

**Maître d'ouvrage :
Éoliennes Offshore du Calvados**



**PROJET DE PARC ÉOLIEN
AU LARGE DE
COURSEULLES-SUR-MER**



Présentation du 20 juin 2013

Sommaire

- > Partie 1 : Présentation du projet
- > Partie 2 : Construction du parc éolien
- > Partie 3 : Maintenance, exploitation, démantèlement
- > Partie 4 : Métiers de la construction, de l'installation et de la maintenance. Qualifications et formations
- > Partie 5 : Bilan carbone du projet



Présentation du projet

Les acteurs du projet



un leader des énergies renouvelables dans le monde, filiale d'EDF



leader de l'éolien en mer, détenu à 80% par l'Etat danois



acteur majeur de l'éolien en mer, développe le projet depuis 2007

- > Partenaire pour la fourniture des éoliennes



un leader mondial dans le domaine des équipements industriels de production d'énergie

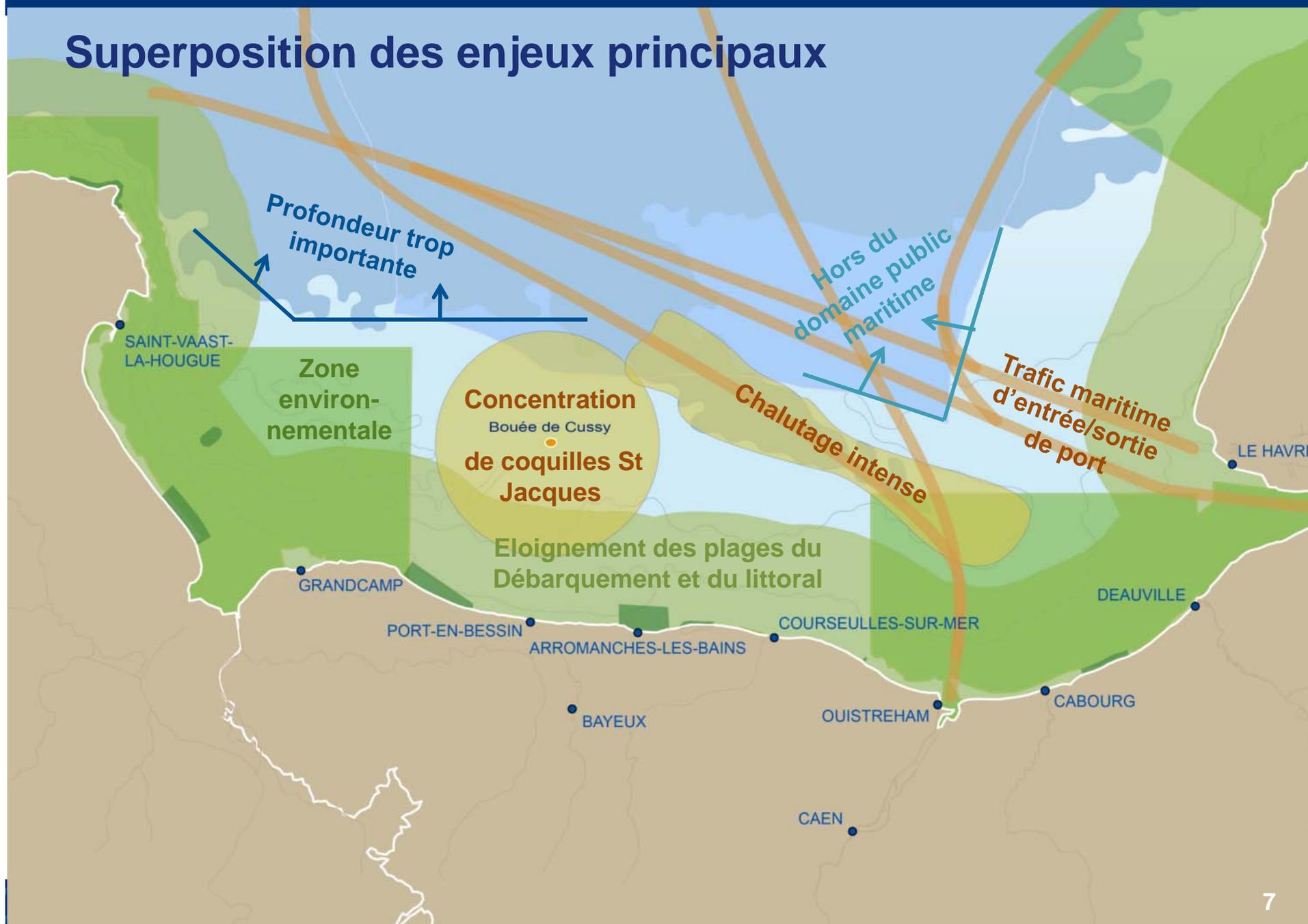
La sélection des zones de l'appel d'offres national sur l'éolien en mer

- > Un exercice de concertation et de planification a été mené en 2009 - 2010 par l'Etat sur les façades maritimes dont la façade Manche/mer du Nord
- > 5 zones ont été retenues à l'issue de ce processus : Le Tréport, Fécamp, Courseulles-sur-Mer, Saint-Brieuc et Saint-Nazaire
- > Juillet 2011 : lancement de l'appel d'offres de l'Etat de 3 000 mégawatts sur ces 5 zones ; les projets de Fécamp, Courseulles-sur-Mer, Saint-Brieuc, Saint-Nazaire ont été retenus en avril 2012

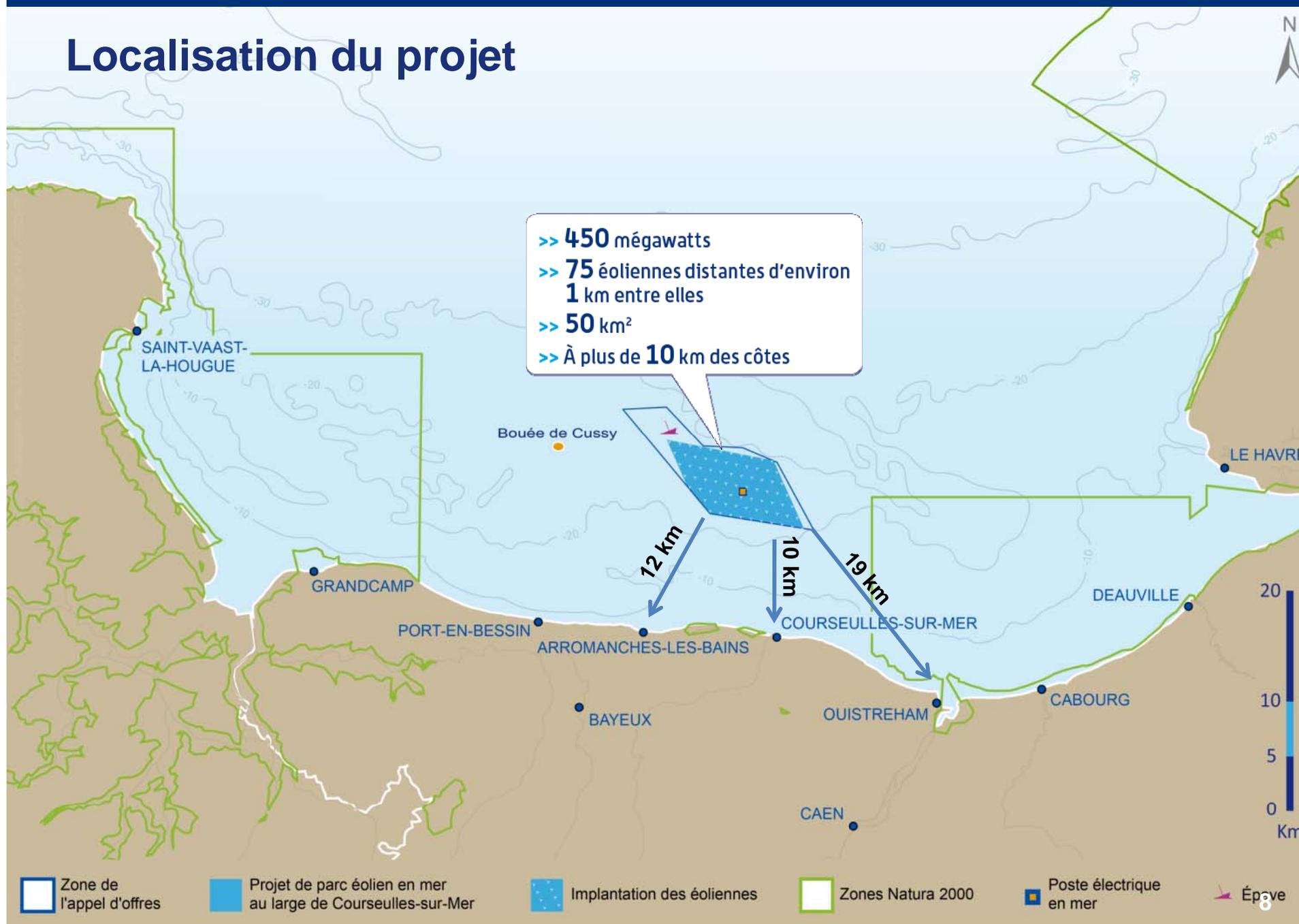
Une prise en compte fine des enjeux du territoire

- > **Limiter l'emprise sur l'horizon**, notamment depuis le site classé d'Arromanches
- > Se maintenir à **5 milles nautiques de la Bouée de Cussy** (gisement de coquilles St Jacques très important)
- > Se maintenir au sud de **l'épave** dite de « La Carcasse »
- > Privilégier un alignement des éoliennes et des câbles électriques dans **le sens du courant marin 100°**
- > Réduire la surface du parc à **50 km² (-35%)**

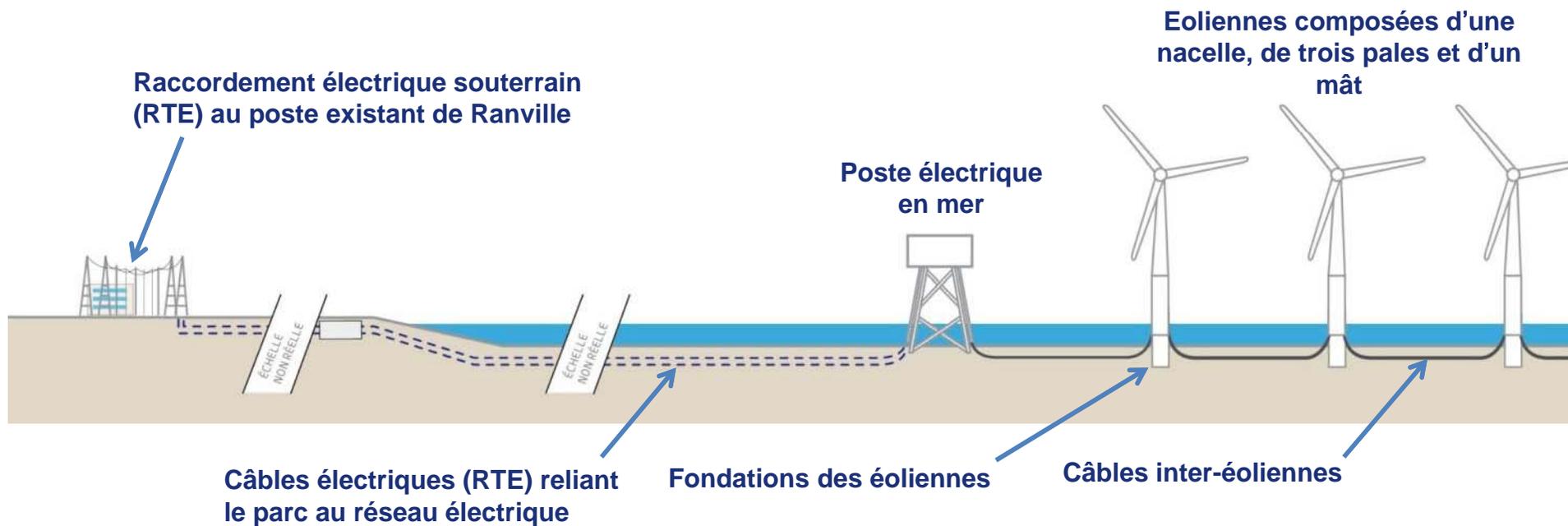
Superposition des enjeux principaux



Localisation du projet



Composantes du parc éolien en mer



L'éolienne Alstom Haliade 150

- Eolienne conçue pour l'éolien en mer

Puissance électrique unitaire

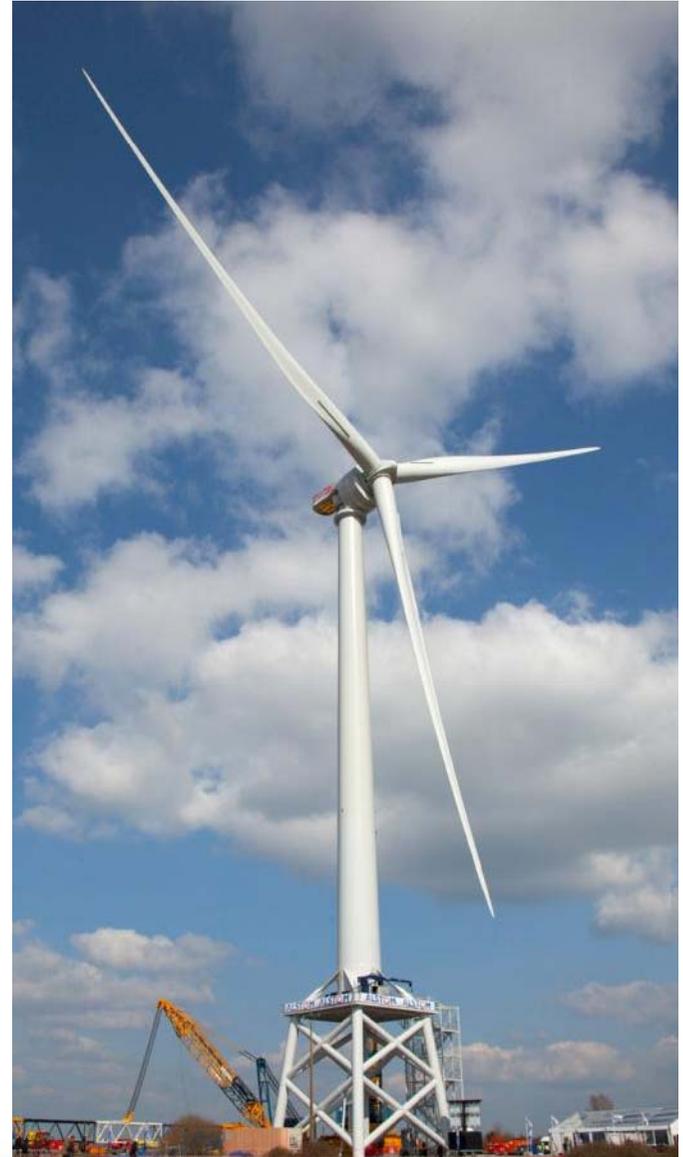
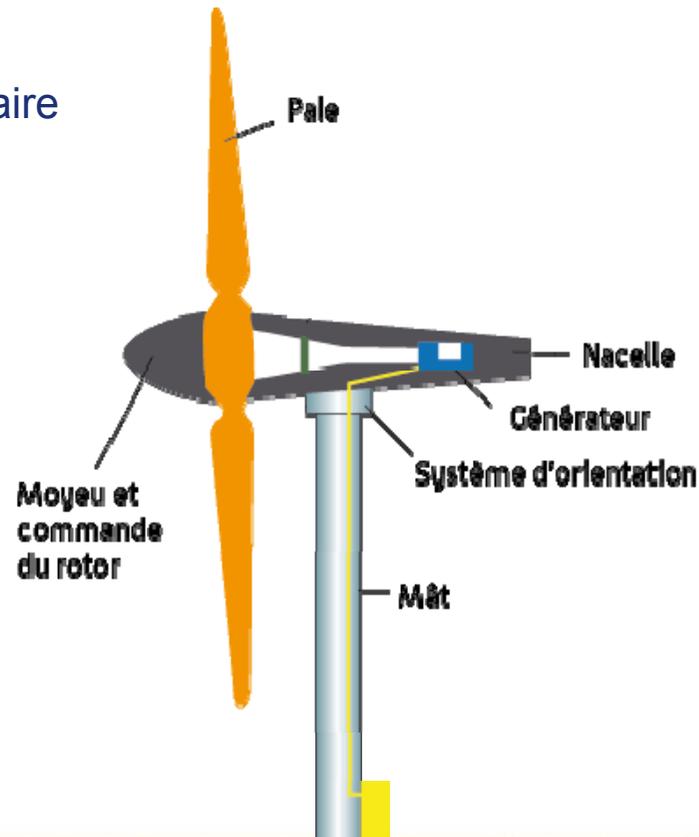
6 mégawatts

Hauteur de la nacelle

100 mètres

Longueur d'une pale

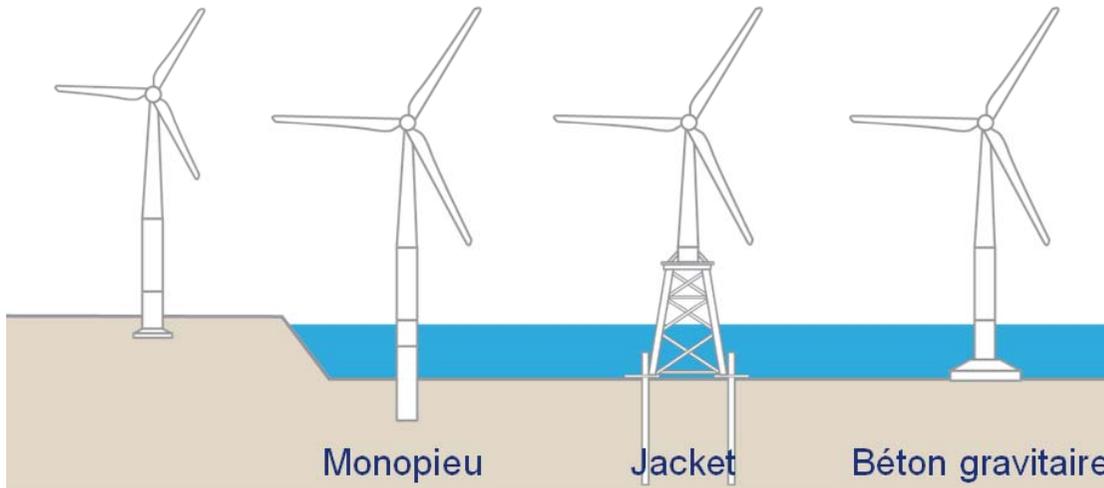
73,5 mètres



Les fondations des éoliennes

- > Premières études de sols menées en 2011
- > Fondation de type monopieu la plus adaptée
- > Études complémentaires pour en déterminer le dimensionnement exact

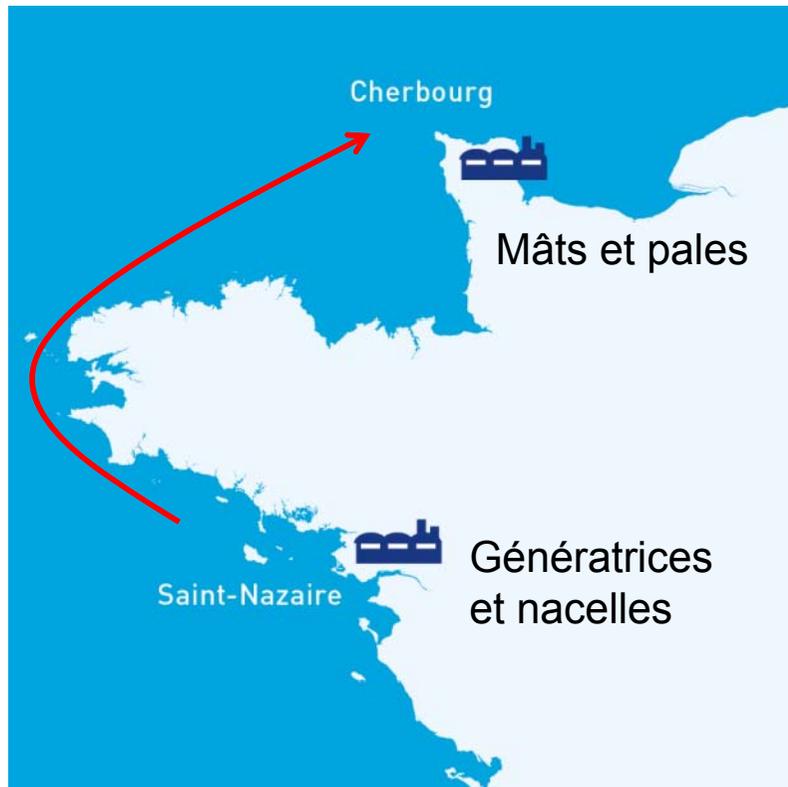
Eolienne terrestre



Eoliennes en mer



Fabrication de l'éolienne Alstom



- > **4 nouvelles usines**
 - **2 usines à Saint-Nazaire :** génératrices et nacelles
 - **2 usines à Cherbourg :** mâts et pales
- > **1 centre d'ingénierie**
- > Création de **1 000** emplois directs et **4 000** emplois indirects

La production d'électricité attendue

- > Au large, les vitesses moyennes de vent sont d'environ **30 km/h** (à **100 mètres** de haut)
- > Les éoliennes produisent **90 % du temps** (équivalent à **38 % du temps à pleine puissance**)
- > La production estimée est de **1 500 gigawattheures/an** soit la consommation annuelle moyenne en électricité de près de **630 000 habitants** (à titre d'exemple la population du Calvados est de 686 000 habitants)

Les éléments financiers du projet

- > **1,8 milliard d'euros** :
investissement du projet
- > **50 millions d'euros par an** : estimation
du coût de fonctionnement du parc

Les grandes étapes du projet



Merci de votre attention



Construction du parc éolien

Organisation du chantier de construction à Cherbourg et retour d'expérience danoise

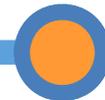
Déroulé d'un chantier éolien en mer



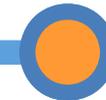
Etape 1 :
Installation de la
sous-station en mer



Etape 2 :
Installation des
fondations



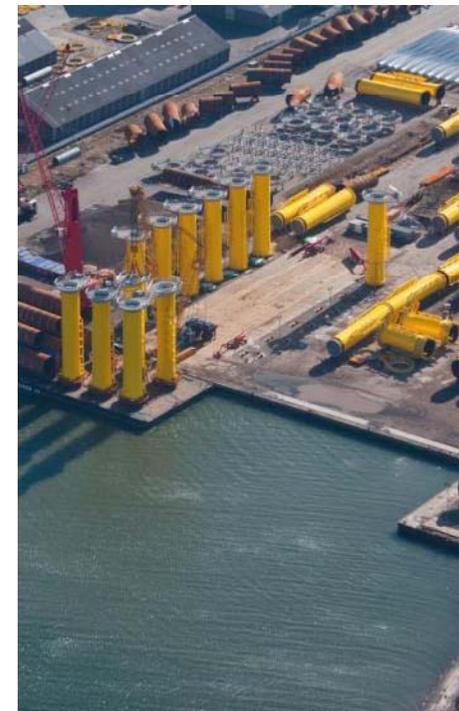
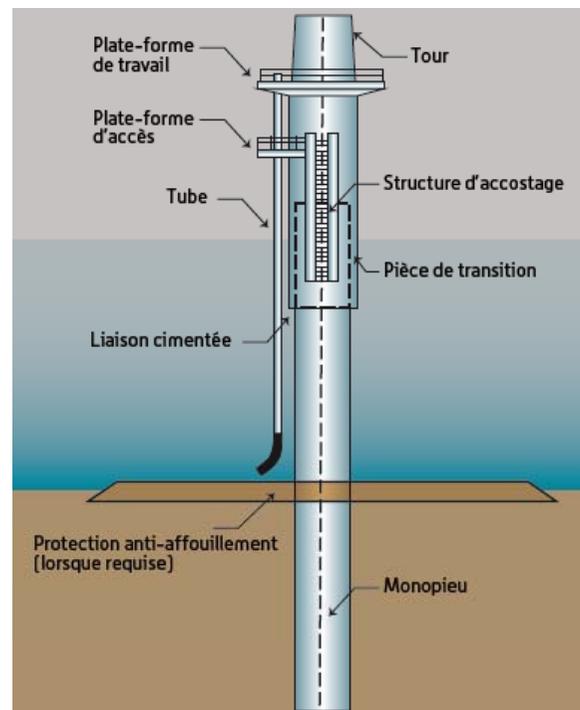
Etape 3 :
Installation des câbles
inter-éoliennes



Etape 4 :
Installation des
éoliennes et
raccordement

Assemblage des monopieux et des pièces de transition

- > Notre plan : réaliser les fondations à Cherbourg. Un appel d'offres sera lancé auprès des industriels à cet effet
- > Le chargement des fondations sur le navire d'installation se fera en deux étapes distinctes depuis Cherbourg, d'abord les monopieux puis les pièces de transition



Déchargement, assemblage et chargement des éoliennes

- > Le déchargement des composants venant des usines se fera depuis un navire de transport au quai de déchargement à Cherbourg
- > L'assemblage sera réalisé sur le terre-plein proche du quai des Flamands
- > Le chargement sera réalisé le long de ce quai sur un navire d'installation



Sécurité

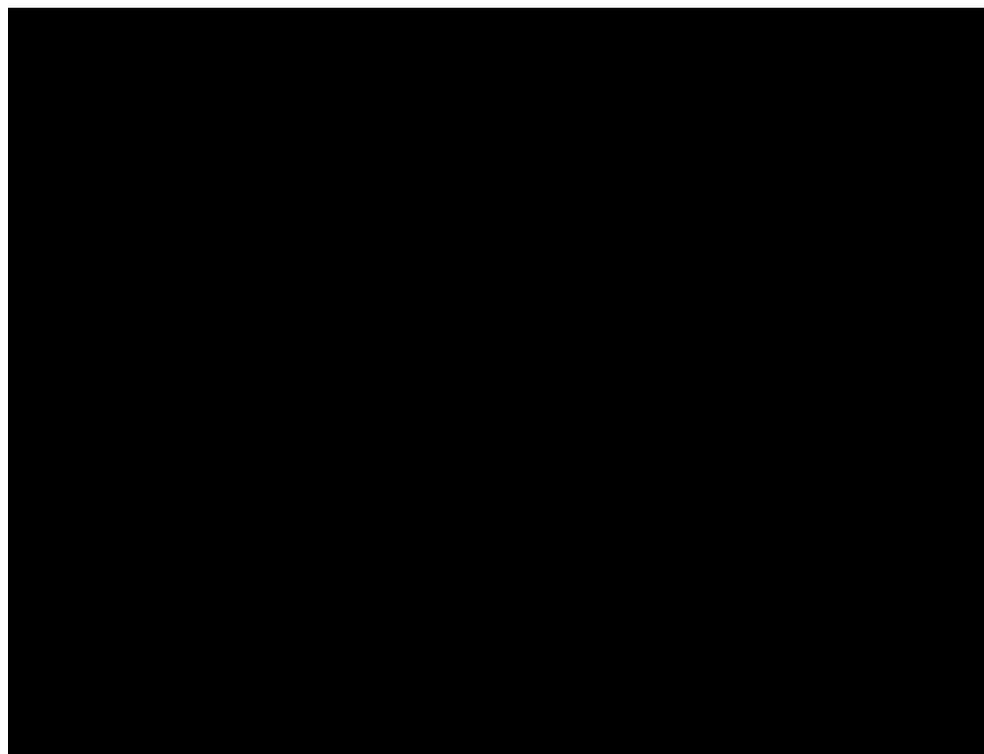
- > Milieu exigeant
 - > Conditions météorologiques (houle, vent, froid, hygrométrie...)
 - > Eloignement (secourisme, logistique) et mouvements de plate-forme (mal de mer)
 - > Transferts (transport à passagers et fret par navires ou hélicoptères)

- > Formations & habilitations
 - > Assurer la sécurité des personnes
 - > BOST (*Basic Offshore Safety Training*) + HUET (*Helicopter Underwater Escape Training*)
 - > Travail en hauteur et évacuation d'éolienne
 - > H0B0 (non électriciens)



Construction du parc d'Anholt au Danemark

- > Vidéo de la construction





Construction du parc éolien

Impacts de la phase chantier

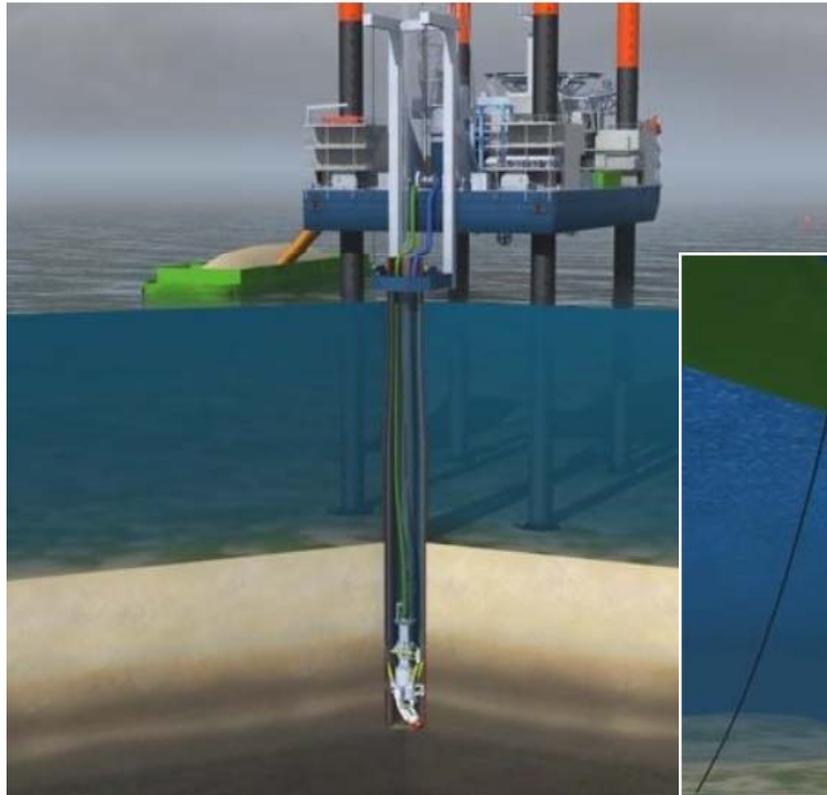
Les travaux

- Etudes géotechniques en cours pour affiner la connaissance du sous-sol
- Deux techniques envisageables : forage et/ou battage

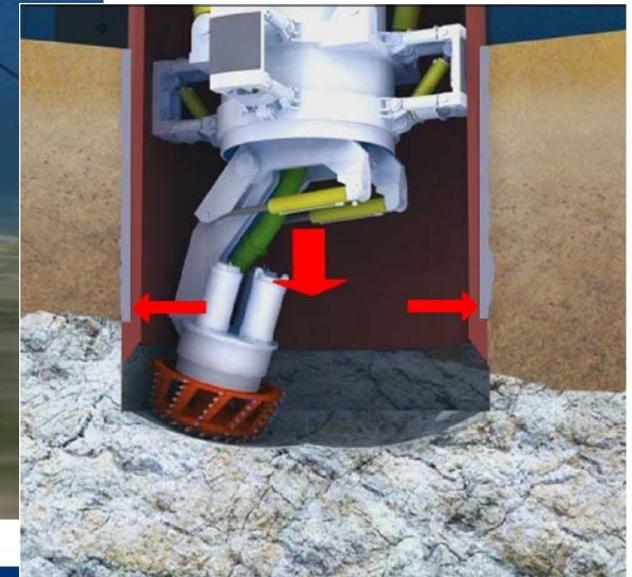


Forage en mer 6,8m de diamètre, chantier EDF

Forage réalisé à l'intérieur du monopieu



Récupération des roches et des sédiments dans le monopieu pendant le forage



Source : herrenknecht AG

Gestion des roches et des sédiments

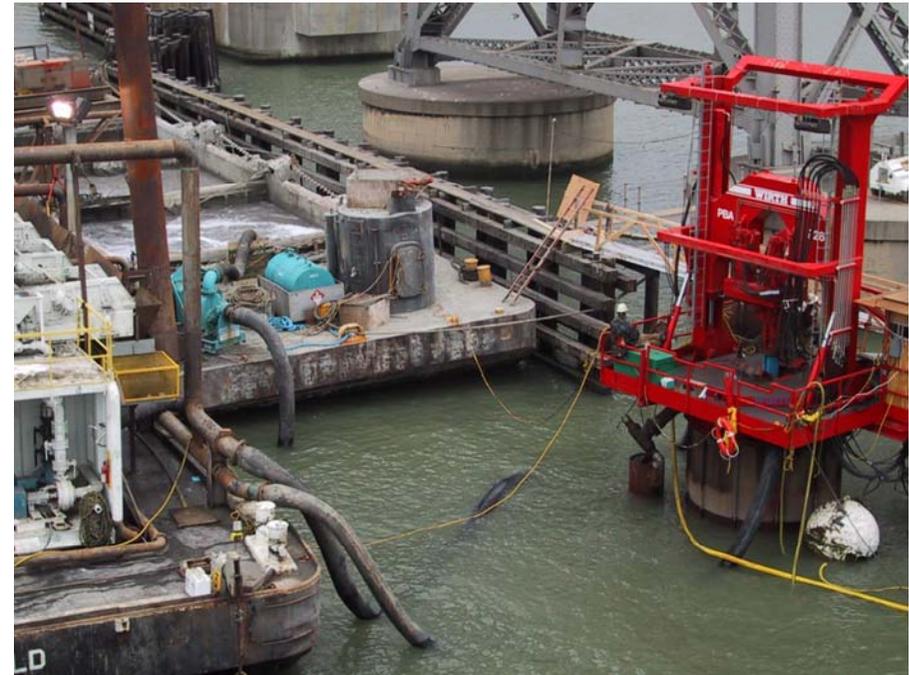
Les déblais de forage extraits du monopieu pourront être stockés sur une barge puis réintroduits dans le monopieu, ou, en fonction des contraintes techniques et environnementales, répartis autour des fondations

Chargements des roches sur une barge



Stockage temporaire

Pompage des sédiments sur une barge



Chantier D.C.C

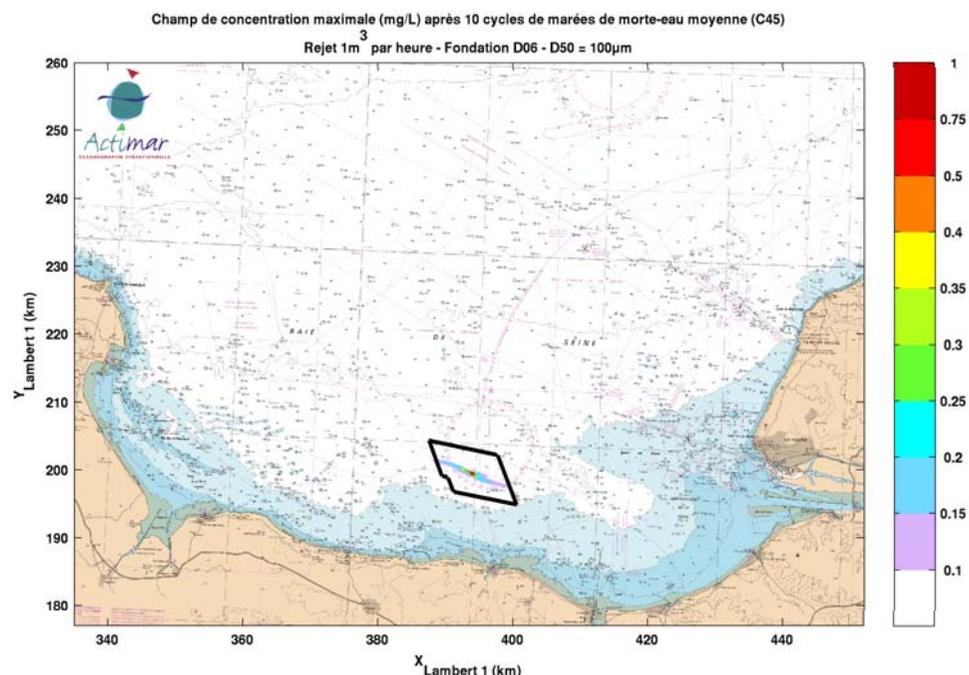
Modélisation du risque de rejet de particules fines / incidence sur la turbidité

Turbidités naturelles :

- 1 à 5 mg/L hors crues

Incidences travaux de l'ordre de :

- 0,1 à 0,5 mg/L localisé et transitoire



Actimar 2013 : Les **valeurs** modélisées sont **très faibles** : inférieures à 0.3 mg/l à l'intérieur du parc en vive-eau moyenne et inférieures à 0.2 mg/l en morte-eau moyenne, excepté localement au voisinage du forage....

Ces **valeurs** sont **non significatives comparées aux valeurs de turbidité naturelle** pouvant être rencontrées dans cette région soumise aux rejets de la Seine.

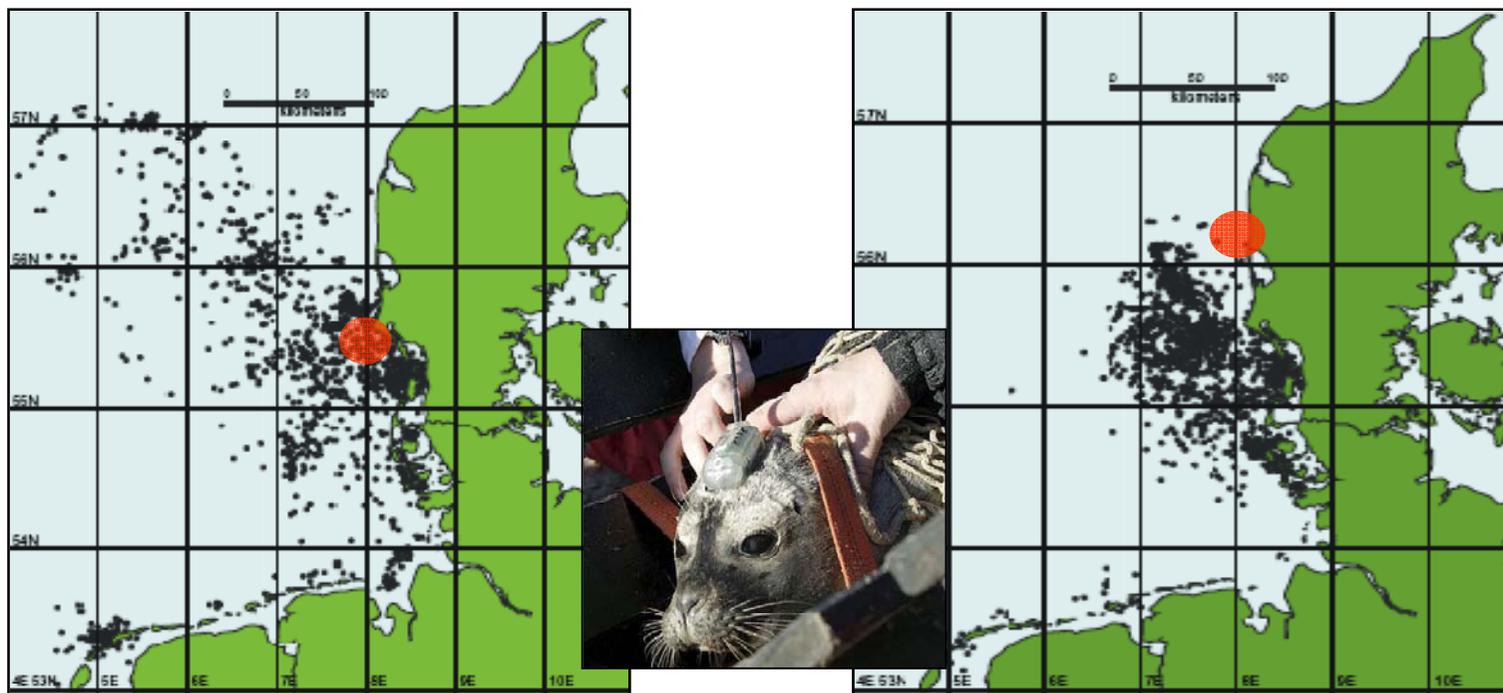
Le bruit du battage de pieux et les mammifères marins

Phase de construction

Eloignement des individus

Phase d'exploitation

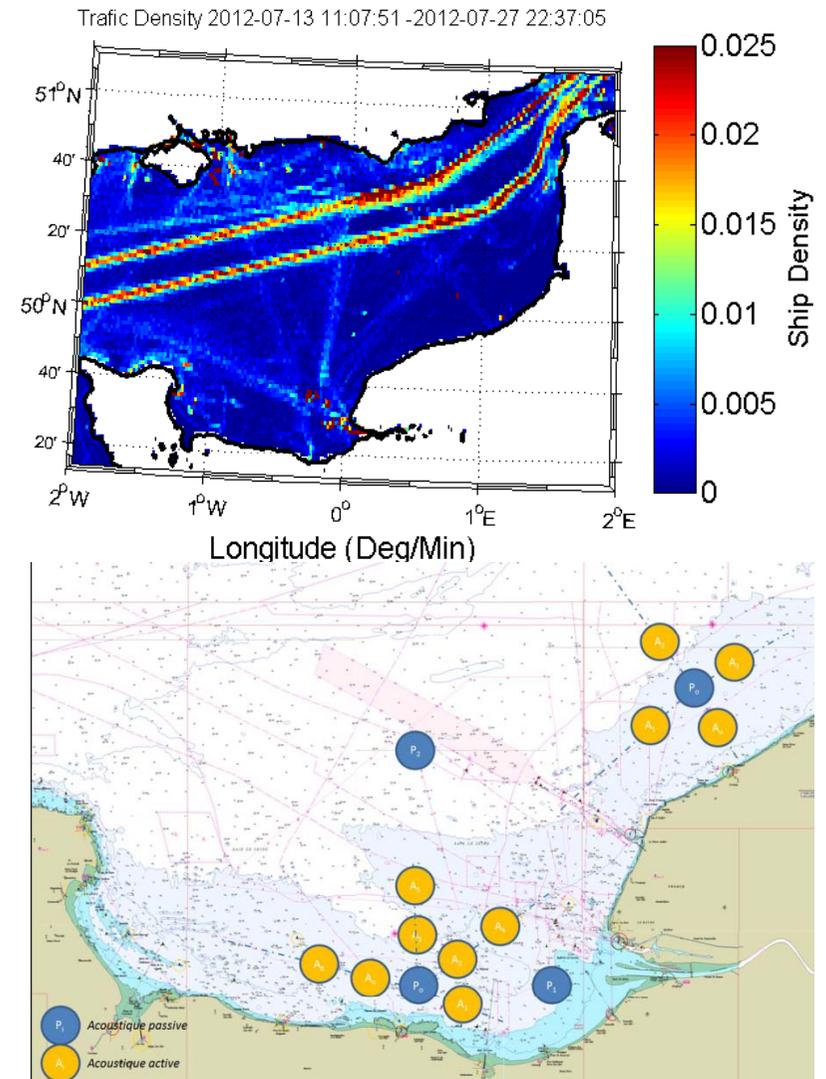
Retour des individus



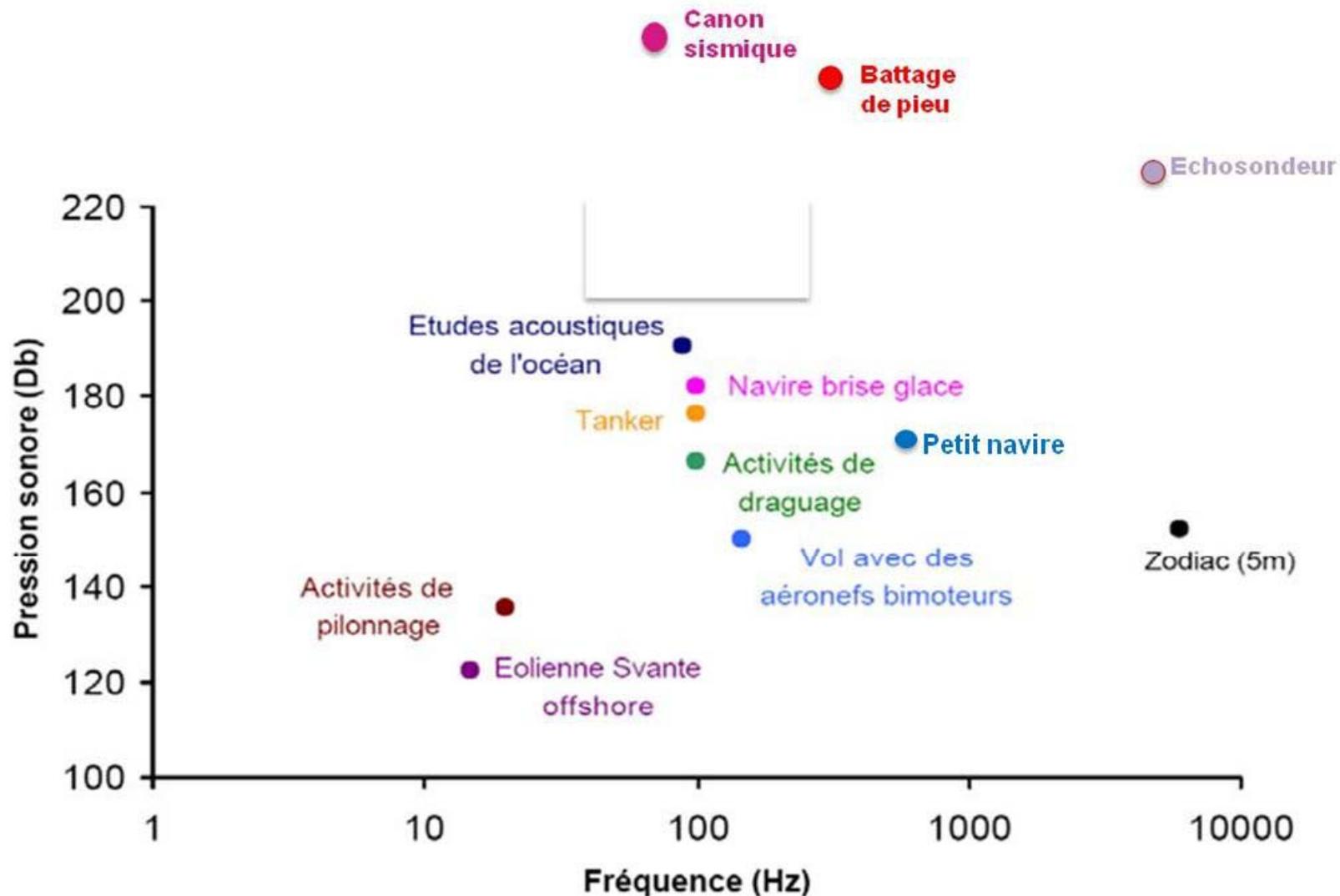
(1) Extrait du rapport annuel du suivi environnemental du parc d'Horns Rev -2005

Etude acoustique sous-marine

- > Mesures in-situ pour la caractérisation du bruit ambiant
- > Modélisations de la dispersion du bruit
- > Analyse des impacts sur les espèces sous-marines (mammifères marins, poissons)

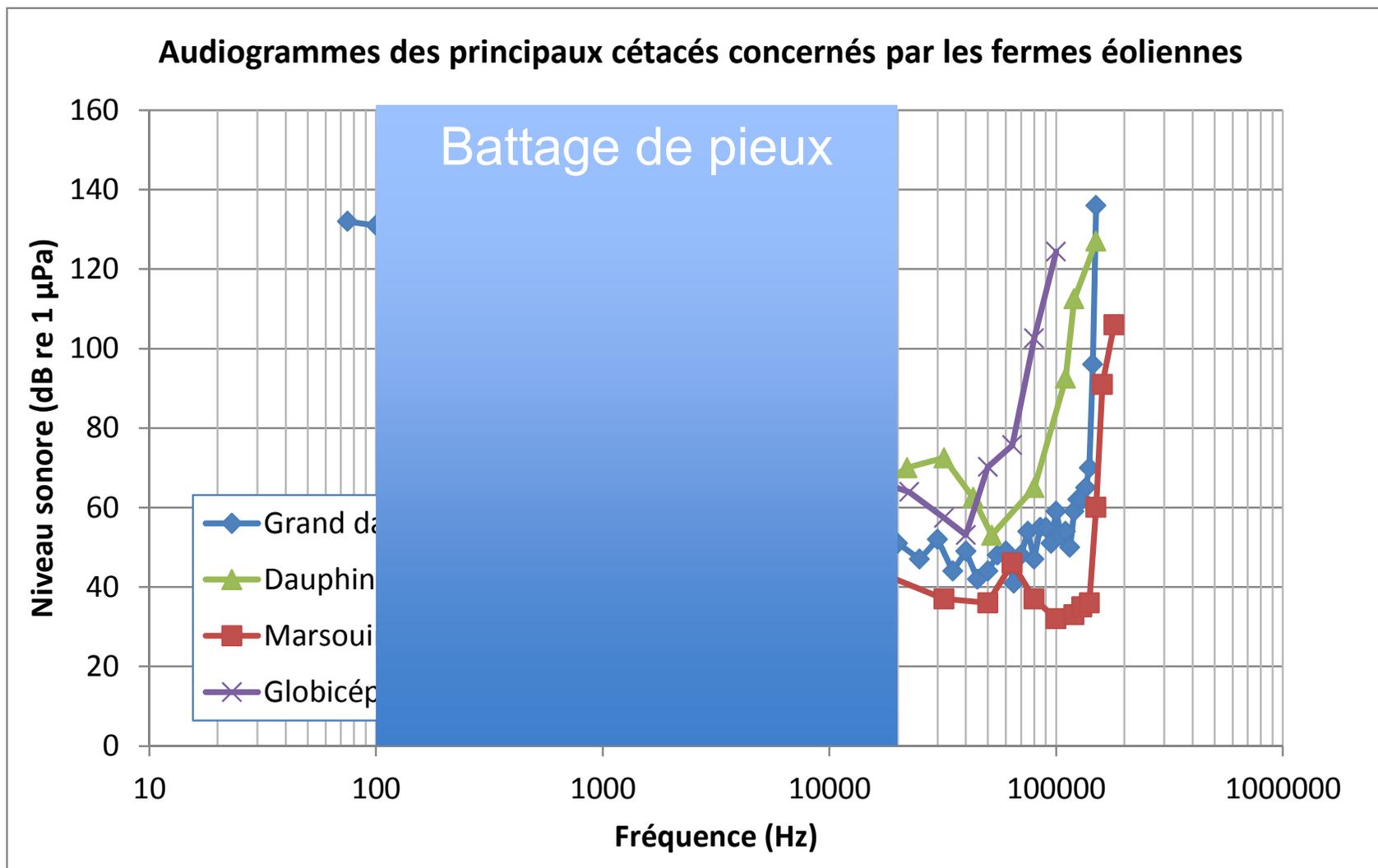


Les différentes sources de bruits en mer

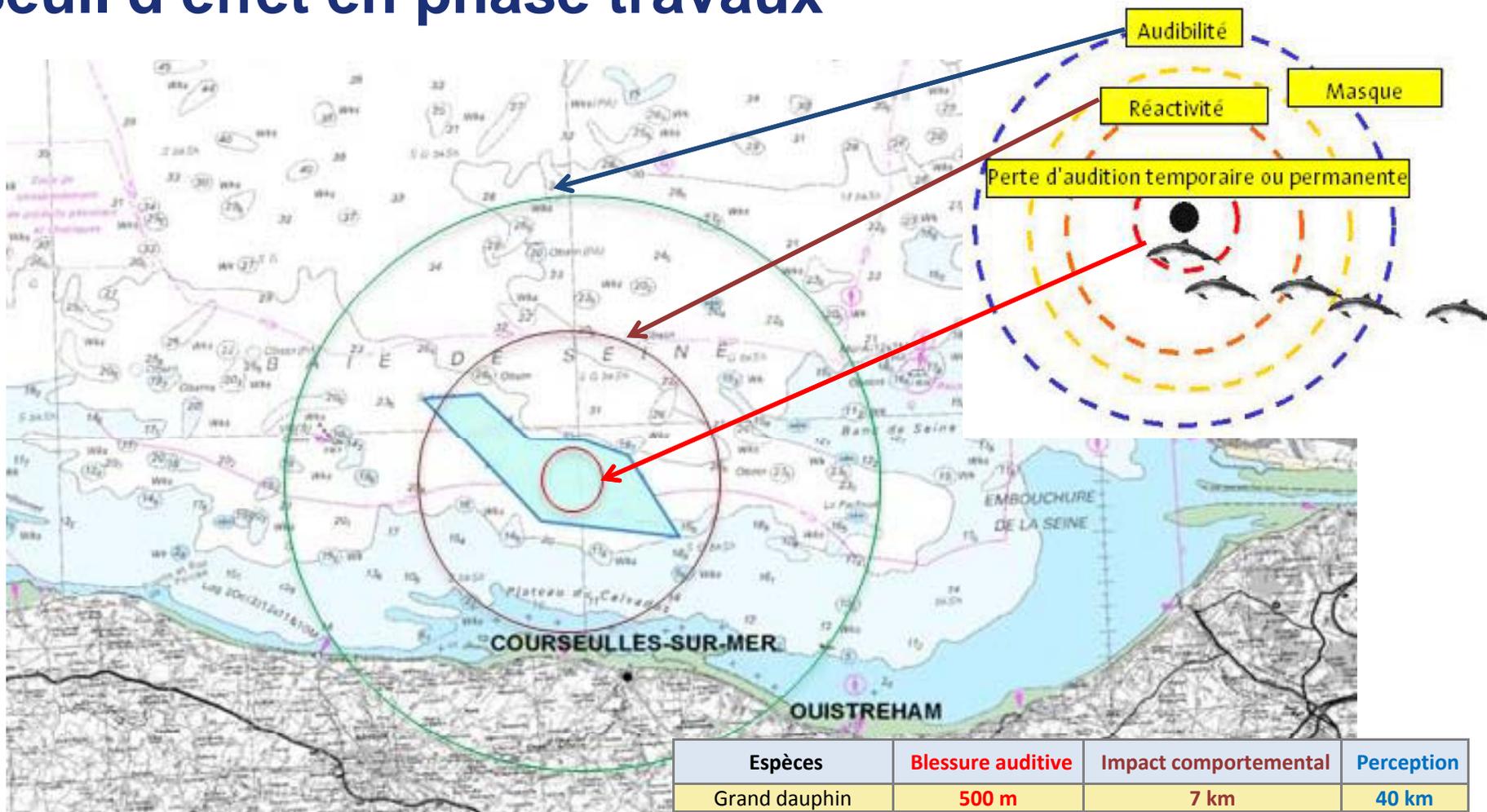


(Vella.2001 modif)

Audiogrammes des certains mammifères



Seuil d'effet en phase travaux



Espèces	Blessure auditive	Impact comportemental	Perception
Grand dauphin	500 m	7 km	40 km
Dauphin bleu et blanc	500 m	6 km	30 km
Marsouin	2 km	13 km	30 km
Phoque veau marin	350 m	9 km	100 km

(d'après Parvin et al., 2006)

Merci de votre attention



L'exploitation et la maintenance Le démantèlement

Sommaire

- > Retours d'expérience :
 - > maintenance des parcs éoliens en mer de Dong Energy
 - > centres de supervision des parcs éoliens terrestres EDF Energies Nouvelles

- > L'exploitation et la maintenance du parc éolien en mer au large de Courseulles-sur-Mer

- > Le démantèlement



Retours d'expérience : base de maintenance et centre d'exploitation

Retour d'expérience : parcs éoliens en mer

Dong Energy

- > Prise en compte permanente des aléas météo dans la préparation des interventions
- > Maintenance préventive des éoliennes et du poste électrique en mer essentiellement en été où les conditions d'intervention sont les meilleures
- > Période de formation du personnel en hiver avec intervention en mer pour les cas critiques seulement
- > Optimiser la maintenance lourde en intervenant sur plusieurs éoliennes (optimisation du coût du navire)



Bateau de maintenance Dong 1991



Bateau de maintenance Dong 2012

Retour d'expérience : Centres de supervision EDF Energies Nouvelles pour les parcs terrestres

Un pilotage permanent de la sécurité et des performances

- > Supervision de 8500 MW terrestres répartis sur 7 pays à partir de 2 centres de supervision en Europe (Béziers) et aux Etats Unis (San Diego)
- > *Pilotage à distance des éoliennes et du poste de raccordement au réseau*
- > *Suivi et analyses des performances*
- > *Gestion des accès sur les sites*
- > *Suivi des intervenants*
- > *Interfaces avec les gestionnaires de réseau*

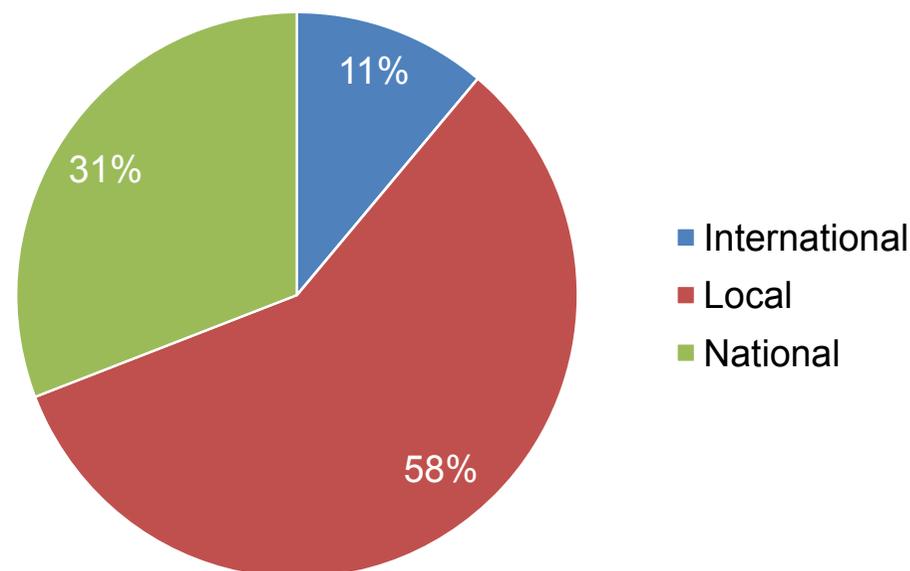


Retour d'expérience : Entreprises locales

L'activité d'exploitation et maintenance s'appuie sur des ressources locales

- > Politique fournisseurs
 - > *Volonté d'implication des fournisseurs locaux*
- > De nombreuses activités réalisées en interne mais aussi sous-traitées en fonction de :
 - > *Charge de travail*
 - > *Activités spécialisées (levage, plongée, ...)*

**Exploitation et maintenance
Parcs éoliens terrestre:
Répartition des fournisseurs**





L'exploitation et la maintenance du parc éolien au large de Courseulles-sur-Mer

Activités d'exploitation et de maintenance

> Sécurité

- Gestion des accès et localisation des intervenants
- Préparation et suivi des interventions

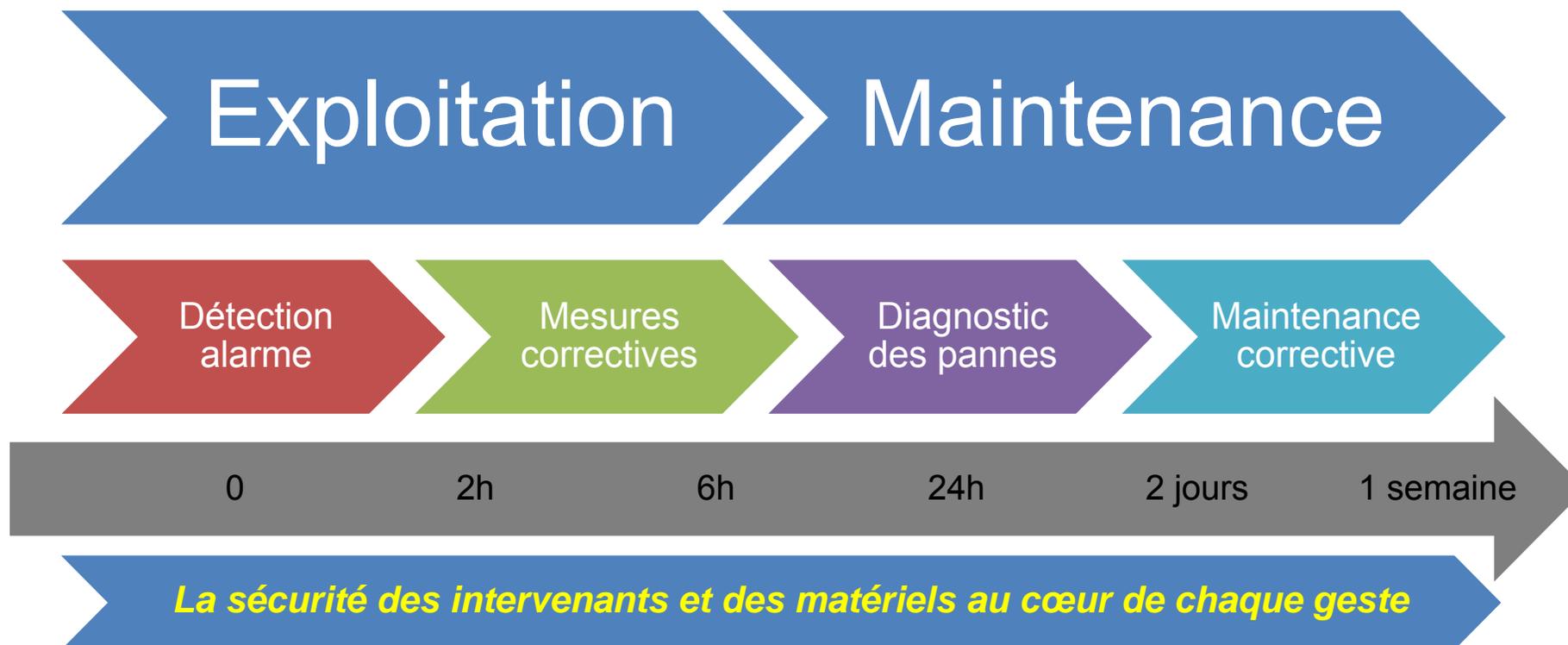
> Exploitation

- Supervision et contrôle du parc éolien à distance, 24h/24, 7j/7
- Réception et traitement des alarmes, diagnostic des incidents à distance et lancement des opérations de dépannage
- Suivi des performances

> Maintenance

- Programme de maintenance préventive
- Diagnostic des incidents sur site, surveillance des matériels
- Maintenance corrective (réparations, remplacements de composants, ...)
- Interventions 7j/7
- Gestion des pièces de rechange

Responsabilités temporelles



Organisation géographique

- > Un centre de supervision commun aux 3 projets
- > Des bases de maintenance localisées dans les ports proches
 - Amarrage des bateaux d'intervention
 - Regroupement des équipes de maintenance d'un site
 - Stockage de pièces légères
 - Stockage des outils et des équipements
 - Formation des techniciens



Base portuaire de Caen-Ouistreham

- > Pré-requis de la base de maintenance:
 - Proximité du parc éolien
 - Accès maritime 24h/24h
 - Capacité d'accueil des navires
 - Implantation de bâtiments
 - Accès routier



Les activités de maintenance

- > Maintenance préventive (poste et éoliennes)
 - Systématique (~5 jours/turbine), visite régulière selon le plan de maintenance.
 - Conditionnelle (en fonction de l'état du matériel)
 - Prévisionnelle (en fonction de l'évolution de l'état du matériel)

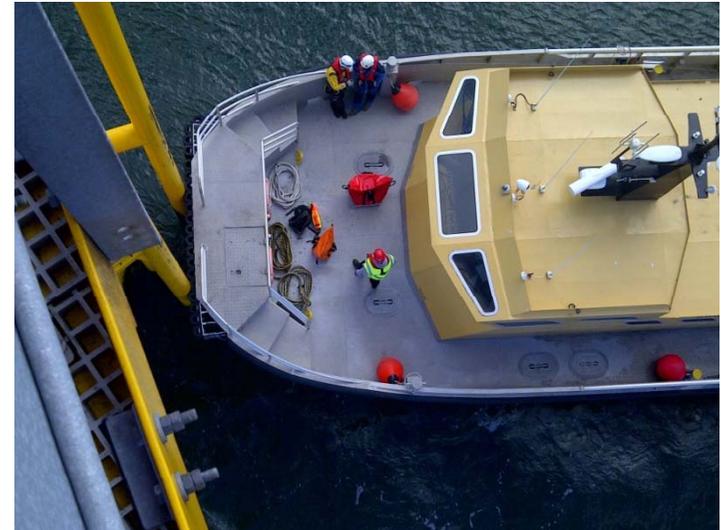
- > Maintenance corrective (poste et éoliennes)
 - Diagnostic d'anomalies (à distance et sur site)
 - Remplacement de petits composants
 - Remplacement de composants majeurs (mise en œuvre de moyens lourds)



Les activités de maintenance

- > Accès par bateau
 - travail de jour essentiellement
 - départ le matin, retour en fin de journée
 - utilisation de 2 bateaux

- > Accès par hélicoptère
 - utilisé selon les conditions de mer
 - utilisé principalement pour les dépannages légers
 - hélitreuillage sur la nacelle
 - opération depuis une base aéroportuaire





Le démantèlement

Une obligation réglementaire : retour du site à un état comparable à l'état initial

- > **Obligation réglementaire de remise en état du site :**
 - Code général de la propriété des personnes publiques (R2124-2 R2124-8)
 - Appel d'offres sur l'éolien en mer (n°2011/S 126-208873)
 - Le démantèlement doit permettre le retour du site à un état comparable à l'état initial, et compatible avec la pratique des activités préexistantes

- > **Garanties financières constituées avant la mise en service :**
 - 50 000 € / MW installé
 - Soit 22,5 millions d'euros pour l'ensemble du projet

- > Information du préfet 5 années avant la fin de l'exploitation

- > Etude détaillée 24 mois avant la fin de l'exploitation, portant sur l'optimisation des conditions de démantèlement et de la remise en état du site, en tenant compte des enjeux liés à l'environnement, aux activités maritimes, et à la sécurité maritime

Opérations et filières de traitement

- > Retrait des câbles électriques
- > Démontage des éoliennes : pâles, nacelles, mâts
- > Démontage du poste électrique en mer :
 - vidange des fluides
 - désolidarisation de la structure métallique de la fondation
- > Découpe des fondations à 1m sous le fond marin, et enlèvement

- > Ces éléments sont ensuite ramenés à terre dans différentes filières de valorisation :

Matière	Composant	Filière
Métaux	Fondations, mâts, nacelles, câbles	Recyclage matière
Composites	Pales	Valorisation énergétique
Plastique	Câbles Recycl	age matière
Fluide	Transformateurs et circuit de refroidissement	Regénération ou valorisation énergétique

Merci de votre attention



Métiers de la construction, de l'installation et de la maintenance Qualifications et formations

EMPLOIS DE L'ASSEMBLAGE ET L'INSTALLATION EN MER (Fondations, Eoliennes, Sous-station électrique)

2015- 2017

- Aménagement portuaire (génie civil)
- Fabrication des fondations monopieu (soudage, tuyautage, chaudronnerie...)
- Assemblage – Installation en mer (logistique à terre et en mer, levage, câblage, électrotechnique,...)

400 emplois pendant le chantier :

200 pour l'installation

200 pour les fondations

EMPLOIS POUR LA FABRICATION DES FONDATIONS MONOPIEU

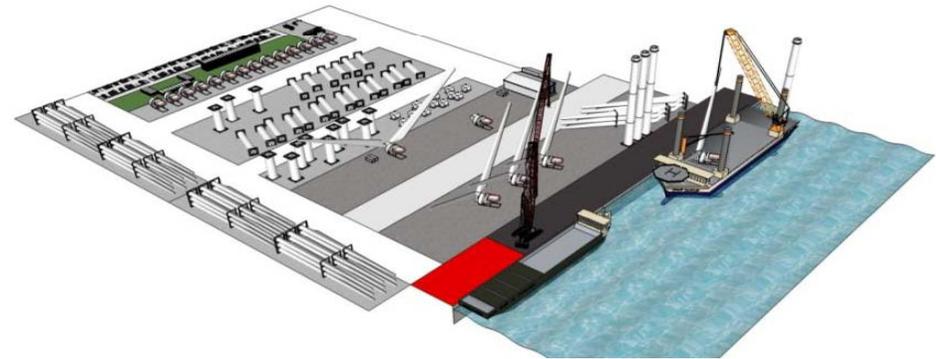
- > Soudeur
- > Peintre
- > Tuyauteur
- > Chaudronnier



MÉTIERS DE L'ASSEMBLAGE ET DE L'INSTALLATION DES ÉOLIENNES

Adaptation portuaire :

- > Génie civil
- > Travaux publics



Manutention à terre/ Préparation de chantier :

- > Logisticien (Gestion de flux)
- > Transporteur
- > Opérateur de grue



MÉTIERS DE L'ASSEMBLAGE ET DE L'INSTALLATION DES ÉOLIENNES

Assemblage et installation :

- > Opérateur de grue sur bateau autoélévateur
- > Mécanicien offshore
- > Automaticien
- > Ensouilleur (navire câblier)



Transport maritime :

- > Logistique maritime
- > Patron de barge



1°) EMPLOI - COMPÉTENCES « EXPLOITATION-MAINTENANCE » A PARTIR DE 2018

Mise en
service du
parc éolien

Exploitation – Maintenance
pendant 25 ans
(électrotechnique,
électromécanique, maintenance
éolien, navigation,...)

Une
centaine
d'emplois
pérennes

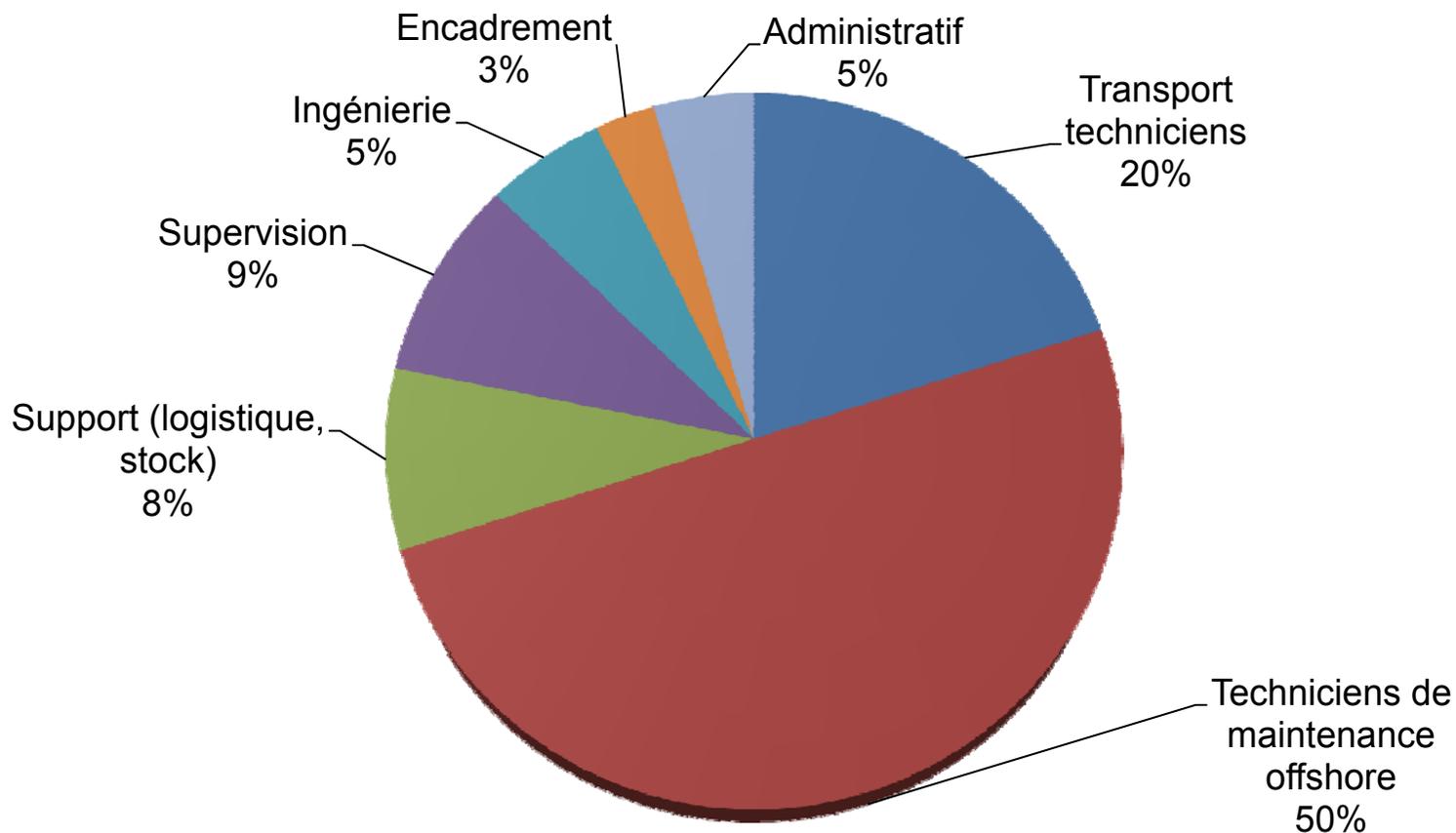
LES MÉTIERS DE L'EXPLOITATION ET DE LA MAINTENANCE

- > Technicien de maintenance
- > Technicien de supervision
- > Equipages
 - Patron d'embarcation
 - Matelot mécanicien
 - Matelot
- > Pilote d'hélicoptère
- > Direction, administration, responsable technique, responsable logistique...



Les métiers de la maintenance

> Répartition des métiers de l'Exploitation-Maintenance:



LE TECHNICIEN DE MAINTENANCE :

SA MISSION :

- > Réaliser des opérations de maintenance préventive et curative d'un parc éolien
- > Documenter les interventions dans les rapports de services
- > Suivre les performances des éoliennes

Objectif : assurer une disponibilité et une production maximales des éoliennes



LE TECHNICIEN DE MAINTENANCE :

> Formation :

- ✓ Niveau Bac + 2 à minima,
- ✓ Formations complémentaires:
habilitation électrique, travail en hauteur, techniques d'accostage, survie en mer, hélitreuillage,
- ✓ Bon niveau d'anglais

> Compétences :

- ✓ Bonnes conditions physiques
- ✓ Etre disponible, autonome
- ✓ Aimer le travail d'équipe



LE TECHNICIEN DE SUPERVISION – MONITORING :

SA MISSION :

- > **Surveiller le fonctionnement de l'ensemble du parc**
- > **Faire un suivi en temps réel de la production et des informations relayées par plus d'une centaine de capteurs**
- > **Commander l'arrêt, le fonctionnement à puissance réduite, le redémarrage des éoliennes**



Objectif : Assurer à distance, le bon fonctionnement des éoliennes et de la sous-station électrique.

LE TECHNICIEN DE SUPERVISION – MONITORING

> Formation:

- ✓ Niveau Bac + 2 à minima :
 - BTS Electrotechnique
 - DUT Génie Electrique
- ✓ Formations complémentaires

> Compétences :

- ✓ Très bonnes connaissances techniques, bon niveau informatique
- ✓ Anglais indispensable
- ✓ Travail posté
- ✓ Etre responsable, avoir un très bon esprit d'équipe, faire preuve de sang froid

PREPARATION AUX NOUVEAUX METIERS

Groupe de travail « emploi-formation » avec le Conseil Régional de Basse-Normandie, la MEF du Cotentin et la MEF de l'Agglomération Caennaise...

- **Participation à l'élaboration d'un annuaire des métiers** pour développer la connaissance des métiers de la filière,
- **Participation à différents forums des métiers**, participation à la préparation de films sur les métiers pour les jeunes,
- **Travaux avec l'Education Nationale** pour l'évolution du BTS Maintenance Industrielle vers un BTS Maintenance Eolien (intégration des spécificités de l'éolien terrestre et offshore)
- **Travaux avec l'UIMM** pour aider à l'élaboration d'un référentiel des métiers de l'éolien (adaptation des CQP)

Merci de votre attention



Le bilan carbone du projet

Le Bilan Carbone®

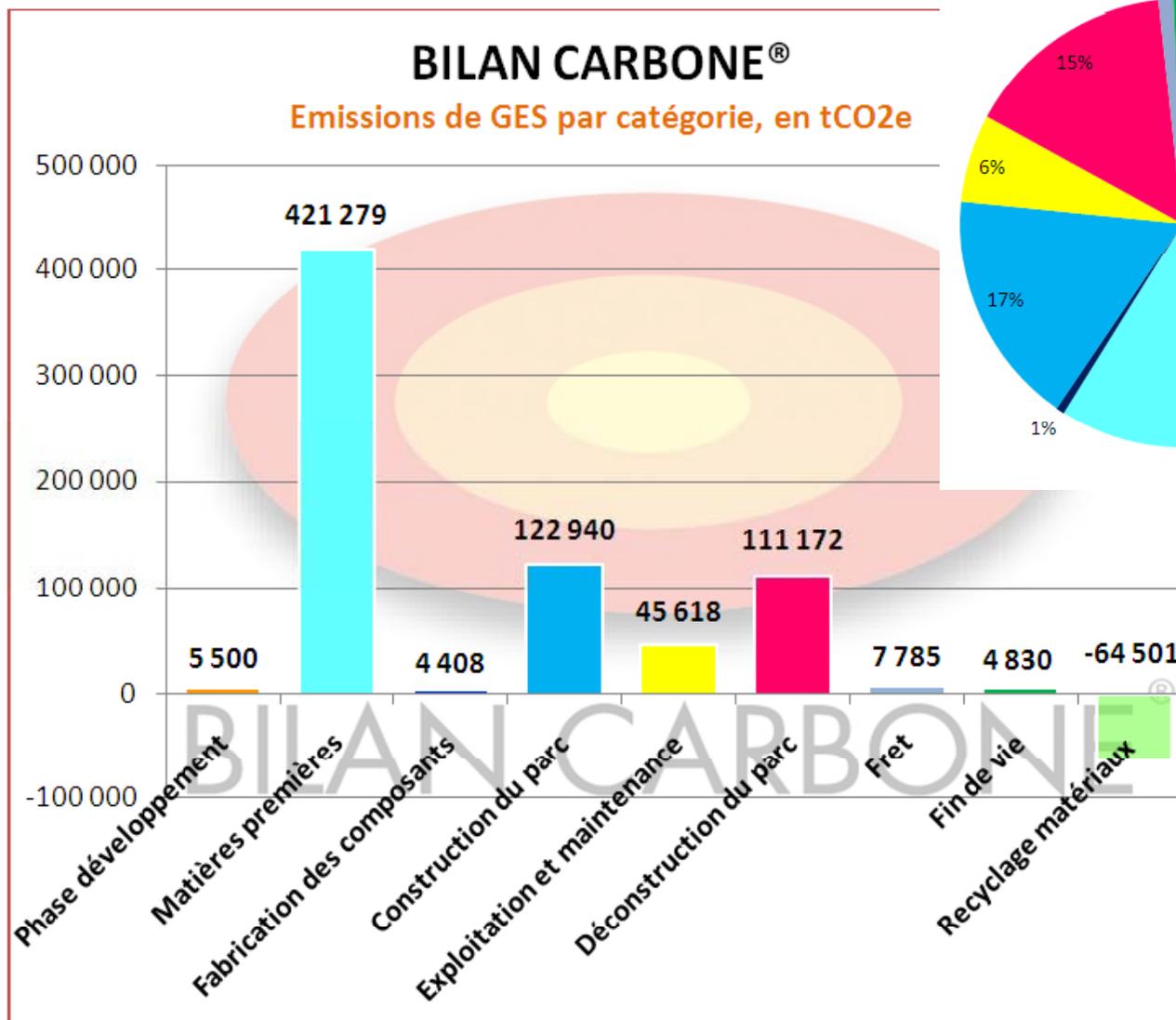
- > **Toute activité humaine émet directement ou indirectement des gaz à effet de serre**
- > Le **Bilan Carbone®** est un outil permettant la comptabilisation en ordre de grandeur des émissions de gaz à effet de serre, ramenées en équivalent CO₂
- > Utilisation du tableur Excel du Bilan Carbone ® V7.1.03
- > Résultats obtenus en **gramme équivalent de CO₂ / kWh produit**

Objectif : Comparer l'impact de la production d'électricité du parc éolien sur les émissions de gaz à effet de serre avec d'autres moyens de production d'électricité et avec les moyennes française et européenne

Périmètre de l'étude

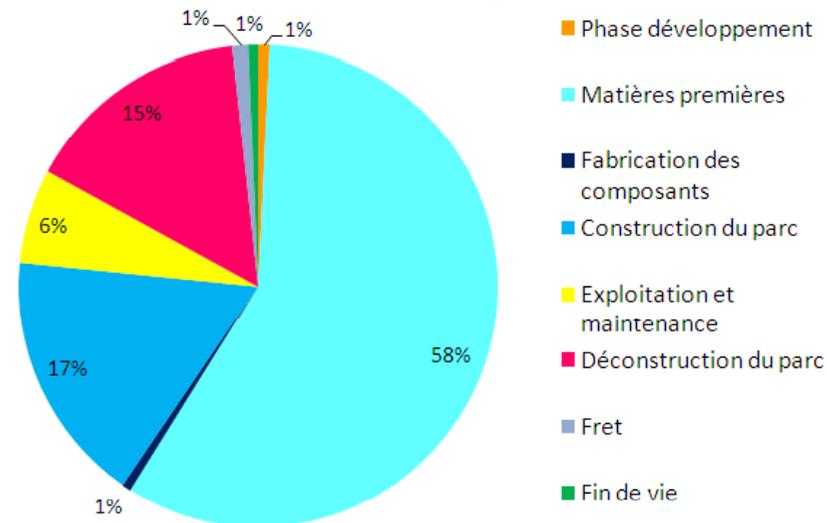
- ✓ Prise en compte de l'ensemble des étapes de la vie du projet
 - **Développement** du projet
 - **Fabrication** des éoliennes, des fondations, du poste en mer et des câbles
 - **Construction** du parc éolien en mer
 - **Exploitation et maintenance** du parc
 - **Démantèlement** du parc et recyclage des composants

Résultats du Bilan Carbone®



Bilan Carbone®

Emissions de GES par catégorie, en %



Résultats du Bilan Carbone®

Emissions totales de gaz à effet de serre <i>incertitude</i>	723 532 tonnes eq. CO₂ <i>78 011 tonnes eq. CO₂</i>
Production sur 25 ans	37 449 GWh
Emission CO₂ avec recyclage en fin de vie <i>incertitude</i>	17,6 g eq. CO₂ / kWh produit <i>2,1 g eq. CO₂ / kWh produit</i>

Type de production d'électricité	Emission CO ₂ en g eq. CO ₂ / kWh produit
France - moyenne	72
Union Européenne - moyenne	306
Parc éolien au large de Courseulles-sur-Mer	17,6
Parc éolien terrestre	3 à 22
Cycle combiné à gaz	350 à 400
Centrale à charbon	800 à 1000

Merci de votre attention