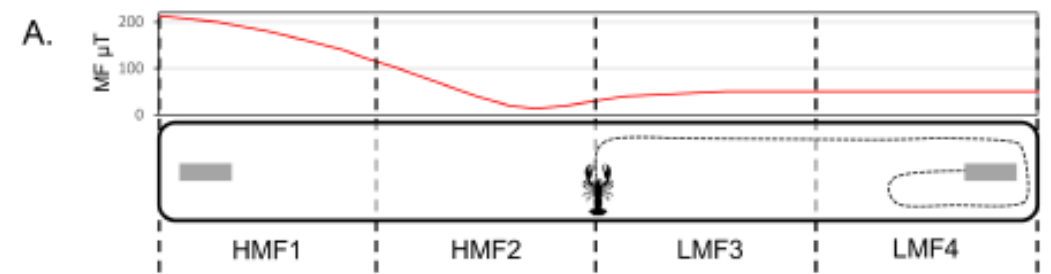
[Lien vers le CR final FEM](#)



## Méthodologie *in vitro*

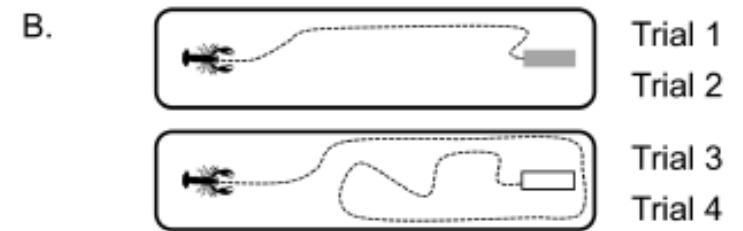
Des expérimentations complémentaires en **laboratoire** ont été menées afin **d'étudier l'impact de CEM (artificiels) sur des organismes benthiques**. Pour cela, des homards ont été soumis à un dispositif *in vitro* (bobines de Helmholtz) permettant de recréer artificiellement des zones de CEM, en courant continu et alternatif, de façon durable ou séquentielle.

A. Un test de choix d'abri afin de mettre en évidence des phénomènes d'attraction, de répulsion ou d'indifférence à deux types de champs magnétiques artificiels



Un corridor (125 x 14 x 7 cm) avec un abri à chaque extrémité a été utilisé. 4 zones différentes ont été identifiées selon les intensités de champs magnétiques (HMF1 et 2 : fort champ magnétique 1 et 2, LMF3 et 4: faible champ magnétique 3 et 4). Le gradient de champs magnétiques des traitements en courant alternatif ou continu est représenté au-dessus.

B. Un test portant sur leur comportement d'exploration et leur capacité à trouver un abri après une exposition d'une semaine à des champs magnétiques artificiels.

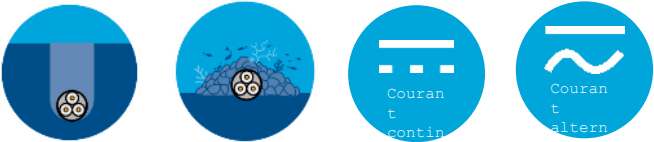


Un corridor (66 x 14 x 7 cm) a été utilisé avec un abri positionné à une des deux extrémités. 4 essais consécutifs ont été effectués : les deux premiers avec un abri gris et les deux derniers avec un abri blanc.

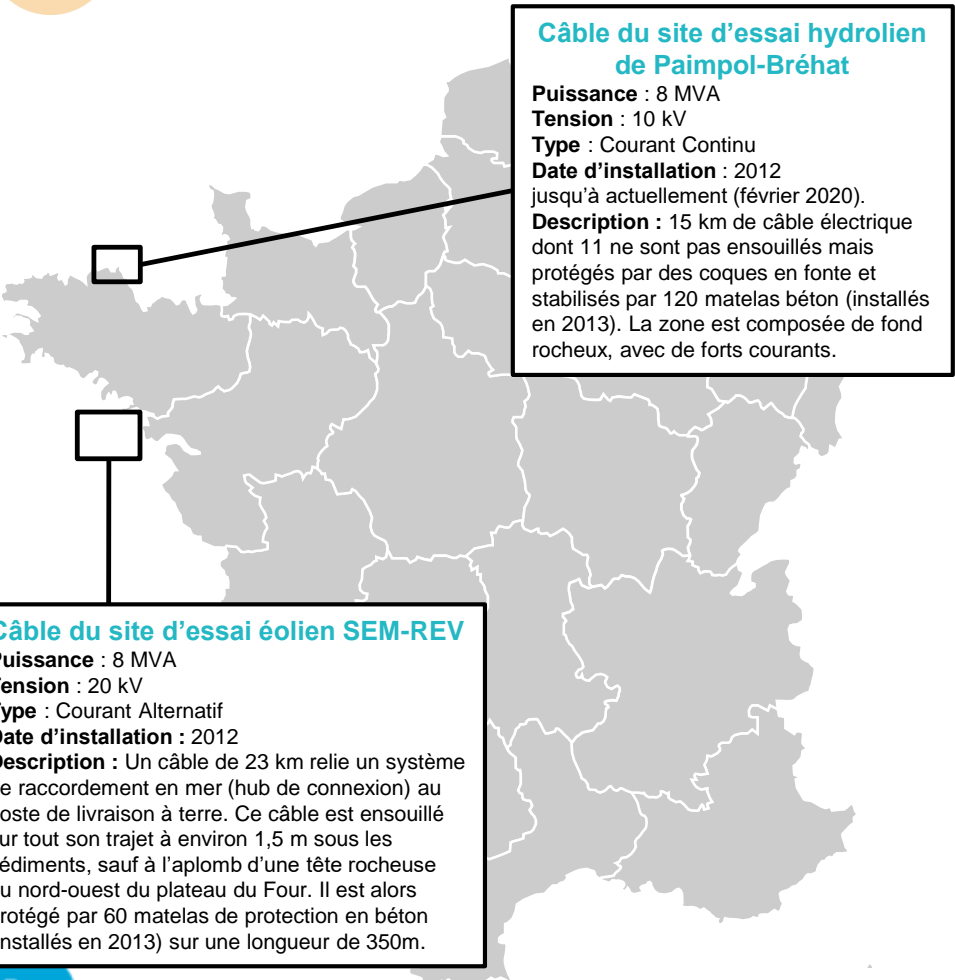
## Résultats *in vitro* !

Les résultats concernant le Homard européen ne font pas part de différences comportementales (ni attraction ni répulsion ni altération de la capacité à trouver un abri) significatives entre les différentes conditions d'expositions aux CEM testées en laboratoire (gradient d'intensité du CEM, courant continu, courant alternatif, témoin ...).





## La colonisation du substrat



# SPECIES

Méthodologie

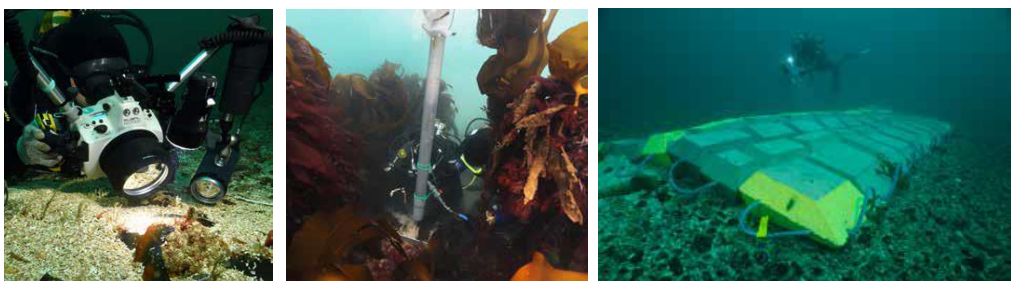


[Lien vers le CR final FEM](#)

## Méthodologie

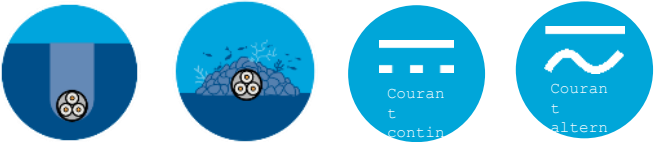
Le suivi des communautés benthiques consistait en un inventaire opéré selon des protocoles **destructifs** (prélèvement direct des organismes sur site puis une analyse en laboratoire) **et/ou non-destructifs** (listing visuels des taxons directement *in situ* ou en utilisant des techniques d'imagerie sous-marine). Dans ce cadre, ont été réalisé :

- Un suivi de **l'épifaune** et de la **mégafaune** benthique associées au structure de protection du câble de **Paimpol-Bréhat** : 45 matelas bétons et des coques de protection en fonte ont été suivis pendant 5 ans.
- Un suivi de la **mégafaune benthique** au niveau du raccordement de l'éolienne flottante installée sur le site du **SEM-REV**.
- Un suivi des **communautés des substrats rocheux au voisinage du câble** du site **SEM-REV**, et d'une zone témoin afin de mettre en évidence l'influence du câble sous tension sur leur composition.



Suivi du benthos, de gauche à droite : Imagerie sous marine, suceuse, observation visuel d'un matelas de béton par un plongeur





## La colonisation du substrat



Câble du site d'essai éolien SEM-REV

Le suivi de la **mégafaune benthique** a montré une **colonisation différentielle** dépendant de la **nature du substrat** :

- Les **trous** et cavités proposés par le hub sont **largement colonisés par les congrès et les homards** (de façon similaire à ce qui est observé sous les matelas de béton du site de Paimpol-Bréhat),
- **l'ombilical** (majoritairement recouverte de sable par les courants et la houle) ne proposait aucun habitat potentiel.
- En outre, les communautés à proximité associées aux fonds sableux ne sont pas influencées par les nouveaux habitats que sont le hub et l'ombilical.



Principales espèces de mégafaune mobile trouvant refuge dans les cavités des matelas de béton.

De gauche à droite : Un homard (*Homarus gammarus*) d

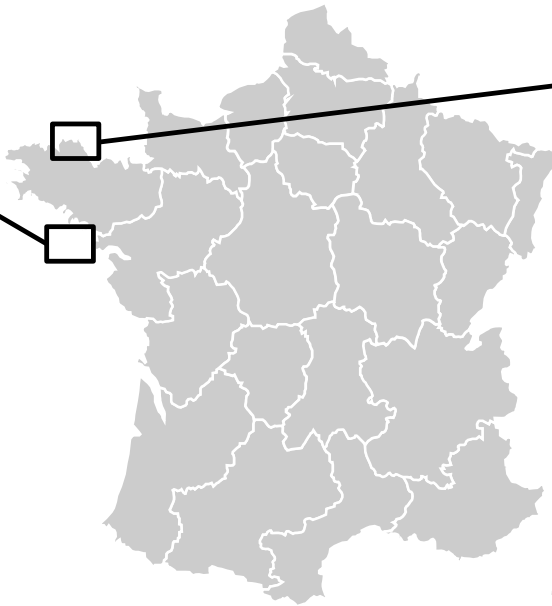
ans un « trou », un « crabe dormeur » (*Cancer pagurus*) dans une « grotte », *Trisopterus spp.* dans une « grotte », un crabe (*Cancer conger*) dans un « trou »

# SPECIES

Résultats



[Lien vers le CR final FEM](#)

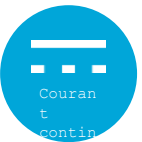


Câble du site d'essai hydrolien de Paimpol-Bréhat

1. La colonisation par l'épifaune benthique sessile (fixée) sur le site de **Paimpol-Bréhat**, protégés (i) soit par une coque en fonte, (ii) soit un matelas de béton mettent en évidence une **bio colonisation similaire les 4 premières années** suivant l'installation, qui tend à différer par la suite. **L'équilibre écologique (« climax ») n'est pas atteint pour les deux types de protections à la fin du suivi**, cependant celles-ci abritent déjà des assemblages écologiques complexes qui pourront entraîner une augmentation locale de la diversité.

2. La colonisation par la mégafaune benthique (**homard, tourteau, congre, vieille, tacaud**) au niveau des **matelas de béton** a montré que la colonisation se fait très rapidement après l'installation du câble, et dépend du nombre et de la nature des abris, dépendant eux-mêmes du design de la structure et de son interaction avec la topographie du milieu. **Cette étude a montré que les matelas de béton offrent un habitat approprié et durable pour les cinq taxons de poissons et crustacés suivis.**



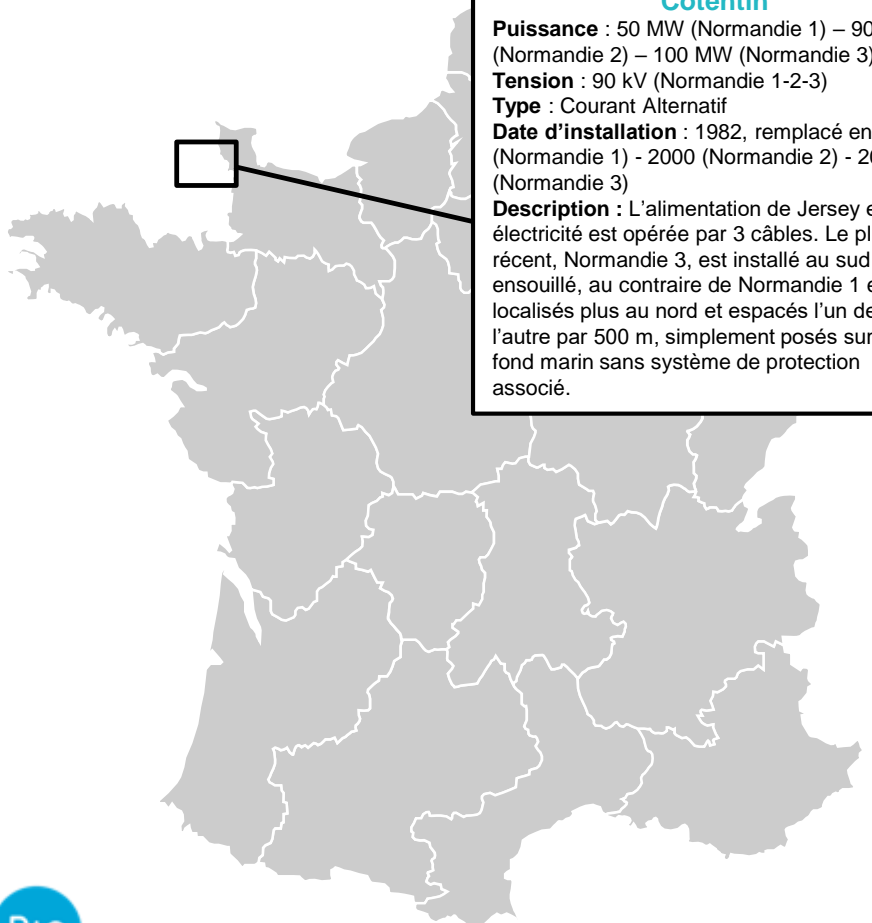


Courant  
contin

Courant  
altern



## L'effet réserve



### Câble de connexion Jersey-Cotentin

**Puissance** : 50 MW (Normandie 1) – 90 MW (Normandie 2) – 100 MW (Normandie 3)

**Tension** : 90 kV (Normandie 1-2-3)

**Type** : Courant Alternatif

**Date d'installation** : 1982, remplacé en 2016 (Normandie 1) - 2000 (Normandie 2) - 2013 (Normandie 3)

**Description** : L'alimentation de Jersey en électricité est opérée par 3 câbles. Le plus récent, Normandie 3, est installé au sud et est ensouillé, au contraire de Normandie 1 et 2 localisés plus au nord et espacés l'un de l'autre par 500 m, simplement posés sur le fond marin sans système de protection associé.

# SPECIES

Méthodologie



[Lien vers le CR final FEM](#)

## Méthodologie

Le site de **Jersey-Cotentin** - où la pêche aux arts trainants est interdite depuis les années 80 sur un corridor de 60 km<sup>2</sup> - a été choisi pour mener cette étude *in situ*. La faune enfouie à l'intérieur du substrat (appelée endofaune) y a été échantillonnée côté français en octobre 2017 et côté anglais en mars 2018. La diversité taxonomique et fonctionnelle des prélèvements a été interprétée en tenant compte du gradient d'éloignement à la zone de restriction, ainsi que de l'effort de pêche.

## Résultats



Du côté anglais, aucune différence entre l'intérieur et l'extérieur de la zone d'exclusion n'a été observée, ce qui peut s'expliquer par une faible pression de pêche globale dans la zone, même hors interdiction. En revanche, du côté français, les assemblages situés à **l'intérieur de la zone d'exclusion étaient légèrement plus diversifiés d'un point de vue taxonomique** et dans une moindre mesure d'un point de vue fonctionnel, **ce qui tend à suggérer un léger mais réel effet « réserve ».**



# Développement EMR - raccordement & trait de côte

Etat des connaissances scientifiques et recommandations



## Experts scientifiques

Adrien CARTIER - Hydrodynamique sédimentaire cotière (Geodunes)

Anne DUPERRET - Géomorphologie littorale (Université le Havre Normandie)

Thierry GARLAN - Dynamique sédimentaire et modélisation (Shom)

Mohamed MAANAN - Approche socio-écosystémique des littoraux (Université de Nantes)

Mouncef SEDRATI - Géomorphologie littoral (Université Bretagne Sud)

## Coordination, synthèse et rédaction

Sybill HENRY - France Energies Marines

<https://www.france-energies-marines.org/wp-content/uploads/2022/10/COME3T-bulletin-6-trait-de-cote-FR-BD.pdf>



*Problématique jugée comme  
« à enjeux intermédiaire au regard des connaissances théoriques actuelles »  
par les experts*

# Développement EMR - raccordement & trait de côte

Etat des connaissances scientifiques et recommandations



- Distinguer les effets propres aux EMR de ceux exercés par les grands forçages environnementaux est un défi pour la communauté scientifique
- Extrapolation d'un site et projet à l'autre impossible
- Dire d'experts à partir de retours d'expérience européens

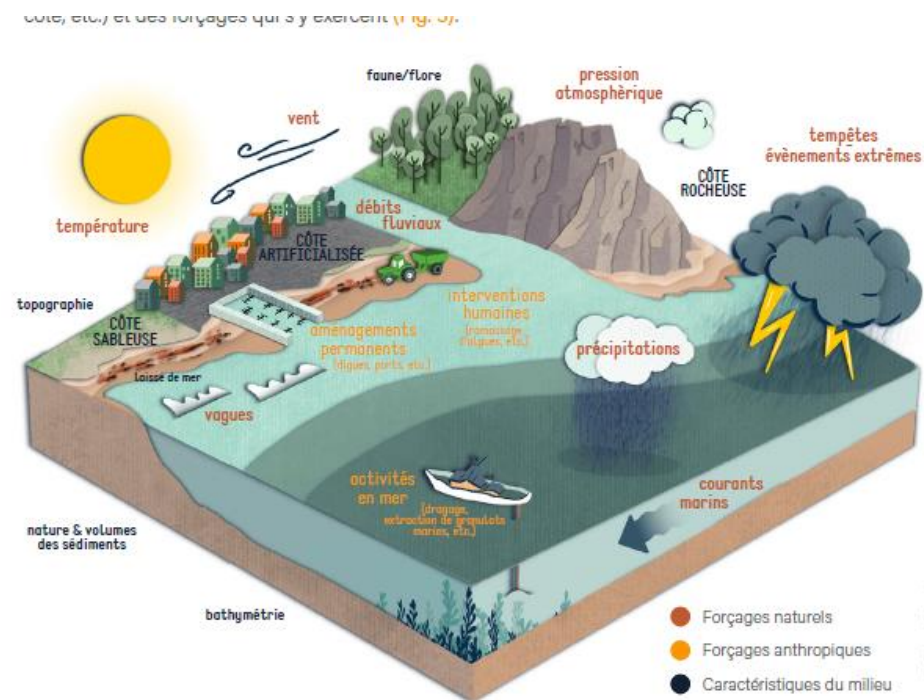


Fig. 5 : Schéma des principaux forçages (naturels et anthropiques) régissant la dynamique du trait de côte





# Développement EMR - raccordement & trait de côte

Etat des connaissances scientifiques et recommandations



- Parcs éoliens : impact sur l'hydrodynamisme et la dynamique sédimentaire locale

#### [4] Eolien posé

Énergies	Distance à la côte	Effets potentiels	Conséquences	Impacts
Vent offshore	12 à 35 km	Modification des houles, de la dynamique sédimentaire, des courants et de la turbulence en surface	Dépend de la distance à la côte, de la localisation du parc par rapport aux cellules hydro-sédimentaires côtières et du type d'infrastructures (mo-	Impacts négatifs peu probables

#### [5] Eolien flottant

Énergies	Distance à la côte	Effets potentiels	Conséquences	Impacts
Vent offshore	20 à 50 km	Remise en suspension des sédiments et envasement ; Modification des houles, de la dynamique sédimentaire, des courants et de la turbulence en surface	Dépend de la distance à la côte et de la localisation du parc par rapport aux cellules hydro-sédimentaires côtières	Impacts négatifs peu probables

- Raccordement : impacts sur la dynamique du trait de côte seront probablement similaires aux perturbations générées par les travaux et autres aménagements littoraux existants

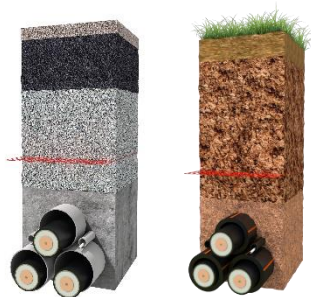
#### [6] Atterrage des câbles

Effets potentiels	Conséquences	Impacts
Remise en suspension des sédiments	Impacts ponctuels (en phase de travaux uniquement) et similaires aux impacts générés par les opérations de clapage ou d'aménagements du littoral	Impacts négatifs ponctuels et très probables

**Au regard des connaissances actuelles, les impacts du développement des EMR sur l'érosion du trait de côte sont jugés faibles et peu probables**, et dans tous les cas moins impactants que les aménagements côtiers existants construits aux abords immédiats de la côte, bloquant en partie le transit littoral (ouvrages portuaires, épis, digues etc.).

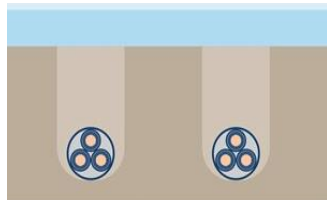
# Zoom sur les champs magnétiques

**Rappel : absence d'impact sanitaire des liaisons électriques haute tension**



**Les liaisons électriques souterraines et sous-marines :**

- n'émettent pas de champ électrique (écran métallique autour des câbles)
- émettent des champs magnétiques, dus au passage du courant, qui sont largement inférieures au champ magnétique terrestre (50 uT en France) et qui diminuent fortement avec la distance
- ces émissions sont faibles car les câbles sont enterrés (minimum 1m de profondeur à terre, voire davantage en mer si le sol le permet)



- **Impact moins connu en mer mais les connaissances progressent**
- **Absence d'impact significatif** sur la faune benthique et halieutique (cf. synthèse Ifremer et projets R&D RTE)
- **Ex projet SPECIES – FEM** : une expérimentation réalisée en laboratoire portant sur l'effet potentiel des champs électromagnétiques sur le juvénile de homard a démontré que le comportement de cette espèce n'était pas modifié à proximité de câbles électriques sous-marins
- **Nouveau projet CEM FISH pour étudier la sensibilité de plusieurs espèces marines amphihalines** (migration eau douce – marine) et les élasmobranches (raies, requins)