

Parc éolien en mer de Fécamp



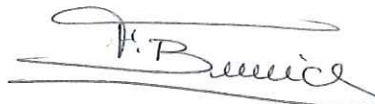
Préfète de la
Seine-Maritime

Société Eoliennes Offshore des Hautes-Falaises
(EOHF)

Dossier de précisions techniques

Annexe 1 à la convention de concession d'utilisation du domaine public maritime en dehors des ports établie entre l'État et la Société Eoliennes Offshore des Hautes Falaises sur une dépendance du domaine public maritime portant sur des installations éoliennes de production d'électricité en mer

La Préfète,



Fabienne BUCCIO

Version 1.0 du 15/03/2017

31 MARS 2017

Suivi des révisions

Version	Date	Description des modifications
1.0	15/03/2017	Dossier de précisions techniques initial.

Sommaire

SUIVI DES REVISIONS.....	2
1. TABLE DES TABLEAUX	4
2. TABLE DES FIGURES	4
3. DEFINITIONS.....	5
4. AVANT-PROPOS	6
5. SITUATION, CONSISTANCE ET SUPERFICIE DE LA DEPENDANCE QUI FAIT L'OBJET DE LA PRESENTE CONVENTION	7
5.1. SITUATION, CONSISTANCE ET SUPERFICIE DE LA ZONE DE CONCESSION	7
5.2. SUPERFICIE PREVISIONNELLE DE L'INSTALLATION DU PARC EOLIEN AU SEIN DE LA ZONE DE CONCESSION ..	8
6. CONSISTANCE DES INSTALLATIONS, OUVRAGES	11
6.1. FONDATIONS.....	15
6.2. AEROGENERATEURS	16
6.3. POSTE ELECTRIQUE EN MER.....	19
6.4. CABLES ELECTRIQUES.....	21
7. CONDITIONS GENERALES D'EXECUTION DES TRAVAUX D'INSTALLATION.....	23
7.1. FONDATIONS.....	23
7.2. AEROGENERATEURS	24
7.3. POSTE ELECTRIQUE EN MER.....	24
7.4. CABLES ELECTRIQUES.....	25
8. CALENDRIER	27
8.1. CONSTRUCTION DU PARC EOLIEN EN MER AU LARGE DE FECAMP	27
8.2. DEMARRAGE PROGRESSIF DE L'EXPLOITATION	27
9. MAINTENANCE	28
9.1. ACTIVITES DE MAINTENANCE SUR SITE	28
9.2. MAINTENANCE LOURDE	29
9.3. MOYENS LOGISTIQUES ET DE SUPERVISION	30
10. SECURITE MARITIME.....	32
10.1. INFORMATION DES AUTORITES ET DES USAGERS DE LA MER	32
10.2. TRANSMISSION DES DONNEES	32
10.3. PHASE D'INSTALLATION.....	32
10.4. PHASE D'EXPLOITATION	34
10.5. PHASE DE DEMANTELEMENT	41
11. SUIVI DU PROJET ET DE SON EFFET SUR L'ENVIRONNEMENT.....	42

11.1.	COMITE DE SUIVI, COMITE SCIENTIFIQUE ET PROGRAMME DE SUIVI ENVIRONNEMENTAL	42
11.2.	MESURES D'ÉVITEMENT, DE RÉDUCTION ET DE COMPENSATION	42
11.3.	MESURES DE SUIVI ENVIRONNEMENTAL.....	44
12.	TRAVAUX EFFECTIFS DE DEMANTELEMENT ET DE REMISE EN ETAT	48
12.1.	SUIVI EN VUE D'OPTIMISER LE DEMANTELEMENT DU PARC ET DE CONSTATER LA REMISE EN ETAT DU SITE APRES DEMANTELEMENT	48
12.2.	OBJECTIFS.....	50
12.3.	CESSATION D'ACTIVITE ET OPTIMISATION DU DEMANTELEMENT	51
12.4.	SEQUENÇAGE DU DEMANTELEMENT DES INSTALLATIONS	52

1. Table des tableaux

Tableau 1 :	Coordonnées géographiques de la zone de concession	7
Tableau 2 :	Surface au sol des différentes structures du parc éolien	9
Tableau 3 :	Surface au sol concernée par les ateliers de chantier du parc éolien.....	10
Tableau 4 :	Coordonnées géographiques prévisionnelles des aérogénérateurs et du poste électrique X02 (OSS) - (système WGS 84 en degré minute centésimale)	14
Tableau 5 :	Exemple de dimensionnement préliminaire (non validé car soumis à confirmation suite aux investigations géophysiques et géotechniques).....	22
Tableau 6 :	Planning indicatif pour l'ensemble des opérations.....	27

2. Table des figures

Figure 1	Localisation géographique du parc éolien au large de Fécamp	8
Figure 2	Alignements et distances entre les éoliennes prévus pour le parc de Fécamp	12
Figure 3 :	Plan masse des installations projetées	13
Figure 4 :	Vue de l'éolienne Alstom Haliade 6 MW (Alstom).....	16
Figure 5 :	Schéma de l'aérogénérateur :.....	17
Figure 6 :	Vues de la nacelle et du rotor assemblés	18
Figure 7 :	Représentation possible d'un poste électrique en mer.....	19

Figure 8 : Cheminement préliminaire des câbles électriques sur le projet de Fécamp	21
Figure 9 : Illustration d'un câble sous-marin inter-éolien	22
Figure 10 : Plan d'aménagement du Windcat MK 4.2	31
Figure 11 Séquence de la dépose générale des composants du parc.....	53
Figure 12 : Séquençage des opérations de dépose de la turbine (« bunny ear »)	54
Figure 13 : 14Moyens de dépose des protections anti-affouillements.....	55
Figure 15 : Séquençage des opérations en mer de dépose de la fondation gravitaire	56
Figure 16 : Séquençage des opérations de dépose de la station électrique (plate-forme et fondation jacket).....	58
Figure 18 Séquençage des opérations en mer de dépose de la station électrique (plate-forme et fondation gravitaire).....	59

3. Définitions

EOHF :	Eoliennes Offshore des Hautes Falaises
MR1 :	Mesure de réduction n°1
MSu1 :	Mesure de suivi n°1
MAc1 :	Mesure d'accompagnement n°1
GBS :	Fondation gravitaire (<i>Gravity Base Structure</i>)
CM :	Côte Marine ici rattaché au port de Fécamp
CGPPP :	Code Général de la Propriété des Personnes Publiques
HT :	Haute Tension regroupant les deux domaines A et B (HTA et HTB)
MW	Mégawatts
MWh	Mégawatts heure
SHOM	Service Hydrographique et Océanographique de la Marine

4. Avant-propos

Le présent dossier est une annexe à la convention de concession d'utilisation du domaine public maritime relative au parc éolien en mer de Fécamp.

Il complète les modalités d'occupation du domaine public maritime concernant:

- La situation, la consistance et la superficie de la dépendance (Article 1-1 de la convention)
- Les caractéristiques géométriques du parc éolien (Article 1-1 de la convention)
- Les conditions générales d'exécution des travaux (Article 1-1 de la convention) pour :
 - o l'implantation, l'exploitation (Article 3-5 de la convention) et la maintenance (Article 3-6 de la convention) des installations
 - o le démantèlement (Article 4-3.2 de la convention)
- le suivi environnemental (Article 1-1 de la convention)

En vertu de l'article 3-4 de la convention, il a vocation durant les travaux à être mis à jour trimestriellement.

En vertu de l'article 3-4 de la convention, il a vocation à être actualisé au moins un mois avant la mise en œuvre d'une modification significative des travaux.

5. SITUATION, CONSISTANCE ET SUPERFICIE DE LA DEPENDANCE QUI FAIT L'OBJET DE LA PRESENTE CONVENTION

5.1. Situation, consistance et superficie de la zone de concession

La zone de concession est située entre **11,3 et 22 km de la côte d'Albâtre**, au large de Fécamp, en Seine-Maritime. La zone de concession est un quadrilatère dont les sommets ont les coordonnées géographiques indiquées ci-dessous.

Points de référence	Longitude système WGS 84 en degré minute centésimale	Latitude système WGS 84 en degré minute centésimale
A	0°08,25' E	49°50,19' N
B	0°15,11' E	49°50,20' N
C	0°18,19' E	49°58,31' N
D	0°13,01' E	49°56,45' N

Tableau 1 : Coordonnées géographiques de la zone de concession

Sa surface totale est d'environ **88 km²**.

Sa profondeur varie de **26 à 35 m** par rapport au 0 des cartes marines.

Le plan ci-dessous fait apparaître sa localisation.

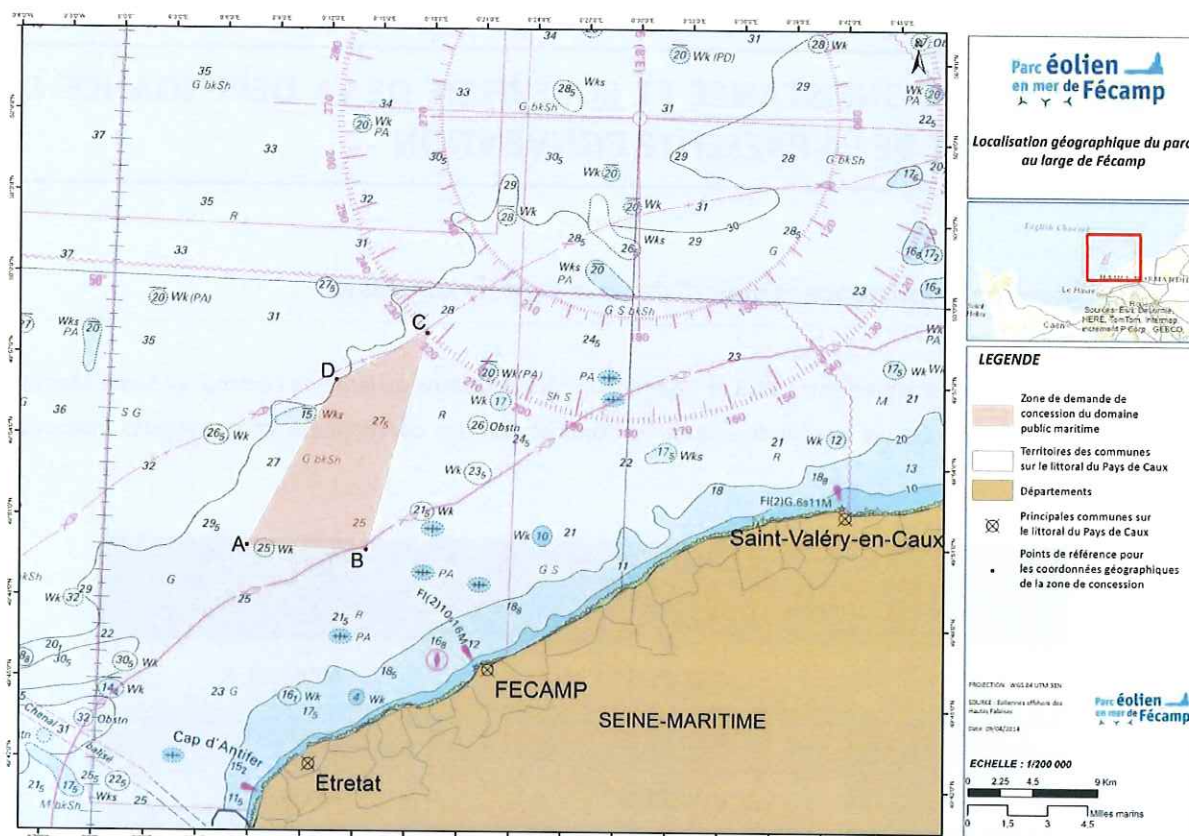


Figure 1 Localisation géographique du parc éolien au large de Fécamp

Source : EOHF, 2014

5.2. Superficie prévisionnelle de l'installation du parc éolien au sein de la zone de concession

La surface au sol concernée par l'installation, correspond à l'emprise des installations du parc, c'est-à-dire :

- les fondations des éoliennes (de type gravitaire), incluant la couche d'assise et la protection anti-affouillement ;
- la fondation du poste électrique en mer ;
- les câbles inter-éoliennes et leurs éventuelles protections ;
- La répartition des surfaces d'emprise pour chacun des ouvrages décrits ci-dessus est explicitée dans le 1^{er} tableau ci-après.

La surface au sol concernée par les travaux correspond à :

- L'emprise des installations du parc détaillées ci-dessus ;
- L'emprise des pieds des barges installant les éoliennes et le poste électrique ;
- L'emprise des travaux de pose des câbles ;
- En cas de dragage, l'emprise de préparation du sol pour les fondations ;

- La répartition des surfaces concernées pour chacun des ouvrages ou travaux décrits ci-dessus est explicitée dans le 2ème tableau ci-après.

Les câbles de raccordement entre le poste électrique et le réseau électrique terrestre sont sous la maîtrise d'ouvrage de RTE.

La surface maximale totale au sol impactée :

- de manière permanente par l'ensemble des **équipements** est de 0,68 km², soit **0,77 %** de la zone de concession (88 km²) ;
- de manière temporaire par l'ensemble des **ateliers** est de 1,30 km², soit **1,47 %** de la zone de concession (88 km²).

Composant	Sous-composant et hypothèses		Nombre d'unités	Superficie impactée par unité (m ²)	Surface totale impactée (m ²)	Surface totale impactée (km ²)
Eoliennes	Fondations de type GBS	Couche d'assise (diamètre = 70m), incluant les surfaces concernées par les GBS (diamètre = 36m) et la protection anti-affouillement	83 fondations	4 000	332 000	0,332
Câblage	Câbles et enrochement	Si ensouillage à 100 %	117 km au total au sol	15 m ² pour 100 m linéaire (largeur du câble)	17 550	0,018
		Si ensouillage sur 75% et protection externe sur 25%	88 km ensouillés 29 km avec protection externe	15 m ² pour 100 m linéaire : largeur du câble 1150 m ² pour 100 m linéaire : largeur de la protection externe	346 700	0,347
Poste électrique en mer	Hypothèse : Fondation de type GBS	Surface concernées par la préparation du sol, par les GBS et la protection anti-affouillement (diamètre total = 70 m)	1 poste électrique	4 000	4 000	0,004
	Hypothèse : Fondation Jacket	Pieux de la fondation (4 à 8 unités)		130	1 040	0,001
Total					350.590 m2 à 685.540 m2	0,35 à 0,69 km2

Tableau 2 : Surface au sol des différentes structures du parc éolien

Source : EOHF 2014

Composant	Sous-composant et hypothèses		Nombre d'unités	Superficie impactée par unité (m ²)	Surface totale impactée (m ²)	Surface totale impactée (km ²)
Éoliennes	Fondations de type GBS	Sans dragage préalable de la craie altérée : couche d'assise (diamètre = 70 m), incluant les surface concernées par les GBS (diamètre = 36 m) et la protection anti-affouillement	83 fondations	4 000	332 000	0,332
		Si dragage préalable de la craie altérée : 20% des emplacements des fondations pourraient nécessiter une préparation du sol spécifique impliquant une surface à draguer (surface maximale de 6 400 m ² par fondation) ainsi qu'une surface de dépôt des sédiments dragués (surface maximale de 15 000 m ² par fondation)	17 fondations	21 400		
		Sans dragage préalable de la craie altérée : couche d'assise (diamètre = 70 m), incluant les surface concernées par les GBS (diamètre = 36 m) et la protection anti-affouillement	66 fondations	4 000	627 800	0,628
	Atelier d'installation des éoliennes	Barges Jack up (110 m ² par pied)	83 éoliennes	660	54 780	0,055
Câblage	Câbles, tranchée ou enrochement	Si ensouillage à 100 %	117 km	3 000	351 000	0,351
		Si ensouillage sur (75%) et protection externe sur (25%)	88 km	3 000	597 500	0,597
			29 km	11 500		
Poste électrique en mer	Hypothèse : Fondation de type GBS	Surface concernées par la préparation du sol, par la GBS et la protection anti-affouillement (diamètre total = 70 m), ainsi qu'une surface de dépôt des sédiments dragués (surface maximale de 15 000 m ² par fondation)	1 fondation	21 400	21 400	0,021
		Barges Jack up pour le poste électrique (4 à 6 pieds, 110 m ² par pied)	1 station électrique	660	660	0,001
	Hypothèse : Fondation Jacket	Pieux de la fondation	8 pieux	130	1 040	0,001
		Barges Jack up pour le poste électrique, le jacket et les pieux du jack-up (4 à 6 pieds, 110 m ² par pied)	1 station électrique	4 000	4 000	0,004
Total					742 820 à 1 302 140 m²	0,74 à 1,30 km²

Tableau 3 : Surface au sol concernée par les ateliers de chantier du parc éolien

Source : EOHF 2014

6. CONSISTANCE DES INSTALLATIONS, OUVRAGES

Le parc éolien en mer au large de Fécamp est composé :

- de 83 aérogénérateurs et de leurs fondations gravitaires ;
- d'un poste électrique en mer et de sa fondation (jacket ou gravitaire) ;
- de câbles électriques sous-marins reliant les aérogénérateurs entre eux puis au poste électrique ;
- d'éléments accessoires (protections anti-affoulement, dispositifs de protection des câbles, matériel nécessaire à la surveillance et à l'évaluation des effets du projet sur l'environnement, équipements de signalisations aériennes et maritimes...).

Les aérogénérateurs sont implantés aux intersections de deux trames de lignes parallèles, espacées de 960 mètres, constituées par :

- 13 lignes orientées suivant l'azimut 255° ;
- 8 lignes orientées suivant l'azimut 13,7°.

Toutes les intersections ne sont pas occupées par des aérogénérateurs.

Les aérogénérateurs sont espacés d'environ :

- 1 093 m suivant l'axe 255° (courant marin dominant),
- 1 094 m suivant l'axe 13,7° (8 lignes : 1 ligne de 4 éoliennes, 1 ligne de 8 éoliennes, 2 lignes de 11 éoliennes, 3 lignes de 12 éoliennes et 1 ligne de 13 éoliennes).

Le réseau de câbles électriques sous-marins qui relie les aérogénérateurs au poste électrique en mer, est constitué de 14 grappes, comprenant chacune entre 2 et 7 aérogénérateurs. Il converge vers le poste électrique.

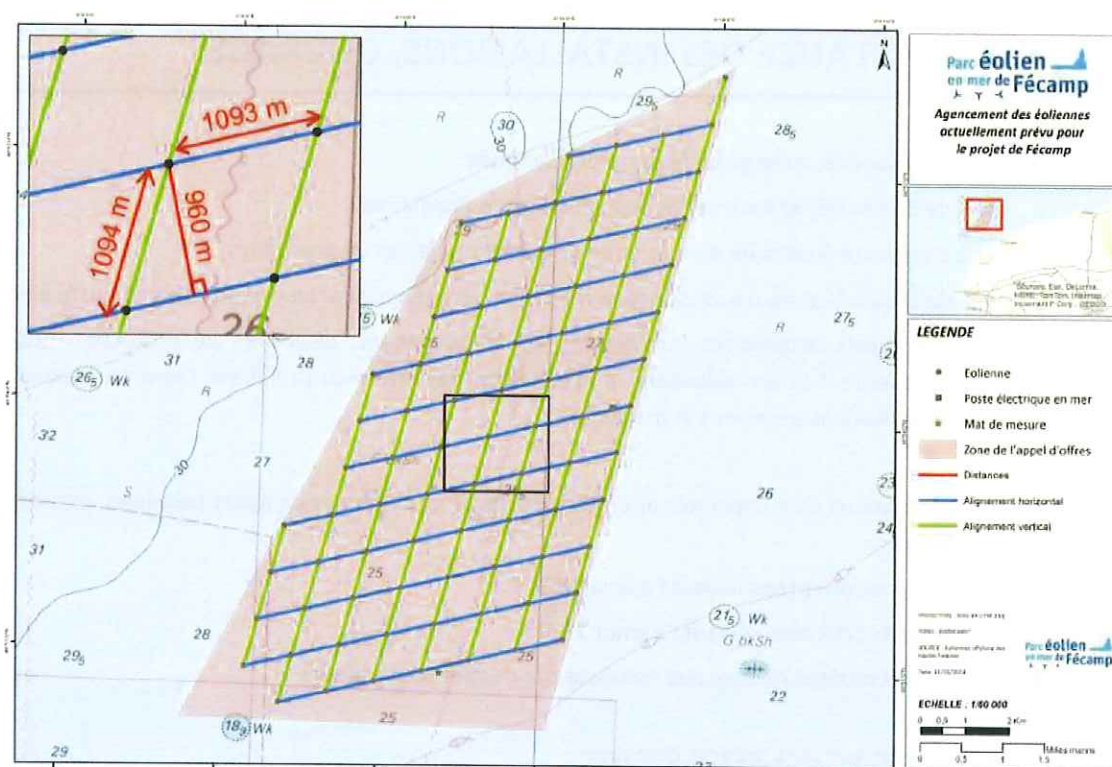


Figure 2 Alignements et distances entre les éoliennes prévus pour le parc de Fécamp

Source : EOHF, 2014

Le plan masse des installations projetées et le tableau récapitulatif de leurs coordonnées géographiques (éoliennes et poste électrique, système WGS 84 en degré minute centésimale) figurent ci-dessous. Ces positions sont données à titre indicatif et peuvent légèrement évoluer en fonction de la nature géologique du sol et des reconnaissances géotechniques. Après chaque tranche de travaux, le pétitionnaire communique au « gestionnaire du domaine public maritime », les coordonnées consolidées et récolées des installations (poste électrique, éoliennes, câbles), dans les conditions prévues à l'article 3-4 de la convention.

Le parc aura une capacité de 498 MW, permettant une production annuelle d'environ 1 800 GWh d'électricité d'origine renouvelable.

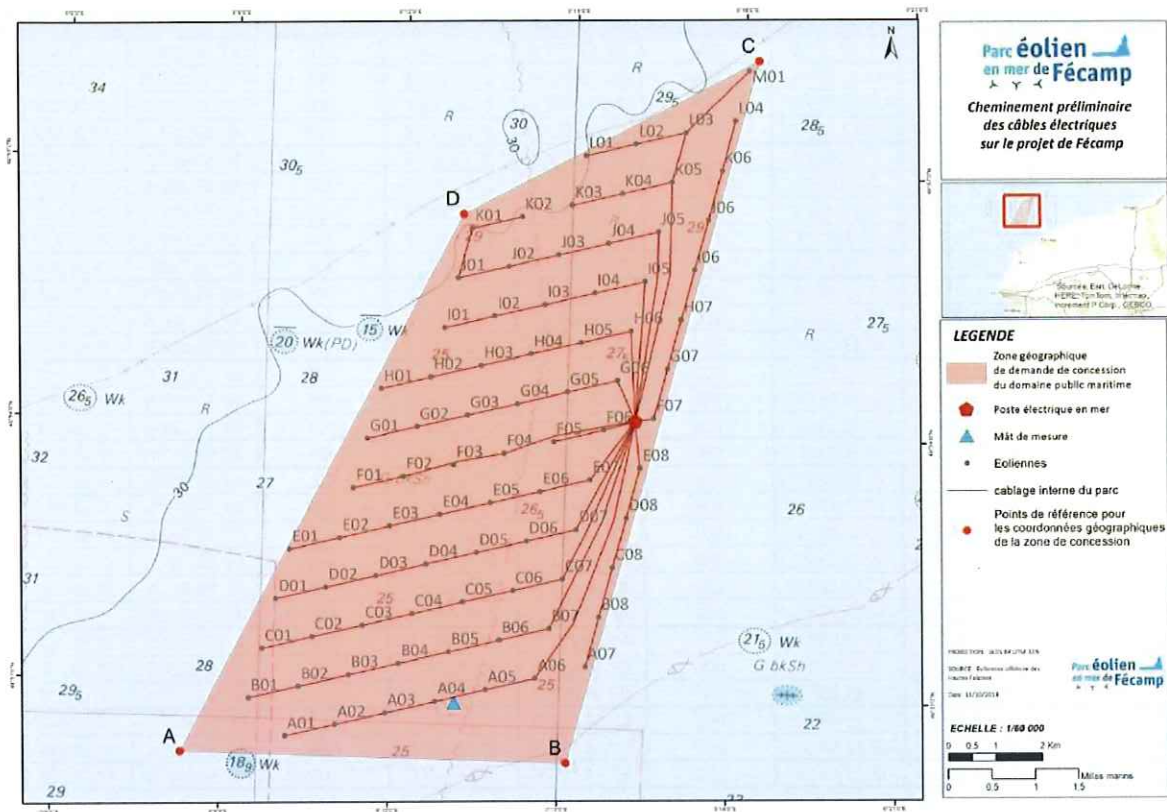


Figure 3 : Plan masse des installations projetées

Source : EOHF, 2014

Référence	Latitude	Longitude	Référence	Latitude	Longitude	Référence	Latitude	Longitude
A01	49° 50.410' N	0° 10.155' E	D06	49° 52.733' N	0° 14.334' E	H04	49° 54.876' N	0° 14.323' E
A02	49° 50.561' N	0° 11.037' E	D07	49° 52.883' N	0° 15.216' E	H05	49° 55.026' N	0° 15.204' E
A03	49° 50.712' N	0° 11.919' E	D08	49° 53.033' N	0° 16.098' E	H06	49° 55.177' N	0° 16.086' E
A04	49° 50.862' N	0° 12.800' E	E01	49° 52.552' N	0° 10.143' E	H07	49° 55.327' N	0° 16.969' E
A05	49° 51.013' N	0° 13.682' E	E02	49° 52.703' N	0° 11.024' E	I01	49° 55.147' N	0° 12.776' E
A06	49° 51.163' N	0° 14.564' E	E03	49° 52.854' N	0° 11.906' E	I02	49° 55.298' N	0° 13.658' E
A07	49° 51.314' N	0° 15.446' E	E04	49° 53.005' N	0° 12.788' E	I03	49° 55.449' N	0° 14.541' E
B01	49° 50.832' N	0° 9.491' E	E05	49° 53.162' N	0° 13.710' E	I04	49° 55.599' N	0° 15.422' E
B02	49° 50.983' N	0° 10.373' E	E06	49° 53.306' N	0° 14.552' E	I05	49° 55.750' N	0° 16.304' E
B03	49° 51.134' N	0° 11.254' E	E07	49° 53.457' N	0° 15.434' E	I06	49° 55.900' N	0° 17.186' E
B04	49° 51.285' N	0° 12.135' E	E08	49° 53.607' N	0° 16.316' E	J01	49° 55.721' N	0° 12.994' E
B05	49° 51.435' N	0° 13.018' E	F01	49° 53.277' N	0° 11.242' E	J02	49° 55.872' N	0° 13.876' E
B06	49° 51.586' N	0° 13.899' E	F02	49° 53.428' N	0° 12.124' E	J03	49° 56.022' N	0° 14.758' E
B07	49° 51.737' N	0° 14.781' E	F03	49° 53.621' N	0° 13.097' E	J04	49° 56.173' N	0° 15.640' E
B08	49° 51.887' N	0° 15.663' E	F04	49° 53.729' N	0° 13.887' E	J05	49° 56.323' N	0° 16.522' E
C01	49° 51.406' N	0° 9.708' E	F05	49° 53.880' N	0° 14.769' E	J06	49° 56.474' N	0° 17.404' E
C02	49° 51.557' N	0° 10.590' E	F06	49° 54.030' N	0° 15.651' E	K01	49° 56.294' N	0° 13.212' E
C03	49° 51.707' N	0° 11.471' E	F07	49° 54.180' N	0° 16.533' E	K02	49° 56.445' N	0° 14.094' E
C04	49° 51.858' N	0° 12.353' E	G01	49° 53.850' N	0° 11.460' E	K03	49° 56.595' N	0° 14.976' E
C05	49° 52.009' N	0° 13.235' E	G02	49° 54.001' N	0° 12.341' E	K04	49° 56.746' N	0° 15.858' E
C06	49° 52.160' N	0° 14.117' E	G03	49° 54.152' N	0° 13.223' E	K05	49° 56.897' N	0° 16.740' E
C07	49° 52.310' N	0° 14.998' E	G04	49° 54.302' N	0° 14.105' E	K06	49° 57.047' N	0° 17.622' E
C08	49° 52.460' N	0° 15.880' E	G05	49° 54.453' N	0° 14.987' E	L01	49° 57.169' N	0° 15.194' E
D01	49° 51.979' N	0° 9.926' E	G06	49° 54.603' N	0° 15.868' E	L02	49° 57.319' N	0° 16.076' E
D02	49° 52.130' N	0° 10.807' E	G07	49° 54.753' N	0° 16.751' E	L03	49° 57.470' N	0° 16.958' E
D03	49° 52.281' N	0° 11.689' E	H01	49° 54.423' N	0° 11.677' E	L04	49° 57.620' N	0° 17.840' E
D04	49° 52.432' N	0° 12.570' E	H02	49° 54.574' N	0° 12.559' E	M01	49° 58.194' N	0° 18.058' E
D05	49° 52.583' N	0° 13.452' E	H03	49° 54.725' N	0° 13.440' E	X02 (OSS)	49° 54.146' N	0° 16.206' E

Tableau 4 : Coordonnées géographiques prévisionnelles des aérogénérateurs et du poste électrique X02 (OSS)
- (système WGS 84 en degré minute centésimale)

6.1. Fondations

Les fondations des aérogénérateurs du parc éolien en mer au large de Fécamp sont de type gravitaire. Elles sont constituées de béton armé marin et sont remplies de ballast au moment de leur immersion.

Elles sont mises en place sur une couche de nivellement permettant d'assurer la planéité de l'assise. Une couche de matériaux rocheux est positionnée en périphérie de la structure afin d'assurer la protection de l'assise contre l'affouillement.

La taille de chaque fondation dépend des caractéristiques de sa zone d'implantation et notamment de la bathymétrie rencontrée. Les dimensions et caractéristiques maximales d'une fondation sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Structure Béton	Caractéristiques
Diamètre de l'embase béton	Environ 36 mètres
Diamètre de la section supérieure (hors plate-forme)	Environ 6,5 mètres
Hauteur de la structure	50 à 60 mètres
Poids (sans ballast)	4 000 à 6 000 tonnes

Couche de nivellement	Caractéristiques
Épaisseur	2 à 3 mètres en fonction de la configuration du sol
Matériaux	Enrochements
Surface maximale	4 000 m ²
Protection anti-affouillement	Caractéristiques
Diamètre de la protection anti-affouillement	Environ 50 mètres
Épaisseur	1 mètre
Matériaux	Enrochement 40-80 kg

Les matériaux utilisés pour le ballastage, la couche d'assise et la protection anti-affouillement ont les caractéristiques suivantes :

Type	Volume par fondation (m ³)	Volume total projet (m ³)	Matériau
Ballastage fondation	5 500	460 000	Granulat (gravier+sable)
Matériaux d'assise	7 500	620 000	Roche + Granulat
Enrochement (anti-affouillement)	1 700	140 000	Roche
Tout-venant (anti-affouillement)	2 600	220 000	Roche + Granulat

Chaque fondation est protégée de la corrosion par des anodes sacrificielles d'une masse maximale totale d'environ 5 tonnes.

6.2. Aérogénérateurs



Figure 4 : Vue de l'éolienne Alstom Haliade 6 MW (Alstom)

Source : EOHF, 2014

L'aérogénérateur retenu pour le projet est le modèle « Haliade™ 150 » de GE-Alstom dont les caractéristiques principales sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

Données d'exploitation « Haliade™ 150 »	
Puissance nominale	6,0 MW (net après transformateur)
Vitesse de démarrage	3 m/s (soit 11 km/h)
Pleine puissance à partir de	12 m/s (soit 45 km/h)
Vitesse de vent entraînant une coupure automatique	25 m/s (soit 90 km/h)
Rotor	
Position du rotor par rapport au mât	Rotor face au vent
Diamètre du rotor (D)	150,95 m
Nombre de pales	3
Longueur des pales	73,5 m
Vitesse de rotation du rotor	entre 4 et 11,5 tr/min
Vitesse à l'extrémité des pales	90,8 m/s
Mât	
Type	Tube en acier
Hauteur du moyeu (A)	104 mètres environ par rapport au niveau moyen de la mer

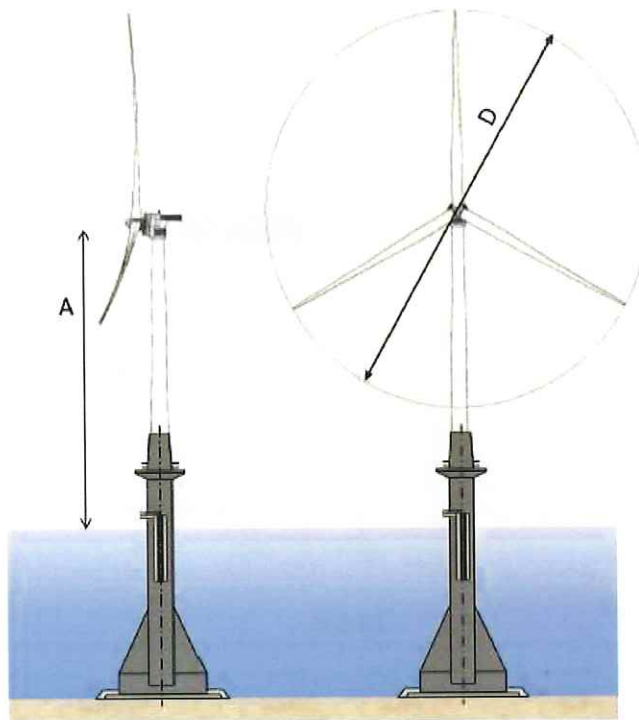


Figure 5 : Schéma de l'aérogénérateur :

D, diamètre 150,95 m ; A, hauteur de moyeu 104 m (niveau de mer moyen)

Source : EOHF, 2014

6.2.1. Nacelle

Les dimensions de la nacelle sont décrites dans le schéma ci-dessous. Son poids avoisine les 356 tonnes. La nacelle contient des éléments structurels (châssis, couplage du rotor, roulements, etc.), des composants électromécaniques (génératrice, système d'orientation au vent, système d'ajustement des pales etc.) et des éléments de sécurité (éclairage, extincteurs, freins etc.).

L'éolienne Haliade 150 - 6 MW comporte une nacelle équipée (grue, plateforme d'hélicoptère, ascenseur), facilitant les opérations de maintenance.

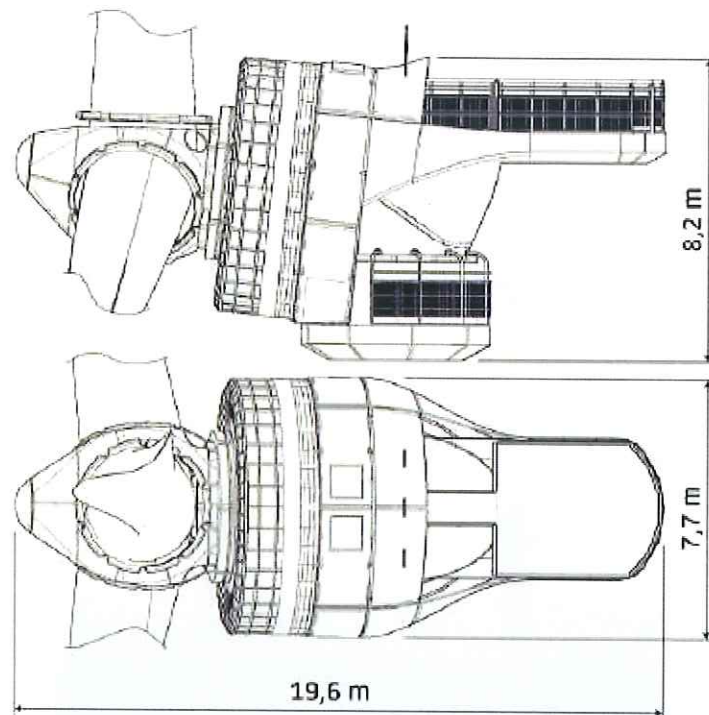


Figure 6 : Vues de la nacelle et du rotor assemblés

Source : EOHF, 2014

6.2.2. Mât

Le mât de l'éolienne Haliade 150 6MW abrite l'ensemble des équipements électriques notamment les onduleurs et transformateurs ainsi qu'un ascenseur permettant un accès sécurisé à la nacelle.

Le mât de l'éolienne est tubulaire à sections coniques. Il est constitué d'un acier traité et recouvert d'un revêtement spécifique afin de résister à l'air marin. La tour, dont le poids total est de l'ordre de 400 tonnes, est divisée en trois tronçons.

Les sections de tour sont assemblées au moyen de brides boulonnées. La tour contient des structures secondaires internes (plateformes, échelles, monte-charge, etc.), des équipements électriques (câbles, transformateur, cellules, convertisseur, etc.) et des équipements de sécurité (éclairage, extincteurs, etc.).

6.2.3. Rotor et pales

Les pales sont essentiellement constituées de matériaux composites. Elles mesurent 4,5m au plus large et pèsent 28 tonnes chacune.

6.3. Poste électrique en mer

Le poste électrique assure :

- le raccordement du parc éolien au réseau public de transport d'électricité géré par RTE (2 points de livraison situés sur le poste électrique en mer)
- l'élévation de la tension électrique (de HTA 33 kV produite par les éoliennes à HTB 225 kV), Cette fonction est assurée par deux transformateurs de puissance, dimensionnés en adéquation avec la puissance totale du poste électrique en mer (environ 280 MVA chacun), et reliés au réseau RTE par deux câbles sous-marins dimensionnés, installés et gérés par RTE. ;
- la protection du parc vis-à-vis du réseau terrestre. Ces fonctions sont assurées par deux tableaux principaux en HTA et HTB, constitués de disjoncteurs, de sectionneurs, d'une mise à la terre, de parafoudres et de transformateurs ;
- le comptage de l'énergie produite ;
- le contrôle et la supervision du parc éolien, par l'intermédiaire d'un système de contrôle-commande installé au sein de la plate-forme et piloté depuis la terre.

6.3.1. Caractéristiques physiques



Figure 7 : Représentation possible d'un poste électrique en mer

Source : EOHF, 2014

La fondation du poste électrique en mer est soit de type jacket (treillis métallique fixé par 4 à 8 pieux installés par battage et/ou forage) représentant 1 500 t d'acier pieux inclus, soit une fondation gravitaire similaire à celles prévues pour les aérogénérateurs.

La plate-forme fixée aux fondations mesure approximativement 20 mètres de haut, 40 mètres de long et 25 mètres de large, sans tenir compte des chemins de ronde et autres équipements mineurs. Elle comprend trois à cinq étages. De bas en haut, les 3 niveaux supérieurs du poste électrique en mer sont : le pont principal sur lequel reposent les transformateurs et les principaux équipements électriques de puissance, le pont mezzanine où l'on trouve les salles de contrôles et enfin le pont supérieur.

La structure métallique fermée est conçue pour une durée de vie d'environ 30 ans selon des solutions déjà éprouvées sur des installations similaires. La plate-forme pèse entre 2000 et 2400 tonnes.

6.3.2. Equipements

Cette installation est conçue pour fonctionner de manière autonome (sans présence de personnel sur la structure).

Une interface utilisateur est présente dans la salle de contrôle mais la supervision du parc éolien et du poste électrique en mer s'effectue depuis la terre, la plate-forme n'est donc pas considérée comme habitée.

La plate-forme est équipée des appareils mécaniques nécessaires à l'exploitation, la maintenance et l'entretien tels qu'une grue extérieure (chargement et déchargement des équipements ; capacité entre 3 et 10 t) ou un circuit de vidange vers un réservoir collecteur.

Le poste électrique est équipé de systèmes divers pour l'information, la communication, la surveillance à distance, le contrôle des paramètres de fonctionnement et le balisage conforme aux réglementations de l'aviation civile et de la navigation maritime.

Le poste électrique en mer comporte des systèmes auxiliaires d'alimentation pour assurer la prévention et l'extinction des incendies, les alimentations de secours en cas de coupure du réseau public de transport d'électricité, ainsi que la supervision et le contrôle-commande de l'installation et le système de comptage. Ces systèmes sont conçus de telle sorte qu'une liaison de raccordement puisse défaillir à tout moment sans conséquence, l'alimentation étant assurée par le groupe électrogène.

Le groupe électrogène dispose d'une réserve de carburant pour au moins quatorze jours.

6.3.3. Accès

Le design intégral de la plate-forme est conçu de façon à permettre aux personnes d'y accéder, d'y circuler et de l'évacuer en cas de problème, conformément aux standards.

L'accès principal s'effectue par bateau à l'aide d'une des deux plateformes d'accostage sur la fondation. Escaliers, couloirs et échappées sont prévus pour répondre aux normes d'évacuation en cas d'incendie.

La plate-forme est équipée de moyens d'évacuation de secours maritimes, conformément aux standards reconnus. Un espace de survie est aménagé pour accueillir les équipes d'intervention, en cas de conditions météo-océaniques défavorables les empêchant de quitter le poste en toute sécurité.

Une zone d'hélictreuillage est prévue sur le dernier pont de la plate-forme conformément aux lois applicables et aux standards.

6.4. Câbles électriques

Le réseau de câbles électriques sous-marins (tension 33 kV en courant alternatif 50 Hz) relie électriquement les aérogénérateurs au poste électrique en mer. Il assure également la transmission d'informations au sein du parc éolien par l'intermédiaire de fibres optiques. La longueur totale de câble nécessaire à la connexion de l'ensemble des aérogénérateurs est d'environ 134 kilomètres.

Les câbles sont protégés par ensouillage dans le fond marin ou, en cas d'impossibilité, par l'ajout de protections externes.

Les deux câbles d'export qui amènent le courant produit au réseau électrique à terre ne sont pas l'objet de la présente concession d'utilisation mais de celle du raccordement à terre.

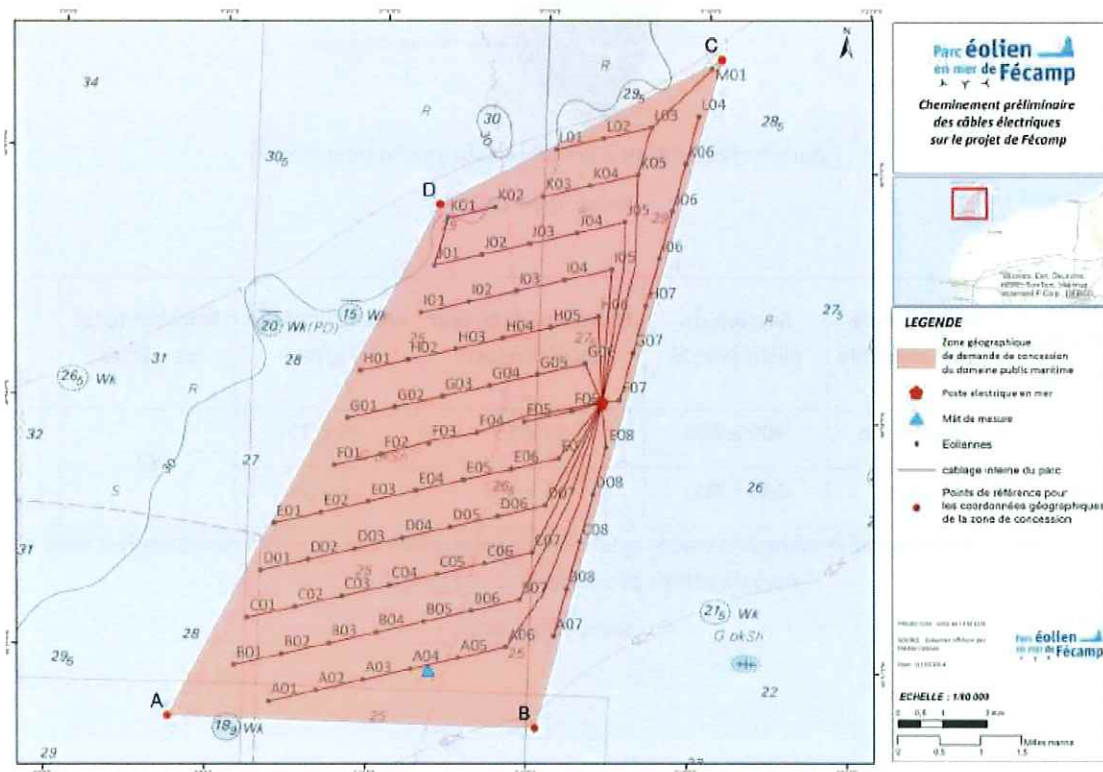


Figure 8 : Cheminement préliminaire des câbles électriques sur le projet de Fécamp

Source : EOHF, 2014

Plusieurs dimensions de câbles peuvent être utilisées en fonction du nombre d'aérogénérateurs qu'ils doivent relier et du matériau sélectionné pour l'âme des conducteurs.

La longueur totale de câble évaluée à ce stade à 134 kilomètres correspond à une longueur de 117 kilomètres installée au sol (représentés sur la carte ci-dessus) et de 100 mètres nécessaires aux remontées de câble dans chaque éolienne et dans le poste électrique.

Chaque câble est constitué de trois conducteurs composés chacun d'une âme en aluminium ou en cuivre, gainée par un matériau hautement isolant, le polyéthylène réticulé (une alternative existe avec l'éthylène-propylène), permettant une utilisation jusqu'à un niveau de tension de 36kV. Une armure extérieure constituée notamment d'une tresse en acier galvanisé, servant à protéger le câble, regroupe les trois conducteurs et un faisceau de fibres optiques pour former un câble d'un seul tenant.

Les fibres optiques permettent de créer un réseau de communication entre les éoliennes et le poste électrique.

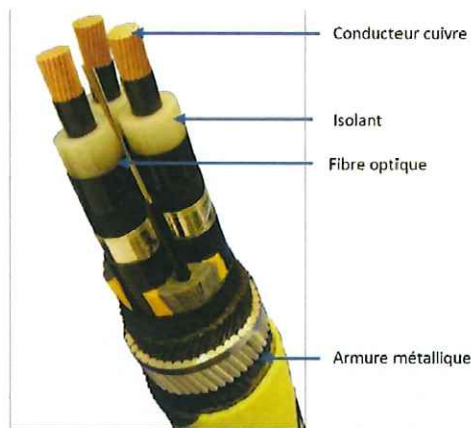


Figure 9 : Illustration d'un câble sous-marin inter-éolien

Source : Draka, 2011

Nb de Conducteurs par câble	Matériau de l'âme du câble	Section du câble (mm ²)	Diamètre extérieur du câble (cm)	Masse linéique (kg/ml)	Nombre total de câbles	Longueur totale de câble (km)
3	Aluminium	400 à 630	14 à 15	25 à 30	83	134
3	Cuivre	630 à 800	15 à 17	40 à 50		

Tableau 5 : Exemple de dimensionnement préliminaire (non validé car soumis à confirmation suite aux investigations géophysiques et géotechniques)

Source : EOHF, 2016

7. Conditions générales d'exécution des travaux d'installation

7.1. Fondations

Les travaux d'installation d'une fondation gravitaire sont chronologiquement les suivants :

1. Préparation du fond marin par la mise en place d'une couche d'assise et son nivellement.
2. Transport de la fondation par remorquage ou chargement sur un navire adapté jusqu'à la zone d'implantation.
3. Positionnement pour immersion et ballastage de la fondation.
4. Mise en place de l'enrochement (protection anti-affouillement).

7.1.1. Préparation du fond marin

La couche d'assise est mise en place à l'aide d'un navire de type « fall pipe vessel » (navires spécifiques pour installer des matériaux sur le sol marin). Ce navire déverse à des endroits précis sur le fond, des roches, granulats, etc.. La surface au sol à préparer est d'environ 4 000 m² par fondation incluant l'emplacement de la protection anti-affouillement. Dans ce cas, la durée nécessaire à la préparation du sol pour une fondation est estimée à cinq jours.

Au niveau de certains emplacements de fondations, les matériaux en place qui n'offrent pas les caractéristiques mécaniques satisfaisantes, sont dragués préalablement à la mise en place de la couche d'assise. Le dragage est réalisé par une drague aspiratrice en marche.

Pour les fondations où cette option est retenue, la surface au sol concernée par l'opération de dragage est comprise entre 4 100 m² et 6 400 m² par fondation pour un volume de dragage pouvant aller au maximum à 15 000 m³ par fondation.

Les sédiments dragués sont déposés dans la concession à environ 300 mètres du lieu de dragage, entre deux alignements d'aérogénérateurs suivant l'axe 255°. Ces dépôts ont une hauteur maximale de 3 mètres et occupent une surface maximale de 15 000 m².

7.1.2. Transport des fondations sur le site

De par sa conception, la fondation pourra être transportée par flottaison ou semi-flottaison depuis la zone de stockage jusqu'au site d'installation. Cependant, afin d'améliorer sa stabilité et sa flottabilité et de faciliter son transport, une structure flottante additionnelle peut être utilisée pendant le remorquage.

Le remorquage pourra être effectué par des remorqueurs de haute mer. Le remorquage se termine quand la fondation est positionnée sommairement au-dessus de sa position au fond de l'eau.

En alternative à la solution proposée ici, le transport pourrait également être effectué par un bateau muni de moyens de levage adapté au transport de ce type de structure.

7.1.3. Mise en place des fondations sur le fond marin

Une fois la fondation sommairement positionnée à la surface, ce positionnement est ajusté par « tensionnement » des différentes lignes de mouillages ou par les remorqueurs.

Une fois la fondation en position, elle est coulée par ballastage liquide, solide ou les deux en fonction de son design. La descente est contrôlée par les treuils fixés sur la structure flottante ou par un ou plusieurs remorqueurs si aucune structure flottante n'existe. L'ouverture de vannes permet également de contrôler la descente.

L'horizontalité est contrôlée après installation. Si l'horizontalité est hors tolérance, une pièce de transition peut être ajoutée en partie haute de la fondation. Elle est installée depuis un navire d'une capacité de levage suffisante.

7.1.4. Enrochement et protection anti-affouillement

L'enrochement (protection anti-affouillement autour de la fondation), fait l'objet d'opérations similaires à la préparation du sol.

7.2. Aérogénérateurs

Les travaux d'installation des aérogénérateurs sont réalisés par un navire auto-élévateur comportant des jambes qui se posent sur le fond marin pour assurer sa stabilité.

Les travaux d'installation des aérogénérateurs sont chronologiquement les suivants :

1. Transport des nacelles et pales (préassemblées ou non) et sections de mâts (préassemblées ou non) par le navire. (plusieurs aérogénérateurs par voyage, suivant la taille du navire et les choix de pré-assemblage ou non des différents composants des aérogénérateurs). Le chargement des aérogénérateurs se fera soit à l'aide de la grue du navire par levage ou par engins multi-roues suivant les moyens et les facilités d'accès au navire disponibles.
2. Positionnement du navire à proximité de la fondation, élévation du navire de plusieurs mètres au-dessus du niveau de l'eau.
3. Assemblage des sections du mât de l'aérogénérateur sur la fondation puis des autres composants de l'aérogénérateur (nacelle et pales).

Une fois un aérogénérateur installé, le navire descend le long de ses jambes jusqu'à être posé sur l'eau, remonte ses jambes jusqu'à ce qu'il puisse naviguer à faible vitesse puis se repositionne à l'emplacement suivant et recommence les opérations d'installation.

7.3. Poste électrique en mer

7.3.1. Plateforme du poste électrique

La plateforme du poste électrique sera transportée en mer par une ou plusieurs barges, jusqu'au site d'installation où elle sera installée soit par une barge auto-élevatrice soit par un bateau grue adapté.

7.3.2. Cas d'une fondation jacket

Si la fondation du poste électrique en mer est une fondation jacket, les travaux d'installation sont chronologiquement les suivants :

1. Transport des composants de la fondation jacket par une ou plusieurs barges ou par un bateau grue, jusqu'au site d'installation.
2. Battage des pieux, d'un diamètre de 1,5 à 3 m, à l'aide d'un marteau hydraulique. Si la profondeur requise ne peut être atteinte par battage, des équipements de forages (d'un diamètre légèrement inférieur à celui du pieu) sont passés par l'intérieur du pieu afin d'arriver à la profondeur désirée par forage. Généralement, le forage s'effectue à l'eau de mer et un système de circulation inverse permet d'évacuer les débris de forage qui se déposent ensuite sur le fond. Une fois le forage terminé, le pieu est battu jusqu'à la profondeur requise (jusqu'à 80 mètres suivant la technique employée et le type de sol rencontré). Par ailleurs, suivant la technique de forage employée, l'utilisation de mortier peut être nécessaire pour figer le pieu.
3. Levage depuis le navire d'installation, pose et fixation de la fondation jacket sur les pieux. La connexion est réalisée par cimentation au niveau des interfaces pieux/jacket.
4. Transport de la plate-forme du poste électrique par une ou plusieurs barges.
5. Levage et pose de la plate-forme sur la fondation par une barge auto-élévatrice ou par un bateau grue. La connexion entre la plate-forme et le jacket est réalisée par soudure.
6. Si nécessaire, mise en place de protections anti-affouillement autour des pieux de la fondation jacket.

7.3.3. Cas d'une fondation gravitaire

Si la fondation du poste électrique en mer est une fondation gravitaire, les travaux d'installation sont similaires à ceux décrits pour les fondations gravitaires des aérogénérateurs.

7.4. Câbles électriques

Les câbles sont transportés et installés à partir d'un navire câblé ; leur installation se décompose en trois opérations :

1. Le tirage du câble jusqu'au sommet de la fondation.
2. La pose du câble sur le fond marin entre deux aérogénérateurs.
3. La protection du câble.

Ces activités peuvent être menées à partir du même navire, voire en parallèle (pour la pose et la protection) selon la méthode retenue. Elles peuvent être également dissociées dans le temps et réalisées à partir de moyens nautiques différents.

Les câbles sont protégés par ensouillage dans le fond marin ou, en cas d'impossibilité, par l'ajout de protections externes.

7.4.1. Installation

Selon la méthode d'installation retenue et la logistique associée, deux solutions principales existent pour le transport des câbles (par voie maritime ou fluviale) :

1. L'installation des câbles à partir d'un navire câblé, d'une capacité de chargement importante (cuve fixe ou carrousel). Le navire peut charger dans son carrousel plusieurs dizaines de kilomètres de câbles en une seule longueur au quai de l'usine de fabrication. Suivant la capacité de chargement, un second voyage pourrait être requis. Considérant la longueur et la masse linéaire des câbles envisagés à ce jour, il ne devrait pas être nécessaire d'effectuer plus de deux voyages.
2. L'installation des câbles à partir de tourets chargés sur le navire. Les tourets peuvent stocker jusqu'à 1 ou 2 câbles par touret. Le navire ou la barge d'installation ne chargeant que quelques tourets à la fois, cette solution requiert une logistique différente. Les tourets seront d'abord transportés du quai de l'usine jusqu'à une aire de stockage près de la base logistique. Par la suite, le navire d'installation effectuera plusieurs allers-retours entre le site et la base logistique pour charger de nouveaux tourets.

7.4.2. Ensouillage / protection des câbles

Suivant le type de couverture sédimentaire (sol crayeux ou surface recouverte de graviers), les différentes méthodes d'ensouillage envisageables sont les suivantes :

- charrue ;
- système hydro jet (aussi appelé « jetting machine ») ;
- trancheuse mécanique à chenille.

Dans les zones où l'ensouillage des câbles est impossible une protection externe (enrochement, matelas de béton ou similaire) est installée.

En l'état actuel des connaissances, il est estimé qu'il sera possible d'ensouiller environ 75 % de la longueur totale des routes de câbles et d'installer une protection externe sur les 25 % restants. A noter que les zones pour lesquelles une protection externe est prévue se concentrent principalement aux abords du poste électrique en mer (les arrivées de câbles étant plus difficiles à traiter dans cette zone) et aux abords des fondations, pour gérer les arrivées et départs des câbles.

8. CALENDRIER

Le calendrier des travaux a été défini avec l'objectif d'une mise en service progressive du parc éolien en mer au large de Fécamp, conformément aux exigences du cahier des charges de l'appel d'offres du 11 juillet 2011.

La durée de la concession d'utilisation du domaine public maritime est indiquée dans la convention (article 1-3).

8.1. Construction du parc éolien en mer au large de Fécamp

L'installation des équipements en mer pourrait démarrer environ 2 ans après le démarrage des travaux à terre, et durer 2 à 3 ans suivant les conditions météorologiques.

Planning :

Les éléments de planning présentés sont fondés sur l'hypothèse de travail de 7 jours travaillés par semaine, 24h/24, afin d'optimiser l'avancée du chantier lorsque les conditions météo-océaniques sont favorables.

Le chantier durera approximativement entre 24 et 36 mois suivant les conditions météorologiques et les disponibilités des engins d'installation.

Voici ci-après le calendrier indicatif pour l'ensemble des opérations dans le cas d'un chantier de 24 mois :

Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Fondation																									
Câbles																									
Poste en mer																									
Eoliennes																									

Tableau 6 : Planning indicatif pour l'ensemble des opérations

Source : EOHF 2014

Le pétitionnaire fournira aux autorités concernées le calendrier actualisé des travaux dans les conditions prévues à la convention, notamment aux articles 3-2, 3-3 et 3-4.

8.2. Démarrage progressif de l'exploitation

L'exploitation du parc devrait démarrer progressivement avec jusqu'à 3 tranches mises en service successivement. La durée d'exploitation envisagée pour le parc éolien en mer est de 25 ans. À l'issue de la période d'exploitation, le parc éolien en mer sera démantelé et le site remis en état dans les conditions prévues par la convention, le présent dossier des précisions techniques, et suivant les autorisations éventuellement nécessaires à ce démantèlement.

9. MAINTENANCE

9.1. Activités de maintenance sur site

9.1.1. Maintenance courante

La maintenance courante, qui privilégie les interventions diurnes, regroupe les activités de maintenance préventive (entretien) et corrective (dépannages) qui sont réalisées par les équipes de maintenance localisées sur la base portuaire de Fécamp.

9.1.2. Maintenance des équipements émergés

La maintenance préventive est de périodicité annuelle et requiert une intervention de plusieurs jours par éolienne impliquant une activité quasi continue tout au long de l'année tandis que la maintenance corrective est par nature de périodicité et de durée indéfinie.

Les matériels à entretenir sont les éoliennes, les matériels auxiliaires localisés sur les fondations (entretien et dépannage des grues et des dispositifs de refroidissement), la fondation elle-même (protection anticorrosion, peinture et anodes, nettoyage des échelles) ainsi que la sous-station en mer (entretien des structures, entretien et dépannage des matériels électriques, entretien et dépannage des matériels auxiliaires).

Les techniciens, basés à terre, sont transférés quotidiennement sur le parc si les conditions météo-océaniques le permettent, soit par bateau soit par hélicoptère.

Les navires de transfert opèrent depuis la base portuaire de Fécamp tandis que l'hélicoptère opère depuis une ou des base(s) aéroportuaire(s) et éventuellement une ou des hélisurface(s), encore à définir.

Du matériel est généralement transporté sur site depuis la base de maintenance : pièces détachées (jusqu'à 2 t environ), outillages et consommables incluant lubrifiants, liquides de nettoyage, de refroidissement, peinture, etc.

9.1.3. Inspection des équipements sous-marins

Des inspections sous-marines sont effectuées par des navires de reconnaissance pour contrôler l'état de la protection anti-affouillement des fondations, de la protection et de l'ensouillage des câbles. L'intervention de plongeurs n'est prévue que de manière exceptionnelle ; les interventions depuis la surface ou le cas échéant l'intervention de ROV (*remotely operated vehicle*, véhicules sous-marins téléguidés) étant privilégiées.

9.1.4. Suivi de l'évolution des fonds et de la bathymétrie en vue de surveiller la bonne protection des câbles

Cet article complète et précise les modalités fixées par l'article 3-6 2 de la convention.

Ce suivi a pour objectif de surveiller la bonne protection des câbles ;

Dans un objectif de comparaison des résultats, les Paramètres, Protocoles, Indicateurs de mise en œuvre, Indicateurs de résultats sont ceux de la mesure de suivi environnemental MSu10.

Périodicité et échantillonnage :

- avant la construction afin d'établir l'état initial avant travaux (l'état de référence a été établi en octobre 2013) : ensemble de la concession + tampon de 500 m en périphérie ;
- un an après la mise en exploitation du parc afin de suivre l'évolution des fonds suite aux travaux et de vérifier le bon ensouillage des câbles inter-éoliennes : ensemble de la concession + tampon de 500 m en périphérie ;
- une seconde campagne de reconnaissance de la position et de l'enfouissement des câbles inter-éoliennes est menée dans un délai de douze (12) mois après la première campagne si les conclusions le nécessitent.
- 5 ans après la mise en service puis tous les 5 ans, suivi des routes de câbles pour en contrôler l'ensouillage ;
- suivi complémentaire en cas d'événement exceptionnel (tempête cinquantennale par exemple),

Paramètres :

Évolution de la morphologie des fonds et de la bathymétrie par prospection hydrographique.

Protocole :

Cartographie par écho-sondeur multi-faisceaux et par sonar à balayage latéral.

Les protocoles sont identiques à ceux mis en œuvre au cours de la campagne initiale décrits dans le chapitre 6.1 du fascicule B1 de l'étude d'impact.

Indicateurs de mise en œuvre :

Réalisation du suivi

Indicateurs de résultats :

Rapports de suivi, comportant notamment :

- la carte des routes de câbles ;
- la carte en isobathes (équidistance 0,5 m) ;
- la carte morpho-sédimentaire ;
- la carte des différentiels bathymétriques et des différentiels sédimentaires.

9.2. Maintenance lourde

La maintenance lourde regroupe les activités qui nécessitent l'intervention de moyens maritimes dédiés. Elle regroupe les remplacements de composants majeurs sur les turbines avec intervention de moyens de levage lourds, les remplacements de composants lourds du poste électrique en mer (en principe peu fréquents) et les éventuelles interventions sous-marines de la protection anti-affouillement, les câbles ou leur protection.

Les moyens logistiques mis en œuvre sont principalement des navires ou barges auto-élévateurs disposant de moyens de levage lourds, des navires d'approvisionnement, des barges pour le transport de colis lourds et les moyens associés aux opérations de pose de câbles. Pour la description de ces moyens logistiques, il convient de se référer à la description de la phase d'installation et de démantèlement.

La logistique lourde est en principe déployée depuis un grand port, à l'exception éventuelle de certains transferts de personnels qui peuvent être effectués depuis la base de maintenance, générant un accroissement ponctuel du

trafic de navires de transfert entre le port de Fécamp et le parc. Les opérations de maintenance lourde se déroulent en continu de nuit et de jour lorsque les conditions météorologiques le permettent.

9.3. Moyens logistiques et de supervision

La base de maintenance du parc éolien est implantée sur l'avant-port de Fécamp.

Deux à trois navires y sont localisés pour les opérations de maintenance du parc éolien. Ces moyens sont également mobilisés en cas d'incident ou d'accident. Ils peuvent rejoindre le parc en moins d'une heure.

Le centre de supervision du parc éolien est opérationnel en continu pour assurer en permanence la conduite du parc, répondre à l'apparition de défauts de fonctionnement, gérer et surveiller les accès aux infrastructures.

Le parc éolien est équipé de 2 radars de surveillance maritime, d'une caméra panoramique et d'une caméra contrôlable à distance. Ces équipements de surveillance sont reliés à la base de maintenance et au centre de supervision, dans des conditions qui sont plus précisément décrits dans la partie sécurité maritime.

9.3.1. Les navires

Deux à trois navires seront utilisés pour les déplacements des techniciens chargés des opérations d'exploitation et de maintenance sur les éoliennes et le poste électrique. Ces navires pourront également être utilisés pour le transport des techniciens lors de la construction du parc.

Les navires seront des catamarans ou monocoques d'une vingtaine à une trentaine de mètres de longueur hors-tout qui permettront le transport de 12 passagers (4 équipes de 3 techniciens) à une vitesse de croisière supérieure à 20 nœuds si les conditions météo-océaniques le permettent. Ils seront basés dans le port de Fécamp, près de la base de maintenance.

Le centre du parc étant à environ 17 kilomètres du port, une durée de moins d'une heure sera nécessaire pour atteindre le parc.

La proue des navires sera équipée de défenses permettant le transfert direct des techniciens sur l'échelle du système d'accostage. Les conditions météo-océaniques devront permettre un transfert sûr des techniciens sur les éoliennes ou le poste électrique en mer.

Les navires disposeront d'une surface permanente sur le pont à l'avant du navire pour du matériel nécessaire aux opérations de maintenance. Les grues sur les plateformes seront utilisées pour transférer le matériel depuis le pont des navires sur ces plateformes.

Pour la maintenance courante, de 1 à 3 navires de transfert seront utilisés ensemble en moyenne 300 jours par an en effectuant chacun de 1 à 2 allers-retours par jour. Le nombre de rotations cumulées de l'ensemble des bateaux est estimé de l'ordre de 600 à 1200/an.

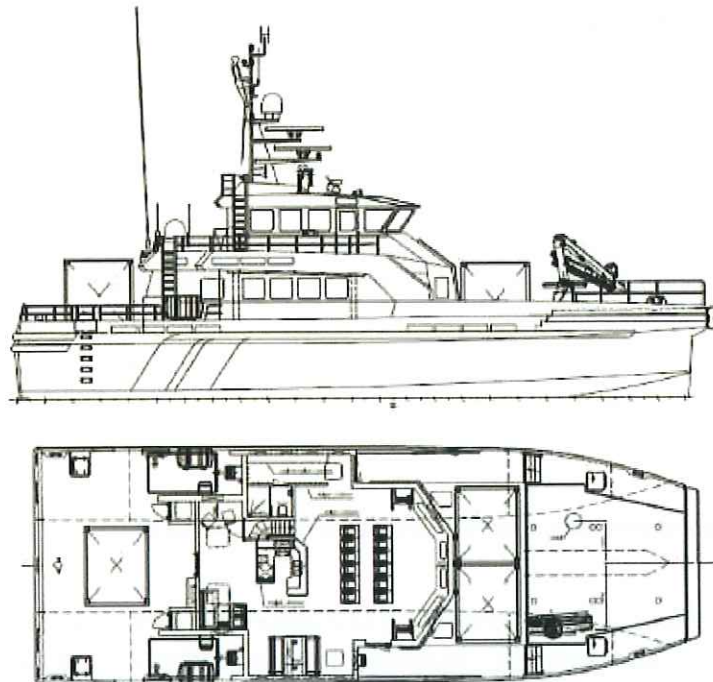


Figure 10 : Plan d'aménagement du Windcat MK 4.2

Source : EOHF, 2014

9.3.2. Hélicoptères

En cas de mauvais temps rendant impossible le transfert des équipes par navire et si la visibilité le permet, un hélicoptère d'une capacité de 3 passagers sera utilisé pour les interventions de maintenance corrective. Les accès des techniciens aux éoliennes ou à la sous-station seront assurés par treuillage.

Le temps de vol entre l'héliport et le centre du parc sera d'une quinzaine de minutes, avec une vitesse de croisière de 130 nœuds.

Si nécessaire, l'hélicoptère effectuera plusieurs allers-retours entre l'héliport et le parc (de 2 à 6 allers-retours par jour). Il est estimé que l'hélicoptère sera utilisé en moyenne 75 jours par an, l'utilisation de moyens nautiques étant privilégiée.

Sous réserve de validation technique et d'obtention des autorisations nécessaires, l'hélicoptère pourra ponctuellement être appelé à se poser pour le chargement de colis et de personnel sur une hélisurface à proximité de la base de maintenance.

La ou les base(s) aéroportuaire(s) n'est (ne sont) pas encore connue(s). Le plan de vol dépendra de la localisation de cette base, mais aussi des autorisations spécifiques à obtenir.

10. SECURITE MARITIME

Conformément à l'article 3-6 de la convention, sauf indication contraire, les mesures prévues (fourniture, installation et maintenance en état opérationnel des équipements évoquées, fonctionnement, démarches) sont à la charge financière et sous la responsabilité du concessionnaire.

Conformément au 2-1 de la convention, les mesures qui lui sont prescrites par les autorités compétentes visant la conservation du domaine public maritime, la sécurité maritime et la signalisation maritime n'ouvrent droit à aucune indemnité.

Pour toutes opérations en mer, d'installation, de maintenance, de réparation et de démantèlement avec des navires ou hélicoptères, les autorités maritimes devront être informées selon les procédures en vigueur et arrêtées avec le pétitionnaire.

10.1. Information des autorités et des usagers de la mer

Pour chaque phase de travaux toutes les dispositions sont prises par le pétitionnaire pour porter à la connaissance des navigateurs et des administrations concernées, les caractéristiques de l'opération (date du chantier, localisation du chantier, signalisation mise en place...).

Le concessionnaire transmettra aux autorités compétentes les éléments pour que les usagers de la mer et de l'espace aérien sus-jacent soient prévenus par l'émission d'AVURNAV, de NOTAM et de MILNOTAM.

Le concessionnaire se conformera d'une façon générale aux prescriptions du préfet maritime de la Manche et de la mer du Nord. En effet, le présent dossier de précisions techniques ne préjuge pas de prescriptions ultérieures que pourraient prendre le Préfet Maritime de la « Manche et de la Mer-du-Nord ». Pendant les phases de travaux et à leur clôture, les modifications des caractéristiques des obstacles engageant l'espace aérien seront transmises par le concessionnaire aux services compétents de la DGAC et de la circulation aérienne militaire et aux autorités maritimes pour la mise à jour de la documentation aéronautique et maritime.

Il sera également porté à l'attention de l'administration concernées et des usagers de la mer la limite basse de l'extrémité des pales en position verticale au-dessus des PHMA1 (à préciser ultérieurement par l'exploitant).

10.2. Transmission des données

Les dispositions pour la transmission des données sont définies à l'article 2-1 3 de la convention, sans préjudice de la mise en œuvre éventuelle par le concessionnaire des dispositions réglementaires en vigueur, notamment au titre du code de l'environnement, du code de la défense et du code minier, dont il informera le gestionnaire du domaine public maritime et le préfet maritime.

10.3. Phase d'installation

Le pétitionnaire prend toute mesure pour assurer la sécurité du chantier en mer. Il procède notamment au balisage des zones de chantier conformément aux prescriptions des services de l'État compétents.

10.3.1. Phasage

Conformément à l'article 3-3 de la convention, le phasage prévisionnel des travaux sera transmis au moins 6 mois avant le début des travaux en mer afin de permettre l'organisation de commissions nautiques puis la prise des arrêtés par le préfet maritime de la Manche et de la mer du Nord, les éventuelles décisions concernant l'aide à la navigation par la Direction des Affaires maritime, ainsi que la modification de la partie sécurité maritime du présent dossier de précisions techniques.

Les points en suspens seront précisés et notamment :

- la nature des fondations retenues pour le poste électrique en mer,
- les techniques utilisées pour la pose et la protection des câbles

10.3.2. Balisage

Le balisage pendant la phase d'installation sera défini sur la base d'éléments plus précis transmis par le concessionnaire au minimum 6 mois avant le démarrage des travaux en mer. Sauf mention ultérieure de réglementation, le balisage devra être conforme à la recommandation O-139 de l'AISM.

Il tiendra compte de la note technique du 11 juillet 2016 relative aux mesures de sécurité maritime applicables à la planification d'un champ éolien en mer et de la décision ministérielle du 13 février 2017 relative au balisage d'un champ éolien au large de Fécamp.

Les modifications et les précisions feront l'objet d'une actualisation du présent cahier des prescriptions techniques. Sous réserve de l'éventuel avis des commissions nautiques avant travaux susvisés, et des arrêtés du préfet maritime de la Manche et de la mer du Nord, et des prescriptions de la Direction des Affaires Maritimes, les principes suivants s'appliqueront :

- Chaque fondation est peinte en jaune (couleur marque spéciale) et équipée d'un feu compact autonome d'une portée de l'ordre d' 1 mille, caractère marque spéciale FI Y (2,5s), c'est-à-dire jaune à éclat régulier d'un période de 2,5s.
- Balisage par enveloppe, tout obstacle dépassant l'enveloppe des 3 Nq devant être considéré comme un obstacle isolé et marqué en conséquence et en privilégiant une approche d'activité par secteurs géographiques.

Poste électrique

Le poste électrique en mer sera mis en place avant les éoliennes. Il devra donc être balisé, dès la phase construction.

Durant la phase d'installation du parc, conformément à la recommandation O-139 de l'Association Internationale de Signalisation Maritime, il sera considéré comme une structure individuelle. Il sera donc signalé par des feux blancs, rythmés suivant la lettre morse « U » avec une période maximale de 15 secondes, de portée 10 MN, visibles sur tout l'horizon.

Bouée cardinale

Le concessionnaire installera, et maintiendra en conditions opérationnelles pendant la phase d'installation, une bouée cardinale Ouest à 2 MN comptés à partir de l'éolienne K01 la plus Nord-Ouest du champ éolien.

10.3.3. Mise en place de navires de surveillance et de coordination (MR8), définition des règles de circulation maritime dans le parc éolien pendant la phase d'installation

Le concessionnaire se conformera aux prescriptions du préfet maritime de la Manche et de la mer du Nord.

Il sera notamment prévu des navires de surveillance et de coordination.

Ces navires patrouilleront sur le plan d'eau et s'assureront que les arrêtés de la préfecture maritime de la Manche et de la mer du Nord, relayés par des avis aux navigateurs sont respectés, notamment les distances avec les navires en opération, les zones d'exclusion, les exclusions d'usage. Ils seront en lien permanent avec les autorités en charge de la sécurité du plan d'eau.

Equipés de tous les moyens de communication nécessaires, de personnels francophones et de personnels anglophones, ils prendront également contact avec les navires du plan d'eau pour rappeler les règles de sécurité applicables à la zone (prévention).

Ces navires ne sont pas dépositaire de l'autorité publique. Ils ne peuvent intervenir qu'en prévention et en sécurisation du chantier en mer. En cas de manquement aux arrêtés de la préfecture maritime de la Manche et de la mer du Nord relayés par avis aux navigateurs, ces navires devront prévenir via les moyens de communication adéquat (VHF-téléphone) les services du COM Cherbourg, de la préfecture maritime ou en cas d'urgence le CROSS Gris-Nez.

Coordination du trafic maritime sur le chantier de construction du parc éolien en mer et de la liaison électrique

Une mesure de réduction intitulée « coordination du trafic maritime sur le chantier de construction du parc éolien en mer et de la liaison électrique » est prévue à l'échelle du programme constitué par le parc éolien en mer de Fécamp et son raccordement au réseau de transport d'électricité.

Elle consiste à la mise en place par EOHF (Éoliennes Offshore des Hautes Falaises) et RTE (Réseau du Transport de l'Électricité) d'une concertation et d'une organisation préalable de leurs opérations maritimes, afin de limiter la gêne occasionnée au trafic maritime et de réduire les risques de collision lors de la construction du parc éolien en mer et de la liaison électrique sous-marine.

10.4. Phase d'exploitation

10.4.1. Balisage maritime

Les aérogénérateurs, le mât de mesure et le poste électrique sont signalés par des balisages conformes aux réglementations de la navigation maritime et aux recommandations de l'AIMS.

Il tient compte de la note technique du 11 juillet 2016 relative aux mesures de sécurité maritime applicables à la planification d'un champ éolien en mer.

Il est précisé par la « décision ministérielle du 13 février 2017 relative au balisage d'un champ éolien au large de Fécamp » (notamment concernant les rythmes¹) et sera confirmé sur la base du bilan 1 an après la mise en service.

Deux recommandations de l'Association Internationale de Signalisation Maritime (AISM) sont applicables au balisage des parcs éoliens :

- la recommandation AISM O-139 sur la signalisation des structures artificielles en mer ;
- la recommandation E-110 sur les caractères rythmiques des feux d'aide à la navigation.

Il en résultera :

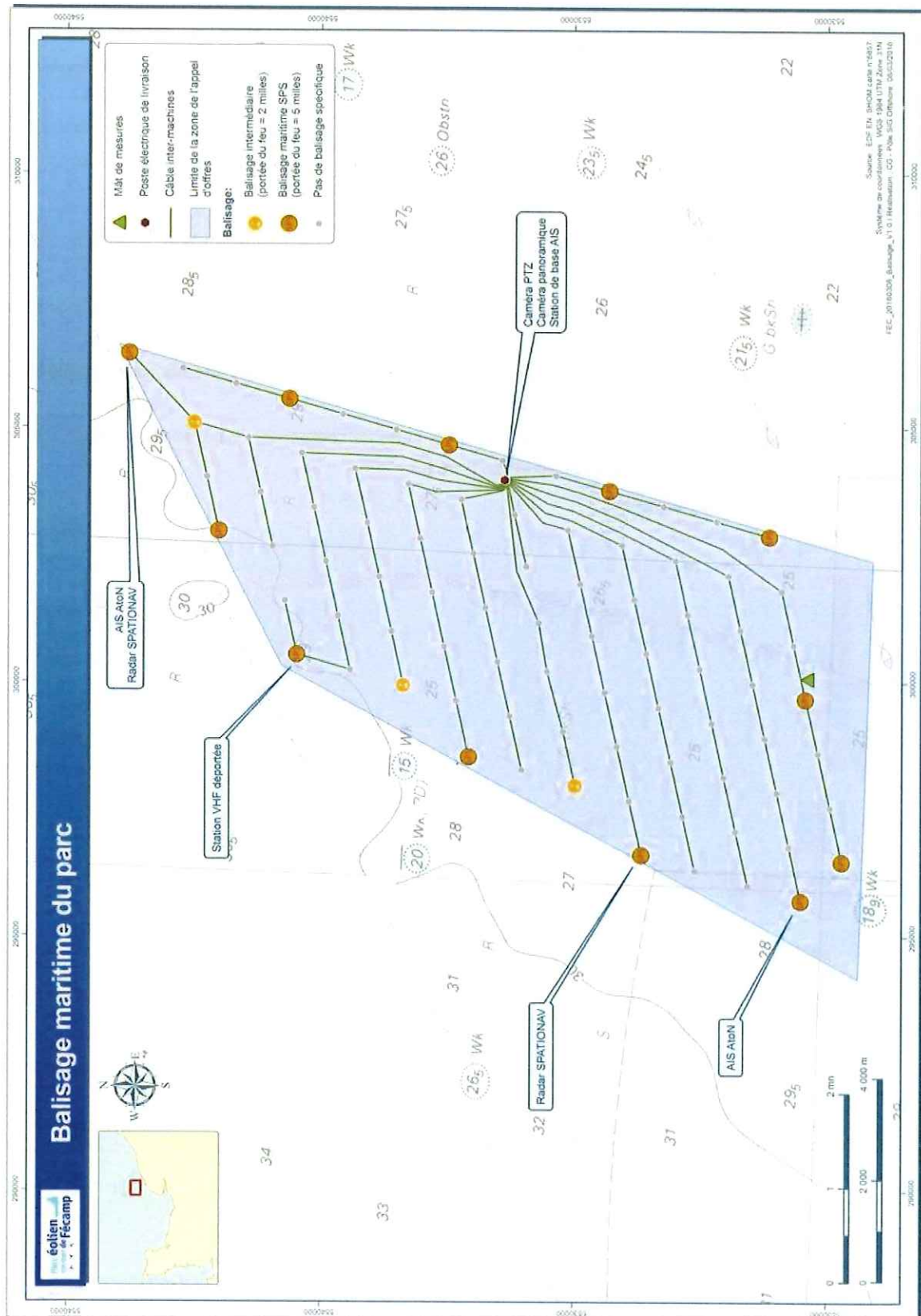
- le marquage SPS (portée 5 Nq) des 12 éoliennes situées en périphérie du parc : les feux SPS seront synchronisés entre eux ;
- le marquage SPI (portée 2 Nq) de 3 éoliennes situées en périphérie : les feux SPI seront synchronisés entre eux, mais asynchrones avec les feux SPS.

Les rythmes retenus pour chacune de ces catégories de marques SPS et SPI devront être notablement différents de ceux de la signalisation maritime déjà existante dans le secteur.

La portée du balisage de l'éolienne K01 sera portée à 14 Nq afin de compenser le possible masquage créé par le parc éolien sur le phare d'Antifer dans les directions à préciser.

Le schéma en résultant est le suivant :

¹ Le service des Phares et Balises déterminera les rythmes et synchronisations des feux en recherchant si possible une harmonisation au niveau de l'ensemble des champs éoliens ;



Fondations

Les fondations seront marquées individuellement de jour comme de nuit.

Conformément à la recommandation O-139 de l'AIMS, les pièces de transition des fondations seront peintes en jaune jusqu'à 15 m au-dessus des plus hautes mers astronomiques (PHMA) ou jusqu'au niveau de l'aide à la navigation (voir le point relatif aux équipements spécifiques de signalisation maritime ci-dessous) selon la hauteur qui est la plus grande.

Conformément à la recommandation O-139 de l'Association Internationale de Signalisation Maritime, chaque fondation d'éolienne arborera la référence de la structure (une lettre et deux chiffres). Ces caractères mesureront au moins 1 mètre de hauteur et seront de couleur noire sur fond jaune, visibles de toutes les directions, de jour comme de nuit.

De plus, sur la plateforme de l'éolienne, des panneaux d'identification éclairés arboreront ces caractères en jaune, sur fond noir. Ils seront installés sur les rambardes de la plateforme et visibles de toutes les directions, de jour comme de nuit.

Signalisation sonore

La mesure de réduction MR5 « mise en place d'un dispositif de signalisation sonore du parc », proposée par le pétitionnaire, n'est pas retenue, car elle n'a pas reçu l'aval de la Grande Commission Nautique.

Balisage aérien

Les aérogénérateurs, le mât de mesure et le poste électrique sont signalés par des balisages conformes aux réglementations de l'aviation civile, et tenant compte du balisage maritime.

Le concessionnaire équipe les obstacles d'un balisage diurne et nocturne en application de l'arrêté du 25 juillet 1980 relatif aux installations dont l'établissement est à l'extérieur des zones grevées de servitudes de dégagement.

La réglementation en vigueur pour le balisage aérien de jour et de nuit est l'arrêté du 13 novembre 2009 relatif à la « réalisation du balisage des éoliennes situées en dehors des zones grevées de servitude aéronautiques » (NOR : DEVA0917931A).

Le balisage consiste en des feux d'obstacles à éclats ou fixes, blancs ou rouge, de moyenne à basse intensité visibles à 360°.

Le balisage (et plus particulièrement l'intensité des feux) sera précisé suite à une expérimentation sur le mât de mesure, au large de Fécamp, sous la responsabilité de l'Etat.

Le concessionnaire respectera les modalités déclaratives avant travaux aux autorités aériennes civiles et militaires qui lui échoient, à défaut desquelles sa responsabilité pénale serait engagée en cas de collision avec un aéronef. Il s'assurera de leur évolution éventuelle depuis les avis rendus par ces autorités dans le cadre de l'instruction de la présente concession d'utilisation du domaine public maritime.

- l'avis de la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC) / Service Technique de l'aviation civile en date du 2 avril 2015 ;
- l'avis de la Direction de la sécurité aéronautique de l'état / Direction de la circulation aérienne militaire / Sous direction régionale de la circulation aérienne militaire Nord (DSAé/DIRCAM/SDRCAM Nord) en date du 21 avril 2015 ;

Pales

Il sera prévu un marquage en peinture rouge des extrémités des pales pour apporter une aide visuelle aux pilotes d'hélicoptères en approche conformément aux prescriptions des autorités maritimes intéressées.

Mât et pales

Les éoliennes installées en mer seront de couleur blanche (RAL 7035), conformément aux dispositions de l'arrêté du 13 novembre 2009 relatif à la réalisation du balisage des éoliennes situées en dehors des zones grevées de servitudes aéronautiques.

10.4.2. Mesures d'exploitation pendant les opérations de sauvetage ou de maintenance

Considérant les particularités d'un hélicoptère sur une nacelle l'exploitation garantira dans ce cas de figure :

- le blocage des pales dans le lit du vent (axe du rotor à 90° du vent, pales en drapeau dans l'axe du vent et en position Y).
- un éclairage à intensité réglable (coupure si nécessaire) et d'une capacité VHF au niveau de la nacelle.
- toute autre mise à disposition technique de l'éolienne selon les prescriptions des autorités maritimes et militaires intéressées et effectuant les opérations de sauvetages.

10.4.3. Couplage des signalisations lumineuses aériennes & maritimes

Le balisage aérien sera adapté au balisage maritime mis en place sur le parc.

En effet, l'arrêté du 13 novembre 2009 prévoit que le balisage aérien des éoliennes côtières ou installées en mer ne doit pas interférer avec le balisage maritime.

10.4.4. Mesures de réduction, de compensation des impacts du projet sur la sécurité maritime

Renforcement des moyens d'aide à la navigation électronique (MR4)

En attente de retour d'expérience à l'issue de la mise en exploitation des premières éoliennes, en plus du balisage optique spécifique prévu par la réglementation, il sera ajouté sur 2 éoliennes (B01 et M01) situées en périphérie du parc des moyens d'aide à la navigation électronique de type AIS AtoN (Aid to Navigation).

Les normes techniques et de performance pour les aides à la navigation (AtoN) maritimes sont fixées par l'Association Internationale de Signalisation Maritime (AISM).

Les dispositifs d'aide à la navigation « AtoN » utilisées pour baliser le parc éolien sont maintenus de manière à assurer les standards de disponibilité prévus par la recommandation O139 de l'AISM, soit 99% pour une marque de catégorie 2.

Le balisage du parc éolien par des systèmes d'identification automatique « AIS » appliqué à la signalisation maritime « AtoN » a pour but de marquer le parc éolien de façon distinctive pour tout navire équipé des moyens de réception *ad hoc* (AIS) s'approchant du parc et provenant de n'importe quelle direction .

Sauf décision contraire il sera maintenu pendant les phases installation, exploitation et démantèlement.

Indicateurs de mise en œuvre de la mesure : Test des équipements dès leur mise en place

Indicateurs de résultats de la mesure : Signal perçu conforme à la position du parc éolien

Mise en place d'un dispositif de surveillance vidéo en continu (MR6)

Il sera installé au plus tôt pour assurer la surveillance optique du parc, 2 caméras sur le toit du poste de transformation électrique, connectées au centre de contrôle du parc :

- une caméra panoramique infrarouge,
- et une caméra « Pan Tilt Zoom »* (PTZ), dont le contrôle à distance peut être transféré au CROSS Gris Nez ou sémaphore en cas d'opérations de secours maritime à l'intérieur du parc notamment..

* équipement optronique monté sur tourelle (pointage azimut et élévation, et ajustement du facteur de zoom). C'est une caméra jour/nuit dans le spectre visible et infrarouge, opérable à distance depuis le centre de contrôle du parc.

Chaque caméra sera connectée au centre de contrôle et de supervision. L'implantation de ces moyens sur le toit du poste de transformation électrique devra être optimisée en fonction de la géométrie du parc éolien.

Les données (image vidéo) devront pouvoir être mises à disposition des sémaphores et/ou du CROSS en temps réel. Pour les besoins de l'exploitation et de la maintenance du parc, l'orientation de la caméra jour/nuit sera commandée en temps normal à partir du centre d'exploitation.

Sur requête du préfet maritime, dans le cadre de procédures d'urgence et selon des modalités pratiques à définir avec le préfet maritime, le contrôle de l'orientation de cette caméra devra pouvoir être transféré au CROSS ou à un sémaphore désigné. Les organismes destinataires de ces moyens devront être en capacité de les recevoir

Indicateurs de mise en œuvre de la mesure : Des exercices permettant d'évaluer la vitesse à laquelle les opérateurs du centre de monitoring repèrent un navire au sein du parc sont mis en place

Indicateurs de résultats : Réussite des exercices

Définition des règles de : navigation aux abords du parc, usages particuliers à l'intérieur du parc, règles de pêche au sein du parc, de circulation maritime dans le parc éolien pendant la phase d'exploitation, définition des mesures d'exploitation pour les opérations de secours en mer, moyens de surveillance et de coordination

Le concessionnaire se conformera aux prescriptions du préfet maritime de la Manche et de la mer du Nord. En effet, l'arrêté du présent dossier de précisions techniques ne préjuge pas de prescriptions complémentaires ultérieures que pourraient prendre le Préfet Maritime de la « Manche et de la Mer-du-Nord ».

Mise en place de deux radars de surveillance maritime déportés sur le parc (MC1)

Le concessionnaire réalise les mesures compensatoires de l'impact sur les missions de la chaîne sémaphorique prévues par le cahier des charges de l'appel d'offres. Dans ce cadre, cette mesure permettra de compenser les effets occasionnés (effets d'ombre, de réflexion et de « désensibilisation » du signal radar) sur les radars de surveillance maritime à terre (celui du sémaphore de Fécamp notamment).

Le concessionnaire installera et maintiendra en conditions opérationnelles deux nouveaux radars de surveillance maritime déportés en mer sur le parc pendant la durée de vie du parc. Le positionnement envisagé est un radar sur l'éolienne M01 et un second sur l'éolienne E01.

Le signal sera rapatrié à terre et intégrable au système SPATIONAV et mis à disposition du sémaphore le plus proche, afin que l'information fournie par ces nouveaux radars soit mise à la disposition du CROSS Gris Nez et du sémaphore de Fécamp.

Cette mesure est complétée par des actions de formation du personnel opérateur des centres de surveillance du trafic maritime locaux pour leur permettre de connaître les divers impacts qu'un parc éolien peut entraîner sur les systèmes de surveillance et sur les instruments de navigation à bord des navires, de corriger les réglages d'acquisition de leur matériels pour l'adapter au mieux aux conditions du milieu modifié.

Il sera maintenu pendant toute la phase d'exploitation du parc.

Indicateurs de mise en œuvre de la mesure : Test des équipements dès leur mise en place

Indicateurs de résultats de la mesure : Résultats conformes et cohérents avec les résultats radars existant actuellement

Station VHF

Afin de garantir les obligations de l'Etat français en matière d'écoute des fréquences de détresse et de sécurité des navires qui seraient situés au-delà du parc, et conformément au courrier du préfet maritime de la Manche et de la mer du Nord n°2-50518-2014/PREMAR MANCHE/AEM/NP du 17 décembre 2014, et au courrier de la directrice des affaires maritimes n° 243-14 du 3 novembre 2014 qui lui est annexé, une station VHF d'appoint sera installée au sein du parc éolien pendant une durée de 1 an afin de conduire une étude spécifique sur d'éventuelles perturbations des ondes radio VHF par celui-ci. Elle sera mise à disposition par la direction des affaires maritimes.

Le concessionnaire procédera à son intégration et à son installation.

En cas de perturbations avérées par une expertise indépendante, le concessionnaire prendra la charge financière et la responsabilité de son maintien opérationnel pérenne.

10.4.5. Suivi des mesures et des moyens liés à la sécurité maritime (MSu11)

Ce suivi a pour objectif de s'assurer de l'efficacité des nouveaux moyens et systèmes de surveillance maritimes mis en place. Il comprend :

Campagne d'essais radars et moyens de communication en mer :

- Mesure (par un organisme indépendant) des impacts résiduels des éoliennes sur les radars de surveillance du trafic maritime une fois que les radars du parc seront connectés au système SPATIONAV.
- Mesure (par un organisme indépendant) des impacts résiduels des éoliennes sur les radars embarqués
- Test de la qualité des communications navires/terre et navires/navires aux abords du parc dès sa mise en service.

Périodicité :

- Campagnes d'essais en mer pendant la 1ère année suivant la mise en exploitation du parc ;
- Bilans annuels d'efficacité des équipements adressés à la préfecture maritime.

Un an après la fin des travaux, le porteur de projet devra adresser au préfet maritime un bilan de l'efficacité des mesures liées à la surveillance et à la sécurité maritime.

Exercices de sécurité maritime :

Test régulier du dispositif de surveillance du parc lors d'exercices de secours et d'assistance maritimes organisés conjointement avec la préfecture maritime, le CROSS

Périodicité :

- Définie conjointement avec la préfecture maritime et le CROSS.

Responsable de la mesure : Pétitionnaire en lien avec les autorités en charge de la sécurité maritime (notamment le CROSS)

Indicateurs de mise en œuvre de la mesure : Transmission des dates de missions à l'administration

Indicateurs de résultats de la mesure : Transmission des rapports d'essais et d'exercices

10.5. Phase de démantèlement

Le plan de démantèlement du parc sera soumis aux services de l'État en charge de la gestion du balisage maritime deux ans avant la fin de son exploitation.

11. SUIVI DU PROJET ET DE SON EFFET SUR L'ENVIRONNEMENT

11.1. Comité de suivi, comité scientifique et programme de suivi environnemental

Les modalités concernant le comité de suivi, le comité scientifique et le l'établissement du programme de suivi sont définies à l'arrêté, éventuellement modifié, du 5 avril 2016 autorisant, au titre de l'article L214-3 du code de l'environnement, l'aménagement et l'exploitation d'un parc éolien en mer au large de Fécamp, au bénéfice de la société Éoliennes Offshore des Hautes Falaises (EOHF).

11.2. Mesures d'évitement, de réduction et de compensation

Les tableaux ci-dessous rappellent l'intégralité des mesures d'évitement, de réduction, de compensation et d'accompagnement. Les mesures qui ne sont pas détaillées dans le présent dossier de précisions techniques le sont dans l'arrêté, éventuellement modifié, du 5 avril 2016 autorisant, au titre de l'article L214-3 du code de l'environnement, l'aménagement et l'exploitation d'un parc éolien en mer au large de Fécamp, au bénéfice de la société Éoliennes Offshore des Hautes Falaises (EOHF).

11.2.1. Mesures d'évitement :

ME1	Implantation éloignée du littoral Alignement des éoliennes suivant un axe de 13,6° Alignement des éoliennes suivant un axe de 255° Espacement suffisant entre éoliennes
ME2	Minimiser le nombre d'éoliennes sur le parc par une optimisation de leur puissance
ME3	Tracé des câbles (suivant les lignes de courant)
ME4	Ensouillement et/ou protection des câbles inter-éoliennes
ME5	Mise en place de protection anti-affouillement sur les fondations
ME6	Mise à disposition de kit anti-pollution pendant les travaux et l'exploitation
ME7	En cas de battage (fondation de la station en mer), mise en place d'un protocole de surveillance durant la phase de battage

11.2.2. Mesure de réduction :

MR 1	Utilisation de matériau de nivellement et de couche filtre contenant moins de 10 % de particules fines
MR 2	Effarouchement des mammifères marins et démarrage progressif du battage
MR 3	Adaptation de l'altitude de vol des hélicoptères
MR4	Renforcement des moyens d'aide à la navigation électronique
MR5	Mesure non retenue, car n'ayant pas reçu l'aval de la Grande Commission Nautique « Mise en place d'un dispositif de signalisation sonore du parc »
MR6	Mise en place d'un dispositif de surveillance vidéo en continu
MR7	Réduction de l'attractivité nocturne du parc éolien
MR8	Mise en place de navires de surveillance et de coordination

11.2.3. Mesure de compensation :

MC1	Mise en place de deux radars de surveillance maritime déportés sur le parc
------------	--

11.2.4. Mesures d'accompagnement :

MAc1	Actions de sensibilisation du public sur les problématiques « Oiseaux marins »
MAc2	Préservation et gestion écologique d'un site à haute valeur patrimoniale en Seine-Maritime
MAc3	Ramassage des déchets sur les plages
MAc4	Soutien à l'opération Grand Site « Falaises d'Étretat - Côte d'Albâtre »
MAc5	Participation aux programmes scientifiques / thèses sur l'espace Manche

11.3. Mesures de suivi environnemental

Les mesures de suivi mises en œuvres sont présentées succinctement ci-après et font l’objet des fiches descriptives détaillées réunies en Annexe 4 de l’arrêté, éventuellement modifié, du 5 avril 2016 sus-cité.

11.3.1. Mesures de suivi :

MSu1	Suivi bio-sédimentaire
MSu2	Suivi de l’ichtyofaune et des ressources halieutiques
MSu3a	Suivi du bruit ambiant sous-marin
MSu3b	Suivi acoustique passif des mammifères marins
MSu4	Suivi par avion et par bateau des mammifères marins et des oiseaux
MSu5	Suivi automatisé des oiseaux par systèmes radar et acoustique
MSu6	Suivi de l’avifaune nicheuse des falaises
MSu7	Suivi télémétrique des mouettes tridactyles
MSu8	Suivi de l’activité des chiroptères
MSu9	Qualité de l’eau
MSu10	Suivi de l’évolution des fonds et de la bathymétrie
MSu12	Suivi de la qualité des sédiments suite à la mise en place d’anodes sacrificielles
MSu13	Suivi de la qualité des eaux suite à la mise en place d’anodes sacrificielles
MSu14	Mise en place d’une surveillance des mammifères marins

11.3.2. État de référence avant travaux

Conformément à l’arrêté, éventuellement modifié, du 5 avril 2016, sus-cité, le pétitionnaire établit un état de référence avant démarrage des travaux, servant de base pour l’évaluation des effets du projet sur l’environnement.

Cet état de référence est transmis sous forme papier et informatique aux services de l'État en charge de la police de l'eau et de la gestion du domaine public maritime.

11.3.3. Durée et périodicité des suivis

Conformément à l'arrêté, éventuellement modifié, du 5 avril 2016, sus-cité, en l'absence d'indication spécifique dans la fiche de mesure correspondante annexée à cet arrêté, le devenir d'un suivi au-delà des cinq premières années d'exploitation relève d'une décision de la préfète prise après avis du comité scientifique et du comité de suivi.

À cette fin le pétitionnaire doit présenter au comité scientifique un bilan du suivi, accompagné d'une proposition argumentée concernant son devenir (arrêt, poursuite, modification...).

Les Paramètres, Protocoles, Indicateurs de mise en œuvre, Indicateurs de résultats des suivis MSu10 et Msu1 sont conservés dans le cadre de :

- **l'étude préalable au démantèlement du parc, et du constat de remise en état du site après démantèlement (voir Travaux effectifs de démantèlement et de remise en état)**

Les Paramètres, Protocole, Indicateurs de mise en œuvre, Indicateurs de résultats du suivi MSu10 sont conservés dans le cadre de :

- **la surveillance du bon ensouillage des câbles (voir maintenance)**

11.3.4. Nature et structure des fonds marins

MSu10 : suivi de l'évolution des fonds et de la bathymétrie.

Ce suivi a pour objectif :

- de s'assurer de l'absence d'évolution des fonds marins et des structures suite à l'installation du parc ;
- de surveiller la bonne protection des câbles ;
- de suivre l'évolution des zones d'immersion des déblais de dragage.

11.3.5. Bruit ambiant sous-marin

MSu3a : suivi du bruit engendré par le parc

Suivi du bruit ambiant sous-marin en vue de la détermination :

- des émergences acoustiques engendrées par la réalisation des travaux ;
- de l'empreinte acoustique des installations du parc en fonctionnement.

11.3.6. Paramètres physico-chimiques

MSu9 : suivi de la qualité de l'eau.

Ce suivi a pour objectifs :

- de mesurer la turbidité générée par les différents ateliers de travaux et de s'assurer qu'elle est conforme aux évaluations présentées dans l'étude d'impact ;
- d'évaluer les modifications éventuelles liées à la présence du parc en phase exploitation.

MSu13 : suivi de la qualité de l'eau suite à la mise en place d'anodes sacrificielles

Ce suivi a pour objectifs d'évaluer l'éventuelle contamination du milieu marin par l'aluminium, le zinc et les autres éléments biodisponible relargués par les anodes.

MSu12 : suivi de la qualité des sédiments suite à la mise en place d'anodes sacrificielles

Ce suivi a pour objectifs d'évaluer :

- la contamination éventuelle des sédiments par l'aluminium, le zinc et les autres éléments relargués des anodes ;
- la réponse biologique des bivalves suite à une éventuelle contamination chimique du milieu par les anodes.

11.3.7. Habitats et biocénoses benthiques

MSu1 : suivi biosédimentaire

Ce suivi a pour objectif d'évaluer les changements de substrat et l'évolution des peuplements benthiques suite à l'installation du parc ainsi que la présence éventuelle d'espèces non indigènes.

11.3.8. Peuplements marins et ressources halieutiques

MSu2 : suivi de l'ichtyofaune et des ressources halieutiques

Ce suivi a pour objectif de contribuer à la compréhension de l'évolution des peuplements ichtyologiques de la zone et de mesurer l'impact du parc éolien sur les espèces halieutiques.

Au delà de la 5ème année, le bilan des débarquements annuels est réalisé tous les ans.

11.3.9. Mammifères marins

MSu14 : détection acoustique de la présence de mammifères marins

Ce suivi a pour objectif de s'assurer de l'efficacité de la mesure d'effarouchement des mammifères marins et de démarrage progressif du battage de pieux (MR2).

MSu3b : suivi acoustique passif des mammifères marins

Ce suivi a pour objectif de suivre l'occupation de la zone d'implantation par les mammifères marins.

MSu4 : suivi par avion et par bateau des mammifères marins

Ces suivis ont pour objectif de d'évaluer l'évolution de la fréquentation de la zone d'implantation du parc éolien et de la zone d'influence par les mammifères marins.

Au delà de la 5ème année, un suivi tous les 5 ans.

11.3.10. Avifaune

MSu4 : suivi par avion et par bateau des oiseaux.

Ce suivi a pour objectif de d'évaluer l'évolution de la fréquentation de la zone d'implantation du parc éolien et de la zone d'influence du parc éolien par les oiseaux.

Au delà de la 5ème année, un suivi tous les 5 ans.

MSu5 : suivi automatisé des oiseaux par système radar et acoustique.

Ce suivi a pour objectif d'évaluer les effets du parc sur les cortèges d'oiseaux et les trajectoires empruntés par l'avifaune migratrice.

MSu6 : suivi de l'avifaune nicheuse des falaises.

Ce suivi a pour objectif d'évaluer les modifications potentielles sur l'avifaune nicheuse des falaises de la Côte d'Albâtre du fait de la présence du parc éolien.

Il contribue par ailleurs à l'amélioration de la connaissance des habitats du site Natura 2000 « Littoral seino-marin ».

Au delà de la 5ème année, tous les ans.

MSu7 : suivi télémétrique de l'avifaune.

Ce suivi a pour objectif d'évaluer les modifications potentielles sur les zones d'alimentation des mouettes tridactyles de la colonie du cap d'Antifer du fait de la présence du parc éolien.

11.3.11. Chiroptères

MSu8 : suivi de l'activité des chiroptères.

Ce suivi a pour objectif d'évaluer la fréquentation de la zone d'implantation du parc éolien par les chauves-souris. Il permet également d'améliorer l'état des connaissances sur les migrations de chauves-souris en Manche.

12. TRAVAUX EFFECTIFS DE DEMANTELEMENT ET DE REMISE EN ETAT

La présente partie indique les conditions dans lesquelles le concessionnaire s'engage à mener les travaux effectifs de démantèlement et de remise en état.

Par ailleurs, le cahier des charges de l'appel d'offres n °2011/S 126-208873 sur l'éolien en mer indique en son article 6.5 que 5 ans au plus tard avant la date de fin de l'exploitation, le maître d'ouvrage en informe le préfet ayant délivré l'autorisation d'occupation du domaine public maritime.

Les travaux effectifs de démantèlement et de remise en état doivent être réalisés conformément aux stipulations de la convention de concession ou, le cas échéant, aux décisions du ou des préfets de département compétents, aux termes des dispositions du code général de la propriété des personnes publiques. A cette fin, le maître d'ouvrage réalisera une étude portant sur l'optimisation des conditions du démantèlement et de la remise en état du site, en tenant compte des enjeux liés à l'environnement, aux activités, et à la sécurité maritime.

12.1. Suivi en vue d'optimiser le démantèlement du parc et de constater la remise en état du site après démantèlement

Cet article complète et précise les modalités fixées par l'article 4-3 de la convention.

Le concessionnaire mettra en œuvre les suivis décrits ci-dessous :

Dans un objectif de comparaison des résultats, les Paramètres, Protocoles, Indicateurs de mise en œuvre, Indicateurs de résultats sont issus des mesures de suivi environnemental MSu10 et MSu1.

12.1.1. Suivi de l'évolution des fonds et de la bathymétrie

Ce suivi a pour objectif :

- d'optimiser le démantèlement du parc
- de constater la remise en état du site après démantèlement

Périodicité et échantillonnage :

- **Au titre de l'étude préalable au démantèlement** (cf convention) : ensemble de la concession + tampon de 500 m en périphérie ;
- **Au titre de la remise en état du site** : (à l'issue du démantèlement du parc et de la remise en état du domaine) : ensemble de la concession + tampon de 500 m en périphérie ;

Paramètres :

Évolution de la morphologie des fonds et de la bathymétrie par prospection hydrographique.

Protocole :

Cartographie par écho-sondeur multi-faisceaux et par sonar à balayage latéral.

Les protocoles sont identiques à ceux mis en œuvre au cours de la campagne initiale décrits dans le chapitre 6.1 du fascicule B1 de l'étude d'impact.

Indicateurs de mise en œuvre

Réalisation du suivi

Indicateurs de résultats

Rapports de suivi, comportant notamment :

- la carte des routes de câbles ;
- la carte en isobathes (équidistance 0,5 m) ;
- la carte morpho-sédimentaire ;
- la carte des différentiels bathymétriques et des différentiels sédimentaires.

12.1.2. Suivi biosédimentaire

Ce suivi a pour objectif :

- d'optimiser le démantèlement du parc
- de constater la remise en état du site après démantèlement

Suivi des effets du parc éolien dans sa globalité	Suivi de l'influence des éoliennes
Périodicité :	
Application du principe BACI (Before, After, Control et Impact) : Au titre de l'étude préalable au démantèlement (cf convention) suivi 1 saison par an. Au titre de la remise en état du site : (à l'issue du démantèlement du parc et de la remise en état du domaine) suivi 1 saison par an.	Application du principe BACI (Before, After, Control et Impact) : Au titre de l'étude préalable au démantèlement (cf convention) suivi 1 saison par an. Au titre de la remise en état du site : (à l'issue du démantèlement du parc et de la remise en état du domaine) suivi 1 saison par an.
Échantillonnage :	
<ul style="list-style-type: none"> • 5 stations au sein du parc situées hors influence directe des machines (à plus de 400 m d'une fondation), • 4 stations de référence situées à l'extérieur du parc. Ces 9 stations sont choisies parmi les 25 stations ayant servi à établir l'état initial de façon à être représentatives des différents faciès sédimentaires et benthiques présents dans la zone du parc (comme préconisé en conclusion de l'expertise 4 de l'étude d'impact). <ul style="list-style-type: none"> • 1 station est ajoutée au sein du parc dans une zone d'immersion des déblais de dragage (travaux de dragage préalables à la pose de certaines fondations). 	<ul style="list-style-type: none"> • Suivi par un transect de 3 stations situées respectivement à 30, 100 et 300 m de l'éolienne.

Paramètres :

Bio-évaluation de la faune benthique par prélèvements et comptages :

- composition spécifique, abondance et biomasse, présence d'espèces non indigènes ;
- structure et caractérisation des peuplements ;
- paramètres physiques : type de substrat, température, salinité, profondeur ;

Caractéristiques physico-chimiques des sédiments : granulométrie, teneur en matière organique.

Protocole :

Pour l'application du principe BACI, les protocoles de prélèvement et d'analyses sont conformes à ceux mis en œuvre pour l'évaluation de l'état initial (chapitre 2 de l'expertise 4 de l'étude d'impact).

Indicateurs de mise en œuvre

Communication des dates de mission à l'administration

Indicateurs de résultats

Rapports de suivi, comportant notamment :

- des tableaux indiquant, pour chaque station, sa position géographique de la station, la sonde, la nature du fond (biotope), le nombre d'individus et l'écart-type pour chacune des stations échantillonnées les indices de qualité écologique du compartiment benthique ;
- une carte synthétique des principales unités bio-sédimentaires ;
- une typologie des habitats observés selon les référentiels en vigueur ;
- la comparaison des indicateurs avant installation et pendant les différentes phases opérationnelles du projet, entre la zone impactée et la zone témoin.

Les différents indicateurs produits sont présentés sous forme de graphes accompagnés de cartes.

12.2. Objectifs

Les objectifs suivants sont fixés pour les opérations de démantèlement du parc :

- Le retrait des composants du parc visant à la réhabilitation des lieux;
- Le traitement des déchets dans les meilleures conditions technico-économiques du moment, dans le respect de la réglementation (privilégier la réutilisation, le recyclage, la valorisation énergétique...);
- La réalisation des opérations de démantèlement en cherchant systématiquement à minimiser les impacts environnementaux.

12.2.1. Remise en état du site

Pour cela, sont fixés trois objectifs opérationnels :

- Réhabilitation des lieux au point de vue physique (morphologie des fonds, conditions hydrodynamiques) et chimique (composition de l'eau et des sédiments) ;
- Retour à un état proche ou meilleur de l'état biologique initial ;

- Retour à un état initial pour les usages de la zone, notamment la pêche professionnelle, les usages de loisir et la circulation maritime.

12.2.2. Traitement des déchets

Dans le respect de la réglementation en vigueur et pour permettre l'utilisation des meilleures conditions technico-économiques du moment, sont fixés quatre objectifs opérationnels :

- Privilégier la réutilisation en premier lieu, puis le recyclage matière, puis la valorisation énergétique et enfin l'élimination des déchets selon les meilleures techniques disponibles ;
- Non exportation de déchets vers un pays tiers ;
- Non saturation des filières mises en place par les Plans Régionaux d'Élimination et de Gestion des Déchets (ou document ultérieur les remplaçant) ;
- Respect des dispositions réglementaires françaises concernant le transport et le stockage des déchets.

12.2.3. Conditions environnementales

Quatre objectifs opérationnels sont fixés pour le respect de l'environnement et des activités humaines:

- Atteinte d'un très haut niveau de sécurité maritime, en étroite collaboration avec les services de l'État en charge de cette problématique ;
- Sécurité du chantier ;
- Respect des usages de la mer pendant le chantier ;
- Minimisation des impacts environnementaux et mise en place de mesures compensatoires à hauteur des impacts avérés.

12.3. Cessation d'activité et optimisation du démantèlement

Afin d'optimiser les conditions du démantèlement et de la remise en état du site, le plan prévisionnel suivant sera adopté :

- Mise à jour des réglementations applicables et recherche des bonnes pratiques ;
- Mise à jour des objectifs du démantèlement et de remise en état du site avec en particulier la prise en compte des éléments suivants à ce jour :
 - Les huiles usagées seront régénérées ou incinérées en tenant compte des meilleures conditions technico-économiques, des filières en place et de la réglementation en vigueur au moment du démantèlement.
 - Les pales usagées des éoliennes pourraient être incinérées ou valorisées en sous-couche routière en tenant compte des meilleures conditions technico-économiques, des filières en place et de la réglementation en vigueur au moment du démantèlement.
- Identification des modalités de démantèlement en mer et à terre

- Opération, navires et temps d'opération : la sécurité des opérations en mer, la sécurité des chantiers et la préservation de la santé des travailleurs seront des priorités.
- Place à réserver sur les ports pour l'évacuation des déchets
- Filière de recyclage et d'élimination des déchets et entreprises envisagées : il s'agira de rechercher les meilleures techniques disponibles et les procédés favorisant la réutilisation, la régénération et le recyclage.
- Plan Hygiène Qualité Sécurité et Environnement du chantier de démantèlement
- Dispositions liées à la sécurité maritime
- Impacts sur l'environnement et mesures associées.

12.4. Séquençage du démantèlement des installations

Le détail des opérations de démantèlement des installations - tel qu'envisagé dans les conditions existantes au moment du dépôt du dossier d'autorisation - figure dans l'étude d'impact sur l'environnement – fascicule A – description du projet de parc éolien en mer.

Le démantèlement du parc se fera par une séquence proche de celle inverse à l'installation (construction). A savoir la dépose successive :

- Des câbles inter-éoliennes et des éventuelles protections associées ;
- Des éoliennes (pales, rotor, nacelle puis mâts) ;
- Des protections anti-affouillement ;
- Des fondations ;
- Du poste électrique (séquence indépendante).

Après leur dépose, les éléments seront acheminés vers les infrastructures portuaires afin d'être recyclés.

Le choix du séquençage de la dépose de chaque composant sera arrêté à l'issue de la phase d'exploitation (en concertation avec les services de l'Etat), en raison notamment :

- De l'état des structures, en particulier les fondations (inspections par ROV ...) ;
- De l'évolution des moyens techniques de dépose et de recyclage des composants du parc, en particulier les techniques de moindres impacts environnementaux ;
- Des infrastructures portuaires présentes au moment des opérations de démantèlement.

Le séquençage des opérations en mer de dépose est détaillé, pour chaque élément du parc, dans les paragraphes suivants.

12.4.1. Dépose des câbles

Deux méthodologies de dépose sont envisageables au moment du dépôt du dossier de demande d'autorisation :

- Dépose des câbles ensouillés : les travaux se dérouleraient à l'avancement. Ils pourraient être réalisés à l'aide :
- D'un navire de désensouillage (charrue, jetting, trancheuse mécanique, ROV...) ;
- D'un navire câblé pour récupérer le câble par tirage et le lover à bord.

- Si le câble est en mauvais état et ne permet pas le tirage depuis un navire câblier, il pourra être envisagé de le découper en tronçon puis, à l'aide d'une grue munie d'un grappin de le sortir de l'eau et de le déposer sur une barge.
- Dépose des câbles protégés : le séquençage sera semblable à celui des câbles enfouis, à savoir des travaux à l'avancement. Cependant, préalablement, une barge équipée d'une grue avec grappin/godet aura enlevé les protections externes positionnées sur les câbles. Ces protections (exemple : enrochement) pourraient être acheminées jusqu'aux sites portuaires par des barges.

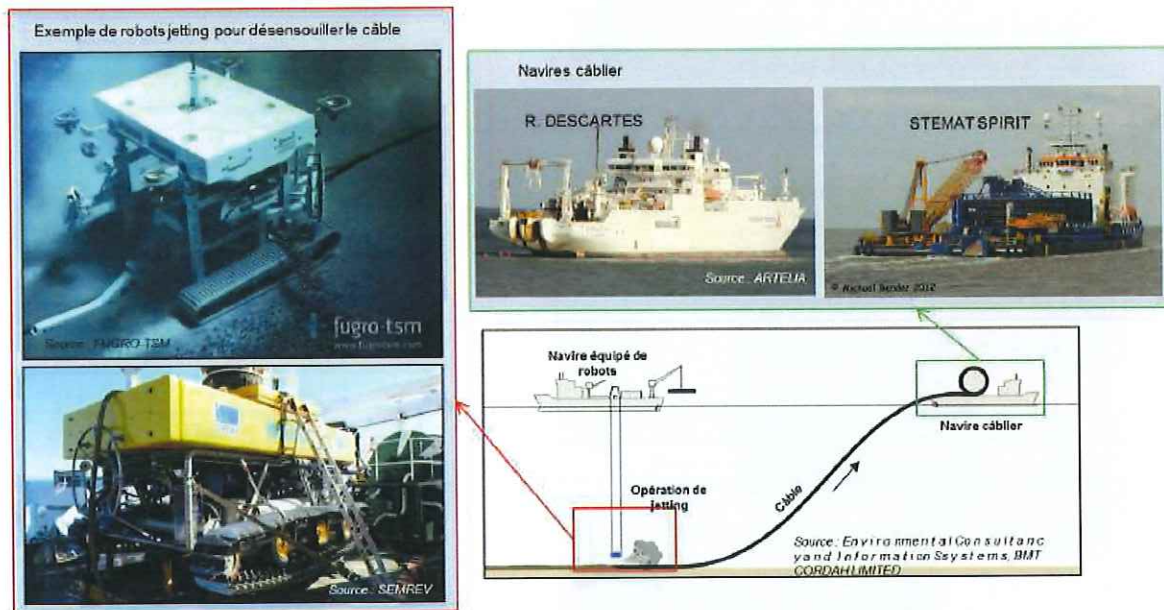
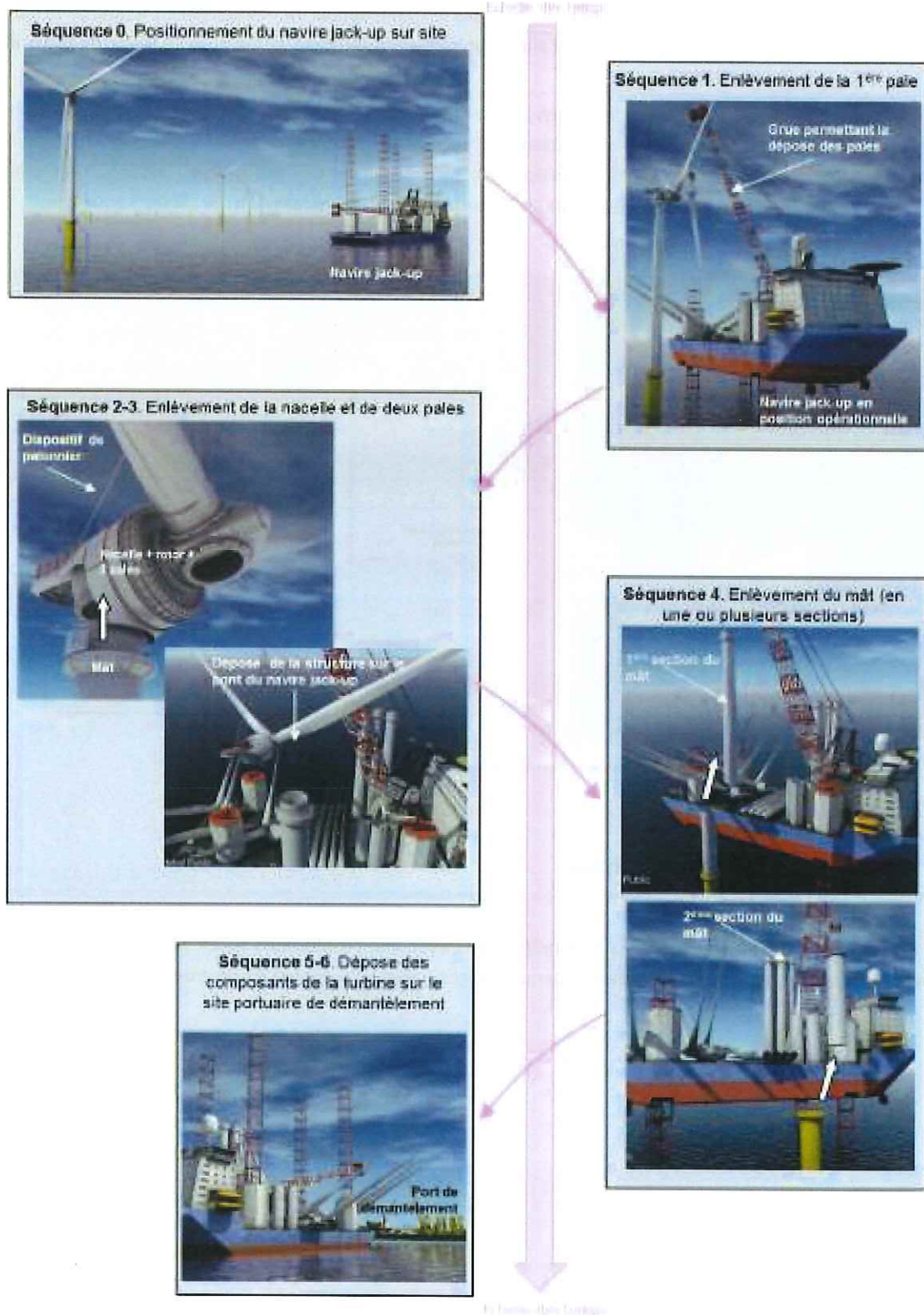


Figure 11 Séquence de la dépose générale des composants du parc

Source : Artelia, 2014

12.4.2. Dépose des éoliennes

Les opérations consistent à déposer la turbine (nacelle) avec une ou plusieurs pales, puis le mât. Les travaux de dépose et transport pourraient être réalisés par un navire type jack-up équipé d'une grue.



Source : Artelia, 2014 ; d'après images de EOLIEN MARITIME FRANCE

12.4.3. Dépose des protections anti-affouillement

Les travaux de dépose des protections anti-affouillements (enrochements) se dérouleraient avant ou après la dépose des fondations. L'enlèvement de ces protections pourrait s'effectuer par un navire (jack-up ou barge) muni d'une grue avec grappin. Les enrochements seraient ensuite transportés par barge ou chalands jusqu'aux sites portuaires.

Dépose des protections anti-affouillements : barge avec grue



Source : Offshore Windfarm RØDSAND II, Bilfinger Berger

Dépose de la couche de substitution : drague aspiratrice en marche



Source : Illustration DEME

Figure 13 : 14 Moyens de dépose des protections anti-affouillements

12.4.4. Dépose des fondations gravitaires

Après vidange d'une partie des ballasts, la fondation pourrait être levée jusqu'à une position semi-immersée (ceci pour limiter les capacités de levage et de transport). Elle serait ensuite transportée dans cette position jusqu'au site portuaire de démantèlement.

Le poids de la fondation gravitaire (hors ballast) est très important (entre 4 000 et 6 000 t) ce qui nécessite, pour le levage et le transport, un navire de forte capacité de levage (type OSTREA / SVANEN / navire biggé). Il pourrait également être envisagé l'utilisation d'un ponton submersible en U et des remorqueurs pour transporter le ponton submersible et la fondation.

Après dépose de la fondation gravitaire, la couche de substitution sous la fondation pourrait être draguée à l'aide d'une drague aspiratrice en marche.

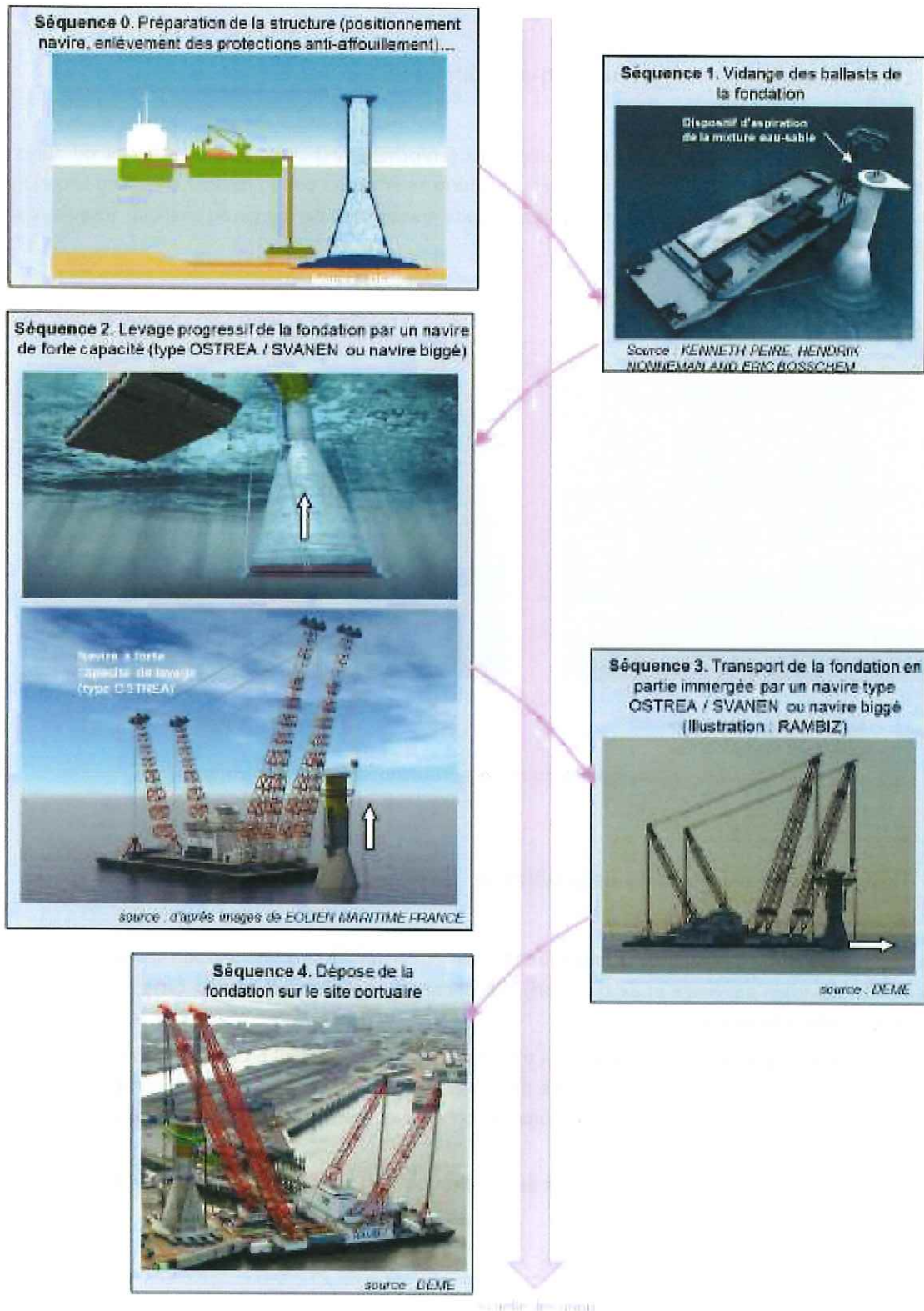


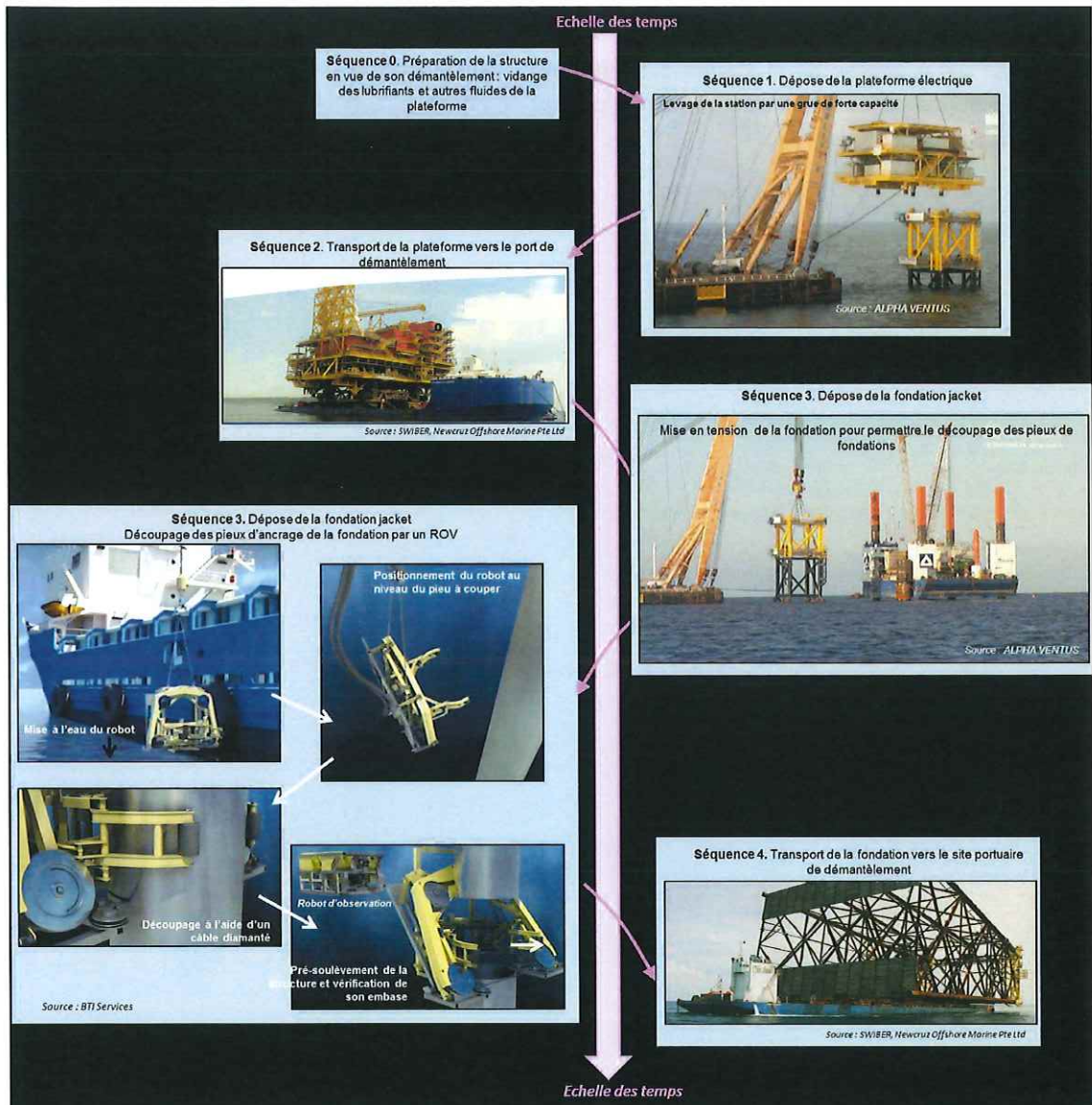
Figure 15 : Séquencage des opérations en mer de dépose de la fondation gravitaire

Source : Artelia, 2014

12.4.5. Dépose du poste électrique

Le séquençage de la dépose de la station électrique est assez semblable à celui d'une éolienne (turbine et fondation), à savoir la dépose de la plateforme puis celle de la fondation. Cependant, les capacités de levage et de transport sont plus importantes.

Figure 16 : Séquençage des opérations de dépose de la station électrique (plate-forme et fondation jacket)



Source : Artelia, 2014



Figure 18 Séquençage des opérations en mer de dépose de la station électrique (plate-forme et fondation gravitaire)

12.4.6. Moyens logistiques portuaires à proximité du parc

Pour le démantèlement du parc, deux types d'installations portuaires devront être identifiées :

- Les installations portuaires susceptibles d'être utilisées pour les opérations de démantèlement : il s'agira des ports les plus proches et ayant éventuellement servi à l'assemblage /l'assemblage et la construction du parc car les moyens logistiques sont semblables à ceux de la dépose des éoliennes (Cherbourg, Saint Nazaire, Le Havre et Fécamp) :
- Les ports susceptibles d'accueillir les matériaux à recycler (si différents des précédents).

Le choix final dépendra des espaces disponibles au moment des travaux et du développement industriel de la logistique liée à la filière de valorisation.