

CHAPITRE 5

ESQUISSE DES SOLUTIONS DE SUBSTITUTION

SOMMAIRE

1. PREAMBULE	5
2. CHOIX DU SITE DU PROJET.....	6
2.1. CHOIX DE LA ZONE D'IMPLANTATION EN MER	6
2.1.1. Définition d'une zone favorable dans le cadre du programme NER 300	6
2.1.2. Concertation locale et choix de la localisation précise du parc pilote	8
2.1.3. Inclusion dans la zone FARAMAN de l'AAP ADEME.....	10
2.1.4. Evolution de la configuration du parc pilote depuis 2015	11
2.2. CHOIX DU FUSEAU DE RACCORDEMENT ELECTRIQUE	13
2.2.1. Choix du poste électrique de livraison.....	13
2.2.2. Identification des sites potentiels d'atterrissage.....	18
2.2.3. Sélection du fuseau et des emplacements de moindre impact	18
2.2.4. Tracé de la liaison électrique maritime	28
2.2.5. Choix du tracé de moindre impact pour la liaison électrique terrestre	28
3. CHOIX TECHNIQUES.....	32
3.1. L'EOLIENNE SIEMENS	32
3.1.1. Développement de l'éolienne SWT-8.0-154.....	32
3.1.2. L'expérience de Siemens dans l'éolien flottant	34
3.2. LE FLOTTEUR SBM ET LES ANCRAGES TLP	36

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Liste des figures

Figure 1 : Réunion de concertation (Source : EDF EN, 2013)	9
Figure 2 : poste RTE de Port-Saint-Louis-du-Rhône (Source : BRLi, 2013).....	14
Figure 3 : Sites potentiels identifiés pour l'atterrissage du câble d'export maritime	18
Figure 4 : Caractéristiques des turbines 6 MW et 7 MW (Source : Siemens).....	32
Figure 5 : Démonstrateur de la turbine 7 MW en phase d'assemblage à Østerild (Source : Siemens)	33
Figure 6 : Localisation du projet Hywind Demo	34
Figure 7 : Éolienne flottante déployée dans le cadre du projet Hywind (Source : Siemens)	34
Figure 8 : Localisation de la ferme pilote Hywind	35
Figure 9 : Vue d'artiste de la ferme pilote Hywind (Source : Siemens).....	35
Figure 10 : Vue 3D de l'éolienne et de son flotteur (© SBM Offshore)	37

Liste des tableaux

Tableau 1 : Synthèse de l'analyse comparative des fuseaux de raccordement du parc au regard du milieu physique (Source : BRLi, 2017).....	21
Tableau 2 : Synthèse de l'analyse comparative des fuseaux de raccordement du parc au regard du milieu naturel biologique (Source : BRLi, 2017).....	22
Tableau 3 : Synthèse de l'analyse comparative des fuseaux de raccordement du parc au regard du milieu humain (Source : BRLi, 2017)	23
Tableau 4 : Synthèse de l'analyse comparative des fuseaux de raccordement du parc au regard du patrimoine culturel, paysager et historique (Source : BRLi, 2017).....	24
Tableau 5 : Synthèse de l'analyse comparative des fuseaux de raccordement du parc au regard des contraintes techniques et économiques (Source : BRLi, 2017)	25
Tableau 6 : Synthèse comparative des enjeux identifiés au niveau des 3 fuseaux de raccordement étudiés (Source : BRLi, 2017)	26
Tableau 7 : Quelques références et développements technologiques de Siemens	33

Liste des cartes

Carte 1 : Etude de l'Etat sur les zones propices au développement de l'éolien en mer (février 2010)	6
Carte 2 : Aire d'étude initiale (juin 2010)	7

Carte 3 : Zone préliminaire retenue pour le programme NER 300	7
Carte 4 : Alternatives complémentaires étudiées dans le cadre de la concertation initiale	8
Carte 5 : Localisation retenue à l'issue de la concertation initiale	9
Carte 6 : Identification de la zone de Faraman autour de PGL (<i>Source : DIRM Méditerranée, mai 2015</i>)	10
Carte 7 : Zone Faraman telle que retenue pour l'AAP (<i>Source : ADEME, août 2015</i>)	11
Carte 8 : Evolution de la configuration et de la zone d'implantation des éoliennes entre 2013 et 2017	12
Carte 9 : Schéma de principe du raccordement sur le poste de Port-Saint-Louis-du-Rhône	15
Carte 10 : Schéma de principe du raccordement sur Ponteau	16
Carte 11 : Les deux stratégies de raccordement inadaptées	17
Carte 12 : Présentation des trois fuseaux de raccordement identifiés	20
Carte 13 : Les différentes variantes envisagées du tracé de la liaison terrestre (<i>Source : EDF EN, 2012</i>) ...	29
Carte 14 : Etude des variantes de tracé à l'approche du site de raccordement (<i>Source : Naturalia, 2017</i>)...	30
Carte 15 : Localisation des espèces végétales	31



1. PREAMBULE

Le projet de parc éolien flottant pilote au large du golfe de Fos résulte d'un travail engagé depuis plusieurs années afin de prendre en compte au mieux les spécificités du territoire et de l'environnement.

Afin d'aboutir aux choix technologiques et schéma d'implantation retenus, le projet de parc pilote éolien flottant a fait l'objet d'analyses de différentes solutions de substitution. Ces analyses ont notamment porté sur :

- La localisation de la zone d'implantation du parc pilote ;
- Le tracé du câble de raccordement maritime ;
- La localisation du site d'atterrissage ;
- Le tracé du câble de raccordement terrestre ;
- Le modèle de l'éolienne, du flotteur et des ancrages retenus.

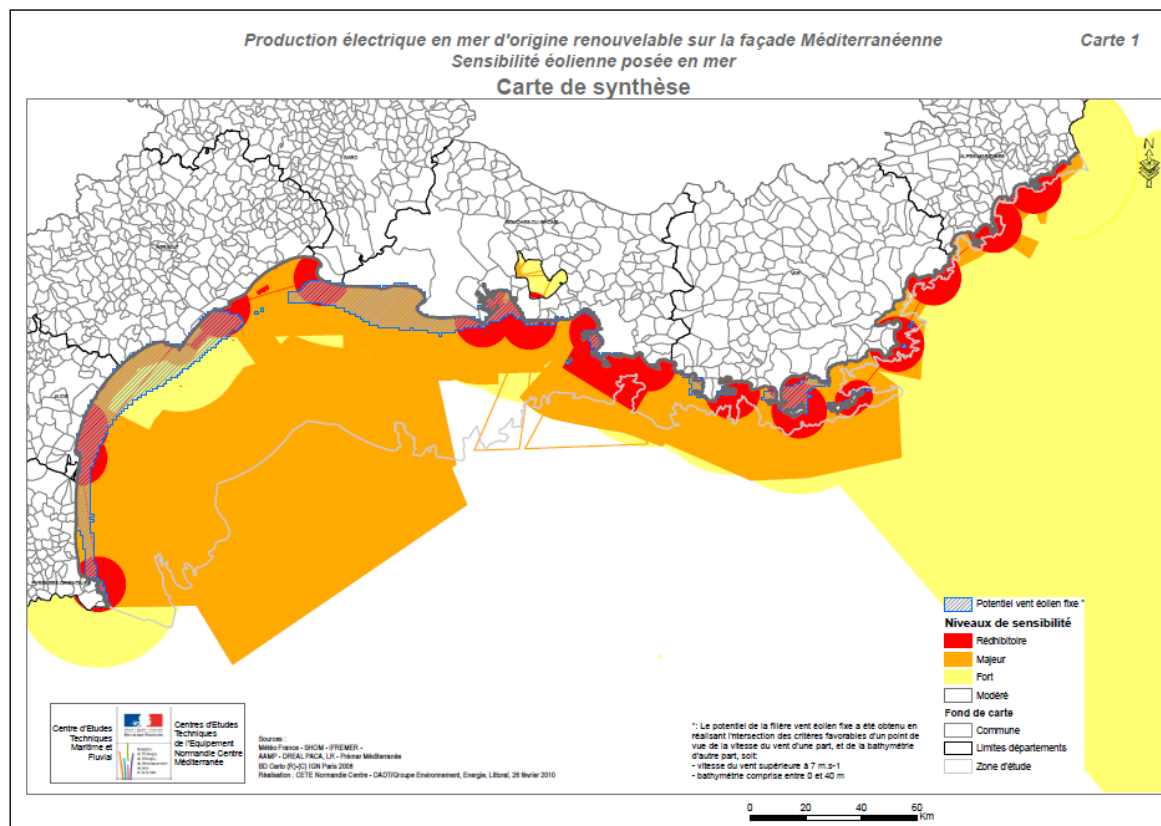
2. CHOIX DU SITE DU PROJET

2.1.Choix de la zone d'implantation en mer

Le choix de la localisation du parc pilote Provence Grand Large a été défini de manière itérative. Il est issu d'un processus de plusieurs années d'études et de concertation avec l'ensemble des acteurs concernés dont l'origine remonte à 2009. Il intègre l'ensemble des considérations pertinentes (sécurité, environnement, usages de la mer, réglementation,...) afin d'éviter et de réduire en amont l'impact environnemental du projet.

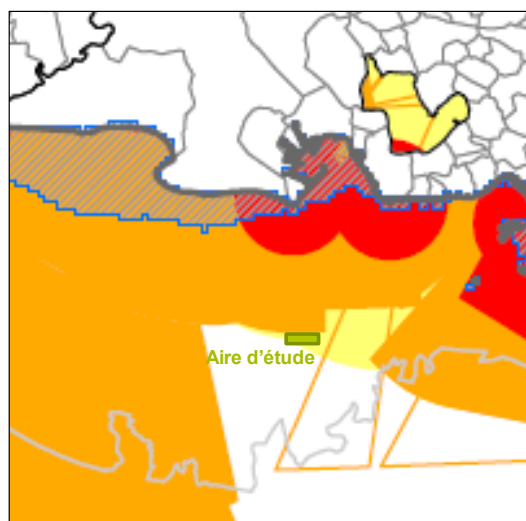
2.1.1.Définition d'une zone favorable dans le cadre du programme NER 300

Dès 2009, dans le cadre de la concertation sur le développement de l'éolien offshore en France, l'Etat avait commandité une étude d'identification des zones de moindre impact, au plan environnemental et en termes d'usages, pour le déploiement de parcs éoliens en Méditerranée. C'est dans ce contexte que l'intérêt de l'offshore flottant en Méditerranée et le potentiel de la zone de Fos-sur-Mer ont été identifiés.



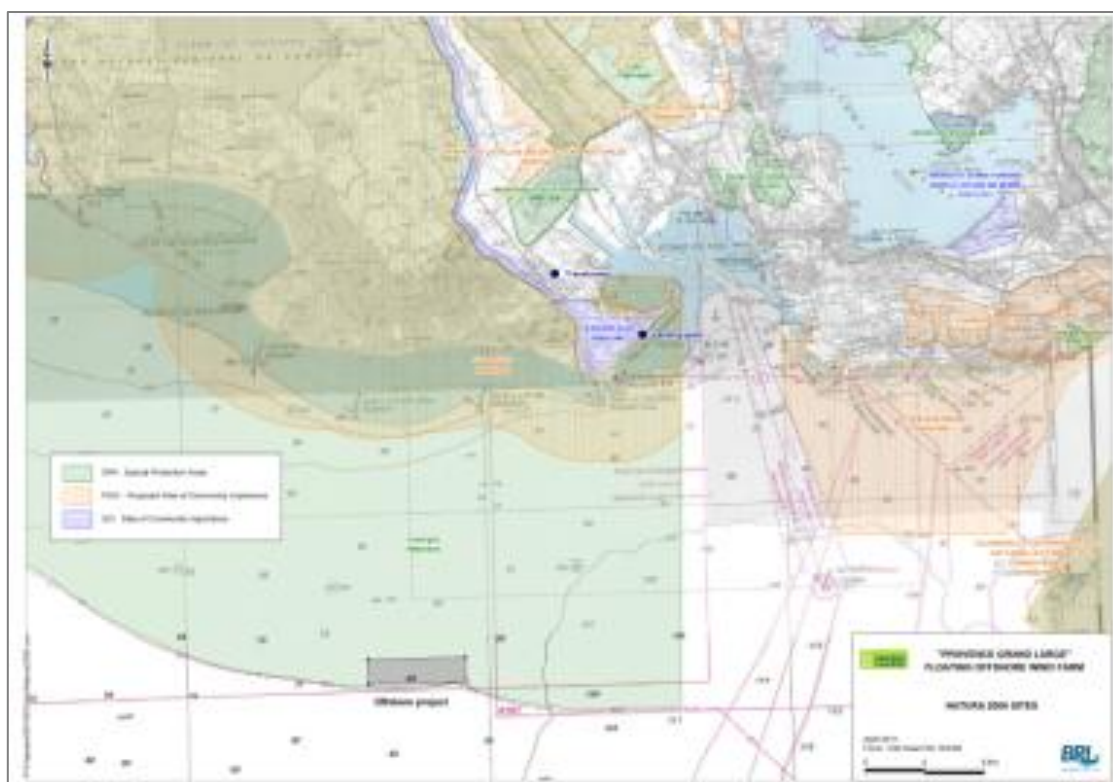
Carte 1 : Etude de l'Etat sur les zones propices au développement de l'éolien en mer (février 2010)

C'est sur cette base que fin 2010 EDF EN a étudié une première zone, située en limite intérieure des eaux territoriales, et initié les premiers échanges avec les acteurs locaux dans le cadre du montage d'un dossier de candidature au programme NER 300 de la Commission Européenne.



Carte 2 : Aire d'étude initiale (juin 2010)

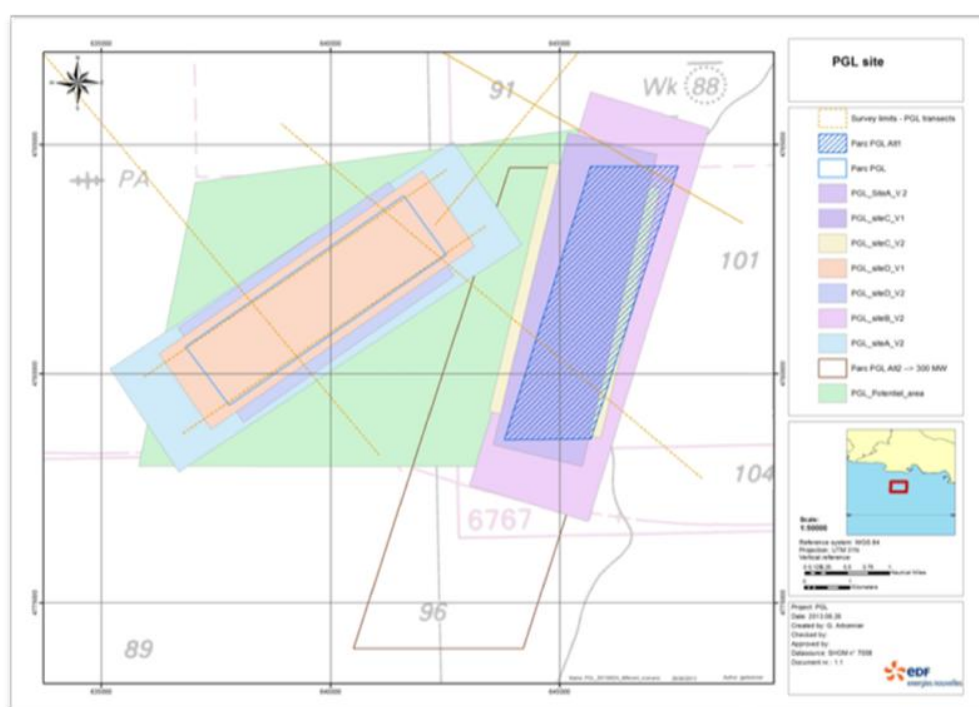
Comme évoqué plus bas, outre une moindre sensibilité au plan environnemental et des usages de la mer, cette localisation est justifiée par la qualité du gisement éolien, l'existence de capacités d'accueil sur le réseau électrique local, ainsi que la proximité de la zone industrielle et du port de Marseille-Fos, l'un des rares en Méditerranée occidentale disposant du potentiel pour accueillir la logistique nécessaire à l'assemblage des différents composants (turbines, flotteurs,...etc.). Entre mi 2010 et mi 2011, à l'issue d'un pré-diagnostic environnemental réalisé avec le cabinet BRL et en lien avec les autorités, une première localisation a été retenue, à l'extrême sud de la zone Natura 2000, en limite intérieure des eaux territoriales. C'est cette zone qui a été utilisée pour la candidature au NER 300.



Carte 3 : Zone préliminaire retenue pour le programme NER 300

2.1.2. Concertation locale et choix de la localisation précise du parc pilote

Entre fin 2011 et fin 2012 une centaine de réunions de travail bilatérales avec les parties prenantes (Etat, Port de Marseille Fos, collectivités et élus locaux, Parc Naturel de Camargue, Tour du Valat, Comité Régional et Prudhomie de Pêche, Préfecture Maritime, Conservatoire du Littoral, etc.) ont permis d'identifier l'ensemble des configurations possibles sur le secteur considéré. C'est à ce stade qu'est apparue la nécessité de modifier la localisation préliminaire, en la repoussant le plus à l'Est possible, compte tenu des enjeux environnementaux au large de la Camargue, tout en restant à l'écart des principales routes d'accès au Port de Fos, pour des raisons de sécurité.



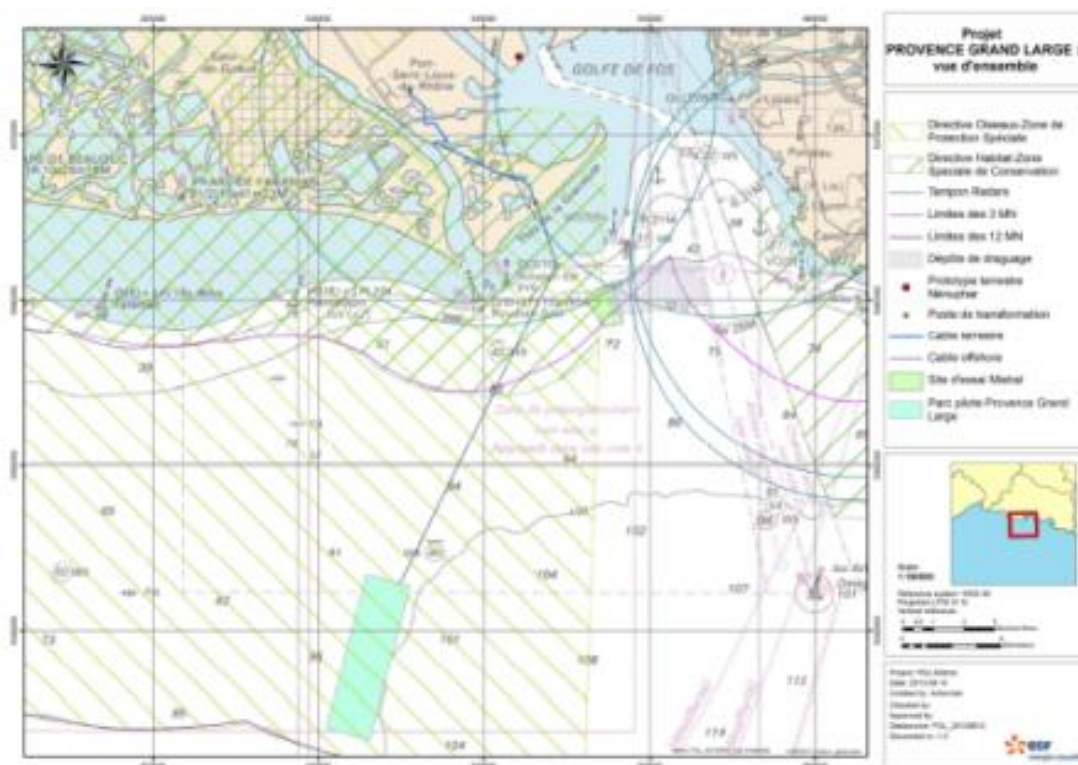
Carte 4 : Alternatives complémentaires étudiées dans le cadre de la concertation initiale

Puis, début 2013, suite à la sélection du projet Provence Grand Large par le programme NER 300, une démarche de concertation renforcée en mode collectif a été menée en coordination avec les services de l'Etat (Préfecture maritime, DREAL, DDTM,...) au travers d'un cycle d'une douzaine d'ateliers ouverts à l'ensemble des acteurs du territoire et de la mer (élus locaux, pêcheurs, plaisanciers, associations environnementales, spécialistes du milieu marin, Agence des Aires Marines Protégées (devenue Agence Française de la Biodiversité), Parc naturel régional de Camargue, Conservatoire du Littoral...). Une quarantaine d'organismes et plus de 200 personnes au total ont ainsi été mobilisés afin d'intégrer les enjeux locaux dans les critères de localisation du parc pilote. Les enjeux environnementaux étant globalement homogènes sur la zone d'étude, les discussions ont plus particulièrement porté sur les usages de la mer et la pêche professionnelle, d'une part, et la préservation du caractère naturel du littoral de Port Saint Louis, au niveau de la plage Napoléon, d'autre part.



Figure 1 : Réunion de concertation (Source : EDF EN, 2013)

Sur la base des échanges avec la prud'homie de Pêche et du comité régionale des pêches PACA, une localisation spécifique a été proposée. Cette solution prévoit un alignement des éoliennes le long de la ligne bathymétrique des 100 m afin de minimiser la gêne sur les activités de chalutage au regard des trajectoires habituelles des professionnels consultés. Compte tenu de ces raisons, le site initialement choisi a finalement été déplacé d'environ 3 km vers l'Est et d'1 km vers le Nord (voir carte ci-dessous). Ce travail a eu lieu dans le cadre d'un atelier dédié auquel ont notamment participé les associations de riverains, le parc naturel régional de Camargue, le Conseil régional, les services de l'état, des communes et des collectivités locales, des professionnels de la pêche et de représentants des plaisanciers. Le choix de cette nouvelle zone d'implantation finale a été validé en juin 2013 par l'ensemble de parties prenantes.



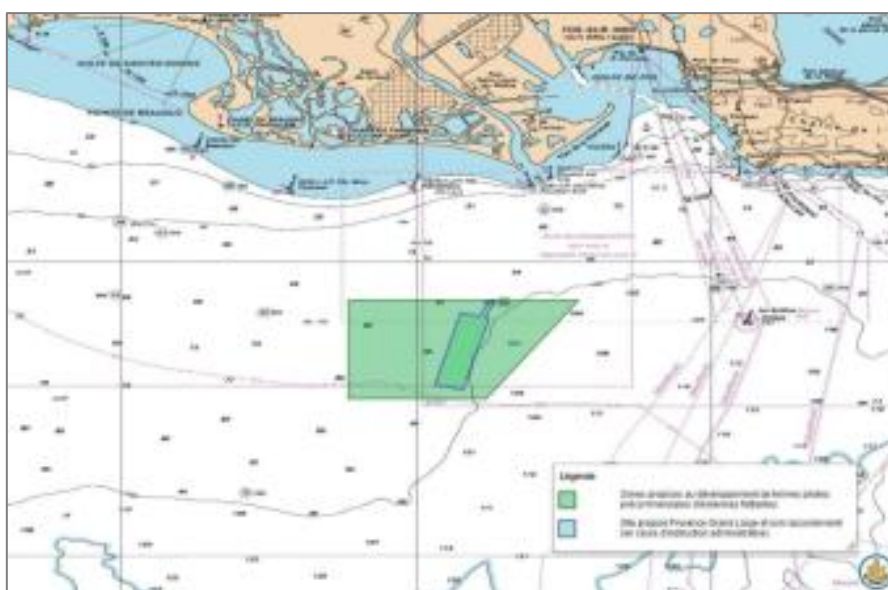
Carte 5 : Localisation retenue à l'issue de la concertation initiale

2.1.3. Inclusion dans la zone FARAMAN de l'AAP ADEME

En décembre 2014, suite à l'annonce par le premier ministre d'un appel à projets (AAP) pour des fermes pilotes d'éoliennes flottantes, la ministre en charge de l'écologie, de l'énergie et de la mer a demandé aux préfets coordonnateurs de façade, de construire en étroite concertation avec l'ensemble de la communauté maritime, un document de planification de l'éolien en mer prenant en compte les critères techniques, économiques, sociaux et environnementaux. Les travaux se sont appuyés sur des études nationales de planification portant sur le potentiel technico-économique et sur le potentiel de raccordement électrique, et ont donné lieu à de nombreux échanges avec l'ensemble des acteurs maritimes et littoraux en Méditerranée et en Bretagne principalement. En Méditerranée, le calendrier a été le suivant :

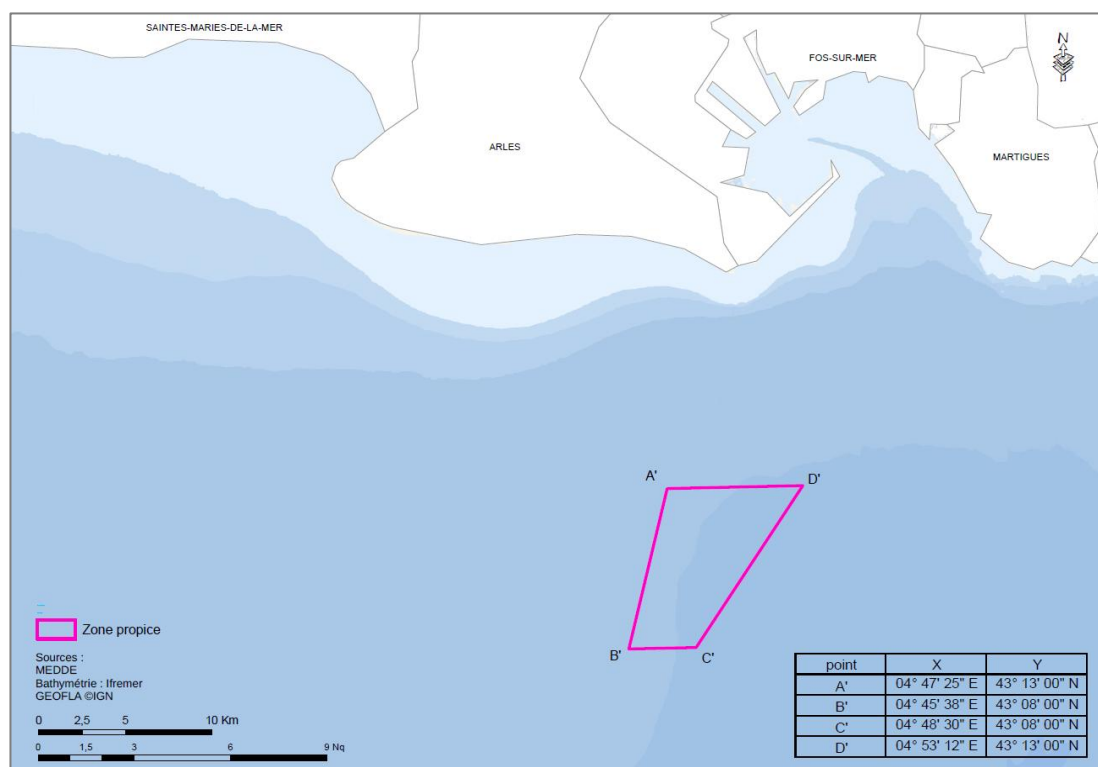
- 8 décembre 2014 : ouverture de la concertation au sein du Conseil maritime de façade
- décembre – début janvier 2015 : consolidation des études du Cerema et RTE
- janvier 2015 : réunions thématiques (transport, pêche, environnement, défense)
- janvier – février 2015 : réunions régionales de concertation
- mars 2015 : préparation de documents stabilisés
- 7 avril 2015 : réunion de synthèse de façade
- du 9 au 30 Avril 2015 : consultation du public

Le document final a été transmis début mai 2015 à la ministre de l'écologie, du développement durable et de l'énergie. Il prend en compte les différentes phases de concertation et consultation et préconise la création en PACA de la zone dite de « FARAMAN » au large des Bouches-du-Rhône, dans les prolongements ouest et sud du site du projet Provence-Grand-Large. Elle est délimitée à l'est, par le trafic d'accès au Grand port maritime de Marseille (GPMM) qui limite fortement les possibilités d'implantation ; au nord, par des enjeux liés à l'avifaune ; au sud et au sud-ouest, par des enjeux environnementaux d'habitats profonds riches (talus et canyon du Petit-Rhône) et liés aux grands mammifères.



Carte 6 : Identification de la zone de Faraman autour de PGL (Source : DIRM Méditerranée, mai 2015)

Après arbitrage de la Ministre, la zone en question a été réduite sur sa partie occidentale jusqu'en limite du projet PGL, celui-ci étant maintenu à l'intérieur de la zone. La localisation du projet PGL n'est pas modifiée pour autant et se situe sur le quart Nord Ouest, en limite de la ligne des 100m (matérialisée en bleu foncé).

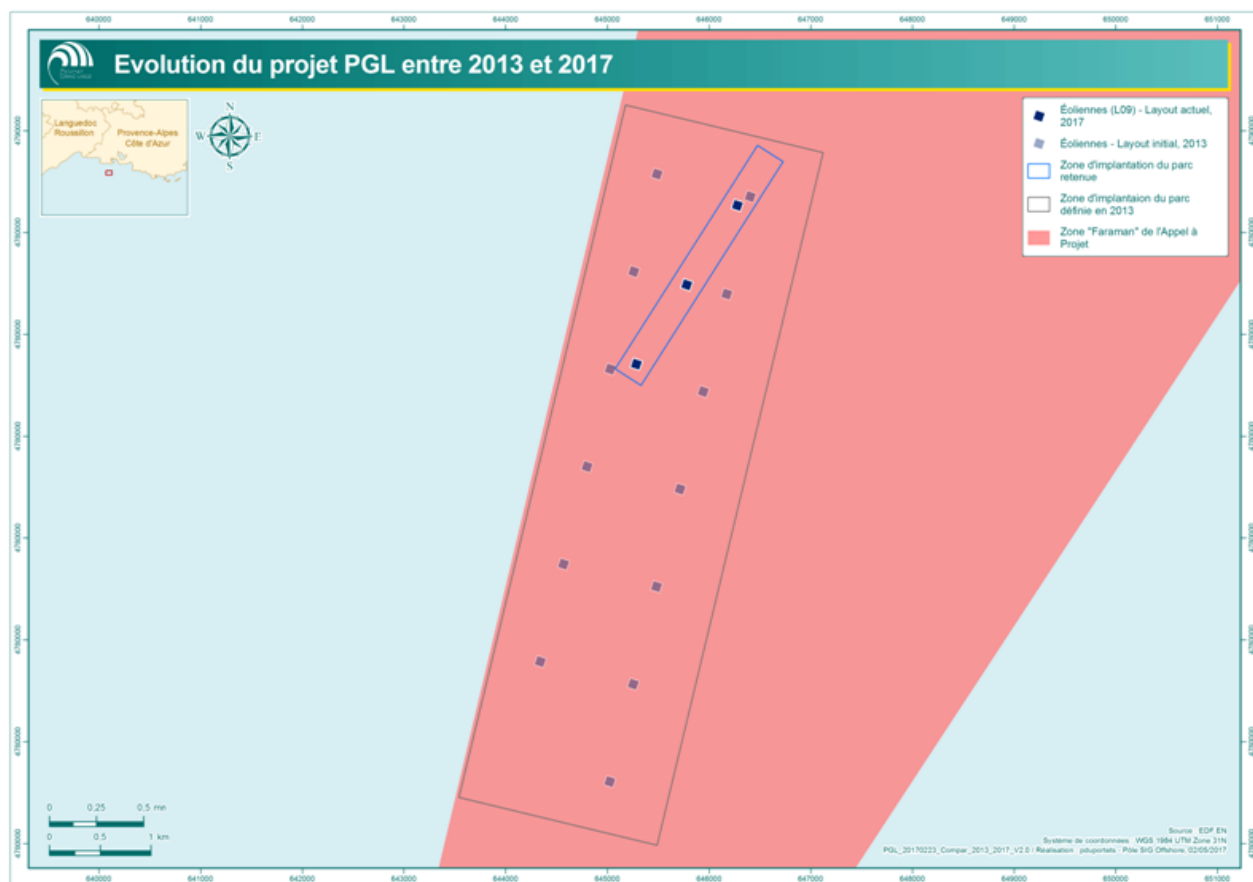


Carte 7 : Zone Faraman telle que retenue pour l'AAP (Source : ADEME, aout 2015)

2.1.4. Evolution de la configuration du parc pilote depuis 2015

Dans le cadre de l'évolution technique du projet depuis 2015 (voir Introduction de l'étude d'impact, partie 1.3. « Contexte du projet Provence Grand Large »), les réflexions sur la configuration du parc pilote se sont poursuivies. Les nouvelles mesures de vent, réalisées grâce à un mât de mesure situé sur le littoral et à l'aide de la bouée de mesures météorologiques implantée sur le secteur d'étude en mer, ont permis de confirmer et d'optimiser la localisation des trois éoliennes, à l'intérieur de la zone initiale.

Une zone de concession présentant in fine une emprise en très forte réduction par rapport aux hypothèses de 2013 a ainsi été définie pour le parc pilote. Sa surface est ainsi passée de 14 km² à 0,78 km² (voir carte ci-après).



Carte 8 : Evolution de la configuration et de la zone d'implantation des éoliennes entre 2013 et 2017



2.2.Choix du fuseau de raccordement électrique

Le raccordement du parc éolien flottant au réseau public de transport d'électricité (réseau RTE) sera effectué *via* la pose d'un câble d'export totalement enfoui, aussi bien sur la partie maritime que terrestre, entre le parc éolien pilote au niveau du connecteur sous-marin et le poste électrique de raccordement.

Le raccordement repose sur la création d'une liaison sous-marine constituée par un câble tripolaire exploité en 63 kV. Une chambre de jonction enterrée assurera ensuite sur le site d'atterrissage la transition technique entre la liaison sous-marine et la liaison souterraine terrestre. Le raccordement au réseau nécessite ensuite une connexion sur un poste source (ouvrage électrique permettant de relier le réseau public de transport d'électricité au réseau local de distribution).

Les ouvrages RTE de réalisation de canalisation et de jonctions électrique dans les espaces proches du rivage et dans les espaces remarquables des communes riveraines sont autorisés en application des articles L 121-17 et L121-25 du code de l'urbanisme. Les techniques utilisées pour la réalisation de ces ouvrages électriques sont souterraines et toujours celles de moindre impact environnemental.

Dans le cadre de la concertation volontaire réalisée entre 2011 et 2014 par les équipes Provence Grand Large, un premier tracé de raccordement a été identifié. Toutefois, le projet PGL ayant été réorganisé en 2016, RTE est devenu maître d'ouvrage du raccordement.

RTE se doit, dans le cadre de la procédure réglementaire de la concertation dite 'Fontaine', de ré-ouvrir le débat. En effet, cette concertation est obligatoire pour la création de tout nouvel élément du réseau public de transport d'électricité. Habituellement, elle constitue la première étape de concertation pour l'élaboration du projet. Elle est menée sous l'égide du préfet des Bouches du Rhône et réunit l'ensemble des parties prenantes : élus, service de l'état, usagers de la mer, représentants socio-professionnels et associatifs.

L'objectif de cette concertation est, dans un premier temps, d'aboutir à la validation des limites de l'aire d'étude dans laquelle sera étudié le projet. Dans un deuxième temps, elle consiste à définir un corridor de passage qui présente le moindre impact pour l'environnement naturel, humain et socio-économique. Le raccordement électrique du parc éolien pourra s'inscrire dans ce corridor, appelé « fuseau de moindre impact ».

2.2.1.Choix du poste électrique de livraison

Deux postes de raccordement disposant des caractéristiques requises avaient été identifiés dans un rayon de 30 km du site du parc pilote en mer : le poste de Port-Saint-Louis-du-Rhône et le poste à côté de la centrale EDF de Martigues. Plusieurs tracés de câble ont été étudiés sur la base de différents critères (environnementaux, techniques, coût...), afin de relier le site d'implantation du parc en mer et ces deux postes de raccordement.

2.2.1.1. La solution retenue : raccordement sur le poste RTE de Port-Saint-Louis-du-Rhône

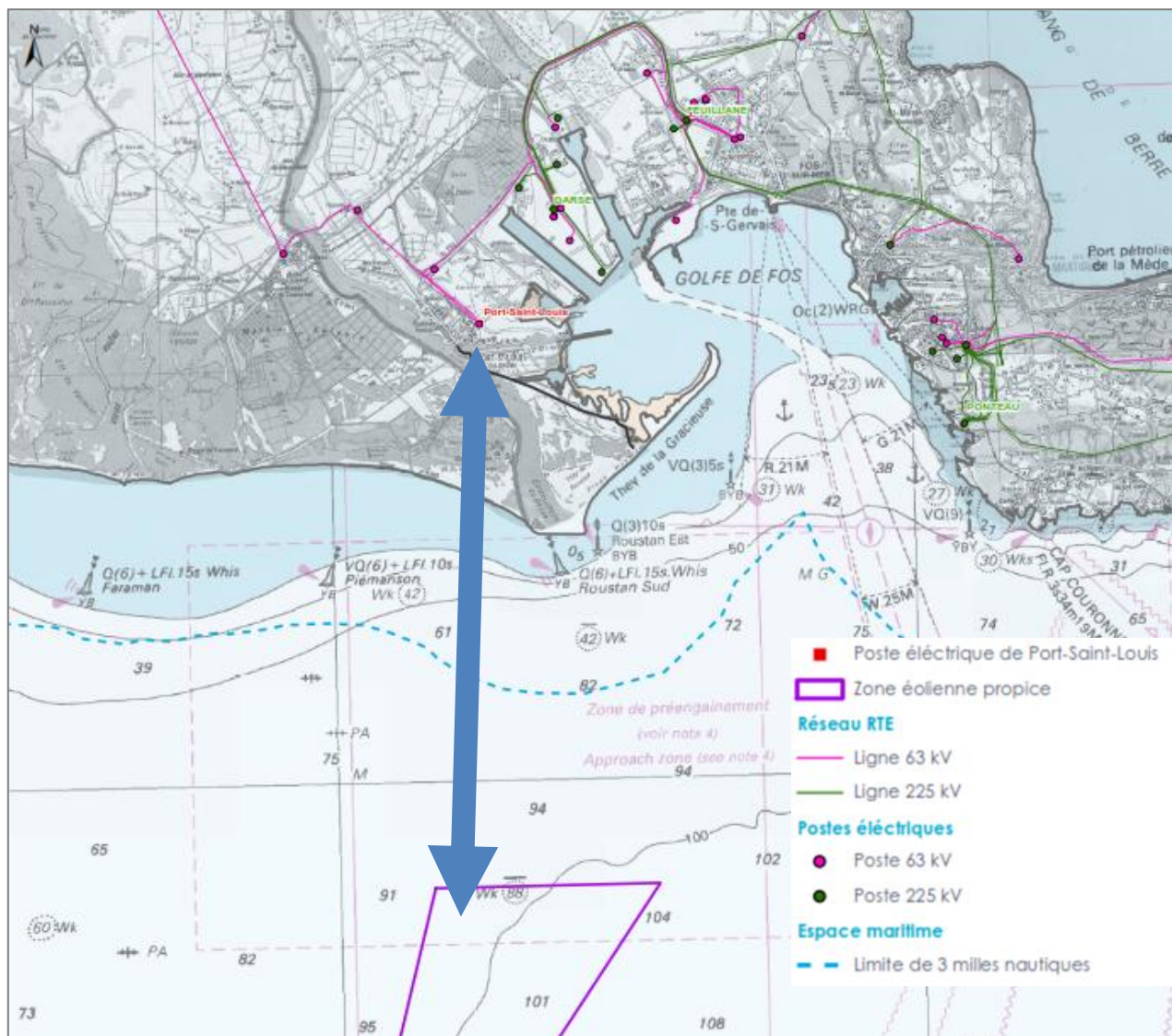
La solution retenue par RTE est un raccordement du parc éolien au poste électrique existant de Port-Saint-Louis-du-Rhône situé à environ 22 km du site de production. Cette solution a en effet été privilégiée car elle présente plusieurs avantages :

- Capacité d'accueil de la production ;
- Raccordement à moindre coût compte tenu du fait que le poste est le plus proche de la zone du parc éolien (le coût d'un raccordement étant directement lié à sa longueur) ;
- Solution de moindre impact environnemental au vu des enjeux moindres sur la partie maritime concernée (usages, enjeux écologiques...).



Figure 2 : poste RTE de Port-Saint-Louis-du-Rhône
(Source : BRLi, 2013)

Cette solution a été jugée recevable par la DREAL PACA, le 23/02/2017.



Carte 9 : Schéma de principe du raccordement sur le poste de Port-Saint-Louis-du-Rhône

2.2.1.2. Autre solution initialement envisagée : raccordement sur le poste de Ponteau

Le poste de Ponteau dispose d'une capacité d'accueil de production de 60 MW réservés au projet de l'appel à projets (AAP). Il est situé à une distance minimale d'environ 25 km du site de production.



Carte 10 : Schéma de principe du raccordement sur Ponteau

Le raccordement au poste de Ponteau nécessite la création d'une liaison sous-marine de 26 km entre le parc éolien pilote et la chambre d'atterrage envisagée sur le littoral au sud de Ponteau. Sur la partie terrestre, la liaison se prolonge par un câble souterrain implanté sous piste et chaussée sur une longueur d'environ 4 km.

Le poste de Ponteau ne possède pas d'échelon de tension 63 kV. Il doit faire l'objet d'une extension foncière pour accueillir un poste 63 kV équipé d'un transformateur 225/63 kV.

Le coût d'ordre du raccordement sur le poste de Ponteau est supérieur de 33 % à la solution de raccordement au poste de Port-Saint-Louis-du-Rhône retenue compte tenu de sa plus grande longueur, notamment sous-marine, et de la nécessité de créer une transformation 225/63 kV.

Sur le plan environnemental, la richesse biologique de la zone marine côtière est à souligner. Ce secteur est protégé par le parc naturel marin de la côte bleue et le réseau Natura 2000 avec notamment la présence de posidonies et de zones coralligènes (habitats marins patrimoniaux).

On note également l'importance des activités de pêche le long de la côte Est, mais aussi plus globalement l'ensemble des activités maritimes (trafic, mouillage) dans le golfe. Ces activités maritimes présentent des contraintes, usages et servitudes, liées à l'intensité de l'activité économique.

Cette solution a donc été écartée car moins avantageuse d'un point de vue économique, et car les contraintes environnementales et d'usages sont plus importantes sur le secteur maritime concerné.

2.2.1.3. Postes inadaptés

Les raccordements sur les postes de Feuilleane et Darse ont été écartés car jugés inadaptés.

Ils sont en effet situés sur leur partie maritime dans une zone de contraintes associées aux usages et servitudes liées aux activités portuaires du Grand Port Maritime de Marseille (GPMM). Ces raccordements traversent à la fois les chenaux d'accès aux différents quais sur son tronçon dragué et la zone de mouillage réglementée.

La pose d'une liaison électrique sous-marine est par conséquent plus complexe à mettre en œuvre au droit de ces secteurs : activités de dragage et/ou risques d'accrochage de liaison électrique par les ancres des navires dans la zone centrale du port.

De plus, leur longueur sensiblement supérieure à celles aux autres solutions envisagées, notamment pour la partie sous-marine, entraînerait un surcoût.



Carte 11 : Les deux stratégies de raccordement inadaptées

2.2.2. Identification des sites potentiels d'atterrissage

L'atterrissage correspond à la transition entre le secteur maritime et le secteur terrestre. La jonction entre le câble sous-marins et le câble souterrain sera réalisée dans un ouvrage en béton de dimensions approximatives suivantes: 10 m (L) x 3 m (l) x 1,5 m (H), Cette chambre de jonction sera souterraine, installée à environ 2 mètres de profondeur.

Les zones d'atterrissage de moindre impact correspondent dans la mesure du possible :

- A des zones qui offrent des secteurs ou des voies suffisamment importants en dehors des espaces remarquables du littoral (sites classés au titre l'article L.121-23 du Code de l'urbanisme) ;
- A des zones qui permettent d'envisager la construction des chambres de jonction et de la liaison en appui à des infrastructures existantes, facilement accessibles et qui traversent d'ores et déjà les zones de forte sensibilité (routes, parkings) ;
- A des zones qui tiennent compte des contraintes physiques associées à l'environnement sédimentaire, à la topographie ainsi qu'à l'évolution du trait de côte.

Sur la base de ces critères (contraintes naturelles, réglementaires, juridiques, techniques ou encore des usages), 3 sites potentiels ont été identifiés pour accueillir le point d'atterrissage du projet :



Figure 3 : Sites potentiels identifiés pour l'atterrissage du câble d'export maritime

Ces trois sites, tout comme le choix du poste source, guident par la suite la construction de fuseaux.

2.2.3. Sélection du fuseau et des emplacements de moindre impact

Le choix du fuseau du raccordement électrique, tant terrestre que maritime, et incluant la localisation des ouvrages connexes tels que le site d'atterrissage ou le poste électrique de raccordement, est issu d'une analyse comparative de plusieurs fuseaux d'étude visant à identifier le fuseau de moindre impact. Les fuseaux correspondent à l'enveloppe des tracés envisageables, du point de vue technique, économique et environnemental.

2.2.3.1.Principes d'élaboration des fuseaux

Cette étape a consisté à :

- Identifier des fuseaux et emplacements pour le raccordement du parc pilote éolien flottant depuis le connecteur sous-marin jusqu'au poste électrique RTE existant de Port-Saint-Louis-du-Rhône (liaison sous-marine, atterrissage et liaison souterraine) ;
Un fuseau prend nécessairement en compte le point d'interface entre le parc pilote éolien flottant et son raccordement (le connecteur sous-marin) et les possibilités de cheminement du raccordement jusqu'au poste électrique de Port-Saint-Louis-du-Rhône *via* les sites d'atterrissages envisagés.
Chaque fuseau est composé de deux parties :
 - la partie maritime : du connecteur sous-marin à la zone d'atterrissage sur le littoral ;
 - la partie terrestre : de la zone d'atterrissage jusqu'au poste de raccordement.
- Faire une analyse objective de ces fuseaux et emplacements afin de faciliter le choix du fuseau et emplacement de moindre impact.

L'identification des fuseaux et emplacement pour le raccordement du parc éolien en mer, depuis le connecteur sous-marin jusqu'au poste électrique de Port-Saint-Louis-du-Rhône s'est basée sur une analyse de l'état initial de l'environnement permettant de mettre en évidence les enjeux sur les différents compartiments : milieu physique, milieu naturel, paysage et patrimoine et milieu humain et de définir les enjeux et sensibilités de l'aire d'étude.

Les propositions de fuseaux ou d'emplacements réalisées ont pris en compte ces enjeux et particulièrement les éléments suivants (cartes ci-dessous) :

- pour la partie maritime :
 - la nature des fonds marins ;
 - les zonages environnementaux et les peuplements benthiques ;
 - les activités et servitudes liées aux usages de la mer.
- pour la partie terrestre :
 - les espaces naturels, leur protection réglementaire et leur valeur patrimoniale ;
 - les cours d'eau, canaux, marais et zones humides associées ;
 - le patrimoine culturel et les sites archéologiques ;
 - les zones de bâtis existants et d'urbanisation future ;
 - les infrastructures existantes ;
 - les activités socio-économiques.

La prise en compte de ces éléments a conduit à proposer 3 fuseaux distincts (dont la largeur varie entre quelques centaines de mètres en mer à un kilomètre par endroit à terre), organisés autour des Theys de l'embouchure du Rhône (voir carte ci-après) :

- le fuseau Ouest qui emprunte le lit du Rhône et contourne ainsi le They de Roustan par l'Ouest ;
- le fuseau Centre qui permet d'envisager un atterrissage sur le They de la Gracieuse ;
- le fuseau Est, qui contourne la flèche sableuse de la Gracieuse, sans traverser les chenaux de navigation du GPM ni la totalité de la zone de clapage contigüe, et qui permet d'envisager un atterrissage au nord de la digue Napoléon, vers la plage Olga.



2.2.3.2. Analyse comparative des fuseaux

L'analyse comparative des trois fuseaux a été réalisée sur la base d'une analyse des enjeux environnementaux et technico-économiques respectifs.

Le tableau suivant présente la synthèse des analyses comparatives des trois fuseaux. Une première partie présente une analyse comparative complète des fuseaux. Une seconde partie propose une synthèse de la sensibilité par composante.

Ne sont pris en compte dans cette analyse que les paramètres ou composantes environnementales discriminantes d'un fuseau à l'autre.

SENSIBILITE			
	Nulle ou négligeable	Faible	Modérée
			Forte

1	ANALYSE COMPARATIVE		
	Fuseau Ouest	Fuseau Centre	Fuseau Est
Milieu physique			
Contexte géologique et milieu sédimentaire Dynamique hydro-sédimentaire	Plusieurs faciès sédimentaires marins : pour l'essentiel, il s'agit de dépôts fins non cohésifs (vases circalittorales). A l'embouchure du fleuve Rhône, faciès fluvio-marin sur plusieurs kilomètres correspondant aux matériaux charriés par le fleuve (sables fins marins, mêlés à des matériaux grossiers apportés par les crues du fleuve) Secteur particulièrement exposé à des mouvements hydrosédimentaires et grande amplitude hydrologique.	Plusieurs faciès sédimentaires marins : pour l'essentiel, il s'agit de dépôts fins non cohésifs (vases circalittorales). Le They de la Gracieuse est un système sédimentaire dynamique tant en partie émergée qu'immergée. Des variations significatives de profil bathymétrique sont à attendre. Une zone d'inflexion entre secteur en accrétion et secteur en érosion se retrouve à proximité du parking Napoléon.	Présence d'épaves au droit de la flèche de la Gracieuse (pour limiter les mouvements sédimentaires particulièrement importants sur ce secteur) La flèche de la Gracieuse est un système sédimentaire dynamique tant en partie émergée qu'immergée. Des variations significatives de profil bathymétrique sont à attendre.

Tableau 1 : Synthèse de l'analyse comparative des fuseaux de raccordement du parc au regard du milieu physique (Source : BRLi,¹ 2017)

¹ Source : BRLi, 2017. Raccordement électrique d'un parc pilote éolien flottant en Méditerranée. Zone de Faraman. Dossier de présentation du projet et proposition d'aire d'étude – Dossier de concertation.

1 ANALYSE COMPARATIVE	Fuseau Ouest			Fuseau Centre		Fuseau Est
	Milieu naturel et biodiversité					
Natura 2000	Intercepte 3 sites : FR9301590 ZSC Rhône Aval ; FR9301592 ZSC Camargue ; FR9310019 ZPS Camargue. Particulièrement concerné par la migration des espèces amphihalines, qui empruntent le fleuve, telles l'Alose feinte du Rhône, et la Lamproie marine, toutes deux étant des espèces ayant justifiées la désignation du site ZSC « Le Rhône aval » (FR9301590). Concerné par deux types d'habitats d'intérêt communautaire et prioritaires (mares temporaires et steppes salées) situées en bordure occidentale du They de Roustan.	Intercepte 3 sites : FR9301590 ZSC Rhône Aval ; FR9301592 ZSC Camargue ; FR9310019 ZPS Camargue. Particulièrement concerné par les steppes salées méditerranéennes (à hauteur du They de la Gracieuse) et par les lagunes recensées au sud de l'Anse Carreau.	A noter toutefois, qu'à hauteur du They de la Gracieuse, la route Napoléon et le parking menant à la plage du même nom ne sont pas concernés par des habitats d'intérêt communautaire prioritaire de la ZSC FR9301592 « Camargue »	Intercepte 3 sites : FR9301590 ZSC Rhône Aval ; FR9301592 ZSC Camargue ; FR9310019 ZPS Camargue. Absence d'habitats d'intérêt communautaire et prioritaire.		
Habitats biocénoses benthiques et	La caractérisation des habitats et de la macrofaune benthique, réalisée par le bureau d'étude In Vivo Environnement, dans le cadre de l'étude du projet de parc pilote éolien flottant, porté par EDF-Energies nouvelles, concluent que les conditions estuariennes du Grand Rhône (houle, mouvement sédimentaire, apport d'alluvions) limitent l'implantation d'un peuplement très diversifié d'où une faible richesse spécifique.	La caractérisation des habitats et de la macrofaune benthique, réalisée par le bureau d'étude In Vivo Environnement, dans le cadre de l'étude du projet de parc pilote éolien flottant, porté par EDF-Energies nouvelles, concluent sur l'absence d'enjeu majeur.		La caractérisation des habitats et de la macrofaune benthique, réalisée par le bureau d'étude In Vivo Environnement, dans le cadre de l'étude du projet de parc pilote éolien flottant, porté par EDF-Energies nouvelles, concluent sur l'absence d'enjeu majeur.		
Données d'inventaires	Intercepte 3 ZNIEFF : They de la Gracieuse – They de Roustan ; de Beauduc au Grand Rhône ; le Rhône Parc Naturel Régional de Camargue – Site Ramsar	Intercepte 2 ZNIEFF : They de la Gracieuse – They de Roustan, de Beauduc au Grand Rhône ; Parc Naturel Régional de Camargue A noter que la partie nord de ce fuseau intercepte une partie du périmètre du plan de gestion des espaces naturels, initié par le GPMM.		Intercepte 2 ZNIEFF : They de la Gracieuse ; Salins du Caban et du relai – Etang de l'Oiseau		

Tableau 2 : Synthèse de l'analyse comparative des fuseaux de raccordement du parc au regard du milieu naturel biologique (Source : BRLi, 2017)

1 ANALYSE COMPARATIVE	Fuseau Ouest	Fuseau Centre	Fuseau Est
Milieu humain et contexte socio-économique			
Activités professionnelles	Trafic fluvio-maritime sur le Rhône à hauteur de l'écluse du Canal de Saint-Louis. Activité de pêche.	Néant ou faible (port de plaisance). Activité de pêche.	Activités industrielle et commerciale du GPMM. Trafic fluvio-maritime sur le Rhône à hauteur de l'écluse du Canal de Saint-Louis ; conchyliculture à proximité (Anse de Carteau) ; Pôle Nautique, Activité de pêche.
Tourisme et loisirs	Quais du port de plaisance, centre-ville	Activités balnéaires (baignade, activités nautiques, pêche de loisirs) sur la plage Napoléon ; piste cyclable le long de la route Napoléon	Ports de plaisance, activités nautiques au droit des plages Olga et Carteau ; école de voile (kite-surf) ; tourisme pour le site conchylicole
Servitudes maritimes	Néant	Néant	Proximité de chenaux de navigation (accès au port de plaisance de Port-Saint-Louis-du-Rhône et accès au canal Saint-Louis), proximité d'une zone conchylicole, zone d'interdiction au sud de la digue Napoléon, proximité d'une zone de clapage.

Tableau 3 : Synthèse de l'analyse comparative des fuseaux de raccordement du parc au regard du milieu humain (Source : [BRLi, 2017](#))

1 ANALYSE COMPARATIVE	Fuseau Ouest	Fuseau Centre	Fuseau Est
Paysage et patrimoine culturel et historique			
Patrimoine culturel, historique protégé (MH)	Présence de deux périmètres de protection de Monuments Inscrits : la tour Saint-Louis, inscrite par arrêté du 18/11/1942, et les entrepôts maritimes de la Compagnie générale de navigation, inscrits par arrêté du 16/08/1999 Mais pas d'impact car câble souterrain	Présence de deux périmètres de protection de Monuments Inscrits : la tour Saint-Louis, inscrite par arrêté du 18/11/1942, et les entrepôts maritimes de la Compagnie générale de navigation, inscrits par arrêté du 16/08/1999 Mais pas d'impact car câble souterrain	Néant
Patrimoine paysager protégé (site inscrit)	Périmètre du Parc Naturel Régional de Camargue, et site inscrit « Camargue ». Mais pas d'impact car câble souterrain	Périmètre du Parc Naturel Régional de Camargue, et site inscrit « Camargue ». Mais pas d'impact car câble souterrain	Néant
Espaces remarquables au titre de la loi littoral	Sur l'ensemble des berges du Rhône, exception faite au droit du secteur historique de Port-Saint-Louis-du-Rhône	Sur l'ensemble du littoral du They de la Gracieuse. A noter toutefois la présence d'une zone anthropisée au droit de la route Napoléon (piste cyclable et parking pour véhicules motorisés)	Absence d'espaces remarquables au titre de la loi littoral
Sites archéologiques marins	Présence suspectée de sites recoupant le fuseau	Présence suspectée de sites recoupant le fuseau	Présence suspectée de sites recoupant le fuseau

Tableau 4 : Synthèse de l'analyse comparative des fuseaux de raccordement du parc au regard du patrimoine culturel, paysager et historique (Source : BRLi, 2017)

1	ANALYSE COMPARATIVE	Fuseau Ouest	Fuseau Centre	Fuseau Est
Eléments technico-économiques				
Travaux de pose et de protection des câbles sous-marins	Passage dans le lit du Rhône, lequel présente une forte mobilité de son profil en long (fonction des apports de matières du fleuve / crues) et un contexte hydrosédimentaire instable au droit de son embouchure (dérive littorale et transit sédimentaire vers l'Est du fleuve)		Régularisation du trait de côte atteint à partir des années 1990 et relative stabilité probablement expliquée par la présence des ouvrages de reconstitution dunaire qui contribuent à fixer la position du système plage / dunes.	Passage dans des zones à forte densité de trafic (entonnement du canal Saint Louis, proximité du chenal dragué du Port de commerce, nécessitant une protection supplémentaire
Infrastructures et réseaux à traverser pour travaux de pose des câbles terrestres	Faible linéaire terrestre		Linéaire terrestre important, mais en grande partie en zone non industrielle et non urbaine.	Faible linéaire terrestre
Emprise linéaire de l'ouvrage en milieu maritime et fluvial	Liaison sous-marine (empruntant le lit du fleuve) : 23 km environ		Liaison sous-marine : 18 km environ	Liaison sous-marine : 29 km environ

Tableau 5 : Synthèse de l'analyse comparative des fuseaux de raccordement du parc au regard des contraintes techniques et économiques (Source : BRLi, 2017)

2 SYNTHESE DES ENJEUX	Fuseau Ouest	Fuseau Centre	Fuseau Est
Milieu physique			
Milieu naturel et biodiversité		Prise en compte route Napoléon	
Milieu humain et contexte socio-économique			
Paysage et patrimoine culturel et historique			
Éléments technico-économiques			

Tableau 6 : Synthèse comparative des enjeux identifiés au niveau des 3 fuseaux de raccordement étudiés (Source : BRLi, 2017)

2.2.3.3.Synthèse

- **Fuseau Ouest « Le Rhône »**

Le fuseau Ouest présente un contexte hydro-sédimentaire particulièrement contraignant pour la pose et l'exploitation d'une liaison sous-marine.

L'embouchure du Rhône et la formation de son delta se dessinent et s'effacent au gré des crues du fleuve et des apports des sédiments marins. Ce secteur est particulièrement instable sur le plan hydrogéomorphologique.

- **Fuseau Centre « le They de la Gracieuse »**

Le fuseau Centre présente de nombreux enjeux écologiques : habitats d'intérêt communautaire prioritaire sur de larges surfaces au droit du They de la Gracieuse, espaces remarquables au titre de la loi littoral sur la quasi-totalité de la façade maritime, sans compter les espèces floristiques patrimoniales et protégées identifiés notamment au droit des dunes du They de la Gracieuse.

Toutefois, la plage Napoléon qui correspond à la façade littorale du They de la Gracieuse présente l'avantage d'être desservie par la route Napoléon (elle-même équipée d'une piste cyclable et d'un parking près de la plage). Cette route permet de joindre le littoral au centre-ville de Port-Saint-Louis-du-Rhône.

Bien que située en zone Natura 2000 et sur l'emprise des espaces remarquables au titre de la loi littoral, cette « fenêtre » aujourd'hui anthropisée permettrait de guider le tracé du câble souterrain et ainsi préserver les enjeux écologiques précédemment cités.

Ce fuseau ne présente que peu d'interface avec les activités socio-économiques associées à la zone industriel-portuaire de Fos-sur-Mer ou au trafic fluvio-maritime du Rhône.

Le fuseau Centre présente par ailleurs l'avantage de proposer le linéaire de liaison sous-marine le plus court, permettant une technique de réalisation de moindre impact environnementale, et constitue par ailleurs la solution la plus économiquement intéressante.

- **Fuseau Est « le Golfe de Fos »**

Le fuseau Est présente l'avantage par rapport aux deux autres fuseaux d'éviter des enjeux écologiques importants (absence d'habitats d'intérêt communautaire et prioritaire, d'espaces remarquables au titre de la loi littoral). Il passe cependant à proximité immédiate des riches biocénoses marines dont l'herbier de l'anse de Carteau et des zones conchyliques.

Il présente également l'inconvénient de passer à proximité de zones à très forte densité de trafic maritime (entonnement du canal Saint-Louis, proximité du chenal dragué du port de commerce), nécessitant une protection ou un ensouillage renforcé. A noter que ce fuseau passe à proximité de la zone de clapage du GPMM, située dans la bande des 3 milles.

Par ailleurs, parmi les trois fuseaux étudiés, ce fuseau propose le linéaire de liaison sous-marine le plus long, et est donc le moins intéressant d'un point de vue économique.

2.2.3.4. Conclusion

Au regard des résultats de l'analyse comparative multicritères des 3 fuseaux, le fuseau Centre présente le meilleur compromis sur le plan environnemental et technico-économique, sous réserve de profiter de la présence de l'axe de l'infrastructure routière existante (route de Napoléon) afin de s'affranchir des enjeux environnementaux locaux. Ce fuseau a été validé par le préfet des Bouches-du-Rhône.

2.2.4. Tracé de la liaison électrique maritime

Au sein de ce fuseau de moindre impact environnemental, le tracé de la liaison électrique sous-marine a été défini entre le connecteur sous-marin et la plage Napoléon, retenu comme site d'atterrissage.

Ce site d'atterrissage présente en effet un moindre enjeu environnemental compte tenu de son caractère anthropisé avec la présence d'un parking en arrière plage. La chambre d'atterrissage, assurant la liaison entre la partie sous-marine et terrestre du câble, sera ainsi enterrée en arrière de la plage Napoléon sur le « parking-plage », espace perturbé ne présentant aucune végétation remarquable.

Le tracé maritime le plus direct entre le parc et le point d'atterrissage retenu a ensuite été privilégié.

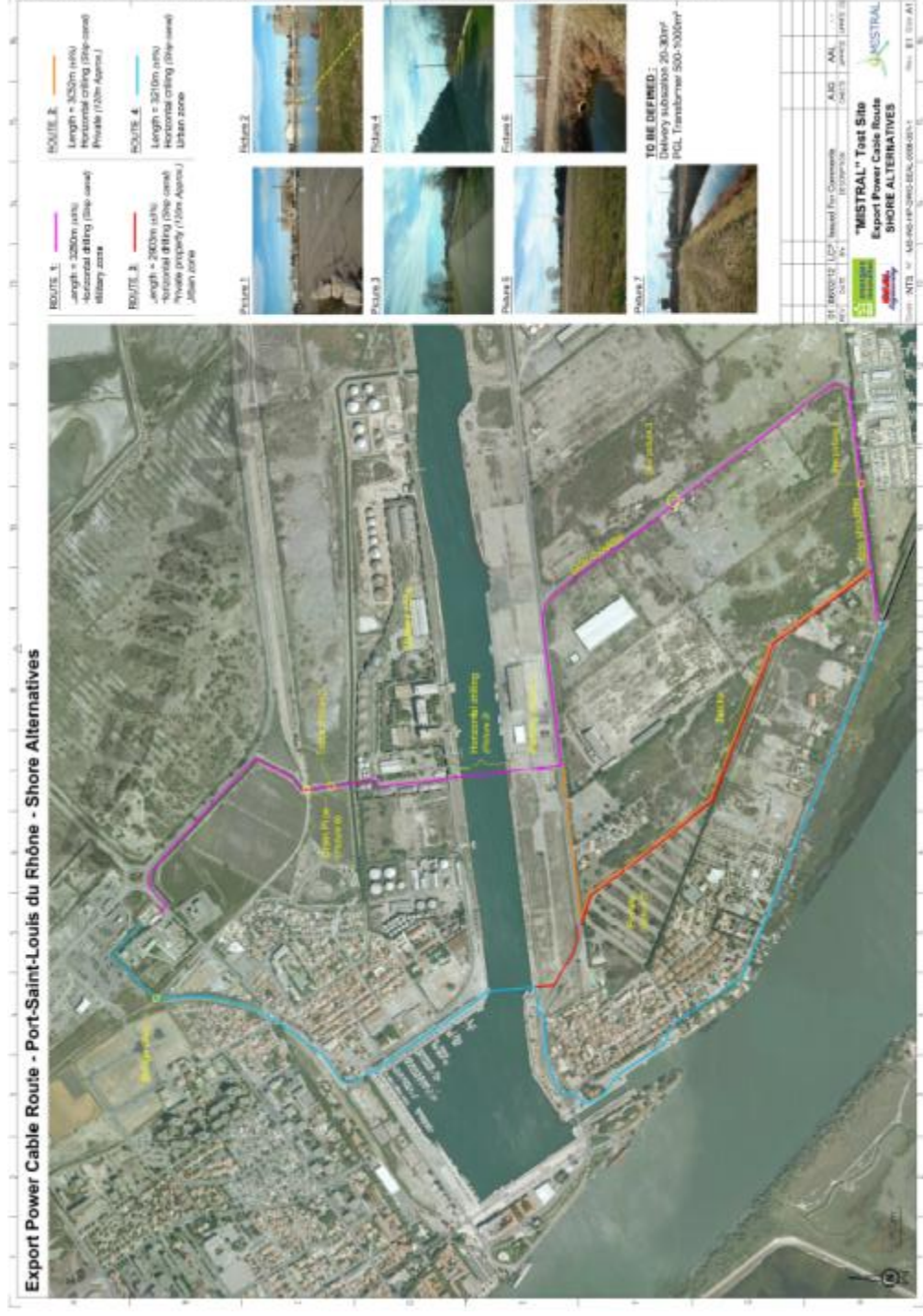
2.2.5. Choix du tracé de moindre impact pour la liaison électrique terrestre

Quatre tracés pour la liaison terrestre ont été initialement étudiés dès 2012 en concertation avec la commune de Port-Saint-Louis-du-Rhône, les Services de l'Etat (DDTM,...) et les organismes concernés par des servitudes (GPMM - Grand Port Maritime de Marseille, CNR - Compagnie Nationale du Rhône, RFF- Réseau Ferré de France, DDTM-Directions Départementales des Territoires et de la Mer...) dans le cadre du projet initial.

Une analyse comparative des contraintes environnementales a été réalisée afin de déterminer la solution de moindre impact notamment au regard de l'urbanisation existante ou à venir, des servitudes et des enjeux écologiques. Les points d'obstacle ont fait l'objet d'une attention particulière (buses, canaux, voie ferrée...). La tracé n°1 (voir carte ci-dessous) avait alors été privilégié sur la base de cette analyse.

Afin d'éviter de réaliser les travaux sur des zones récemment aménagées et limiter la gêne des riverains, un tracé de câble contournant le centre urbain a été retenu en accord avec la mairie.

Le tracé du câble a également été défini afin d'utiliser au maximum les infrastructures existantes dans l'objectif de limiter l'emprise sur les milieux naturels environnants. L'emprise des travaux sur une grande partie du linéaire (70%) se limite donc aux routes (route du Carteau, avenue de la Mer), pistes cyclables (le long de la route Napoléon sur un linéaire d'environ 6 km) et ne concerne que de façon limitée des formations naturelles.



Carte 13 : Les différentes variantes envisagées du tracé de la liaison terrestre (Source : EDF EN, 2012)

Par ailleurs, au regard des résultats des études naturalistes complémentaires réalisées sur site en 2017 et en particulier des enjeux écologiques identifiés au nord des terrains Shell (au-delà du canal Saint-Louis, cf. carte ci-après), une nouvelle phase d'analyse de variantes de la liaison terrestre a été menée afin d'affiner ou redéfinir si besoin la partie terminale du tracé. Ce travail, mené entre RTE et les écologues de Naturalia, visait à concilier au mieux les différentes contraintes inhérentes au projet et les enjeux patrimoniaux à portée réglementaire.

Conformément à la doctrine du 6 mars 2012, la première étape de la séquence « Eviter / Réduire / Compenser » a bien été adoptée et a abouti à la définition d'un tracé qui tient compte des enjeux écologiques réglementaires et/ou patrimoniaux connus à ce jour.

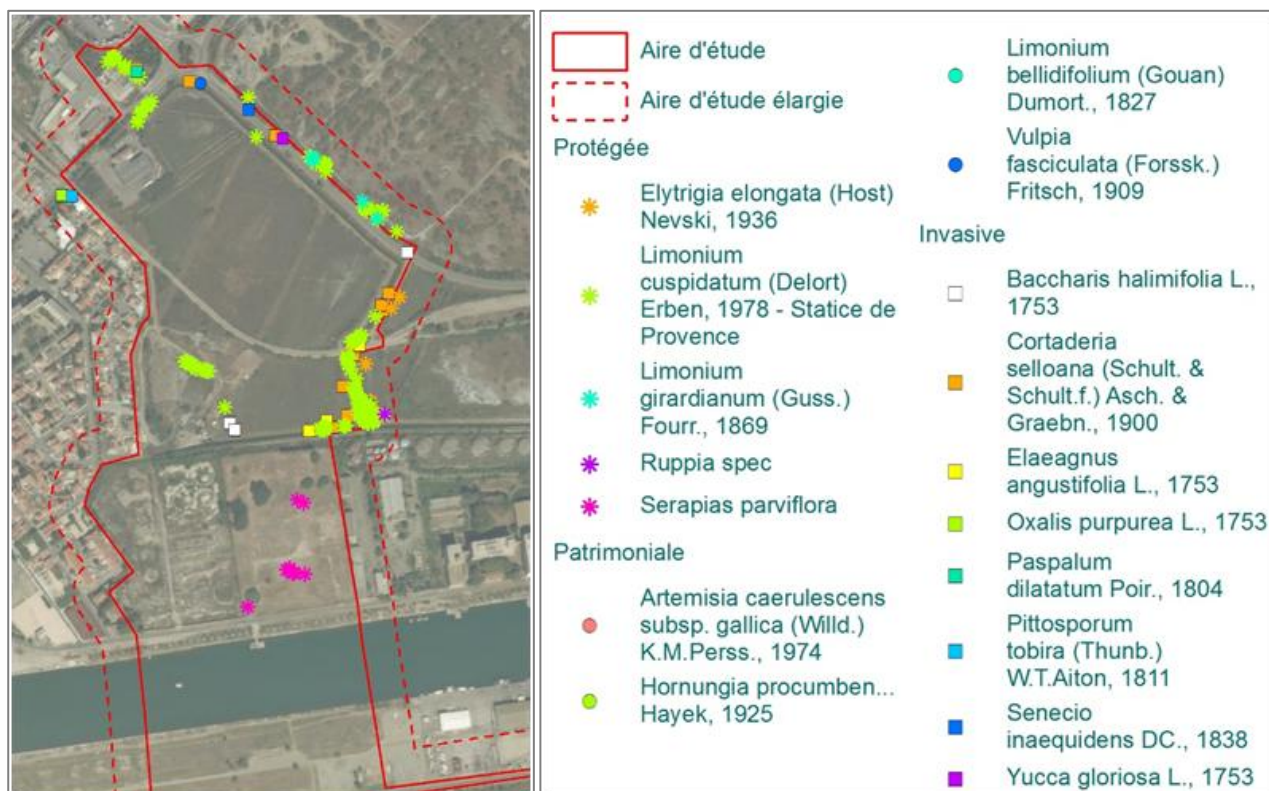
La carte suivante présente les différentes variantes étudiées pour rejoindre le site de raccordement.



Carte 14 : Etude des variantes de tracé à l'approche du site de raccordement (Source : Naturalia, 2017)

C'est le tracé BHJKG, avec un passage H-K en forage dirigé, qui a donc été retenu au vu de cette nouvelle analyse du tracé de moindre enjeu/impact écologique. Ce tracé définitif, ainsi que les modalités de travaux associés (franchissement en sous-œuvre du nord du terrain Shell au nord de la voie ferrée), permettent d'éviter les habitats et espèces végétales remarquables qui ont été recensés sur le secteur lors des derniers inventaires et en particulier (voir carte suivante):

- les pelouses abritant des stations de Sérapias à petites fleurs au sein du délaissé urbain du faubourg Hardon (terrain Shell) ;
- un secteur sensible de sansouïres abritant de plus des taxons à enjeu réglementaire plus au nord.



Carte 15 : Localisation des espèces végétales

Le tracé définitif est celui de moindre impact sur les milieux naturels environnants.

3. CHOIX TECHNIQUES

3.1.L'éolienne Siemens

3.1.1.Développement de l'éolienne SWT-8.0-154

La turbine retenue pour le projet pilote Provence Grand Large est une éolienne d'une puissance unitaire 8 MW et développée par la société Siemens, basée sur la plateforme D7 de nouvelle génération, et d'ores et déjà disponible en version 6 et 7 MW. La certification de type de la version 8 MW est prévue mi 2018. Ce choix permettra au projet de bénéficier d'une solution compétitive et mature à l'horizon 2018/2019.

Cette turbine est directement issue de la plateforme D7 qui équipe les éoliennes SWT-6.0-154 (6 MW) et SWT-7.0-154 (7 MW) déjà éprouvées. Elle permet d'optimiser le productible dans tous les types d'environnements, des eaux calmes aux ressources de vent modérées et aux sites les plus exposés aux conditions les plus sévères.



Figure 4 : Caractéristiques des turbines 6 MW et 7 MW (Source : Siemens)

Ce choix de l'éolienne offshore SWT-8.0-154 combine plusieurs avantages, parmi lesquels :

- l'utilisation d'une turbine de 8 MW permet de faire bénéficier le parc pilote de la technologie la plus performante du marché à la date du lancement de la construction du projet (début 2019) ;
- La capitalisation du retour d'expérience sur la technologie de la génératrice à entraînement direct des modèles SWT-6.0-154 et SWT-7.0-154 favorise l'obtention des certifications pour la turbine SWT-8.0-154 dans des délais réduits ;

- La reprise des principaux éléments de conception rend plus aisée l'optimisation des processus de fabrication, de pré-assemblage, d'installation et de mise en service au bénéfice des exploitants.

Les étapes de développement technologique dont est issue la turbine SWT-8.0-154 sont précisés dans le tableau suivant :

Réalisation		Dates	Résultats
1er parc éolien offshore posé	Vindeby (Danemark)	1991	En production
Parcs éoliens offshore posés en production	> 2 000 éoliennes	Décembre 2015	> 7 000 MW
Parcs éoliens offshore posés en cours de réalisation	> 800 éoliennes	Décembre 2015	> 4 900 MW
Éolien flottant : démonstrateur en mer de 2,3 MW	Hywind (Norvège)	2009	En production Fondation type SPAR Profondeur 220 m
Éolien offshore flottant : projet pilote de 30 MW	Hywind (Ecosse)	2017	5 turbines SWT-6.0-154 Fondation type SPAR Profondeur 90-120 m
Démonstrateurs à terre et en mer (plateforme D7 6 et 7 MW)	13 prototypes installés (éq. 8 millions d'heures d'exploitation)	2011 - 2015	
Plateforme D7 : production en série (SWT-6.0-154)	Westermøst Rønde (UK)	2014	En production Puis. nom. 210 MW (35 x SWT-6.0-154)

Tableau 7 : Quelques références et développements technologiques de Siemens

Deux prototypes de la turbine SWT-7.0-154 ont été installés à terre en mai 2015 et février 2016 à Østerild (Danemark) afin de passer une batterie de tests avant le lancement de la production en série.



Figure 5 : Démonstrateur de la turbine 7 MW en phase d'assemblage à Østerild (Source : Siemens)

Le développement de la nouvelle turbine SWT-8.0-154, qui équipera le projet Provence Grand Large, pourra ainsi bénéficier pleinement du retour d'expérience de ce programme d'essais et des processus logistiques éprouvés sur les modèles précédents.

3.1.2. L'expérience de Siemens dans l'éolien flottant

Avec plus de 25 ans d'expérience dans l'éolien en mer, un parc installé de plus de 7 GW et un carnet de commandes de l'ordre de 5 GW, Siemens a joué un rôle moteur dans le développement de l'éolien en mer posé. L'expérience acquise par la société lui permet de développer et d'optimiser sa technologie pour l'éolien flottant.

Projet Hywind Demo (Norvège)

Dans le cadre d'un projet commun, Siemens et l'énergéticien Statoil ont réalisé le projet Hywind de démonstration de la toute première éolienne flottante à taille industrielle au monde, installée sur une structure flottante à ballast stabilisé. Le projet est situé dans les eaux norvégiennes au large de Stavanger et a été inauguré le 8 septembre 2009.

Associant les expériences respectives de Statoil dans l'exploitation du pétrole et du gaz offshore et de Siemens dans l'éolien, le concept Hywind avait pour objectif de développer une solution pour la production d'énergie éolienne dans des environnements de grande profondeur en s'appuyant sur des technologies connues.



Figure 6 : Localisation du projet Hywind Demo



Figure 7 : Eolienne flottante déployée dans le cadre du projet Hywind (Source : Siemens)

Projet Hywind Ferme pilote (Ecosse)

Dans la continuité du retour d'expérience apporté par le projet Hywind Demo en Norvège, Statoil a décidé de s'associer à nouveau avec Siemens pour construire le premier parc éolien flottant au monde au large de l'Ecosse. Le parc sera situé à proximité de Buchan Deep, à environ 25-30 km au large de Peterhead dans la région d'Aberdeen.

Ce parc pilote, d'une puissance installée de 30 MW, sera équipé de cinq éoliennes à entraînement direct SWT-6.0-154.

Un des principaux objectifs de ce parc pilote est de mieux comprendre comment réaliser à l'avenir, en toute fiabilité et avec une bonne maîtrise des risques, des concepts de parcs éoliens flottants à grande échelle destinés à une exploitation commerciale.

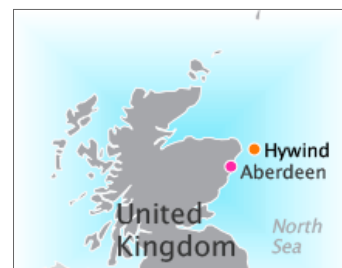


Figure 8 : Localisation de la ferme pilote Hywind

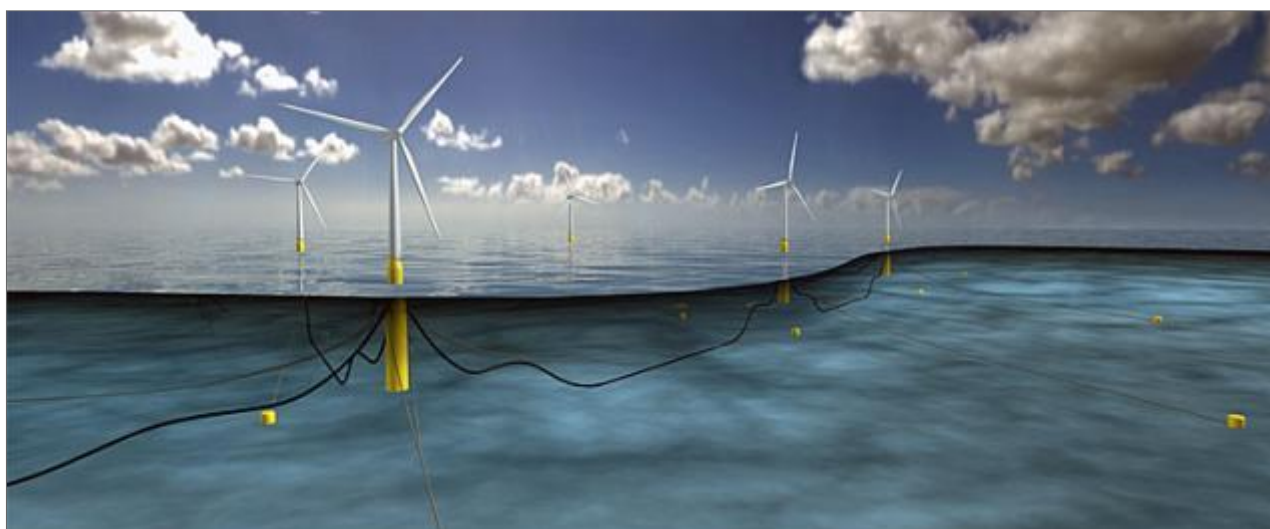


Figure 9 : Vue d'artiste de la ferme pilote Hywind (Source : Siemens)

Le projet de parc pilote Provence Grand Large

La technologie SIEMENS a été retenue pour Provence Grand Large à l'issue d'un appel d'offre basé sur des critères de mieux disance, tenant notamment compte de l'expérience. En l'occurrence, avec 70% de part de marché au niveau mondial, SIEMENS est de loin celui qui présentait la plus grande expérience de l'éolien en mer. Siemens est également un pionnier de l'éolien flottant, avec la première éolienne flottant jamais réalisée (prototype Hywind réalisé en Norvège en 2009).

Fort des premières expériences acquises et du savoir-faire mis en œuvre avec les projets Hywind, Siemens entend poursuivre sa contribution au développement de l'éolien flottant, considéré comme un axe de développement majeur de l'éolien en mer.

Le projet de ferme pilote Provence Grand Large constitue une opportunité pour Siemens de tester une éolienne de plus forte puissance sur un nouveau concept de fondation flottante dans une approche complémentaire de la technologie SPAR déjà utilisée pour le projet Hywind. Il permettra aussi de définir et mettre en œuvre une solution adaptée aux éoliennes offshore de grande dimension, notamment sur la gestion des interactions entre la fondation flottante et la turbine.

3.2. Le flotteur SBM et les ancrages TLP

Par opposition aux autres technologies (barges semi-submersibles ou bouées « spar » utilisant des ancrages caténaires), le flotteur SBM sélectionné pour cette technologie permet d'éviter et réduire fortement les effets et impacts sur l'environnement et les usages (navigation, pêche, etc.). En effet, la solution retenue est une plateforme à lignes tendues, dite « TLP », terme anglais qui signifie littéralement « *Tension Leg Platform* ».

Cette solution présente les avantages suivants d'un point de vue environnemental et vis-à-vis des usages maritimes :

- Réduction de l'emprise des éoliennes : le rayon d'ancrage sera de l'ordre de 70 m ; il est de l'ordre de 500 m à 600 m pour les fondations flottantes à ancrage caténaire (souple) ; il en résulte une diminution drastique de l'emprise des ancrages et une réduction proportionnelle de la superficie occupée par le parc ;
- Absence de ragage sur les fonds : les lignes d'ancrage tendues ne reposent pas sur les fonds ; elles n'auront pas d'interaction directe avec les habitats marins ;
- Mobilité réduite du flotteur : les lignes tendues (TLP) assurent la stabilité du flotteur et permettent de réduire sa mobilité : les interactions potentielles avec l'avifaune avec les éoliennes ne sont de ce fait pas augmentées.

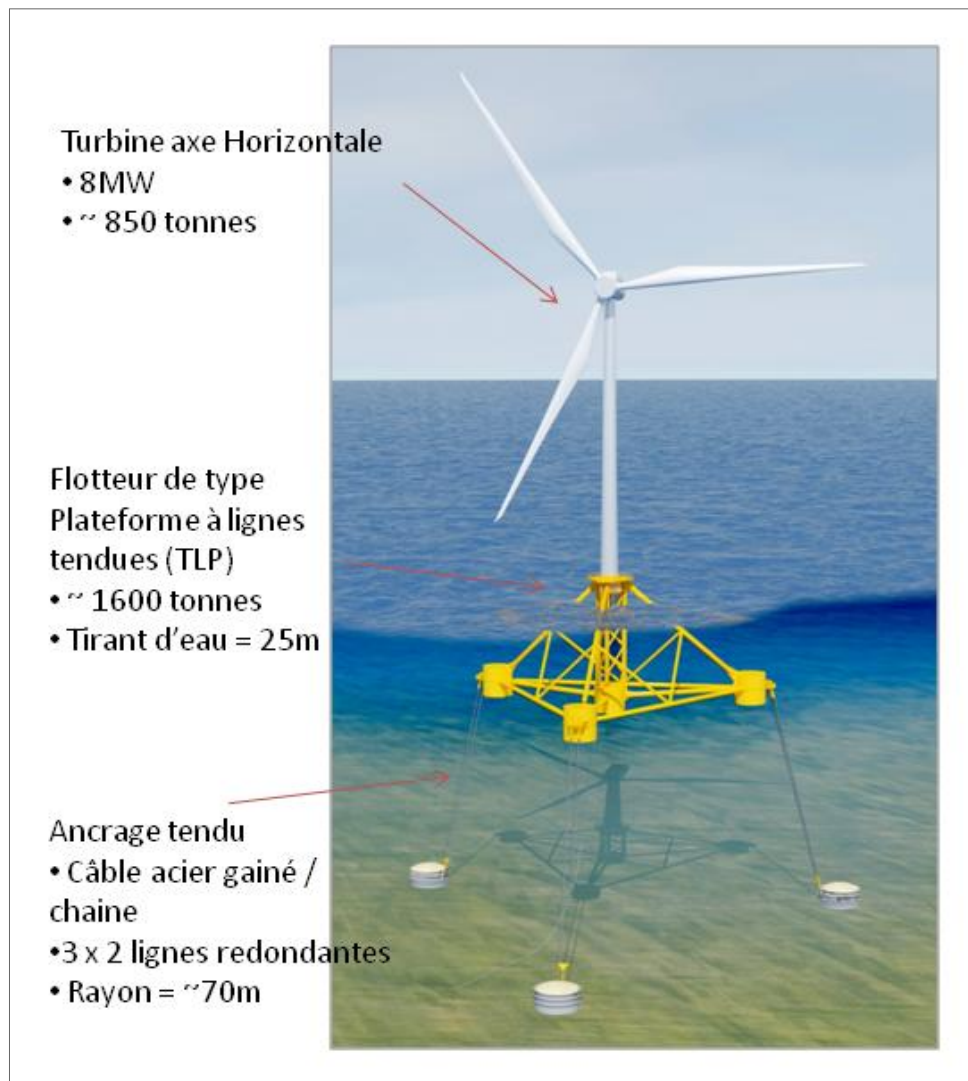


Figure 10 : Vue 3D de l'éolienne et de son flotteur (© SBM Offshore)

