

CHAPITRE 8

PRESENTATION DES METHODES UTILISEES ET DIFFICULTES EVENTUELLES RENCONTREES

SOMMAIRE

1. PREAMBULE	6
2. METHODOLOGIE DE L'ETUDE D'IMPACT	7
2.1. DEMARCHE GENERALE	7
2.2. AIRES D'ETUDE	9
2.3. CONSTITUTION DE L'ETAT INITIAL.....	13
2.3.1. Evaluation des enjeux du site.....	13
2.3.2. Détermination des niveaux d'enjeux des compartiments récepteurs	14
2.3.3. Principes de rédaction	15
2.4. ANALYSE DES EFFETS.....	16
2.4.1. Démarche	16
2.4.2. Méthode d'évaluation.....	17
2.5. DETERMINATION DES IMPACTS	17
3. METHODOLOGIE DES ETUDES SPECIFIQUES.....	19
3.1. MILIEU PHYSIQUE	19
3.1.1. Etude géophysique	19
3.1.2. Expertise sédimentaire : analyses granulométriques et géochimiques.....	23
3.1.3. Etude météo-océanique.....	34
3.2. MILIEU VIVANT.....	36
3.2.1. Expertise biosédimentaire	36
3.2.2. Expertise Avifaune	44
3.2.3. Méthodologie des inventaires faunistiques et floristiques terrestres	59
3.3. PAYSAGE.....	73
3.3.1. Etude paysagère.....	73
3.3.2. Réalisation de photomontages	73
3.4. MILIEU HUMAIN.....	74
3.4.1. Etat des lieux des activités halieutiques	74
3.4.2. Etude de sécurité maritime	82
3.4.3. Etude d'évaluation du risque pyrotechnique (UXO)	95
4. DIFFICULTES RENCONTREES.....	96
4.1. DIFFICULTES GENERALES	96
4.2. LIMITES DE L'ETUDE HALIEUTIQUE	96
4.3. LIMITES IDENTIFIEES POUR L'EXPERTISE AVIFAUNE	96
4.3.1. Limites concernant les connaissances des oiseaux en mer	96
4.3.2. Limites concernant l'évaluation quantitative des impacts.....	97
4.4. LIMITES DES ETUDES NATURALISTES TERRESTRES	98

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Liste des figures

Figure 1 : Démarche d'évaluation des enjeux et sensibilités du site puis des impacts du projet	8
Figure 2 : Méthodologie d'évaluation des impacts d'un projet d'aménagement (Source : MEDDE, 2012)	17
Figure 3 : Principe d'un sondeur multifaisceaux (@ Ifremer)	19
Figure 4 : Principe de fonctionnement du sonar à balayage latéral (@ Hocer)	20
Figure 5 : Principe de la sismique réflexion (Source : UBO)	20
Figure 6 : Plan de ligne de Survey sur la zone du parc pilote (Source : IXSurvey, 2013)	21
Figure 7 : Plan de ligne du Survey du corridor (Source : IXSurvey, 2013)	22
Figure 8 : Illustration du navire le « Ville d'Arzew II » utilisé pour la campagne (Source : In Vivo, 2013)	23
Figure 9 : Le Ville d'Arzew II, sa grue et son treuil (Source : In Vivo, 2013)	24
Figure 10 : Benne Day-Grab lestée à 162 kg (@ In Vivo)	26
Figure 11 : Tamisage des vases pour récupération de la macrofaune benthique (@ In Vivo)	26
Figure 12 : Conservation en glacière des; tamisage et flaconnage dans l'alcool absolu (@ In Vivo)	26
Figure 13 : Répartition des prélèvements RNO (campagne de 1994, Source : Ifremer, 1998)	30
Figure 14 : Lieux de surveillances à proximité de la zone d'étude (Source : Ifremer, 2013)	31
Figure 15 : Points de surveillance du ROCCH et matériel biologique utilisé (Source : Ifremer, 2013)	31
Figure 16 : Points d'extraction des résultats des modélisations (Source : Actimar, 2016)	35
Figure 17 : Mise en œuvre des analyses biosédimentaires au laboratoire (In Vivo Environnement, 2013) ...	37
Figure 18 : Modèle du gradient de perturbations croissantes (Source : Glémarec et Hily, 1981)	40
Figure 19 : Base écologique de l'indice AMBI (Source : A. Borja)	41
Figure 20 : Dégradation de l'état de santé des communautés benthiques (In Vivo, 2013)	42
Figure 21 : Séance d'observations par avion et type d'avion utilisé (@ Biotope)	50
Figure 22 : Unité radar positionnée sur la plage Napoléon (@ Biotope)	51
Figure 23 : Répartition temporelle des inventaires avifaunistiques réalisés (Source : Biotope, 2017)	52
Figure 24 : Secteurs inventoriés dans de précédentes études (section nord, Naturalia, 2017)	63
Figure 25 : Structure du formulaire d'enquête (Source : CRPMEM PACA, 2013)	80
Figure 26 : Arbre de défaillance collision frontale (Source : Tecnitas, 2013)	86
Figure 27 : Arbre de défaillance d'une collision (dérive accidentelle d'un navire, Tecnitas, 2013)	88
Figure 28 : Représentation du modèle de calcul de probabilité de dérive (Source : Tecnitas, 2013)	90
Figure 29 : Secteur angulaire de collision et rose des vents (Source : Tecnitas, 2013)	93

Liste des tableaux

Tableau 1 : Périmètres d'étude retenus pour les composantes du milieu physique	11
Tableau 2 : Périmètres d'étude retenus pour les compartiments récepteurs du milieu vivant	12
Tableau 3 : Périmètres d'étude retenus pour le patrimoine, culturel et paysager	12

Tableau 4 : Périmètres d'étude retenus pour les compartiments récepteurs du milieu humain	13
Tableau 5 : Matrice de détermination des niveaux d'impacts	18
Tableau 6 : Prospections réalisées au niveau de la zone d'implantation du parc éolien pilote	21
Tableau 7 : Survey effectivement réalisé sur le corridor (Source : IXSurvey, 2013)	22
Tableau 8 : Conditions météorologiques de réalisation de la mission (Source : In Vivo, 2013)	23
Tableau 9 : Classification granulométrique générale	28
Tableau 10 : États de référence pour les métaux traces (Source : Ifremer, 2002)	32
Tableau 11 : États de référence pour les HAP (Source : Ifremer, 2002)	33
Tableau 12 : Indice de contamination organique (Romont (1966) et Pruvot (1999) dans Alzieu (2003))	33
Tableau 13 : Caractéristiques de l'échantillonnage effectué à la benne Day Grab (In Vivo, 2013)	36
Tableau 14 : Équivalence entre les valeurs de l'AMBI et les différents états écologiques de la DCE	41
Tableau 15 : Équivalence entre les valeurs du BENTIX et les différents états écologiques de la DCE	42
Tableau 16 : Aires d'étude définies pour l'expertise Avifaune (Source : Biotope, 2017)	44
Tableau 17 : Détail des sorties bateau réalisées en 2013 (Source : Biotope, 2017)	48
Tableau 18 : Détail des sorties bateau réalisées en 2011 et 2012 (durée totale) (Source : Biotope, 2017) ..	49
Tableau 19 : Détail des sorties avion (Source : Biotope, 2017)	51
Tableau 20 : Dates de l'étude radar (Source : Biotope, 2017)	52
Tableau 21 : Dates et conditions météorologiques des prospections de terrain (Source : Biotope, 2017)	53
Tableau 22 : Acteurs ressources consultés pour l'expertise Avifaune (Source : Biotope, 2017)	54
Tableau 23 : Méthode d'analyse des impacts (Source : Biotope, 2017)	55
Tableau 24 : Calcul de la sensibilité (Source : Biotope, 2017)	57
Tableau 25 : Indices de sensibilité (Source : Biotope, 2017)	58
Tableau 26 : Structures et personnes ressources (Source : Naturalia, 2017)	60
Tableau 27 : Prospections de Naturalia sur Port Saint Louis du Rhône (Naturalia, 2017)	62
Tableau 28 : Répartition de l'effort de prospection engagé par Naturalia (Naturalia, 2017)	63
Tableau 29 : Contacts avec représentants des pêcheurs (CRPMEM PACA, 2013)	78
Tableau 30 : Navires concernés par l'étude de sécurité maritime (Source : Tecnitas, 2013)	83
Tableau 31 : contraintes identifiées pour les inventaires terrestres (Source : Biotope et BRLI, 2013)	98

Liste des cartes

Carte 1 : Aires d'étude définies pour le projet Provence Grand Large	10
Carte 2 : Localisation des points de prélèvements sédimentaires (Source : In Vivo, 2013)	24
Carte 3 : Aires d'étude définies pour l'expertise Avifaune (Source : Biotope, 2017)	45
Carte 4 : Aires d'étude et transects définis pour le projet Mistral (Source : Biotope, 2017)	46
Carte 5 : Aire d'étude définie pour les inventaires terrestres (Source : Naturalia, 2017)	61
Carte 7 : Zone de déclaration de captures MD21a retenue (CRPMEM PACA, 2013)	79



1. PREAMBULE

Le point 8° de l'article R.122-5 du code de l'environnement précise que l'étude d'impact contient :

« Une présentation des méthodes utilisées pour établir l'état initial visé au 2° et évaluer les effets du projet sur l'environnement et, lorsque plusieurs méthodes sont disponibles, une explication des raisons ayant conduit au choix opéré. »

Dès 2009, l'Etat a lancé une concertation sur les zones potentielles pour le déploiement des parcs éoliens offshore en Méditerranée. Les études menées ont alors mis en évidence un potentiel significatif dans le domaine de l'éolien flottant de nature à créer un cadre propice au développement de cette technologie.

Dans ce contexte, la société EDF EN, société mère de la société Provence Grand Large, a mené en partenariat avec la société Nénuphar, le développement du projet de site d'essai Mistral dédié à l'éolien flottant au large de Port- Saint-Louis-Du-Rhône (projet MISTRAL).

Par ailleurs dès 2009, la société PGL conçoit en partenariat avec les sociétés Nénuphar et Technip un concept d'éolienne à axe vertical, spécifiquement imaginée pour être installée sur un flotteur. Des demandes d'autorisation ont été déposées en 2013 pour un parc éolien offshore flottant qui se composait de 13 éoliennes flottantes d'une puissance de 2 MW chacune (le projet est baptisé « Provence Grand Large »).

Pour les deux projets susvisés, les maîtres d'ouvrage ont procédé à la réalisation d'études approfondies au plan technique et environnemental.

La localisation du présent parc pilote de 3 éoliennes est située sur la même zone d'implantation que le Projet MISTRAL et le parc pilote envisagé ci-dessous.

Par conséquent pour la partie terrestre et marine du présent projet, les maîtres d'ouvrage ont pu s'appuyer sur des études robustes déjà menées pour ces projets, qui ont été actualisées lorsque nécessaire pour les besoins spécifiques du projet.



2. METHODOLOGIE DE L'ETUDE D'IMPACT

2.1.Démarche générale

L'étude d'impact environnemental est conforme au code de l'environnement et notamment aux dispositions de l'article R. 122-5.

La méthodologie de réalisation de l'étude d'impact s'appuie également, lorsque c'est pertinent, sur plusieurs guides, notamment :

- Energies marines renouvelables – Etude méthodologique des impacts environnementaux et socio-économiques du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE) ; version 2012 ;
- Guide d'évaluation des impacts sur l'environnement des parcs éoliens en mer – Edition 2017, du Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer (MEEM) ; dans ces dispositions applicables et pertinentes pour le présent dossier.

L'étude d'impact est une étude technique qui se déroule en plusieurs étapes, dont les principales sont rappelées ci-après :

- **Etat initial** : l'état initial détaille et met en évidence les caractéristiques du site, à partir de données bibliographiques, d'expertises et d'investigations qui ont été réalisées sur le terrain. L'objectif est ainsi d'identifier et d'évaluer les principaux enjeux environnementaux du site et les sensibilités des différents compartiments récepteurs ;
- **Analyse des effets** : les effets sont ensuite évalués sur les thématiques développées dans l'état initial. Les effets du projet sont traités pour les différentes phases de la vie du projet. Sont pris en compte les spécificités du projet pilote aux regards des enjeux et de la sensibilité des milieux et des espèces.
- **Détermination des impacts** : les impacts potentiels du projet sont ensuite définis en croisant l'effet considéré avec la sensibilité du compartiment récepteur ;
- **Propositions de mesures d'évitement et de réduction** : il s'agit de mesures prises par le maître d'ouvrage pour éviter et réduire les impacts négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine. Il est à noter que dans le cadre de ce projet, la plupart des mesures d'évitement et de réduction ont été prises dès la conception du projet ; elles ont de ce fait été intégrées dans l'évaluation des impacts réalisées dans cette étude.
- **Evaluation des impacts résiduels** après application de ces mesures.;
- **Propositions de mesures de compensation s'il existe des impacts résiduels significatifs** qui n'ont pu être ni évités, ni suffisamment réduits ;
- **Analyse des effets et impacts cumulés** du projet avec d'autres projets connus situés à proximité. La méthodologie d'analyse est donnée avec plus de détail dans le chapitre 4 de l'étude d'impact. Les autres projets éoliens flottants n'entrant pas dans le champ d'application stricte du R122-5 ont été considérés.

- Propositions de mesures de suivis environnementaux.

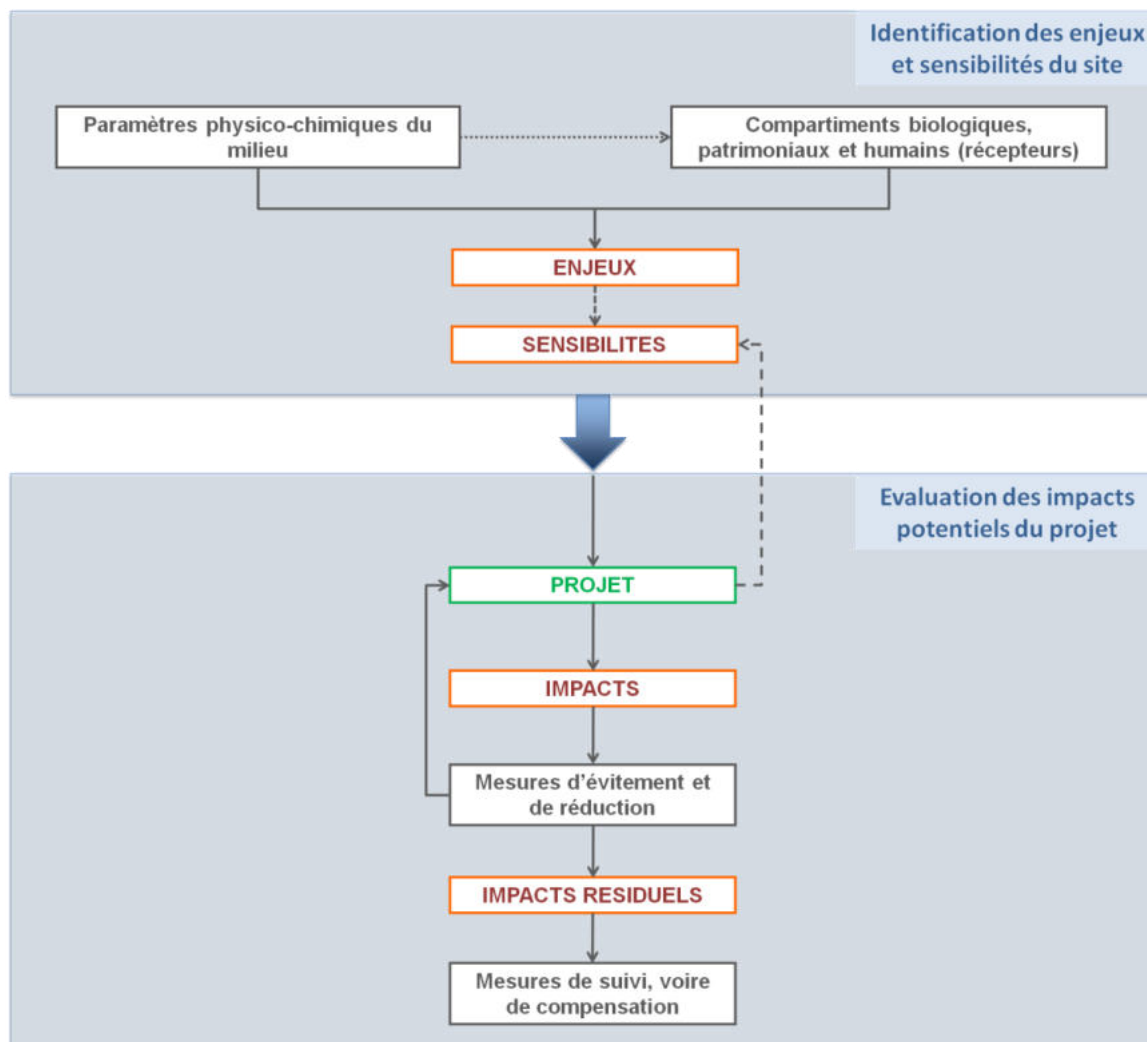


Figure 1 : Démarche d'évaluation des enjeux et sensibilités du site puis des impacts du projet



Il est à noter que les articles L.122-1 à L.122-3-5 et R.122-1 à R.122-16 du code de l'environnement soulignent que l'étude d'impact doit être « proportionnée à la sensibilité environnementale de la zone susceptible d'être affectée par le projet, à l'importance et à la nature des travaux, ouvrages et aménagements projetés et à leurs incidences prévisibles sur l'environnement [...] ».

En application de ce principe de proportionnalité, la conduite de l'état initial (niveau d'investigation, choix des thématiques, etc.) et de l'analyse des impacts sur l'environnement est par conséquent adaptée aux enjeux du site et aux spécificités techniques du projet.

2.2.Aires d'étude

En fonction des thématiques abordées et en s'appuyant sur le guide du MEDDE de 2012, plusieurs aires d'études sont définies pour ce projet :

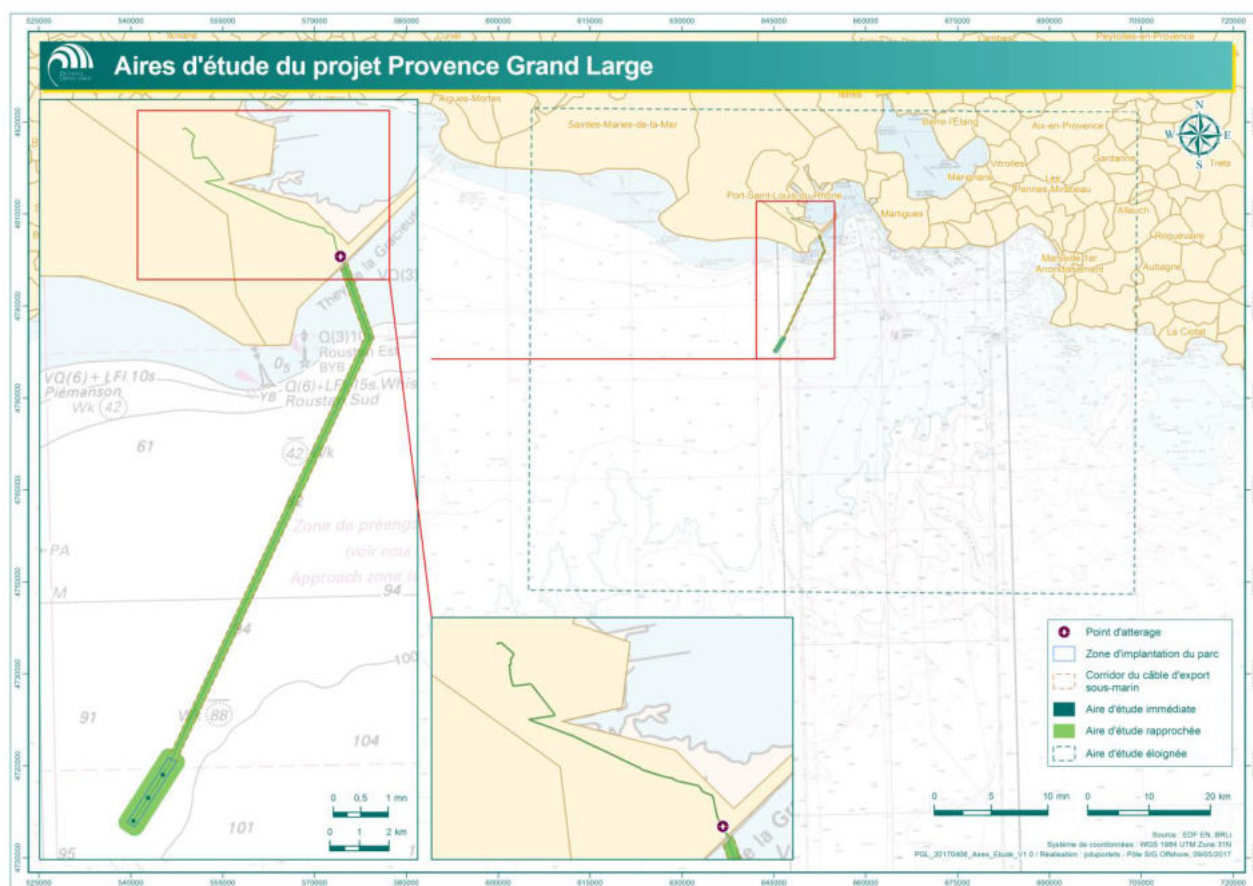
- **L'aire d'étude immédiate du projet** : elle correspond à la zone d'emprise directe du projet, c'est-à-dire :
 - Concernant la partie maritime du projet : l'emprise des trois éoliennes et leurs ancrages, des câbles inter-éoliennes, du connecteur sous-marin et du câble de raccordement électrique sous-marin jusqu'à la zone d'atterrissage ;
 - Concernant la partie terrestre du projet (raccordement électrique) : la chambre de jonction d'atterrissage et le câble électrique souterrain jusqu'au poste électrique.
- **L'aire d'étude rapprochée** : elle inclut :
 - Concernant la partie maritime du projet :
 - la zone de concession du parc pilote (d'une surface de 0,78 km²), avec une zone tampon de 300 m ;
 - la zone de concession du raccordement électrique maritime, soit le corridor du câble sous-marin ;
 - Concernant la partie terrestre du projet : la zone de DUP^[1] du raccordement électrique terrestre, soit le corridor du câble souterrain, avec une zone tampon de 20 m de part et d'autre du tracé du câble ;
- **L'aire d'étude éloignée** : elle comprend le littoral du Golfe de Fos, depuis Marseille à l'est jusqu'à Saintes-Maries-de-la-Mer à l'ouest. En mer, elle intègre la zone couverte par les transects réalisés en avion (expertise de Biotope).

Pour l'établissement de l'état initial, la plupart des thématiques et compartiments récepteurs ont été caractérisés au niveau de l'aire d'étude éloignée. Cette échelle d'analyse permet en effet d'appréhender au mieux les enjeux du territoire.

^[1] DUP : Déclaration d'utilité publique

Au vu du caractère pilote du projet, la définition d'une aire d'étude à l'échelle régionale n'est pas justifiée. Néanmoins, des aires d'études spécifiques ont été définies pour certains compartiments ou thématiques en particulier. Leur étendue peut aller au-delà de l'aire d'étude éloignée définie précédemment.

Les aires d'étude rapprochée et éloignée sont présentées sur la carte suivante.



Carte 1 : Aires d'étude définies pour le projet Provence Grand Large

En fonction des thématiques abordées, les analyses mais aussi les niveaux de précision requis, nécessitent des échelles d'étude différentes (cf. tableau suivant). Les milieux naturels (habitats, faune et flore), les servitudes, la caractérisation des fonds (expertise biosédimentaire, présence d'obstructions, bathymétrie...), ont notamment été étudiés à l'échelle fine du périmètre rapproché ou immédiat.

Les limites du périmètre rapproché sont adaptées aux compartiments de l'environnement étudié. Il s'étend ainsi sur 10 m de part et d'autre de la route du câble pour les inventaires floristiques terrestres, sur 40 m de part et d'autre du tracé pour les inventaires réalisés sur les reptiles/amphibiens et insectes et jusqu'à 250 m de l'axe routier pour les observations de l'avifaune terrestre. L'étude des peuplements benthiques et des habitats marins répond à la même approche.

L'aire d'étude nécessite en revanche d'être élargie pour pouvoir appréhender l'analyse des usages maritimes (pêche professionnelle et quartiers maritimes concernés, trafic maritime, activités de tourisme et loisirs, l'étude de sécurité (dérive des éoliennes, trafic local, moyen de sécurité disponible...), le recensement des espaces naturels remarquables (Natura 2000 notamment les ZPS), l'étude des

populations de mammifères marins ou d'avifaune marine (étant donné leur large *rayon d'action*) ou encore la problématique paysagère.

L'aire d'étude paysagère s'étend ainsi depuis les plages de Camargue jusqu'aux plages de Marseille en passant par le littoral de la Côte Bleue. De la même façon, l'étude de sécurité maritime a nécessité d'appréhender le trafic bien au-delà du Golfe de Fos et ses abords, notamment dans le cadre du recensement des moyens de sauvetage ou de l'évaluation des impacts (dérive...).

MILIEU PHYSIQUE			
Thématique / Paramètre	Périmètre immédiat	Périmètre rapproché	Périmètre éloigné
Climat	-	Caractérisation des vents dominants (direction et intensité)	Présentation des caractéristiques générales du climat à l'échelle régionale ou départementale
Hydrodynamisme	-	Caractérisation des courants et de l'agitation au droit du parc	Caractérisation générale des courants dominants, houles et marées (Fos-sur-Mer)
Bathymétrie	-	Campagnes bathymétriques sur l'emprise du projet	A l'échelle du plateau continental
Contexte géomorphologique et géologique	-	Connaissance de la géomorphologie et de la géologie des fonds au droit du projet (campagnes géophysiques sur site d'implantation et route du câble)	Connaissance de la géomorphologie et géologie régionales du littoral et des fonds marins
Contexte sédimentaire – caractérisation sédiments	Granulométrie et qualité physico-chimique des sédiments prélevés sur site	-	Caractéristiques sédimentaires du Golfe du Lion – cadre régional – Apports dans le delta du Rhône
Ressource en eau	-	Inventaire de la ressource en eau (cours d'eau, canaux, zones humides...), localisation des ouvrages (buses, captage...), périmètre de protection, etc,	Inventaire précis sur les usages liés à cette ressource Connaissance des entités des masses d'eaux superficielles et souterraines et des objectifs de bon état (Directive Cadre sur l'Eau),
Qualité des eaux marines	-	-	Qualification des eaux littorales (influence du Rhône, eaux de baignade...) Objectifs de bon état des masses d'eaux côtières
Qualité des sols	Caractérisation des pollutions potentielles	-	Identification des sites et sols pollués
Risques naturels	Inventaires précis des risques naturels (risques littoraux, inondation...) – Caractérisations de l'aléa et du risque (cf. plans de prévention des risques)	-	Connaissance de la nature des risques à l'échelle locale – Plan de prévention des risques (PPRi...)

Tableau 1 : Périmètres d'étude retenus pour les composantes du milieu physique

MILIEU VIVANT			
Thématique / Paramètre	Périmètre immédiat	Périmètre rapproché	Périmètre éloigné
Peuplements benthiques	Campagnes de caractérisation des biocénoses et peuplements benthiques sur site	-	Connaissance générale des fonds et typologie des habitats
Ressource halieutique	-	-	Connaissance des ressources halieutiques du Golfe du Lion et des zones clés du cycle de vie des espèces
Mammifères marins et tortues	-	-	Connaissance du contexte régional et méditerranéen occidental et enjeux associés
Avifaune marine	-	-	Connaissance du contexte régional et enjeux associés
Habitat, faune et flore terrestres	-	Inventaires des habitats, flore et faune – Identification des espèces remarquables	Campagnes d'observations en mer par bateau et par avion – Large échelle d'observation
Continuités écologiques	-	-	Connaissance des populations locales et des enjeux associés Observations en mer – Large échelle d'observation

Tableau 2 : Périmètres d'étude retenus pour les compartiments récepteurs du milieu vivant

PATRIMOINE ECOLOGIQUE, CULTUREL ET PAYSAGER			
Thématique / Paramètre	Périmètre immédiat	Périmètre rapproché	Périmètre éloigné
Zones d'inventaires et de protections environnementales	-	Inventaire des espèces animales et végétales protégées (mammifères marins, oiseaux, espèces végétales protégées et patrimoniales, etc).	Zones d'inventaires et de protections environnementales
Patrimoine historique et culturel	-	Inventaires des monuments classés ou inscrits et périmètres de protection associés	Patrimoine historique et culturel
Paysage	-	-	Contexte paysager – enjeux associés

Tableau 3 : Périmètres d'étude retenus pour le patrimoine, culturel et paysager

MILIEU HUMAIN			
Thématique / Paramètre	Périmètre immédiat	Périmètre rapproché	Périmètre éloigné
Démographie			Caractéristiques démographiques à l'échelle des communes de Port-Saint-Louis-du-Rhône et Fos-sur-Mer.
Contexte économique			Cadre économique local (industrie, activités portuaires, tourisme) à l'échelle du département, des communes de Port-Saint-Louis-du-Rhône et Fos-sur-Mer.
Pêche professionnelle		Evaluation des activités au sein de la zone de projet (métiers, effort de pêche...)	Caractérisation des activités locales (flotte, métiers, débarquements...)
Trafic maritime			Contexte du trafic en Méditerranée et dans le Golfe de Fos
Tourisme littoral et loisirs		Analyse des activités et infrastructures	Moyens de surveillance et sauvetage en Méditerranée
Servitudes, réseaux	Inventaire précis des servitudes et réseaux en place		Caractérisation du trafic au large de Fos-sur-Mer (type de navires, trajectoires de navigation)
Document de gestion et d'orientation	Zonages du document d'urbanisme et réglementations associées		Cadre général des activités de tourisme et loisirs – Sites majeurs.
Risques technologiques	Inventaires précis sur zone	Caractérisation des risques pyrotechniques au large de Fos-sur-Mer	Inventaires des servitudes maritimes, aériennes et littorales
Autres projets			Connaissance de la planification et orientations de l'aménagement du territoire - Large échelle (SDAGE, PAMM, SCOT...), échelle départementale (DTA) ou communale

Tableau 4 : Périmètres d'étude retenus pour les compartiments récepteurs du milieu humain

2.3. Constitution de l'état initial

2.3.1. Evaluation des enjeux du site

L'état initial met en évidence les caractéristiques du site, à partir de données bibliographiques et d'investigations de terrain, afin d'en évaluer les principaux enjeux (sédimentologie, flore, faune dont mammifères marins, usages, patrimoine...).

Les enjeux sont donnés comme une valeur absolue du site. Un enjeu représente pour une portion du territoire, compte tenu de son état actuel ou prévisible, une valeur au regard de préoccupations environnementales, patrimoniales, esthétiques, culturelles, de cadre de vie ou économiques. Les enjeux sont appréciés par rapport à des critères tels que la qualité, la rareté, l'originalité, la diversité, la richesse,



etc. L'appréciation des enjeux est indépendante du projet : ceux-ci ont une existence en dehors de l'idée même d'un projet.

Comme précisé dans les guides, les caractéristiques et enjeux du site sont présentés en quatre grandes parties :

- Milieu physique¹ ;
- Milieu vivant ;
- Patrimoine écologique, paysager et culturel ;
- Milieu humain, activités socio-économiques et usages.

Ces quatre parties rassemblent les éléments qui serviront ensuite à identifier, évaluer et hiérarchiser les effets possibles du parc éolien flottant pilote.

2.3.2. Détermination des niveaux d'enjeux des compartiments récepteurs

La synthèse de l'état initial à déterminer les enjeux pour chaque thématique. La qualification finale des enjeux a été réalisée au regard du projet. Il s'agit de qualifier et quantifier le niveau d'impact potentiel du parc éolien pilote sur l'enjeu (le récepteur) étudié en prenant en compte la présence avérée ou potentielle de ce récepteur sur le site d'implantation.

Quatre classes sont définies pour ces enjeux intégrés :

- Nul ou négligeable,
- Faible,
- Moyen
- Fort

La définition du niveau d'enjeu intégré pour chaque élément est une démarche qui se fonde sur :

- les avis d'experts selon la valeur et/ou la sensibilité intrinsèque des secteurs rencontrés (protection ou servitude réglementaire, inventaire officiel, vulnérabilité de la zone, spécificités locales...),
- le retour d'expérience du maître d'ouvrage et des bureaux d'étude sur des projets antérieurs abordant les problématiques de parcs éoliens offshore et plus généralement d'aménagements maritimes et littoraux.

¹ Le milieu physique est constitué de paramètres intrinsèques d'un site donné. Ces paramètres peuvent être décrits et caractérisés, mais ne représentent pas un enjeu à proprement parlé. Ils ne constituent une valeur qu'au regard de compartiments récepteurs (milieu vivant, humain, patrimoine). C'est la raison pour laquelle l'état initial de cette étude s'attache à caractériser le milieu physique, mais ne lui attribue pas de niveau d'enjeu ou de sensibilité.

2.3.3. Principes de rédaction

Conformément à l'esprit de l'article R. 122-3 du code de l'environnement, les investigations ayant permis l'évaluation des impacts du projet sont en relation avec l'importance de l'aménagement. La démarche employée pour évaluer les impacts du projet sur l'environnement est fondée en premier lieu sur la réalisation d'un diagnostic suffisamment complet de l'état initial, permettant de dégager les différentes sensibilités des milieux inclus dans le périmètre d'étude.

L'état initial de l'environnement est le produit de la prise en compte des différentes données bibliographiques existantes, pertinentes pour le projet et de la réalisation de missions de terrains complémentaires, qui ont permis aux concepteurs de prendre en considération les sensibilités des milieux concernés.

La bonne connaissance du secteur d'étude et de son évolution repose sur :

- Des observations directes du secteur d'étude,
- Une consultation des personnes directement concernées par le projet,
- Des recherches bibliographiques pour les aspects généraux (climat, hydrogéologie, usages...) en vérifiant le caractère récent des travaux utilisés,
- Une interprétation de sources documentaires (documents d'urbanisme, réglementation...),
- Des exploitations de données statistiques (trafic, démographie,...).

L'expérience et la pratique en matière d'étude d'impact ont permis d'identifier les thèmes d'environnement autour desquels s'organisent et se structurent les expertises spécifiques et l'évaluation des impacts. Ces thèmes peuvent être regroupés en quatre grands ensembles présentés précédemment (milieu physique, milieu vivant, patrimoine écologique, culturel et paysager, et milieu humain. Pour chaque thème, l'importance des analyses varie en fonction :

- de la nature du projet : on applique ainsi le principe de proportionnalité entre les impacts prévisibles du projet et le niveau de précision des investigations,
- des caractéristiques du territoire: on applique également le principe de proportionnalité (présence ou non de sites patrimoniaux par exemple),
- de l'étape de conception du projet : le principe de continuité et de progressivité des études a été pris en compte (définition d'une aire d'étude, identification, évaluation des différents emplacements du parc, du tracé de raccordement... et mise au point du projet retenu, analyse des impacts et proposition de mesures).

Certaines de ces préoccupations sont transversales à différents thèmes. C'est le cas notamment :

- de la sécurité qui renvoie en particulier à la navigation maritime, aux risques naturels (zones inondables, érosion côtière...), aux risques de pollution des milieux etc. L'approche du thème sécurité est donc généralement ventilée dans les autres thèmes de l'environnement,
- des effets sur la santé humaine qui concernent également des éléments relatifs à d'autres aspects de l'environnement (risques de pollution des milieux, bruit, champs électromagnétiques ...). La commodité du voisinage est également traitée dans cette partie.

Les enjeux des différentes composantes de l'environnement de la zone d'étude ont été qualifiés au vu de ce diagnostic de la zone d'étude.

L'étude d'impact intègre l'approche systémique, qui privilégie l'analyse des interactions entre les éléments. Ce point est à ce titre traité dans une partie spécifique « interrelations entre les éléments décrits » et permet ensuite d'étudier les différents types d'impacts (indirects..) et les effets cumulés. L'étude d'impact est conforme au principe de proportionnalité et le projet doit, à ce titre, être considéré comme faisant partie d'un référentiel commun avec les autres activités, infrastructures ou pratiques qui ont une incidence avec les milieux considérés.

2.4. Analyse des effets

2.4.1. Démarche

Les termes « effet » et « impact » n'ont pas la même signification.

L'effet décrit la conséquence objective du projet sur l'environnement : par exemple, le niveau sonore sous-marin va augmenter pendant les travaux de construction du parc.

Les effets du projet sont traités pour chaque phase du projet :

- Effets pendant les travaux ;
- Effets pendant l'exploitation du parc ;
- Effets pendant le démantèlement.

Les effets sont ensuite analysés selon les quatre milieux présentés dans l'état initial :

- Milieu physique ;
- Milieu biologique ;
- Patrimoine écologique, paysager et culturel ;
- Activités socio-économiques et usages.

Les effets sont hiérarchisés de la manière suivante :

- Nature de l'effet : négatif ou positif;²
- Type d'effet : direct ou indirect ;
- Durée de l'effet : temporaire ou permanent, à court, moyen et long terme ;
-

Cette approche permet l'effet de : nul ou négligeable, faible, moyen ou fort.

² L'aspect positif ou négatif d'un effet ne peut être qualifié qu'au regard de compartiments récepteurs que sont le milieu vivant, les activités et usages de la mer et du littoral ou encore le patrimoine naturel, culturel et paysager. Aussi, les effets du projet sur les paramètres physiques du milieu ne sont pas qualifiés de positifs ou de négatifs dans cette étude.

2.4.2. Méthode d'évaluation

L'évaluation des effets sur les différents paramètres et compartiments récepteurs du milieu s'appuie sur :

- Des expertises mandatées par le maître d'ouvrage (réalisation de l'étude d'évaluation d'incidences Natura 2000 (parties maritime et terrestre), modélisations hydrodynamiques, expertise des milieux terrestres, étude de sécurité maritime) ;
- Des retours d'expérience acquis sur l'éolien en mer posé et sur les plateformes offshore ;
- De plusieurs expertises menées sur d'autres projets offshore (éolien en mer posé notamment) ;
- Des études et recherches disponibles dans la bibliographie.

2.5. Détermination des impacts

L'impact est apprécié vis-à-vis de compartiments récepteurs : ils sont évalués en mettant en perspective les effets du projet sur les paramètres du milieu avec la sensibilité de ces compartiments.

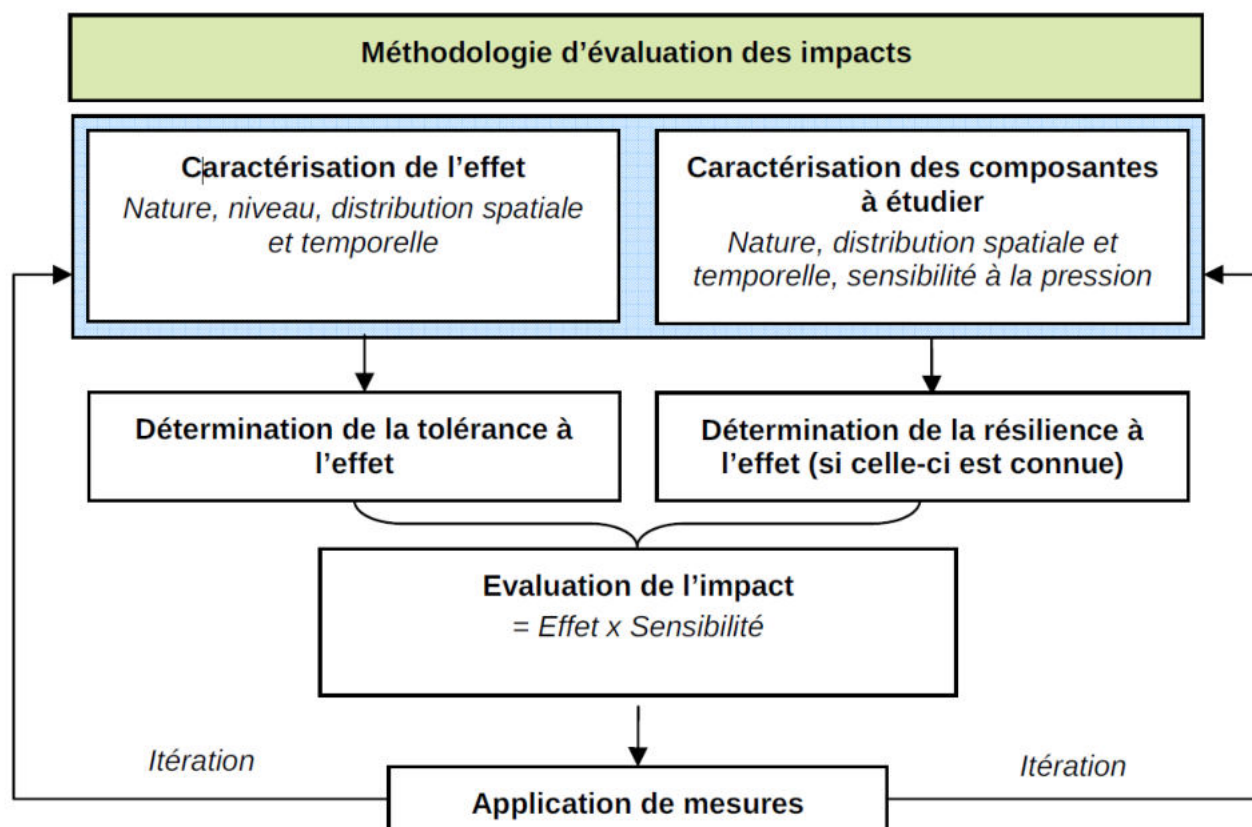


Figure 2 : Méthodologie d'évaluation des impacts d'un projet d'aménagement (Source : MEDDE, 2012)

Le niveau et la hiérarchisation des impacts sont déterminés en se basant sur la matrice suivante :

Enjeux intégré Effet	Négligeable ou nulle	Faible	Moyenne	Forte
Négligeable ou nul	Négligeable ou nul	Négligeable ou nul	Négligeable ou nul	Négligeable ou nul
Faible	Négligeable ou nul	Faible	Faible	Moyen
Moyen	Négligeable ou nul	Faible	Moyen	Fort
Fort	Négligeable ou nul	Moyen	Fort	Fort

Tableau 5 : Matrice de détermination des niveaux d'impacts

Les impacts sont appréhendés au regard de compartiments récepteurs que sont le milieu vivant, les activités et usages de la mer et du littoral ou encore le patrimoine naturel, culturel et paysager. Par exemple, l'impact de l'augmentation du bruit sous-marin est évalué vis-à-vis des espèces marines (notamment des mammifères marins). C'est la raison pour laquelle l'étude indique des niveaux d'effets mais ne conclut pas à des niveaux d'impacts sur les paramètres physiques du milieu.

3. METHODOLOGIE DES ETUDES SPECIFIQUES

La présentation des méthodologies relatives aux études spécifiques menées dans le cadre du projet est directement issue des rapports associés à ces expertises.

3.1. Milieu physique

3.1.1. Etude géophysique

Plusieurs campagnes de reconnaissance de la nature des fonds ont été menées sur le site d'implantation du parc éolien pilote et le long du tracé du câble de raccordement maritime, grâce à plusieurs campagnes de mesures géophysiques. Ces campagnes ont été confiées à la société iXSurvey.

Les levés géophysiques ont été réalisés en trois phases :

- **La morphologie et la topographie des fonds** ont fait l'objet d'un levé au sondeur multifaisceaux R2Sonic 2024 ;

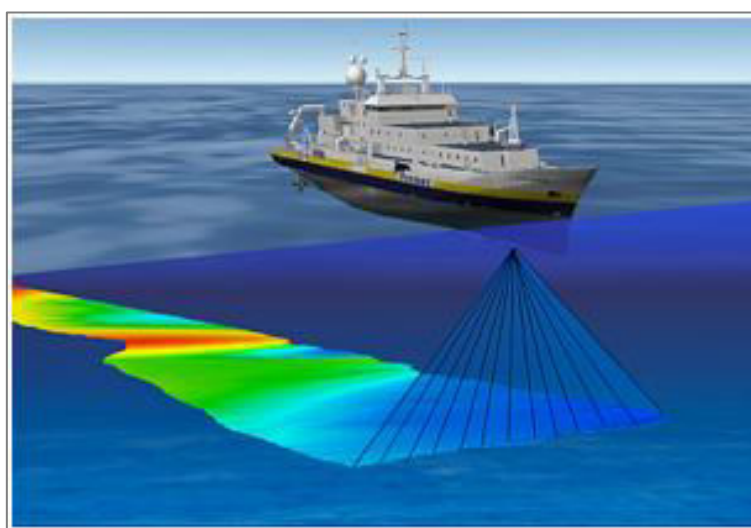


Figure 3 : Principe d'un sondeur multifaisceaux (@ Ifremer)

- **La nature des fonds** a été appréhendée à l'aide d'un sonar à balayage latéral (sonar à antenne synthétique SHADOWS, fauche d'environ 270 m de large, fréquence d'acquisition de 100 kHz) : ce dernier permet d'obtenir une image acoustique des fonds, qui révèle les structures géologiques et la présence d'obstructions (objets, épaves, etc.). Cet instrument de mesure permet d'obtenir une image acoustique de fonds, qui révèle les structures géologiques et la présence d'obstructions (objets, épaves, etc.). La reconnaissance de la nature du sédiment repose sur l'évaluation des propriétés de rétrodiffusion du signal acoustique, qui varie en fonction de la granulométrie du sédiment.

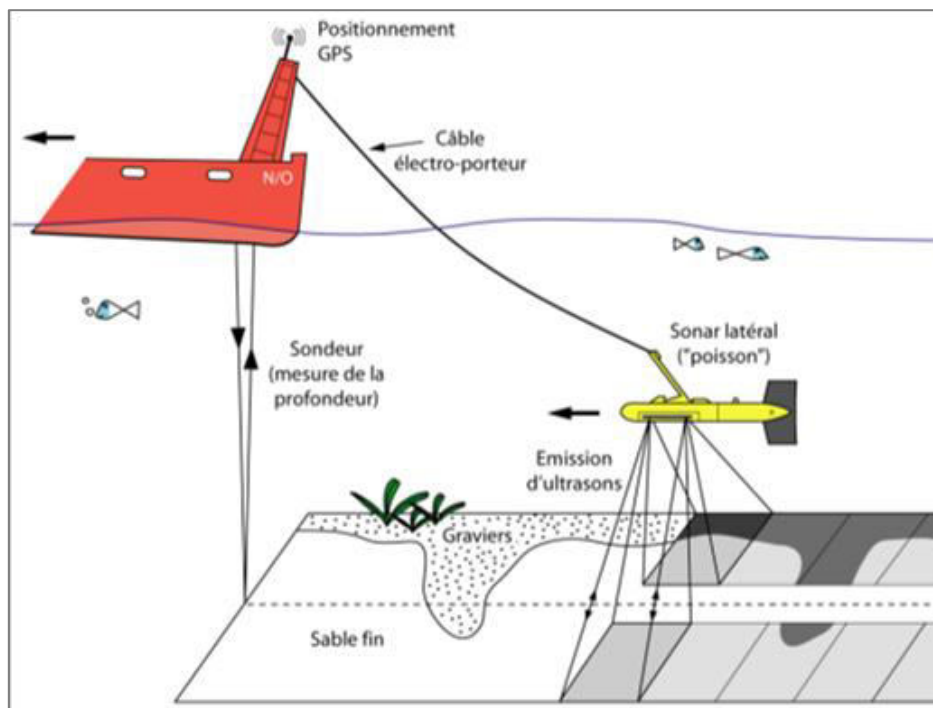


Figure 4 : Principe de fonctionnement du sonar à balayage latéral (© Hocer)

Les résultats sont complétés par des: analyses granulométriques de prélèvements de sédiments superficiels ;

- **Les caractéristiques géologiques du sous-sol** ont été déterminées grâce à un levé sismique Très Haute Résolution (THR) : un Sparker et un sondeur à sédiments (iXBlues Echoes 3500) ont ainsi permis d'identifier les couches géologiques, de caractériser le sédiment et de connaître l'épaisseur de la couverture sédimentaire.

L'analyse du signal réfléchi par le sondeur à sédiment permet de déduire la hauteur d'eau, l'épaisseur des différentes couches sédimentaires traversées et, selon les cas, l'épaisseur totale de la couverture meuble tapissant le fond.

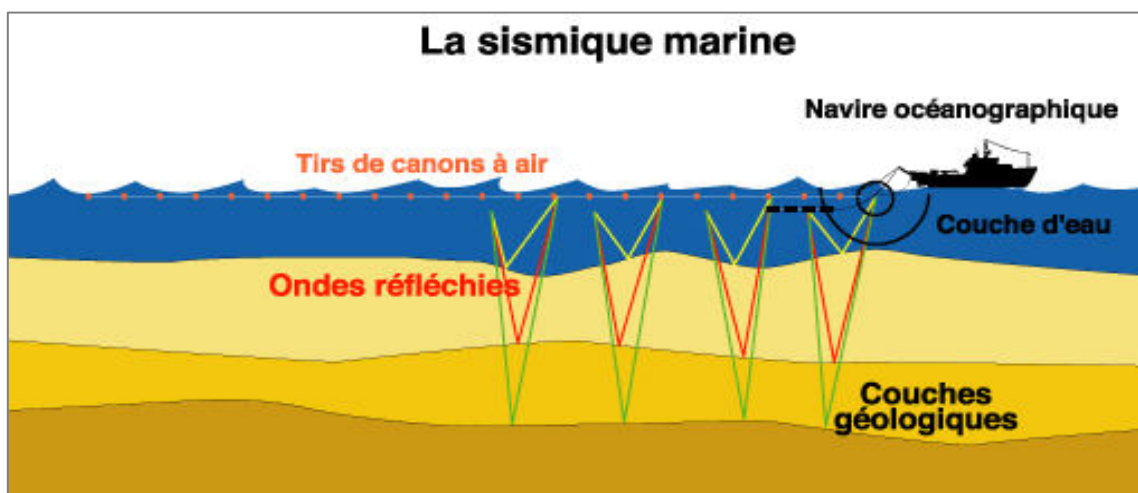


Figure 5 : Principe de la sismique réflexion (Source : UBO)

- Une campagne UXO à l'aide de sondeurs à sédiment Echoes 10000 et Echoes 3500,

Le catamaran GGIX appartenant à iXSurvey a été mobilisé sur l'opération du 12 au 30 août 2013. Les campagnes UXO se sont déroulées les 13 et 14 mai 2013. La campagne sismique a été réalisée du 19 au 27 août 2013, et le reste des campagnes les 29 et 30 août 2013.

3.1.1.1. Campagne sur le site du parc éolien pilote

Les lignes de prospection réalisées au niveau de la zone d'implantation du parc pilotes sont présentées sur la figure suivante.

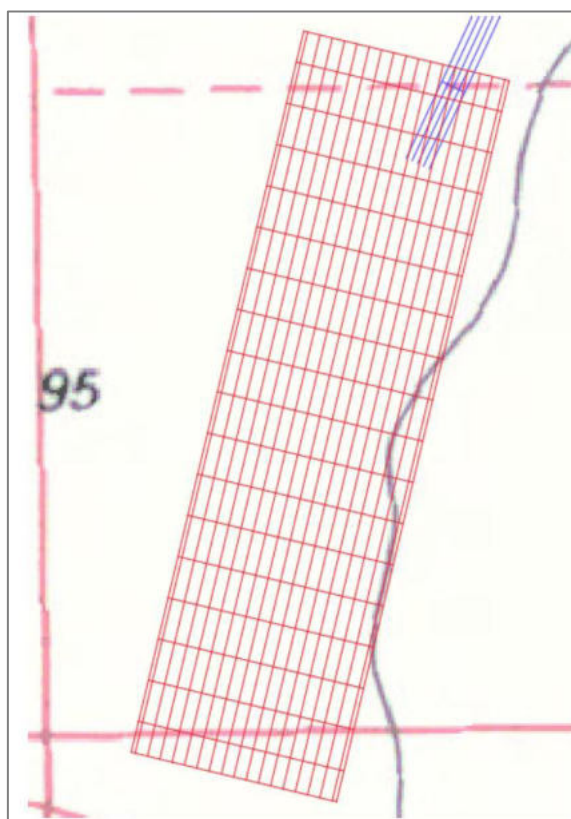


Figure 6 : Plan de ligne de Survey sur la zone du parc pilote (Source : iXSurvey, 2013)

	Main Line (m)	Cross Lines (m)	Total length
HRS seismic Sparker Source	17 lignes orientées 17°N, espacées de 120 m	17 lignes orientées 107°N, espacées de 400m	153 km
SBP seismic	17 lignes orientées 17°N, espacées de 120 m	17 lignes orientées 107°N, espacées de 400m	153 km
MBES and Sonar survey	10 lignes 17°N espacées de 200m	3 lignes 107°N espacées de 2000m	76 km

Tableau 6 : Prospections réalisées au niveau de la zone d'implantation du parc éolien pilote (Source : iXSurvey, 2013)

3.1.1.2.Campagne le long de la route du câble

Le plan des lignes réalisées sur le corridor du câble, lors de la campagne géophysique, est présenté sur la figure suivante.

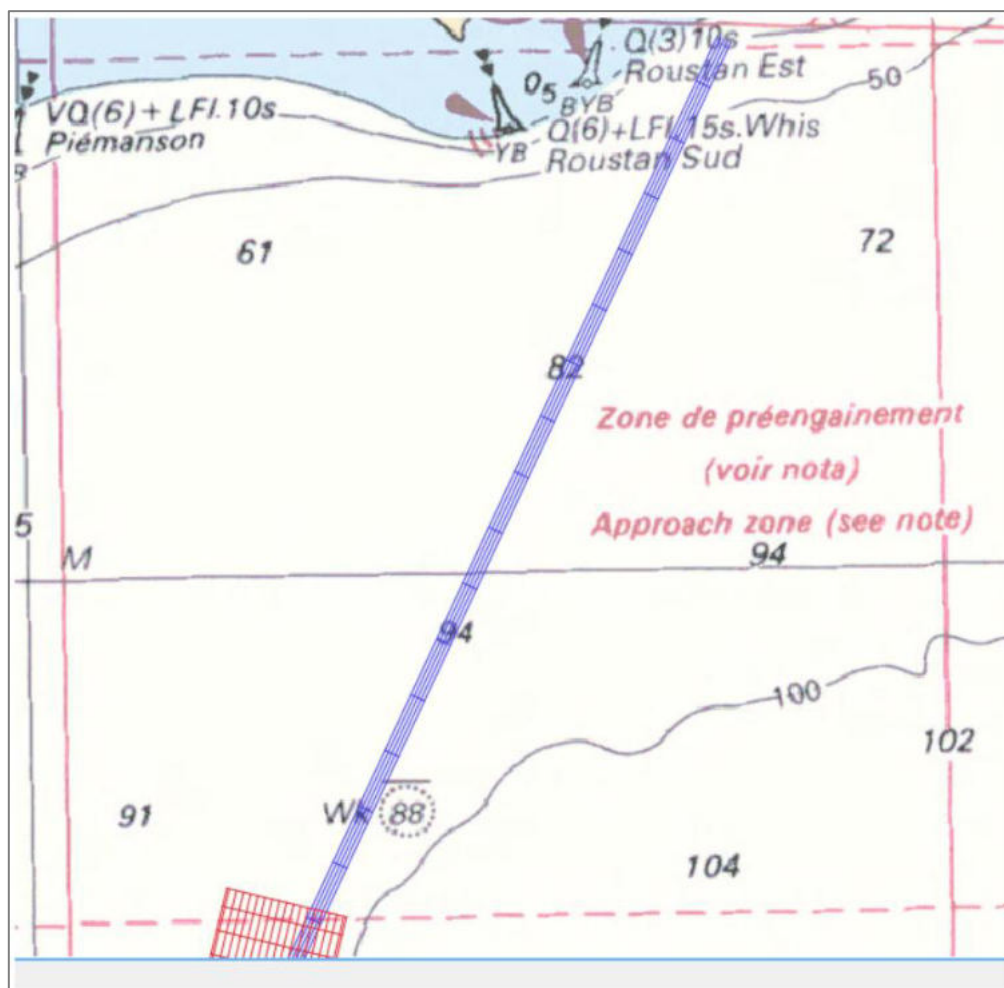


Figure 7 : Plan de ligne du Survey du corridor (Source : IXSurvey, 2013)

Le tableau ci-après donne les lignes réalisées et les appareils déployés.

	Ligne principale (m)	Cross Lines (m)	Total
SBP seismic ECHOES 3500	5 lignes le long de la route de câble, espacées de 60m	16 lignes, espacées de 1000m	88 km

Tableau 7 : Survey effectivement réalisé sur le corridor (Source : IXSurvey, 2013)

3.1.2. Expertise sédimentaire : analyses granulométriques et géochimiques

Une expertise biosédimentaire a été réalisée par la société In Vivo. Dans le cadre de cette étude, une campagne de prélèvements de sédiments a été effectuée, au niveau de la zone d'implantation du parc éolien pilote et du tracé du câble maritime d'export.

3.1.2.1. Campagnes en mer

Conditions de réalisation de la mission

La campagne en mer s'est déroulée les 26 et 27 septembre 2013.

Paramètre	Conditions
Vent	<ul style="list-style-type: none"> - De secteur sud-est, évoluant sud dans la journée ; - Intensité faible à modérée (5 à 30 km/h)
Houle	0,25 - 1 m
Temps	Alternance nuageuse et éclaircies
Visibilité	Bonne

Tableau 8 : Conditions météorologiques de réalisation de la mission (Source : In Vivo, 2013)

Moyens nautiques mobilisés

Les prélèvements ont été réalisés à partir d'un navire de pêche hauturière (senneur) équipé d'un treuil, d'une grue et d'un mat déporté : le « Ville d'Arzew II »



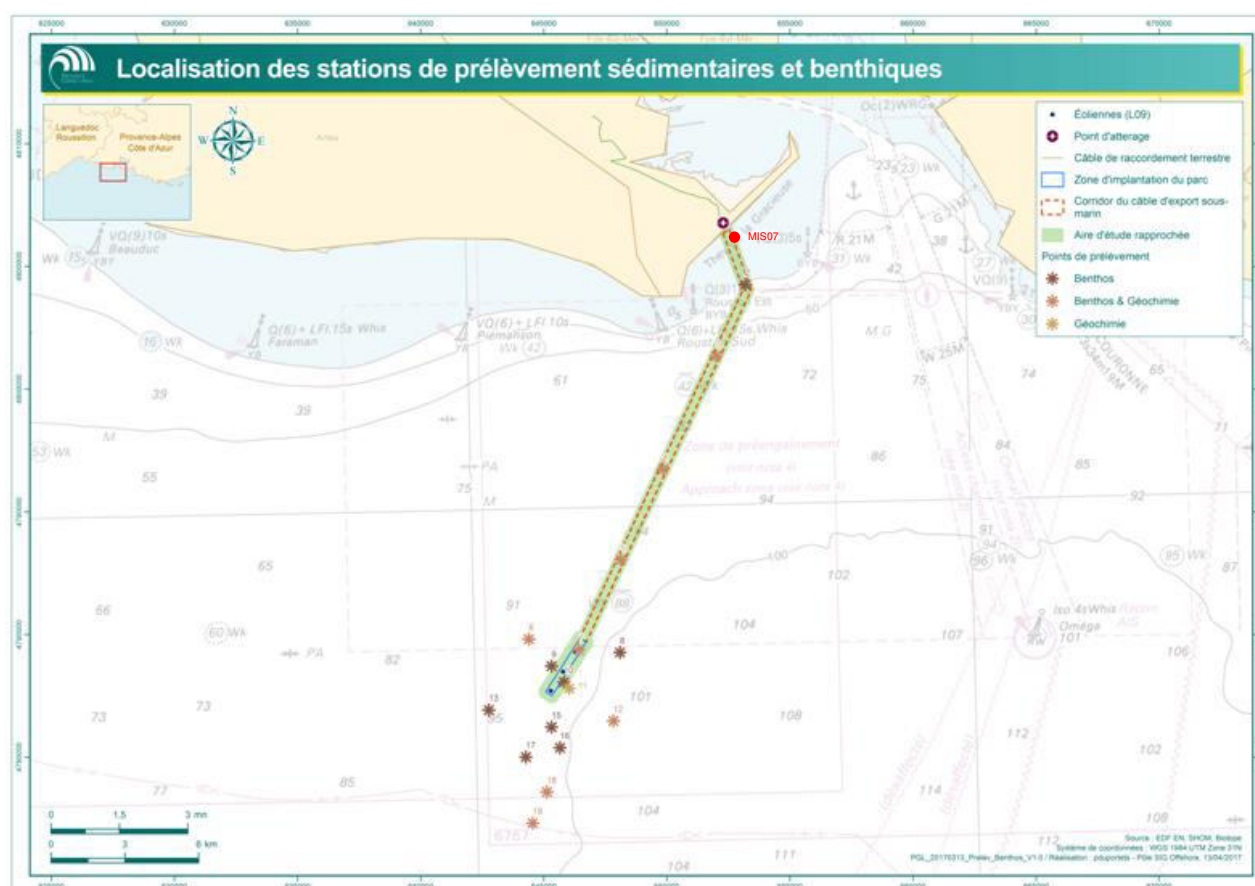
Figure 8 : Illustration du navire le « Ville d'Arzew II » utilisé pour la campagne (Source : In Vivo, 2013)



Figure 9 : Le Ville d'Arzew II, sa grue et son treuil (Source : In Vivo, 2013)

Plan d'échantillonnage

Le plan d'échantillonnage est donné sur la carte suivante :



Carte 2 : Localisation des points de prélèvements sédimentaires (Source : In Vivo, 2013)

**Remarques :**

Les échantillons étaient essentiellement vaseux, plus ou moins compacts selon les stations. Deux stations mentionnées sur la carte précédente ont fait l'objet d'un traitement particulier :

- Station n°1 : cette station n'a pas fait l'objet de prélèvement, le capitaine du navire ne souhaitant pas prendre le risque de s'approcher trop près des côtes sur une profondeur inférieure à l'isobathe 5 m. Le capitaine a évalué le risque relatif à la sécurité du navire trop important. Toutefois les données recueillies au cours des investigations du projet MISTRAL sur le même secteur ont permis de pallier à ce manque. Le point n°7 (nommé MIS07) de cette campagne a donc été utilisé dans la présente étude. Il est important de noter que le prélèvement MIS07 a été réalisé en décembre 2012, soit en hiver, tandis que les prélèvements effectués pour l'expertise du site Provence Grand Large ont, eux, été effectués fin septembre 2013, à la fin de l'été. Les débits du Rhône et la pluviométrie étant très différents entre ces périodes, il en a été tenu compte par In Vivo dans l'interprétation des résultats ;
- Station n°11 : suite à 6 essais de prélèvements infructueux, il a été décidé de décaler le point de prélèvement au point de coordonnées de latitude 43°11,031'N et de longitude 4°47,817'E (initialement 43°10,717'N - 4°47,852'E). Un premier échantillon a ainsi été réalisé pour les analyses géochimiques. Cinq coups de benne supplémentaires ont ensuite été réalisés pour l'analyse de la macrofaune benthique mais les difficultés d'échantillonnage sur cette zone n'ont pas permis de réaliser des prélèvements satisfaisants (nb : données sur la nature des fonds non disponibles à ce stade). La présence d'un fond localement très incliné pourrait éventuellement entraîner une mauvaise fermeture de la benne au niveau de cette station, Il en résulte que le point 11 a été modifié et que seul un échantillon destiné aux analyses granulométriques et géochimiques a été réalisé. L'homogénéité du secteur permet de considérer que les difficultés rencontrées sur ce point sont sans aucun effet pour qualifier l'intérêt et les impacts du projet.

Matériel utilisé pour l'acquisition de données

Le matériel suivant a été mobilisé :

- Benne de prélèvement Day-Grab avec sa cage de support et ses bacs de récupération. La benne Day-Grab permet l'échantillonnage de 0,1 m² de sédiment à chaque coup de benne, avec une profondeur de pénétration de 30 cm : il s'agit d'une surface « normée » dans les protocoles de prélèvement du macrobenthos ;



Figure 10 : Benne Day-Grab lestée à 162 kg (© In Vivo)

Les prélèvements en zone subtidale ont été réalisés depuis les stations les plus éloignées de la côte jusqu'à celles situées au plus près du rivage). A chaque station 3 à 4 coups de bennes efficaces ont été effectués : 3 pour la macrofaune benthique et 1 pour les analyses granulométriques et géochimiques (sur 11 stations). D'une manière générale, les prélèvements étaient composés d'une part importante de fraction vaseuse.

- 2 tamis :



Figure 11 : Tamisage des vases pour récupération de la macrofaune benthique (© In Vivo)

- Matériel classique de conditionnement des échantillons.



Figure 12 : Conservation en glacière des; tamisage et flaconnage dans l'alcool absolu (© In Vivo)

Les prélèvements destinés aux analyses granulométriques et géochimiques ont été immédiatement placés en glacière à +4°C environ. Les prélèvements destinés à l'analyse de la macrofaune benthique ont été tamisés *in situ* sur un tamis de maille 1mm conformément aux normes et protocoles en vigueur dans les études benthiques (référentiel REBENT de l'Ifremer). Les refus de tamis ont été immédiatement fixés (alcool absolu) de manière à conserver leurs propriétés d'étude.

3.1.2.2. Analyses granulométriques et géochimiques

L'ensemble des échantillons a été conservé à basse température avant expédition pour analyse. Les échantillons destinés aux analyses granulométriques et géochimiques ont été envoyés le 30/09/2013, au laboratoire Eurofins environnement. Ce laboratoire possède les agréments du Ministère de l'Environnement et l'accréditation COFRAC.

Des analyses granulométriques ont été effectuées. La granulométrie est la mesure de la taille des grains d'un sédiment et correspond à la définition des paramètres exprimant cette taille, telle que la médiane (valeur qui sépare l'échantillon en deux effectifs égaux). La granulométrie peut être exprimée selon la classification suivante :

Dénomination	Classe	Diamètre des grains
Vases	Colloïdes	< 0,12 µm
	Précolloïdes	0,12 - 4 µm
	Silts	4 - 63 µm
Sables	Sables très fins	63 - 125 µm
	Sables fins	125 - 250 µm
	Sables moyens	250 - 500 µm
	Sables grossiers	500 - 1000 µm
	Sables très grossiers	1 - 2 mm
Graviers, galets et blocs	Graviers	2 - 20 mm
	Galets	20 - 200 mm
	Blocs	> 200 mm

Tableau 9 : Classification granulométrique générale

Les analyses géochimiques ont porté sur les paramètres suivants :

- Chimie générale : densité, matières sèches (MS) à 105°C (%), carbone organique (%), aluminium (g/kg), azote de Kjeldahl (g/kg de MS), phosphore total (mg/kg MS) ;
- Contaminants inorganiques (en mg/kg de MS) : As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn ;
- Contaminants organiques : 7 PCB (en mg/kg de MS), 16 HAP (en mg/kg de MS), composés organostanniques (en µg/kg de MS).

3.1.2.3. Interprétations des résultats

Etude des caractéristiques physiques de la zone d'étude

Le site d'implantation du projet Provence Grand Large se situe en face de l'estuaire du Rhône sur des profondeurs s'étalant entre -80 m et -100 m environ. De par ce positionnement, les caractéristiques géomorphologiques et géochimiques de la couche superficielle du substrat sont soumises à l'influence de plusieurs facteurs tels que les apports terrigènes du Rhône, la dérive littorale, pouvant entraîner des polluants depuis le bassin d'activité du Golfe de Fos, etc.

Afin d'interpréter au mieux les résultats des analyses, une description du contexte géophysique de la zone d'étude est effectuée au regard de la bibliographie disponible.

Valeurs de références

Les analyses réalisées dans le cadre de l'étude sont interprétées au regard des concentrations connues dans les sédiments pour les paramètres mesurés, notamment :

- **Les données du Réseau National d'Observation**

Géré par l'Ifremer, le RNO permet de disposer d'éléments de comparaison vis-à-vis des analyses effectuées sur les sédiments méditerranéens. Les campagnes ont été menées de 1994 à 1996. Ces campagnes ont été l'occasion de prélèvements tout au long de la côte méditerranéenne. Les valeurs de l'étude sont comparées aux points de prélèvement à la benne :

- 94-08 « Petit Rhône 12 »
- 94-10 « Fos 63 – RNOSED94 »
- 94-11 « Fos 62 – RNOSED94 »
- 94-13 « Fos 61 – RNOSED94 »
- 94-14 « Petit Rhône 13 »

ainsi qu'au point de prélèvement par carottage :

- 94-21 « Fos 64 – RNOSED94 »

La carotte prélevée au niveau de ce point mesure 30 cm environ. Les résultats des analyses géochimiques ont été moyennés afin d'être comparés aux valeurs obtenues lors de la campagne de mesure d'IN VIVO.

La position de ces points est illustrée par la figure suivante :

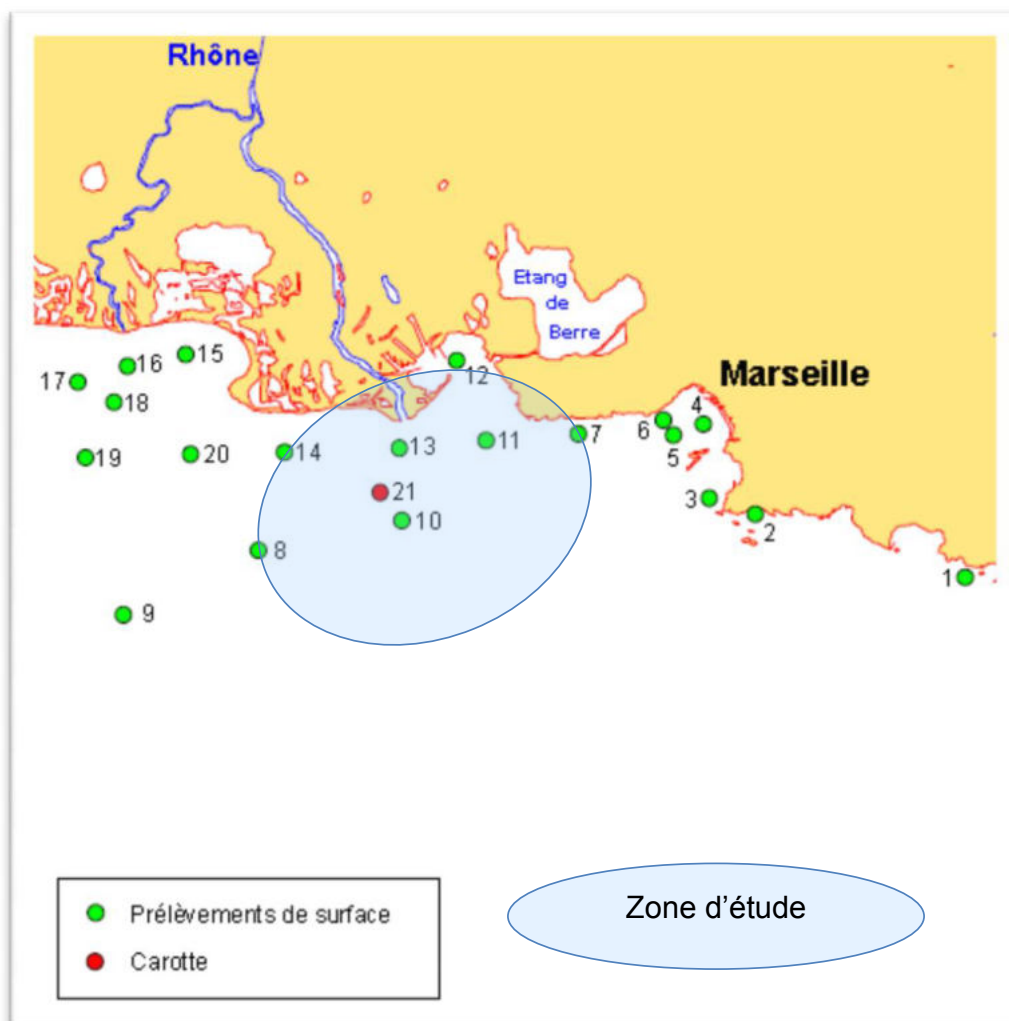


Figure 13 : Répartition des prélèvements RNO (campagne de 1994, Source : Ifremer, 1998)

• Le ROCCH

Le Réseau d'Observation de la Contamination Chimique du milieu marin (ROCCH) anciennement Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin (RNO) analyse 9 contaminants (ou famille) dans les coquillages. Les moules et les huîtres sont ici utilisées comme indicateurs quantitatifs de contamination. Ces mollusques possèdent en effet, comme de nombreux organismes vivants, la propriété de concentrer certains contaminants présents dans le milieu où ils vivent (métaux, contaminants organiques hydrophobes).

Jusqu'en 2007 inclus, le RNO observatoire de l'environnement, mesurait les métaux (Ag, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, V, Zn), les hydrocarbures polycycliques aromatiques (HAP), les PCB, le lindane et les résidus de DDT.

Depuis la mise en œuvre de la DCE, la surveillance environnementale de la contamination chimique est décentralisée auprès des agences de l'eau et porte sur la colonne d'eau. La surveillance chimique coordonnée et réalisée par Ifremer ne concerne plus que les 3 métaux réglementés au titre de la surveillance sanitaire (Cd, Hg et Pb). Il n'y a donc de données nouvelles que pour ces trois métaux. La localisation des points de surveillances du ROCCH situées à proximité de la zone d'étude est présentée par la figure suivante.



Figure 14 : Lieux de surveillances à proximité de la zone d'étude (Source : Ifremer, 2013)

La zone d'étude est située dans la zone 109 « Golfe de Fos ». Les points de surveillance de la contamination chimique sont les suivants :

109-P-010	Courbe	
109-P-027	Anse de Carteau 2	
109-P-020	Pointe Saint Gervais	
Moule <i>Mytilus edulis</i> et <i>M. galloprovincialis</i>		
Donace (ou Olive, Telline) <i>Donax trunculus</i>		

Figure 15 : Points de surveillance du ROCCH et matériel biologique utilisé (Source : Ifremer, 2013)

- Les seuils établis par le Réseau Littoral Méditerranéen (RLM)

Son « guide méthodologique pour l'évaluation de la contamination chimique et radiologique du sédiment » à destination des institutions de recherche scientifique et paru en 2002 permet de disposer d'états de référence pour certains métaux lourds et HAP :

" En l'absence d'une méthode de référence pour les milieux naturels, les travaux menés dans le cadre du RLM ont permis de définir trois états descriptifs de la qualité chimique des sédiments :

- État 1 : Il caractérise les niveaux inférieurs ou égaux au bruit de fond de la contamination chimique établi pour chaque contaminant à l'échelle de la Méditerranée française. Le bruit de fond correspond à la valeur limite au-dessus de laquelle une contamination peut être suspectée dans un sédiment fin. Pour les sédiments correspondant à cet état, le RLM ne recommande aucune mesure particulière autre que la surveillance régulière du site.

- État 2 : Il caractérise des niveaux correspondant à des valeurs supérieures au bruit de fond de la contamination chimique et inférieures ou égales au seuil de contamination avérée. Pour les sédiments correspondant à cet état, le RLM recommande une expertise complémentaire, pouvant aller jusqu'à une analyse des risques environnementaux.

- État 3 : Il caractérise les niveaux supérieurs au seuil d'une contamination avérée pour lesquelles le RLM recommande de mettre en œuvre (> à l'état 2):

- une analyse approfondie des risques environnementaux, y compris une identification et une quantification des apports,
- la définition de mesures propres à remédier à l'état de pollution.

Les valeurs délimitant ces trois états ont été déterminées sur la base du traitement des données issues des travaux du RNO en Méditerranée. Elles ne s'appliquent pas aux sédiments assujettis à la réglementation relative aux rejets de dragage (arrêté du 14 juin 2000)."

Paramètre	Niveau de contamination (en mg/kg de matière sèche)		
Métaux traces	État 1	État 2	État 3
Cadmium (Cd)	<0,15	0,15 – 0,6	>0,6
Cuivre (Cu)	<15	15 - 60	>60
Mercure (Hg)	<0,05	0,05 – 0,4	>0,4
Plomb (Pb)	<25	25 - 50	>50
Zinc (Zn)	<90	90 - 200	>200

Tableau 10 : États de référence pour les métaux traces (Source : Ifremer, 2002)

Paramètre	Niveau de contamination (en mg/kg de matière sèche)		
HAP	État 1	État 2	État 3
Benzo(b)fluoranthène	<0,2	0,2 – 0,5	>0,5
Benzo(k)fluoranthène	<0,1	0,1 – 0,25	>0,25
Indéno(1.2.3-cd)pyrène	<0,1	0,1 – 0,25	>0,25
Benzo(ghi)pérylène	<0,1	0,1 – 0,25	>0,25
Benzo(a)pyrène	<0,1	0,1 – 0,5	>0,5

Tableau 11 : États de référence pour les HAP (Source : Ifremer, 2002)

Ces seuils ont été proposés pour entreprendre l'évaluation initiale de l'état géochimique des zones littorales méditerranéennes dans un cadre de recherche scientifique précis et ne représentent pas des éléments de contraintes réglementaires applicables à l'établissement d'un projet d'aménagement.

- **Les classes de l'indice de contamination organique**

Elles sont issues des travaux de Romont (1996) et Pruvot (1999) se basant sur une évaluation de trois paramètres : le Carbone Organique Total, l'Azote Total et le Phosphore Total. Leur concentration dans le sédiment est hiérarchisée en 5 classes selon le tableau suivant. L'indice de contamination organique s'étend de 0 à 11 et correspond à la somme des trois valeurs obtenues.

Indice		Nulle 0	Faible 1	Moyen 2	Fort 3	Très fort 4
Paramètres	Carbone Organique Total (%)	<0,6	0,6 – 2,3	2,4 – 4	4,1 – 5,8	>5,8
	Azote Total (mg/ kg de MS)	<600	600 - 1200	1200 - 2400	2400 - 3600	>3600
	Phosphore total (mg/kg de MS)	<500	500 - 800	800 - 1200	>1200	
Indice de Contamination Organique		0	0 – 2,75	2,75 -5,5	5,5 – 8,25	>8,25

Tableau 12 : Indice de contamination organique (Romont (1966) et Pruvot (1999) dans Alzieu (2003))

Cet indice représente un outil d'évaluation permettant la comparaison des paramètres impliqués dans les perturbations d'origine organique sans néanmoins représenter une contrainte réglementaire.

3.1.3. Etude météo-océanique

Afin de caractériser les conditions météo-océaniques (moyennes et extrêmes) du site de Provence Grand Large, plusieurs modèles numériques ont été spécifiquement développés par la société Actimar :

- Modélisation atmosphérique : la mise à l'échelle inférieure des conditions atmosphériques adaptée à la zone d'étude a été réalisée en implémentant deux modèles WRF³ qui couvrent le golfe du Lion (résolutions spatiales respectives de 1 km et 6 km). La calibration et la validation de cette modélisation ont été effectuées en utilisant les données d'altimètre, de bouées et de mâts de mesures ;
- Modélisation hydrodynamique : une modélisation hydrodynamique a été mise en œuvre, en implémentant un modèle hydrodynamique 3D (MARS-3D⁴), qui couvre le golfe du Lion et d'une résolution spatiale 1,8 km. Le forçage atmosphérique de ce modèle est pris en compte avec des prévisions a posteriori (hindcast) WRF ; les conditions limites grâce aux données HYCOM et MENOR. Le flux du Rhône a également été pris en compte. Ce modèle a été calibré et validé à partir des mesures in situ (température, courants) réalisées par le maître d'ouvrage, *via* la bouée de mesures installée ;
- Modélisation des états de mer : les conditions de houle et caractéristiques des vagues ont été modélisées grâce à un modèle aux éléments finis, Wave Watch 3 (WW3), de résolution spatiale de 300-400 m dans la zone de projet, et qui couvre le golfe du Lion. Le forçage atmosphérique est intégré et les conditions aux limites sont issues d'un modèle Méditerranéen WW3. Le courant barotrope et les variations du niveau de la mer calculés avec MARS-3D sont également intégrés. Ce modèle a été calibré et validé par des mesures in situ (Candhis) et des observations satellites.

Les analyses (statistiques et extrêmes) des données de vent ont été effectuées grâce aux données WRF (moyennées sur 10 min, à 10 m et/ou 20 m de hauteur).

Les paramètres météo-océaniques (vent, houle, courant, niveaux d'eau) ont été extraits au niveau de 2 stations situées au niveau de la zone d'implantation du projet (voir figure suivante).

³ WRF : *Weather Research and Forecasting*

⁴ MARS-3D : *3D Model for Application et Regional Scale*



Figure 16 : Points d'extraction des résultats des modélisations (Source : Actimar, 2016)

3.2. Milieu vivant

3.2.1. Expertise biosédimentaire

3.2.1.1. Caractérisation des peuplements benthiques sur substrat meubles

Prélèvements

Les prélèvements de sédiments pour analyses du benthos ont été réalisés en même temps que ceux destinés aux analyses géochimiques (voir Carte 2).

Les prélèvements ont été réalisés à l'aide d'une benne Day Grab. Elle permet l'échantillonnage de 1/10 m² de sédiment à chaque coup de benne, surface « normée » dans les protocoles de prélèvement du macrobenthos. Trois prélèvements ont été effectués pour la détermination du macrobenthos.

Pour le sédiment meuble subtidal, la présence ou l'absence des espèces est en relation avec la nature édaphique du sédiment, notamment la granulométrie (la taille des grains du sédiment). Cette taille de grains dépend de la sédimentation qui est fonction des courants et de l'agitation des masses d'eau.

Engin	Nombre de prélèvements par station	Surface unitaire	Surface totale	Profondeur de pénétration
Benne Day Grab	3	1/10 m ²	3/10 m ²	30 cm

Tableau 13 : Caractéristiques de l'échantillonnage effectué à la benne Day Grab (In Vivo, 2013)

Les échantillons ont été tamisés sur tamis de maille 1 mm, cette maille permet de ne sélectionner que la macrofaune du sédiment (conformément à la norme ISO 16665). La méiofaune (passant sur le tamis de 1 mm et restant sur le tamis de 40 µm) est écartée, car elle n'est pas retenue dans le protocole des études des travaux de routine sur les peuplements des substrats meubles définis par les scientifiques (Dauvin, 1989). Les organismes vivants ont ensuite été récupérés puis conservés dans l'alcool absolu, pour être identifiés par nos soins sous loupe binoculaire. Les échantillons destinés aux analyses biologiques ont ainsi été transmis le 30/09/2013 aux bureaux d'études In Vivo Environnement à La Forêt Fouesnant.

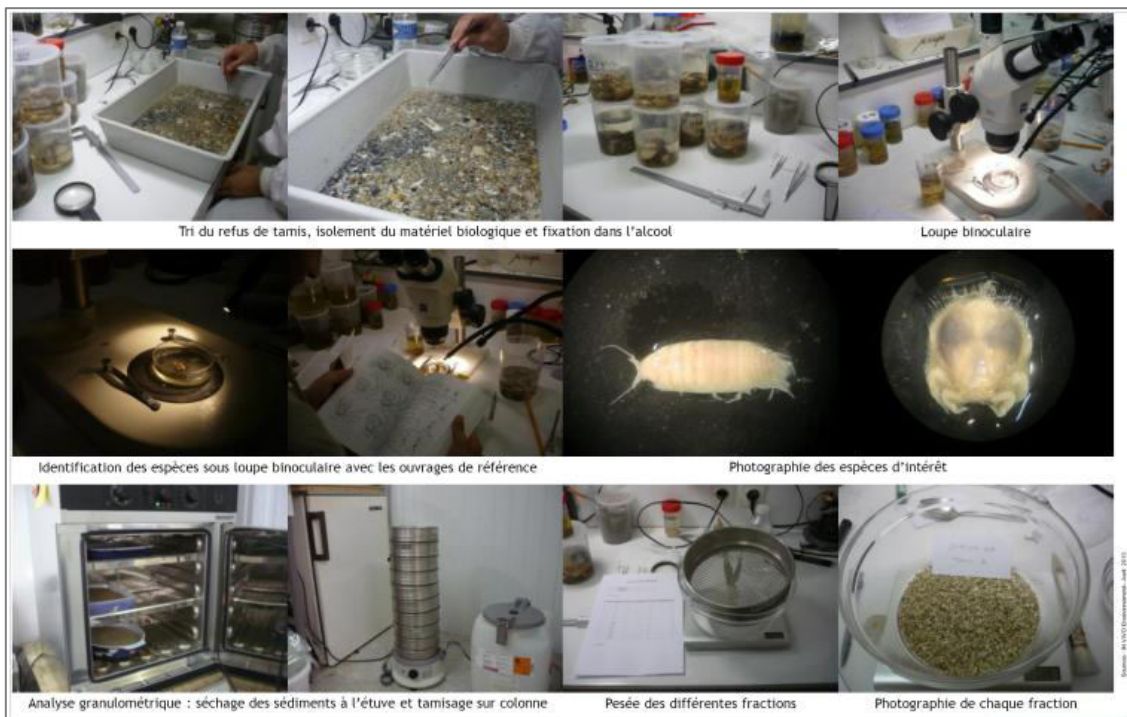


Figure 17 : Mise en œuvre des analyses biosédimentaires au laboratoire (*In Vivo Environnement*, 2013)

3.2.1.2. Exploitation des données

L'exploitation des données benthiques s'appuie sur :

- La caractérisation des peuplements (indices, incidence trophique...),
- La caractérisation de l'état général de ces peuplements et de leur sensibilité dans le temps (espèces indicatrices),
- La comparaison avec les données biologiques et bibliographiques disponibles sur les zones marines proches.

3.2.1.3. Indices de diversité

Indice de Shannon

Tout en constituant un élément essentiel de la description de la structure d'un peuplement, la richesse spécifique « S » correspondant au nombre d'espèces présentes, ne suffit pas toujours à la caractériser de manière optimale. En effet, l'abondance relative des espèces intervient aussi, car seule une faible proportion des espèces est réellement abondante en termes de densité, de biomasse, de productivité ou de tout autre critère de leur importance relative.

À l'opposé, la fraction largement majoritaire est constituée d'espèces peu communes, rares, voire très rares. Tandis que les espèces dominantes jouent un rôle majeur dans le fonctionnement de l'écosystème en contrôlant le flux d'énergie, les nombreuses espèces rares conditionnent la diversité du peuplement.



Il s'avère nécessaire de combiner l'abondance relative des espèces et la richesse spécifique totale afin d'obtenir une expression mathématique de l'indice général de diversité. De nombreux indices de ce type ont été proposés qui dérivent de la *théorie de l'information*. Parmi ces indices, nous avons utilisé celui de Shannon-Weaver dont la formule est la suivante :

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

où $p_i = n_i/N$ et représente la probabilité de rencontre de l'espèce de rang i . (Ramade, 1987)

Bien que l'indice de Shannon varie directement en fonction du nombre d'espèces, les espèces rares pèsent d'un poids beaucoup plus faible que les plus communes (Ramade, 1987). De plus, l'indice de Shannon convient bien à l'étude comparative de peuplements parce qu'il est relativement indépendant de la taille de l'échantillon.

Équitabilité

L'équitabilité varie entre 0 et 1. Elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs correspond à une seule espèce du peuplement et tend vers 1 lorsque chacune des espèces est représentée par le même nombre d'individus.

La formule de l'équitabilité est la suivante :

$$E' = H' / \ln S$$

Il est considéré que l'équitabilité du peuplement d'un milieu non perturbé tend vers 1, et qu'il existe la valeur seuil de 0,70 qui désigne ainsi un peuplement non équilibré, où une espèce plus résistante que les autres devient alors largement prédominante.

3.2.1.4. Indices basés sur les groupes écologiques

L'évaluation de la qualité environnementale d'un milieu peut également, et de manière complémentaire, être approchée par une analyse et une reconnaissance des groupes écologiques. Ces derniers sont composés d'espèces de polluo-sensibilité différentes. Ces groupes sont considérés comme des indicateurs biologiques face à l'excès de matière organique et au déficit d'oxygène résultant de sa dégradation. Les espèces sont regroupées en 5 groupes écologiques de polluo-sensibilité différente⁵ :

- Groupe 1 : espèces sensibles à une hypertrophisation. Elles disparaissent les premières lorsqu'il y a enrichissement du milieu. Ce sont des suspensivores, des carnivores sélectifs et quelques dépositivores de subsurface tubicoles,
- Groupe 2 : espèces indifférentes à une hypertrophisation du milieu. Ces espèces sont peu influencées par une augmentation de la quantité de la matière organique (espèces carnivores et nécrophages peu sélectives),

⁵ Borja, A., 2004. The biotic indices and the water Framework Directive : the required consensus in the new benthic monitoring tools. Marine Pollution Bulletin Vol. 48./ Glémarec, M., Hily, C. 1981. Perturbations associées à la macrofaune benthique de la baie de Concarneau par les effluents urbains et portuaires. Acta Oecol., Oecol. Applic. 139-150.

- Groupe 3 : espèces tolérantes à une hypertrophisation du milieu. Ces espèces sont naturellement présentes dans les vases, mais comme leurs proliférations sont stimulées par l'enrichissement du milieu, elles sont un signe du déséquilibre du système. Ce sont des espèces dépositives de surface, profitant du film superficiel chargé de matière organique,
- Groupe 4 : espèces opportunistes de second ordre. Ce sont des petites espèces à cycle court (< 1 an) abondantes dans les sédiments réduits des zones polluées. Ce sont des dépositives de subsurface,
- Groupe 5 : espèces opportunistes de premier ordre. Ce sont des dépositives, proliférant dans les sédiments réduits sur l'ensemble de leur épaisseur jusqu'à la surface.

Le modèle des Indices Biotiques (IB) mis en place par Glémarec et Hily (1981) a permis de distinguer 4 grandes étapes en fonction des espèces observées :

- Indice Biotique = 0. Il constitue l'état normal d'un peuplement avec une dominance des espèces sensibles (Groupe écologique 1), les premières à disparaître en cas de pollution. Ce sont généralement des suspensivores, dépositives de surface ou carnivores,
- Indice Biotique = 2. Les espèces tolérantes (Groupe 3) sont stimulées et sont beaucoup plus abondantes. Ce sont des dépositives de surface comme les mollusques bivalves (*Abra*, *Tellina*...), des polychètes Ampharetidés ou des Spionidés. Apparaissent aussi les premiers détritivores, consommateurs de matière végétale figurée (Crustacé, Tanaïdace), c'est le cas des Nereidés ou d'amphipodes Talidridés, Dexaminidés, Gammaridés, Melitidés... Ces espèces tolérantes, dominant les espèces sensibles, définissent cette première étape du déséquilibre,
- Indice Biotique = 4. C'est la première étape de pollution. Le milieu se caractérise par des espèces opportunistes de second ordre (groupe IV) susceptibles de proliférer. Ces espèces sont des dépositives de surface ou de subsurface (limivores) qui appartiennent à des familles de polychètes spécialisées parmi lesquelles les Cirratulidés, les Spionidés du genre *Polydora* avec de nombreuses espèces, les Nereidés du genre *Neanthes*, des Eunicien de la famille des Dorvilleidés et des Capitellidés,
- Indice Biotique = 6. C'est l'étape de pollution maximale, caractérisée par quelques espèces opportunistes de 1er ordre, qui atteignent des densités exceptionnelles (100 000 ind.m⁻²) à la surface des sédiments réduits. Ces espèces très peu nombreuses sont : le Capitellidé *Capitella capitata* (complexe d'espèces), le Spionidé *Malacoceros fuliginosus*, le Leptostracé *Nebalia bipes*. Ces espèces cohabitent avec de nombreux Oligochètes (*Clitellata*) et nématodes.
- Entre ces quatre grandes étapes existent des étapes de transition 1, 3 et 5, définies en premier lieu par l'effondrement des paramètres de Richesse Spécifique et d'Abondance ou au contraire, par l'explosion d'une espèce indifférente (groupe II), favorisée par le manque de compétition. Ces espèces sont généralement carnivores (ex. : *Nephtys hombergii*) ou nécrophages (ex. : *Pagurus*). L'étape 7 correspond au milieu azoïque puisqu'aucun invertébré n'y survit.

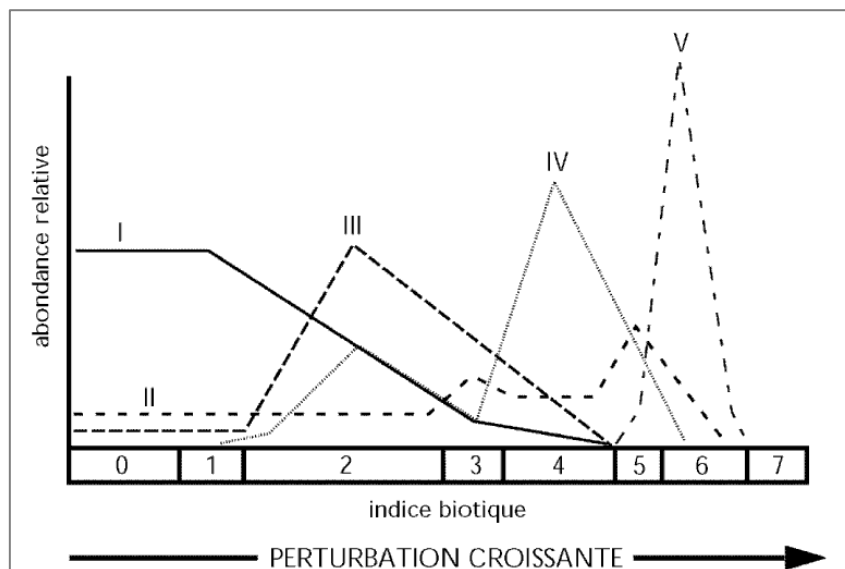


Figure 18 : Modèle du gradient de perturbations croissantes (Source : Glémarec et Hily, 1981)

L'indice biotique pour la macrofaune benthique : l'AMBI

Les indices biotiques pour la macrofaune benthique ont été développés dans le cadre du contrôle de surveillance des eaux de transition pour la Directive Cadre sur l'Eau (Agence de l'Eau & Ifremer). L'indice AMBI repose sur les proportions d'abondances que représentent les 5 groupes écologiques correspondant au classement des espèces en fonction de leur sensibilité/tolérance face à un gradient de stress environnemental (par exemple une pollution ou une modification du milieu). L'indice calculé permet de qualifier le milieu de 0 (milieu normal, aucune pollution) à 7 (milieu azoïque très forte pollution).

Calcul de l'AZTI Marine Biotic Index (AMBI) (Borja *et al.*, 2000) :

$$\text{AMBI} = \{(0 \times \%GI) + (1.5 \times \%GII) + (3 \times \%GIII) + (4.5 \times \%GIV) + (6 \times \%GV)\} / 100$$

Avec :

%GI : abondance relative des espèces sensibles aux perturbations

%GII : abondance relative des espèces indifférentes aux perturbations

%GIII : abondance relative des espèces tolérantes aux perturbations

%GIV : abondance relative des espèces opportunistes de second ordre

%GV : abondance relative des espèces opportunistes de premier ordre

L'AMBI a été soumis à de multiples tests pour vérifier sa validité (Borja *et al.*, 2004) et possède l'avantage d'avoir été comparé à ceux fournis par d'autres analyses univariées (diversité, richesse spécifique) ou multivariées pour prouver sa robustesse et son pouvoir discriminant. D'autre part, il a été validé par une série de tests basés sur des composants chimiques (Borja *et al.*, 2000) en identifiant et caractérisant des gradients spatiaux et temporels.

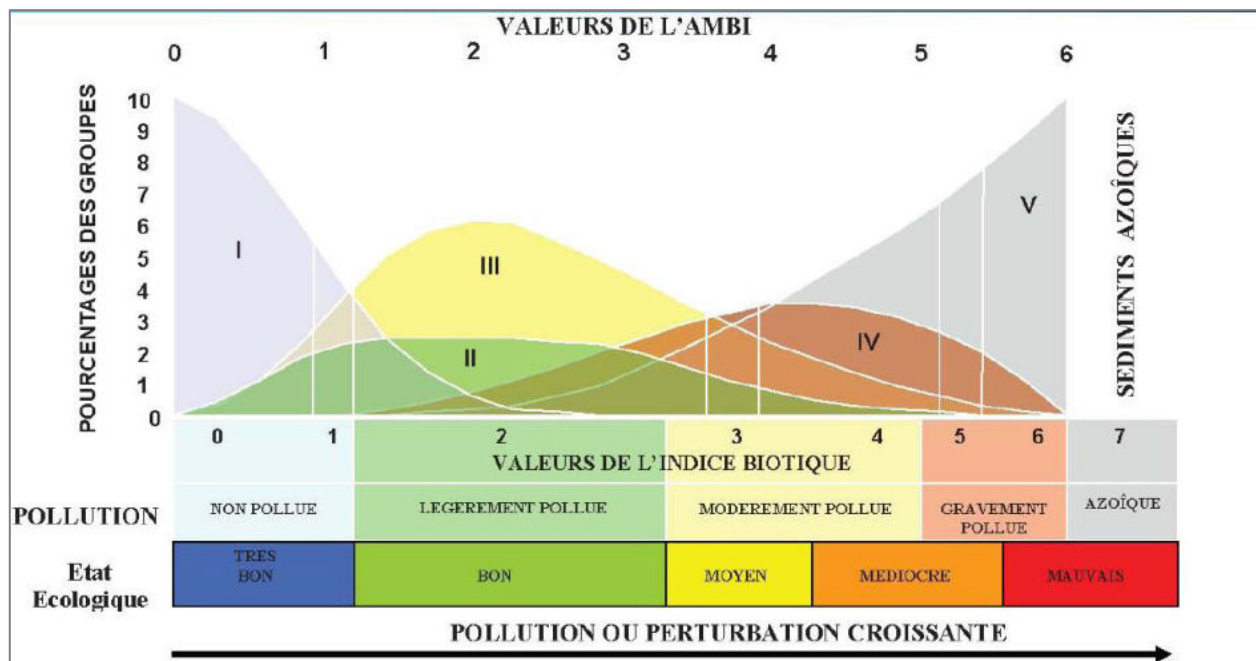


Figure 19 : Base écologique de l'indice AMBI (Source : A. Borja)

Cet indice permet donc la classification de la qualité écologique des eaux littorales par l'analyse des composantes biotiques du milieu (peuplements benthiques). En effet, une corrélation avec les Etats Écologiques définis par la Directive Cadre Eau a été proposée par Borja *et al.* (2004).

	Etat Ecologique	AMBI	Classification de la pollution
	Mauvais	$5,5 < \text{AMBI} \leq 7$	Azoïque
	Médiocre	$4,3 < \text{AMBI} \leq 5,5$	Gravement pollué
	Moyen	$3,3 < \text{AMBI} \leq 4,3$	Modérément pollué
	Bon	$1,2 < \text{AMBI} \leq 3,3$	Légèrement pollué, état transitoire
	Très bon	$0 < \text{AMBI} \leq 1,2$	Normal

Tableau 14 : Équivalence entre les valeurs de l'AMBI et les différents états écologiques de la DCE (Source : A. Borja)

Le M-AMBI a été mis au point par l'équipe de l'AZTI pour permettre de compléter les résultats obtenus par l'AMBI. Le calcul du M-AMBI est basé sur une analyse factorielle de l'AMBI, de la richesse spécifique et de l'indice de diversité H' (indice de Shannon-Wiener) (Muxika *et al.*, 2007). Il permet donc de prendre en compte ces 3 facteurs à la fois. L'AMBI met en évidence les perturbations de type organique en s'appuyant sur l'analyse des espèces présentes et leur polluo-sensibilité. Le calcul du M-AMBI est donc basé sur les résultats obtenus avec l'AMBI pondéré par l'indice de Shannon (H') et la richesse spécifique (S).

Le BENTIX

Afin de mieux correspondre aux 5 états écologiques de la Directive Cadre Eau, Simboura et Zenetos (2002) ont proposé une nouvelle adaptation de l'AMBI en se basant uniquement sur 2 grands ensembles : les espèces sensibles (regroupant les espèces sensibles et indifférentes des groupes écologiques I et II) et les espèces tolérantes (regroupant les espèces tolérantes et opportunistes de premier et second ordre des groupes écologiques III, IV et V). L'indice est basé sur une formule où les pourcentages des différents groupes sont pondérés par leur niveau de réponse à une perturbation.

$$\text{BENTIX} = \{6 \times \%GI + 2 \times (\%GII + \%GIII)\} / 100$$

Avec :

%GI : abondance relative des groupes trophiques I et II

%GII : abondance relative du groupe trophique III

%GIII : abondance relative des groupes trophiques IV et V

	Etat Ecologique	BENTIX		Classification de la pollution
		Cas général	Milieu vaseux	
	Mauvais	0	0	Azoïque
	Médiocre	$2,0 \leq \text{BENTIX} \leq 2,5$	$2,0 \leq \text{BENTIX} \leq 2,5$	Gravement pollué
	Moyen	$2,5 \leq \text{BENTIX} \leq 3,5$	$2,5 \leq \text{BENTIX} \leq 3,0$	Modérément pollué
	Bon	$3,5 \leq \text{BENTIX} \leq 4,5$	$3,0 \leq \text{BENTIX} \leq 4,0$	Légèrement pollué, état transitoire
	Très bon	$4,5 \leq \text{BENTIX} \leq 6,0$	$4,0 \leq \text{BENTIX} \leq 6,0$	Normal

Tableau 15 : Équivalence entre les valeurs du BENTIX et les différents états écologiques de la DCE
(Source : Borja et al, 2004)

Le BENTIX peut donc prendre des valeurs continues entre 2 et 6 (ainsi que 0 lorsque le sédiment est azoïque). L'échelle se retrouve inversée par rapport à l'AMBI. Calquée sur l'AMBI, une échelle de correspondance entre les valeurs de l'indice et les états écologiques définis par la DCE a été établie. Du point de vue écologique, le sens de ces 2 indices est le même.

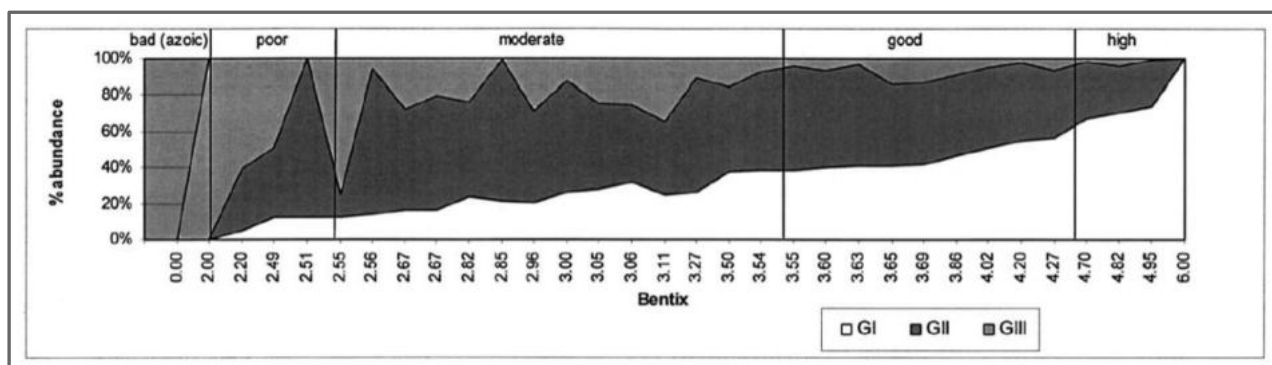


Figure 20 : Dégradation de l'état de santé des communautés benthiques (In Vivo, 2013)



L'utilisation de ces indices basés sur les groupes écologiques permet donc la classification de la qualité écologique des eaux littorales par l'analyse des composantes biotiques du milieu (peuplements benthiques). Ils peuvent s'avérer intéressants dans le cadre d'un suivi biosédimentaire. La modification des peuplements peut alors être classifiée en prenant en compte les caractéristiques propres aux espèces considérées (tolérances, etc.).

3.2.1.5. Classification des habitats en présence

La Typologie EUNIS

La typologie des habitats retenue pour la cartographie dans cette étude est la classification EUNIS (*European Nature Information System*), référence européenne de classification des habitats pour les domaines terrestres, dulçaquicoles et marins.

Cette typologie repose sur un classement hiérarchique des habitats permettant, pour le domaine marin, d'accéder à des niveaux de précision allant de la simple distinction entre les types rocheux ou meuble (niveau 2), intégrant d'une part, le mode d'exposition et le type de substrat (niveau 3), puis, d'autre part, la notion de groupement fonctionnel d'habitats (niveau 4) jusqu'à l'identification précise des peuplements benthiques définis par la présence d'espèces dominantes ou de groupes d'espèces caractéristiques (niveaux 5 et 6).

Fondée sur les travaux des Anglo-saxons, la typologie EUNIS subit encore des évolutions au fur et à mesure de sa mise en application. Toutefois en accord avec le programme MESH (*Mapping European Seabed Habitats*), le Réseau Benthique (REBENT), la version retenue dans cette étude, pour la cartographie des habitats benthiques, est la version EUNIS d'octobre 2004. L'intérêt d'utiliser EUNIS réside dans la possibilité de comparer les habitats au niveau européen et de faciliter la mise en œuvre de directives européennes telles que la Directive Habitats et son outil opérationnel Natura 2000.

La typologie EUNIS constitue la référence européenne en matière de classification des habitats marins. À ce titre, les unités de peuplements identifiées dans le cadre de ce travail ont été traduites selon cette nomenclature.

Typologie des biocénoses benthiques de Méditerranée

Cette typologie des peuplements est classée en fonction de l'étagement et de la nature granulométrique du sédiment. Cela a abouti à la création d'une liste de référence française des biocénoses, faciès et associations présents en Méditerranée.

Elle est structurée en quatre niveaux. Le premier niveau correspond à l'étagement et le deuxième aux substrats. Le troisième niveau fait apparaître les biocénoses, le niveau quatre les faciès et associations de ces biocénoses. L'échelle de description de l'habitat (identifié par sa biocénose) correspond à l'échelle des habitats occupés par les macrophytes et la macrofaune benthique (rapport SPN).

3.2.2. Expertise Avifaune

Deux techniques d'inventaires ont été mises en œuvre pour réaliser les expertises avifaunistiques pour le projet Provence Grand Large : **inventaires par bateau et inventaires par avion**.

Ces données sont par ailleurs complétées par des suivis par radar réalisés dans le cadre du projet MISTRAL.

3.2.2.1. Aires d'étude

Différentes zones d'étude ont été distinguées dans le cadre de cette expertise, en fonction des techniques utilisées (voir tableau suivant).

Aires d'étude de l'expertise écologique	Principales caractéristiques et délimitation dans le cadre du projet
Aire d'étude (<i>lato sensu</i>)	Dans l'étude, lorsqu'aucune précision n'est apportée, le terme "aire d'étude" se réfère à l'aire d'étude bateau définie ci-après.
Aire d'étude Bateau	L'aire d'étude bateau est la zone couverte par les 6 transects suivis lors des expertises. Tous les individus observés y sont identifiés, dénombrés et précisément localisés.
Aire d'étude Avion	L'aire d'étude avion est la zone couverte par les 9 transects suivis lors des expertises. Tous les individus observés y sont identifiés, dénombrés et précisément localisés.

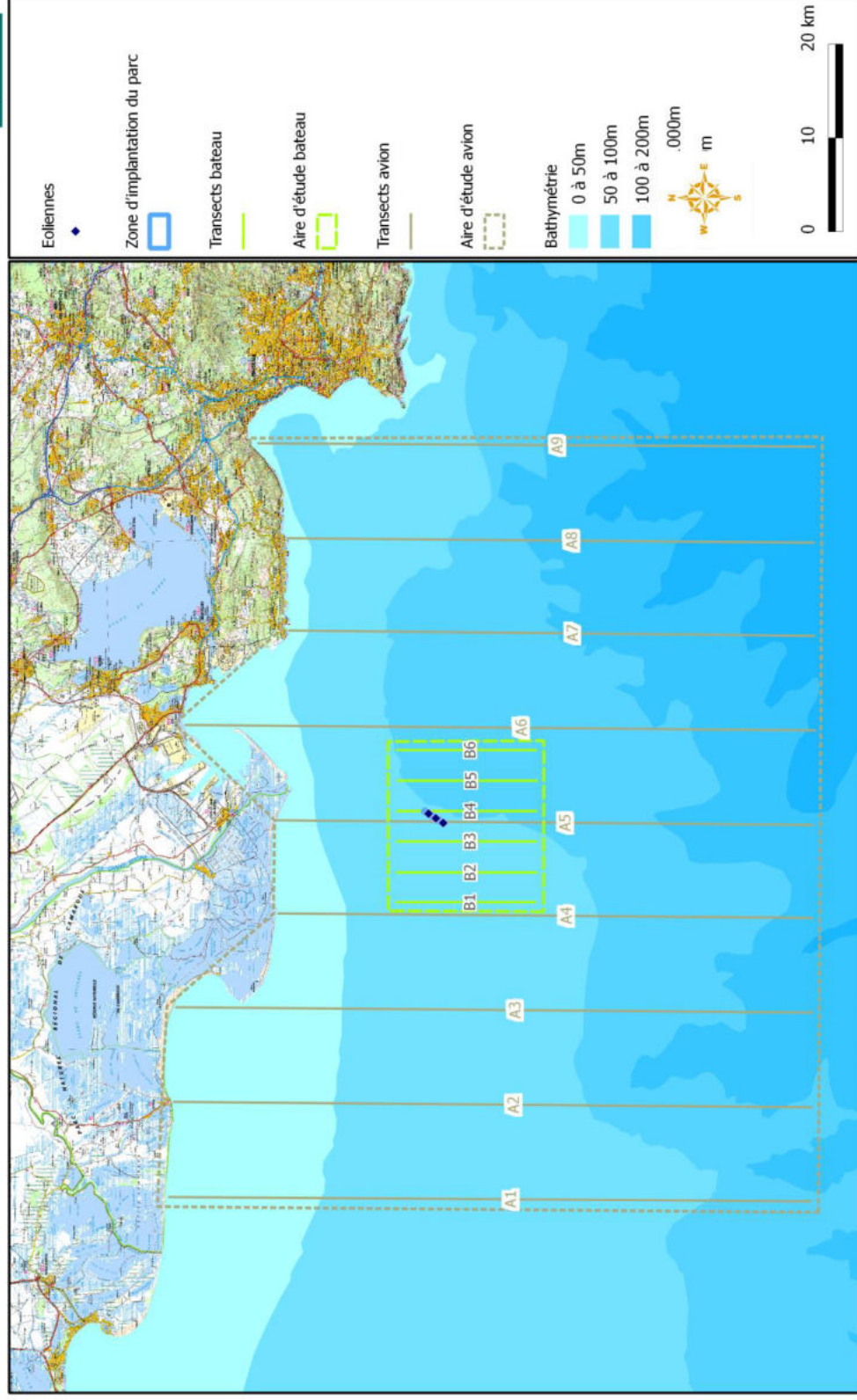
Tableau 16 : Aires d'étude définies pour l'expertise Avifaune (Source : Biotope, 2017)

Ces aires d'étude sont présentées sur la carte suivante.



Aires d'étude et zone d'implantation du projet PROVENCE GRAND LARGE

Site pilote en mer dédié à l'éolien flottant "PROVENCE GRAND LARGE" - Voilet avifaune



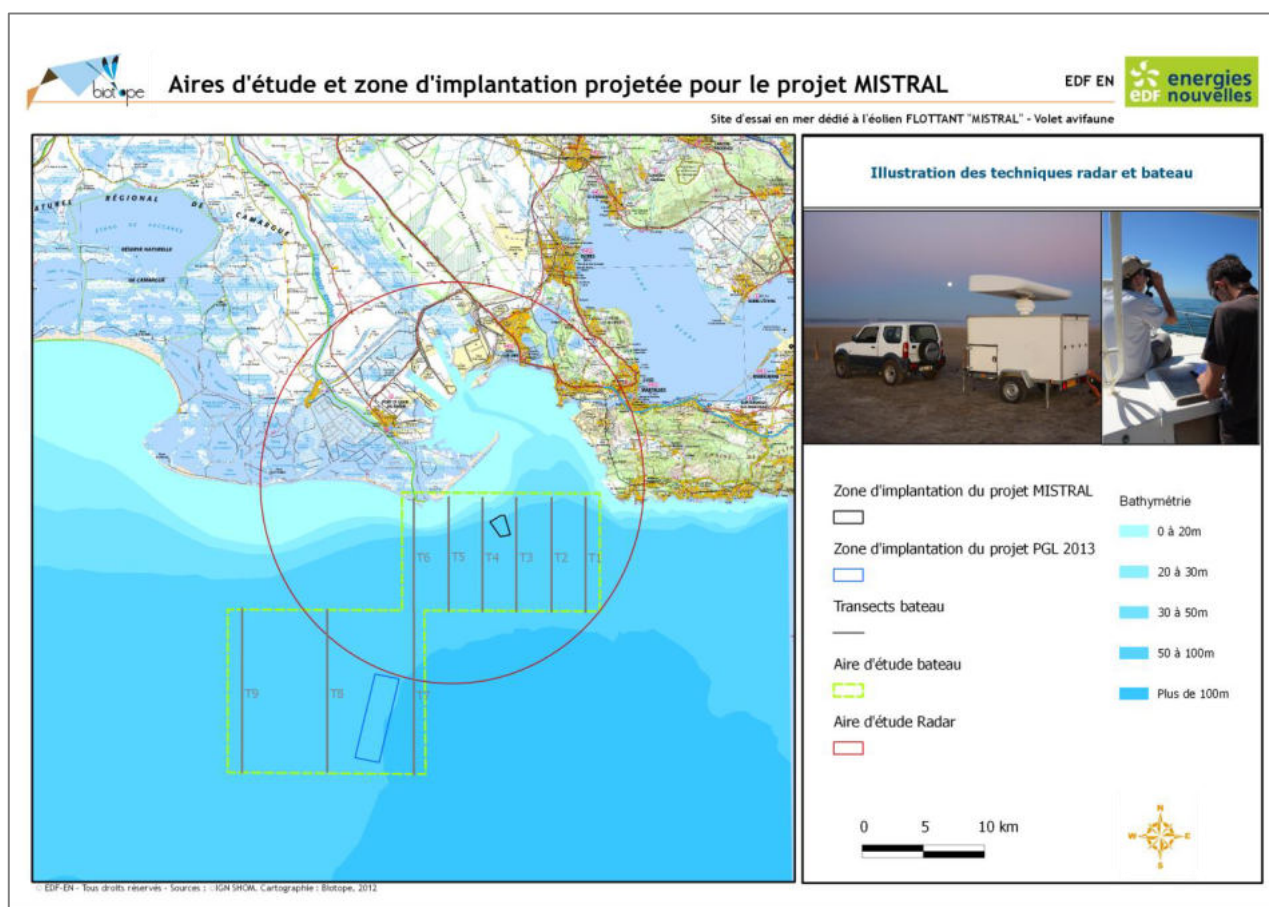
EDF-EN - Tous droits réservés - Sources : IGN SHOM, Cartographie : Biotope, 2017

Carte 3 : Aires d'étude définies pour l'expertise Avifaune (Source : Biotope, 2017)

Aire d'étude Bateau

L'aire d'étude suivie en bateau en 2013 est localisée entre 12 et 28 km au large des côtes, et couvre une superficie de 300 km². Dans la mesure où le projet actuel est inscrit dans le périmètre historique l'aire d'étude validée en 2013 reste valide.

Les données récoltées sont complétées par celles obtenues entre septembre 2011 et août 2012, par bateau et par radar (voir carte suivante).



Carte 4 : Aires d'étude et transects définis pour le projet *Mistral* (Source : Biotopie, 2017)

Aire d'étude par avion

L'aire d'étude suivie par avion est localisée entre les Saintes-Maries de la mer et Marseille, depuis la côte jusqu'à 55 à 70 km au large, couvrant une superficie de 5200 km².

3.2.2.2. Les techniques d'inventaires

Inventaires par bateau

- **Méthode et bibliographie**

La méthode utilisée est basée sur les standards internationaux définis pour les prospections en mer dans le cadre d'acquisition de connaissances ou d'études de projets éoliens. Elle se base notamment sur les recommandations de TASKER & al. (1984), KOMDEUR & al. (1992), CAMPHUYSEN & al. (2004) et MACLEAN & al. (2009).

- **Définition des transects**

Le plan d'échantillonnage a été défini en maximisant la longueur de transects réalisables en une journée, tout en intégrant les temps d'accès et de retour sur l'aire d'étude, et l'autonomie en carburant du bateau.

6 transects ont ainsi été définis autour de la zone d'implantation, orientés nord/sud, espacés de moins de 2 milles nautiques (3,5 km) et longs de 13,5 km (voir carte précédente « Aires d'étude et zone d'implantation du projet Provence Grand Large »). Ce sont ainsi plus de 80 km de transects qui ont été suivis au cours de chaque sortie bateau en 2013.

- **Déroulement de l'inventaire**

Au total, trois personnes prennent place à bord du bateau, comme défini dans les protocoles standardisés :

- le skipper, qui s'occupe de la navigation ;
- deux observateurs qui réalisent les observations de chaque côté du bateau.



Au cours des transects, chaque observation est positionnée à l'aide d'un G.P.S.

Les informations suivantes sont notées :

- la référence G.P.S. (position du bateau lors du contact) ;
- l'espèce concernée ;
- le nombre d'individus ;
- si le ou les oiseaux sont posés, la distance par rapport au bateau et l'azimut ;
- si le ou les oiseaux sont en vol, la distance par rapport au bateau, l'azimut, la direction de vol et la hauteur de vol (en mètres) ;

- l'activité des oiseaux (s'ils sont en pêche, migration, au repos) ;
- si les oiseaux sont associés à un bateau de pêche ;
- d'autres données concernant les bateaux présents, poissons détecté ou autres observations intéressantes.

Les observations sont réalisées à l'œil nu et, au besoin, à l'aide de jumelles (10 x 42).

Lors des transects, la vitesse du bateau est fixée à 10 nœuds ; cette vitesse peut cependant légèrement varier selon les conditions de vent et de mer.

Lorsque le bateau rencontre un regroupement d'oiseaux particulièrement important (groupes de Puffins, regroupement de Laridés autour d'un chalutier, ...) ou en cas d'observations de Mammifères marins, l'observateur peut demander au pilote d'arrêter voire de dérouter le bateau afin de parfaire les observations. Le transect est ensuite repris à partir de l'emplacement auquel il a été quitté.

La réalisation d'expertises par bateau consiste donc à mener, sur la zone de projet et ses alentours immédiats, des expertises permettant l'identification et la localisation de l'ensemble des espèces présentes. Les éléments recueillis constituent la base de l'état initial, conjointement aux inventaires par avion.

Les tableaux suivants détaillent les durées des sorties réalisées en 2013, et entre septembre 2011 et août 2012.

Date	Heure de début	Heure de retour	Durée
30/01/2013	8h15	15h40	7 h 25 min
20/02/2013	8h00	15h40	7 h 40 min
21/03/2013	8h15	16h15	8 h 00 min
16/04/2013	8h15	16h10	7 h 55 min
27/05/2013	8h45	16h45	8 h 00 min
20/06/2013	8h45	16h40	7 h 55 min
24/07/2013	8h00	16h00	8 h 00 min
05/08/2013	8h15	16h30	8 h 15 min
26/09/2013	8h15	15h35	7 h 20 min
29/10/2013	8h15	11h50*	3 h 35 min
04/11/2013	8h45	15h30	6 h 45 min
28/11/2013	8h00	15h50	7 h 50 min
10/12/2013	8h45	15h30	6 h 45 min

Tableau 17 : Détail des sorties bateau réalisées en 2013 (Source : Biotope, 2017)

**sortie arrêtée suite à la dégradation des conditions de mer*

Date	Heure de début	Heure de retour	Durée
13/09/2011	8h30	17h00	8 h 30 min
21/10/2011	8h00	15h45	7 h 45 min
25/11/2011	8h00	15h45	7 h 45 min
13/12/2011	8h30	16h30	8 h 00 min
27/01/2012	8h15	16h15	8 h 00 min
28/02/2012	8h25	16h10	7 h 45 min
27/03/2012	7h45	17h00	9 h 15 min
12/04/2012	7h45	17h00	9 h 15 min
10/05/2012	7h45	17h15	9 h 30 min
28/06/2012	8h15	15h30	7 h 15 min
25/07/2012	8h00	16h00	8 h 00 min
22/08/2012	8h15	18h45	10 h 30 min

Tableau 18 : Détail des sorties bateau réalisées en 2011 et 2012 (durée totale) (Source : Biotope, 2017)

**La durée des sorties inclut les 6 transects d'étude du projet MISTRAL et les 3 transects réalisés au large autour de la zone d'implantation du projet Provence Grand Large.*

Inventaires par avion

Cette technique de recensement permet de parcourir rapidement de grandes distances, et de relativiser les observations réalisées au niveau de la zone d'implantation.

Elle permet notamment d'étudier les zones de concentration de l'avifaune à grande échelle, et de les comparer aux données obtenues sur la zone de projet.

- **Méthode et bibliographie**

Comme pour le bateau (cf paragraphe précédent), les recensements par avion sont basés sur les méthodes standardisées d'étude des oiseaux marins par avion, notamment en mer du Nord.

- **Définition des transects**

Le plan d'échantillonnage a été défini en maximisant la longueur de transects réalisables en une journée, tout en intégrant les temps d'accès et de retour sur l'aire d'étude, et l'autonomie en carburant de l'avion.

9 transects ont ainsi été définis autour de la zone d'implantation, orientés nord/sud, espacés de 10 km et longs de 55 à 70 km (voir carte précédente « Aires d'étude et zone d'implantation du projet Provence Grand Large »). Ce sont ainsi plus de 550 km de transects qui ont été suivis au cours de chaque sortie avion.

- **Déroulement de l'inventaire**

Au total, trois personnes prennent place à bord de l'avion, comme défini dans les protocoles standardisés :

- le pilote, qui s'occupe de la navigation ;

- deux observateurs : un à droite du pilote et un l'arrière (gauche), qui réalisent les observations de chaque côté du bateau.

L'avion a été choisi de façon à observer les oiseaux dans de bonnes conditions, à voler le plus lentement possible et le plus bas possible, tout en garantissant la sécurité des personnes au meilleur rapport qualité prix. Deux avions ont été utilisés pour l'expertise : un Tecnam P2006 et un CESSNA 172, tous deux avions à ailes hautes. Lors des expertises, l'avion vole à 100 mètres d'altitude, et à environ 120 km/h (c'est-à-dire le plus lentement et le plus bas possible pour un avion).



Figure 21 : Séance d'observations par avion et type d'avion utilisé (© Biotope)

Au cours des transects, chaque observation est positionnée à l'aide d'un G.P.S.

Les informations suivantes sont notées :

- la référence G.P.S. (position de l'avion lors du contact) ;
- l'espèce concernée ;
- le nombre d'individus ;
- si le ou les oiseaux sont posés, la distance par rapport à l'avion ;
- si le ou les oiseaux sont en vol, la distance par rapport à l'avion, la direction de vol et la hauteur de vol ;
- si les oiseaux sont associés à un bateau de pêche ;
- d'éventuelles remarques (contacts hors transect, âge de l'oiseau, comportement, ...).

Les observations sont réalisées à l'œil nu et à l'aide de jumelles (10 x 42).

Lorsque l'avion rencontre un regroupement d'oiseaux particulièrement important (groupe de Puffins ou d'Alcidés, regroupement de Laridés autour d'un chalutier, ...) ou en cas d'observations de Mammifères marins, l'observateur peut demander au pilote de dérouter l'avion et d'effectuer des cercles autour du secteur concerné afin de parfaire les observations (rare). Le transect est ensuite poursuivi.

La réalisation d'expertises par avion consiste donc à compléter les données recueillies par bateau, à une échelle plus grande. Les éléments recueillis constituent la base de l'état initial, conjointement aux inventaires

La réalisation d'expertises par avion consiste donc à compléter les données recueillies par bateau, à une échelle plus grande. Les éléments recueillis constituent la base de l'état initial, conjointement aux inventaires par bateau.

Le tableau suivant détaille les durées des sorties réalisées.

Date	Heure de début	Heure de retour	Durée
27/02/2013	8h30	16h10	7 h 40 min
18/04/2013	8h30	19h40	11 h 10 min
07/06/2013	9h00	17h20	8 h 20 min
29/08/2013	11h30	18h50	7 h 20 min
07/11/2013	8h30	15h50	7 h 20 min
04/12/2013	8h30	15h50	7 h 20 min

Tableau 19 : Détail des sorties avion (Source : Biotope, 2017)

Inventaires par radar

En 2011 et 2012, 6 sessions de 4 jours continus de suivi par radar ont été réalisées depuis la plage Napoléon, pour suivre les déplacements ornithologiques. Ces suivis radars permettent de quantifier la fréquentation ornithologique sur le secteur situé entre le parc et la côte.



Figure 22 : Unité radar positionnée sur la plage Napoléon (© Biotope)

Dates des inventaires	Conditions météorologiques
12 au 16 septembre 2011	Ciel dégagé, vent faible de secteur sud tournant nord et forçant (le 15/09), puis retour au vent de sud, faible. Températures élevées
17 au 21 octobre 2011	Alternance de passages nuageux, avec vent tournant (nord-est, est, sud, sud-est, nord-ouest, est), avec des rafales parfois fortes en secteur nord. Températures douces.
23 au 26 février 2012	Ciel dégagé, mistral faible avec passage sud. Visibilité mauvaise à bonne. Températures fraîches
26 au 29 mars 2012	Ciel dégagé, vent tournant nord-est à sud-est pour se stabiliser nord-ouest. Visibilité mauvaise à bonne. Températures douces
07 au 11 mai 2012	Ciel dégagé à couvert, vent de secteur sud-est faible. Visibilité moyenne à bonne. Températures douces.
23 au 27 juillet 2012	Ciel dégagé, vent de secteur sud-ouest faible. Visibilité moyenne à très bonne. Températures élevées.

Tableau 20 : Dates de l'étude radar (Source : Biotope, 2017)

3.2.2.3. Dates de prospections de terrain

La présente étude détaille les résultats des inventaires par bateau et avion menés sur un an complet, entre janvier et décembre 2013, complétées par les données obtenues entre septembre 2011 et août 2012.

Les sorties bateau ont été réalisées à une fréquence mensuelle, en recherchant les meilleures périodes d'activité de l'avifaune tout en assurant des conditions météorologiques favorables aux sorties en mer.

Les sorties avion ont quant à elles été réalisées à une fréquence bimensuelle.

Le calendrier décadaire suivant présente la répartition des inventaires réalisés autour du projet.

	2011				2012												2013											
	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Bateau	1		1	1	1	1	1	1	1		1	1	1				1	1	1	1		1	1	1	1		1	1
Avion																												
Radar	4	4					4	4		4		4							1		1		1		1		1	1

Figure 23 : Répartition temporelle des inventaires avifaunistiques réalisés (Source : Biotope, 2017)

*La sortie bateau du 29/10/13 a dû être annulée en cours de réalisation pour cause de dégradation des conditions de mer. La météo du mois d'octobre a par ailleurs été globalement très mauvaise, ce qui a entraîné le report des sorties bateau et avion (initialement prévues en octobre) au début du mois de novembre.

Le tableau suivant présente plus précisément les dates d'inventaires réalisés en 2013 et les conditions météorologiques associées. L'annexe I présente ces données pour 2011 et 2012.

Date	Nébulosité	Vent	Température	Etat de la mer	Visibilité
Inventaires par bateau					
30/01/2013	1/8 à 6/8	NO à O, 10 km/h	8 à 15°C	Ridée à belle (houle 1 m à 0,5 m)	Bonne
20/02/2013	1/8	NO 10 à 20 km/h	4 à 12°C	Belle à ridée (houle 0,5 à 1 m)	Bonne
21/03/2013	1/8 à 5/8	NO puis O, 10 à 20 km/h	6 à 14°C	Ridée (houle 1m)	Bonne
16/04/2013	2/8 à 5/8	O puis SO, 10 km/h	13 à 21°C	Ridée à calme (houle 0,5 m à 0 m)	Bonne
27/05/2013	1/8 à 7/8	N puis S, 10 km/h	10 à 18°C	Belle à ridée (houle 0 à 0,5 m)	Très bonne
20/06/2013	3/8 à 6/8	SE à SO, 20 à 10 km/h	19 à 23°C	Ridée (houle 1 à 1,5 m)	Assez bonne
24/07/2013	3/8 à 1/8	NO à SO, 10 km/h	24 à 31°C	Belle à ridée (houle 0,5 m à 1 m)	Assez bonne
05/08/2013	1/8 à 5/8	S, 10 km/h	23 à 30°C	Belle à ridée (houle 0,5 m)	Bonne
26/09/2013	8/8 à 4/8	Nul	20°C	Belle	Mauvaise (brume) à bonne
29/10/2013	3/8	NNO, 20 à 50 km/h	17°C	Agitée (houle 2,5 m)	Bonne
04/11/2013	8/8 à 5/8	SE, 10 km/h	15°C	Belle à ridée (houle 0,5 à 1 m)	Assez bonne
28/11/2013	0/8 à 3/8	N, 15 km/h	0 à 7°C	Ridée (houle 1 m)	Très bonne
10/12/2013	6/8 à 4/8	NO, 5 km/h	0 à 9°C	Belle (houle 0,25 m)	Très bonne
Inventaires par avion					
27/02/2013	0/8 à 6/8	N, 20 à 30 km/h	3 à 11°C	Ridée à agitée, puis belle (houle 1,5 m à 0 m)	Bonne
18/04/2013	2/8 à 5/8	SO, 10 km/h	14 à 21°C	Ridée à belle (houle 0,5 m à 0 m)	Bonne
07/06/2013	1/8 à 4/8	SO, 10 à 20km/h	17 à 23°C	Belle à ridée(houle 0 à 0,5 m puis 1 m)	Très bonne
29/08/2013	1/8 à 7/8	NO à SE, 10 à 20 km/h	18 à 27°C	Ridée à belle, puis ridée (houle de 0,5 à 1 m)	Bonne
07/11/2013	0/8 à 3/8	NO, 10 km/h	14°C	Belle, ridée, puis belle (houle 0,5 m à 1 m à 0 m)	Très bonne
04/12/2013	0/8 à 3/8	NO, 5 à 30 km/h	0 à 10°C	Belle, agitée, puis belle	Bonne

Tableau 21 : Dates et conditions météorologiques des prospections de terrain (Source : Biotope, 2017)

Les expertises de terrain menées pour ce projet se sont principalement déroulées entre janvier et décembre 2013, à l'aide de suivis par bateau et par avion, et ont été complétées par les résultats issus de l'étude menée entre septembre 2011 et aout 2012. Deux cycles biologiques complets ont ainsi pu être suivis. De plus les données issues du radar ont permis, au titre de l fréquentation, de couvrir les périodes nocturnes.

3.2.2.4. Bibliographie et Acteurs ressources consultés

Pour compléter les données acquises en mer dans le cadre du projet, une compilation et synthèse des connaissances existantes et données bibliographiques disponibles a été réalisée (résultats de suivis scientifiques, de programmes de recherche, exploitation des bases de données associatives, etc.).

Les principales références utilisées pour compléter l'état initial sont les suivantes :

- Etat des lieux des connaissances du patrimoine ornithologique de la Camargue. 2015. Garbé R., Rufray X., Di-Méglio N., Roul M., David L., Bechet A. & Sadoul N. Agence des Aires Marines Protégées. 322 p
- Observations et phénologie des oiseaux marins. 2014. Données de la LPO PACA et de la Tour du Valat intégrées dans l'état des lieux des connaissances du patrimoine ornithologique de la Camargue.
- Suivi Aérien de la Mégafaune Marine en France (volet SAMM du programme PACOMM). 2014. Agence des Aires Marines Protégées et UMR Pelagis.
- Habitats maritimes des Puffins de France métropolitaine : une approche par balises et analyses isotopiques (volet Suivi télémétrique des puffins du programme PACOMM). 2014. Agence des Aires Marines Protégées et CEFE/CNRS.
- Etat de l'art des connaissances sur les distributions spatiales des oiseaux marins et des petits poissons pélagiques dans le golfe du Lion. 2012. Beaubrun P., Roos D., Astruc G., Conéjéro S., Renard D., Bigot J.-L., Liorzou B., Le Corre G. et C.Mellon, Rapport final du Contrat DREAL-LR / IFREMER n°11/3211726/F, 580p (campagnes PELMED).
- Life+ ENVOLL. Suivis de la reproduction des laro-limicoles coloniaux. Les Amis du Marais du Vigueirat (coord.).
- Projet FAME (Future of the Atlantic Marine Environment). Synthèse des rapports FAME. 2014. LPO et Birdlife International.

Par ailleurs, certaines personnes ou organismes ont été consultés pour compléter la bibliographie sur des points particuliers (voir tableau suivant).

Organisme consulté	Nom du contact	Nature des informations recueillies
AAMP – antenne Méditerranée	Alain PIBOT / Aurore STERCKEMAN	Données recueillies lors des campagnes aériennes du programme PACOMM en Méditerranée et suivis télémétriques des Puffins
Parc National des Calanques / CEN PACA	Alain MANTE	Données sur les puffins et Océanite nicheurs sur les îles marseillaises
CNRS / CEFE	Clara PERON / David GREMILLET	Déplacements des puffins yelkouan et de Scopoli équipés de balises
Parc National Port-Cros	Pascal GILLET	Données sur les oiseaux marins nicheurs du parc (puffins, Océanite, Cormoran huppé de Méditerranée)
PNR de Camargue	David LAZIN	Données sur les laro-limicoles nicheurs de la ZPS Camargue

Tableau 22 : Acteurs ressources consultés pour l'expertise Avifaune (Source : Biotope, 2017)

3.2.2.5.Méthode d'analyse des impacts

Méthode d'analyse

L'évaluation du niveau d'impact pour une espèce ou un groupe d'espèces est obtenue par le croisement de 3 informations :

- la valeur patrimoniale de l'espèce ;
- sa sensibilité aux effets étudiés ;
- la probabilité de réalisation de l'impact (risque).

En effet, le niveau d'impact est d'autant plus important que l'espèce possède un caractère patrimonial fort, et qu'elle risque d'être affectée par le projet, étant donné sa sensibilité à un effet (exemple : collision) et sa présence importante sur la zone d'implantation.

Le tableau suivant présente le cheminement logique utilisé pour l'analyse des impacts.

Espèce ou groupe d'espèces	Valeur patrimoniale	Sensibilité	Risque	Niveau d'impact
XXX	Faible / Modérée / Moyenne / Forte	Faible / Modérée / Moyenne / Forte	Faible / Modéré / Moyen / Forte	Faible / Modéré / Moyen / Forte

Tableau 23 : Méthode d'analyse des impacts (Source : Biotope, 2017)

Echelle des niveaux d'impacts

↓	Faible	Le parc impacte un nombre nul ou très faible d'individus ou des espèces non patrimoniales
	Modéré	Le parc impacte un nombre faible d'individus ou des espèces peu patrimoniales
	Moyen	Le parc impacte des effectifs notables ou des espèces patrimoniales
	Fort	Le parc impacte des populations locales

Valeur patrimoniale

La valeur patrimoniale d'une espèce est définie par son état de conservation, sa répartition biogéographique, son évolution démographique, la taille et la fragmentation de ses populations, sa probabilité d'extinction, etc. Elle est évaluée à partir des listes rouges européennes, nationales et régionales et des statuts de conservation.

Sensibilité

La sensibilité d'une espèce est une mesure de sa réaction à un effet du projet (exemple : sensibilité à la collision, au dérangement). Elle est fonction des habitudes de vols des espèces et de leur capacité à éviter

ou intégrer dans leur environnement un obstacle nouveau dans l'espace aérien. Elle est établie en fonction du comportement connu des espèces et des retours d'expérience sur les parcs éoliens en fonctionnement.

Dans cette étude, l'évaluation de la sensibilité des espèces aux éoliennes offshore s'inspire du travail mené par Garthe & Hüppop (2004) en Mer du Nord dans le cadre d'un schéma éolien offshore sur la façade maritime allemande. Ces scientifiques allemands ont, avec l'aide d'experts ornithologues internationaux, attribué une valeur à différents critères de sensibilité des oiseaux, aboutissant au calcul d'un indice de sensibilité globale de l'espèce aux projets éoliens offshore. Le cumul des différents indices pondérés par les effectifs de chaque espèce leur a ensuite permis de cartographier les zones sensibles aux projets éoliens en mer du Nord du point de vue des oiseaux. Cette notation est souvent utilisée dans la littérature, et a par exemple servi pour définir la sensibilité des oiseaux marins au développement de l'éolien offshore à l'échelle de l'Ecosse en 2012 (Furness&Wade 2012). Cette notation a été complétée avec les retours de suivis de parcs offshore, et d'éventuels cas de mortalité connus.

L'indice de sensibilité de Garthe & Hüppop (2004) combine plusieurs facteurs pour chaque espèce :

- Comportement en vol :
 - a : l'agilité en vol,
 - b : l'altitude de vol,
 - c : la proportion du temps passé en vol,
 - d : la proportion de vols nocturnes,
- Comportement général :
 - e : la sensibilité aux perturbations par des bateaux ou des hélicoptères,
 - f : la flexibilité dans le choix de l'habitat,
- Statuts en Europe :
 - g : la taille de la population dans la zone biogéographique,
 - h : le taux de survie des adultes,
 - i : le statut de menace et de conservation à l'échelle européenne (= SPEC), tiré de Tucker & Heath (1994).

Chaque facteur se voit attribuer une note de 1 (faible) à 5 (forte) pour chacune des espèces observées.

Comportement	Définition
L'agilité en vol (a)	Plus une espèce sera jugée comme agile en vol (possibilité d'éviter un obstacle), plus sa note sera faible. Les sternes par exemple considérées comme très agiles disposent d'une note de 1, les plongeurs considérés comme très peu agiles, une note de 5
La hauteur de vol (b)	Plus les proportions volant à hauteur de pales sont importantes, plus la note sera élevée. Ainsi les goélands qui volent souvent à des hauteurs à risque disposent d'une note de 5 contre 1 pour les alcidés qui volent majoritairement au ras de l'eau.
Le temps passé en vol (c)	Basé sur la proportion d'oiseaux en vol. Les espèces passant la plupart de leur temps en vol auront une note plus élevée, c'est le cas par exemple des sternes avec une note de 5 contre 1 pour les alcidés.
La proportion de vols nocturnes (d)	Les alcidés et les plongeurs sont considérés par exemple comme des espèces qui volent uniquement de jour auront une note basse au contraire des goélands (mouvements autour des bateaux) ou de certains limicoles et passereaux qui auront la note maximum
La sensibilité aux dérangements : bateaux, hélicoptères (e)	Plus une espèce sera sensible, plus sa note sera élevée. Elle se base sur les données bibliographiques mais également les données de terrain (avion et bateau). Les plongeurs ou anatidés, très sensibles, auront des notes élevées à l'opposé des labbes qui sont moins sensibles au dérangement.
La flexibilité de l'espèce dans le choix de l'habitat (f)	L'espèce la plus flexible dans son choix d'habitat disposera de la note la plus faible. Le goéland leucophaea a la note la plus faible, et les plongeurs ont la note la plus haute.

Tableau 24 : Calcul de la sensibilité (Source : Biotope, 2017)

Remarque 1 : Biotope n'a pas utilisé les facteurs (g) et (h) et (i) pour la caractérisation de la sensibilité, considérant, dans notre cas, qu'ils étaient intégrés dans l'évaluation du niveau de patrimonialité.

Remarque 2 : Garthe & Hüppop (2004) proposent des valeurs pour la plupart des espèces observées dans le cadre de cette étude. Pour les espèces non traitées dans cette publication, nous avons déterminé les valeurs des différents facteurs en se référant aux espèces proches déjà traitées et en se basant sur notre connaissance des espèces.

Espèces	Facteurs					
	a	b	c	d	e	f
Puffin Yelkouan	2	1	4	2	2	3
Puffin des Baléares	2	1	4	2	2	3
Puffin de Scopoli	2	1	4	2	2	3
Océanite tempête de Méditerranée	1	1	4	3	2	3
Goéland leucophaea	2	5	2	3	2	1
Sterne caugek	1	3	5	1	2	3
Sterne pierregarin	1	2	5	1	2	3
Guifette noire	1	2	4	1	2	3
Mouette mélanocéphale	1	5	2	2	2	2
Mouette pygmée	1	2	3	2	2	3
Mouette rieuse	1	2	3	2	2	2
Mouette tridactyle	1	2	3	3	2	2
Fou de Bassan	3	3	2	2	2	1
Labbe parasite / pomarin	1	3	5	1	1	2
Grand Labbe	1	3	4	1	1	2
Macareux moine	3	1	1	1	2	3
Pingouin torda	4	1	1	1	3	3
Grand Cormoran	4	2	4	1	4	3
Eider à duvet	4	1	2	3	3	4
Macreuse brune	3	1	2	3	5	4
Macreuse noire	3	1	2	3	5	4
Plongeon arctique	5	2	2	1	4	4
Plongeon catmarin	5	2	2	1	4	4
Grèbe huppé	4	2	3	2	3	4
Grèbe à cou noir	4	2	2	2	3	4

Tableau 25 : Indices de sensibilité (Source : Biotope, 2017)

Ces indices de sensibilité sont par ailleurs complétés par les résultats des travaux de Langston (2010), (Furness *et al.*, 2013), (Bradbury *et al.*, 2014), Cook *et al.* (2014) et (Humphreys *et al.*, 2015).

Risque

Le risque définit la probabilité qu'un individu ou un groupe d'individus d'une espèce subisse un effet du projet ; il est fonction :

- des caractéristiques du projet (nombre d'éoliennes, dimensions, vitesse de rotation, etc.) ;
- du nombre d'individus soumis à l'effet ;
- de la durée à laquelle sont exposés les individus (période de présence, utilisation du site) ;
- de la manière dont est utilisée la zone d'implantation par les oiseaux (zones d'alimentation, de repos, ou aux couloirs de déplacement privilégiés et connus).

3.2.3. Méthodologie des inventaires faunistiques et floristiques terrestres

Les inventaires faunistiques et floristiques sur la zone d'étude terrestre ont été réalisés par le bureau d'études Naturalia en 2017.

Des inventaires faunistiques et floristiques ont été réalisés, entre mai 2011 et juillet 2013 :

- D'une part par une équipe pluridisciplinaire du bureau d'étude **Biotope** sur la première partie de la zone d'étude qui s'étend depuis le site d'atterrissage jusqu'à la route Carteau,
- D'autre part par les naturalistes de **BRLi** pour la partie terminale du tracé incluant le site d'implantation du poste de transformation.

Ces inventaires naturalistes 2011-2013 n'ont pas été présentés dans leur intégralité dans la présente étude, mais ont été pris en compte dans les données bibliographiques de l'étude Naturalia. Ainsi, seuls les inventaires récents de Naturalia sont ici pris en compte car plus représentatifs de l'état actuel et intégrateurs des résultats précédents. Néanmoins, on peut noter que les enjeux naturalistes n'ont pas évolué significativement entre ces deux campagnes d'inventaires naturalistes.

3.2.3.1. Bibliographie et références

L'analyse de l'état des lieux a consisté tout d'abord en une recherche bibliographique auprès des sources de données de l'Etat, des associations locales, des institutions et bibliothèques universitaires afin de regrouper toutes les informations pour le reste de l'étude : sites internet spécialisés (DREAL, ..), inventaires, études antérieures, guides et atlas, livres rouges, travaux universitaires ... Cette phase de recherche bibliographique est indispensable et déterminante. Elle permet de recueillir une somme importante d'informations orientant par la suite les prospections de terrain.

Les données sources proviennent essentiellement :


Structure	Logo	Consultation	Résultat de la demande
DREAL PACA		Carte d'alerte chiroptère	Cartographie communale par espèce
LPO-PACA		Base de données en ligne Faune-PACA : www.faune-paca.org	Données ornithologiques, batrachologiques, herpétologiques et entomologiques
NATURALIA		Base de données professionnelle	Liste et statut d'espèce élaborée au cours d'études antérieures sur le secteur (Mazet, PLU de Port Saint Louis du Rhône)
OnEm (Observatoire Naturaliste des Ecosystèmes Méditerranéens)		base de données en ligne http://www.onem-france.org (en particulier Atlas chiroptères du midi méditerranéen)	Connaissances de la répartition locale de certaines espèces patrimoniales.
SILENE		CBNMP (Conservatoire Botanique National Méditerranéen de Porquerolles) via base de données en ligne flore http://flore.silene.eu	Listes d'espèces patrimoniales à proximité de la zone d'étude.
		Base de Données Silène Faune http://faune.silene.eu/	Liste d'espèce faune par commune

Tableau 26 : Structures et personnes ressources (Source : Naturalia, 2017)

Les précédents relevés réalisés par Biotope en 2011 d'une part et BRLi en 2013 d'autre part dans le cadre de ce projet ont été intégrés dans la présente expertise en tant que données bibliographiques.

3.2.3.2.Stratégie/méthode d'inventaire des espèces ciblées

Cette expertise s'appuie pour partie sur les méthodologies engagées précédemment dans le cadre de :

- Etude pré-diagnostic écologique de la presqu'île du Mazet à Port Saint Louis du Rhône (2014) ;
- Expertise naturaliste menée dans le cadre du PLU de Port Saint Louis du Rhône (2016, en cours).

Définition de l'aire d'étude / Zone prospectée

L'aire d'étude du projet d'enfouissement de la ligne électrique correspond à la zone au sein de laquelle des investigations naturalistes ont été menées en 2017 pour la faune et la flore. Celles-ci se sont essentiellement concentrées sur la partie nord de l'aire d'étude principale (au nord du canal Saint Louis), le reste du tracé n'a fait l'objet que de vérifications ponctuelles.

L'aire d'étude secondaire correspond aux abords immédiats du projet (quelques dizaines de mètres de part et d'autre dans l'optique d'aborder les liens fonctionnels qui existent avec la zone d'étude restreinte mais elle n'a pas fait l'objet de relevés exhaustifs. Certaines espèces en effet ont une partie de leur cycle biologique qui se déroule dans des biotopes différents. Il convient donc d'évaluer aussi ces connexions et les axes de déplacement empruntés pour des mouvements locaux mais aussi plus largement à l'échelle des milieux connexes à l'aire d'étude principale.



Carte 5 : Aire d'étude définie pour les inventaires terrestres (Source : Naturalia, 2017)

Choix des groupes taxonomiques étudiés

- **Concernant la flore et les habitats :**

L'ensemble de la flore vasculaire et de la végétation (hydrophytes compris) a été étudiée sur l'aire d'étude. Sur la base de l'analyse bibliographique, des relevés ont été effectués au sein de chaque type d'habitats de l'aire d'étude avec une attention particulière pour les habitats de plus grande naturalité et ceux compatibles avec la présence d'espèces protégées.

- **Concernant la faune :**

L'étude s'est focalisée sur tous les vertébrés supérieurs (oiseaux, amphibiens, reptiles, mammifères terrestres dont les chiroptères) et les invertébrés protégés et/ou patrimoniaux parmi les coléoptères, les

orthoptères, les lépidoptères et les odonates (pour ce compartiment aucune investigation spécifique n'a été réalisée en 2017).

Calendrier des prospections / Effort d'échantillonnage

Groupes	Intervenants	Dates de prospection	Conditions d'observations	Projet / aire d'étude en gris les prospections engagées dans le cadre de ce projet
Flore et Habitats	Thomas CROZE	22 mai 2014 17 juin 2014 10 juillet 2014 12 août 2014	Bonnes (journées ensoleillées)	Presque île du Mazet ⁶
		19 avril 2016 09 juin 2016	Bonnes	Zones AU du PLU de Port Saint Louis du Rhône ⁷
		01 mars 2017 21 mars 2017	Bonnes (journées ensoleillées)	Aire d'étude RTE
Entomofaune	Sylvain FADDA	2 juin 2014 24 juin 2014	Bonnes (journées ensoleillées – vent modéré)	Presqu'île du Mazet
		29 juin 2016	Bonne (Journée ensoleillée – vent nul)	Zones AU du PLU de Port Saint Louis du Rhône
Herpétofaune Ornithologie	Jean-Charles DELATTRE	28 mai 2014 24 juillet 2014	Bonnes (journées ensoleillées – vent faible à modéré)	Presqu'île du Mazet
		21 avril 2016 28 avril 2016 27 mai 2016 17 juin 2016	Bonnes (Journées ensoleillées voire nuageuses – vent faible à modéré)	Zones AU du PLU de Port Saint Louis du Rhône
		30 mars 2017	Bonne (Journée ensoleillée – vent nul)	Aire d'étude RTE
Mammifères/ chiroptères	Lénaïc ROUSSEL	22 juillet 2014	Bonnes	Presque île du Mazet
		24 août 2016	(vent faible, température douce au crépuscule)	Zones AU du PLU de Port Saint Louis du Rhône
		21 mars 2017	Bonne	Aire d'étude RTE

Tableau 27 : Prospections de Naturalia sur Port Saint Louis du Rhône (Naturalia, 2017)

⁶ Naturalia, 2014. Etude pré-diagnostic écologique de la presqu'île du Mazet à Port Saint Louis du Rhône – rapport de phase 2. 60p

⁷ Extrait du rapport de présentation du PLU de Port Saint Louis du Rhône en cours de réalisation, pour lequel Naturalia s'occupe depuis 2015 du volet naturel de l'évaluation environnementale.

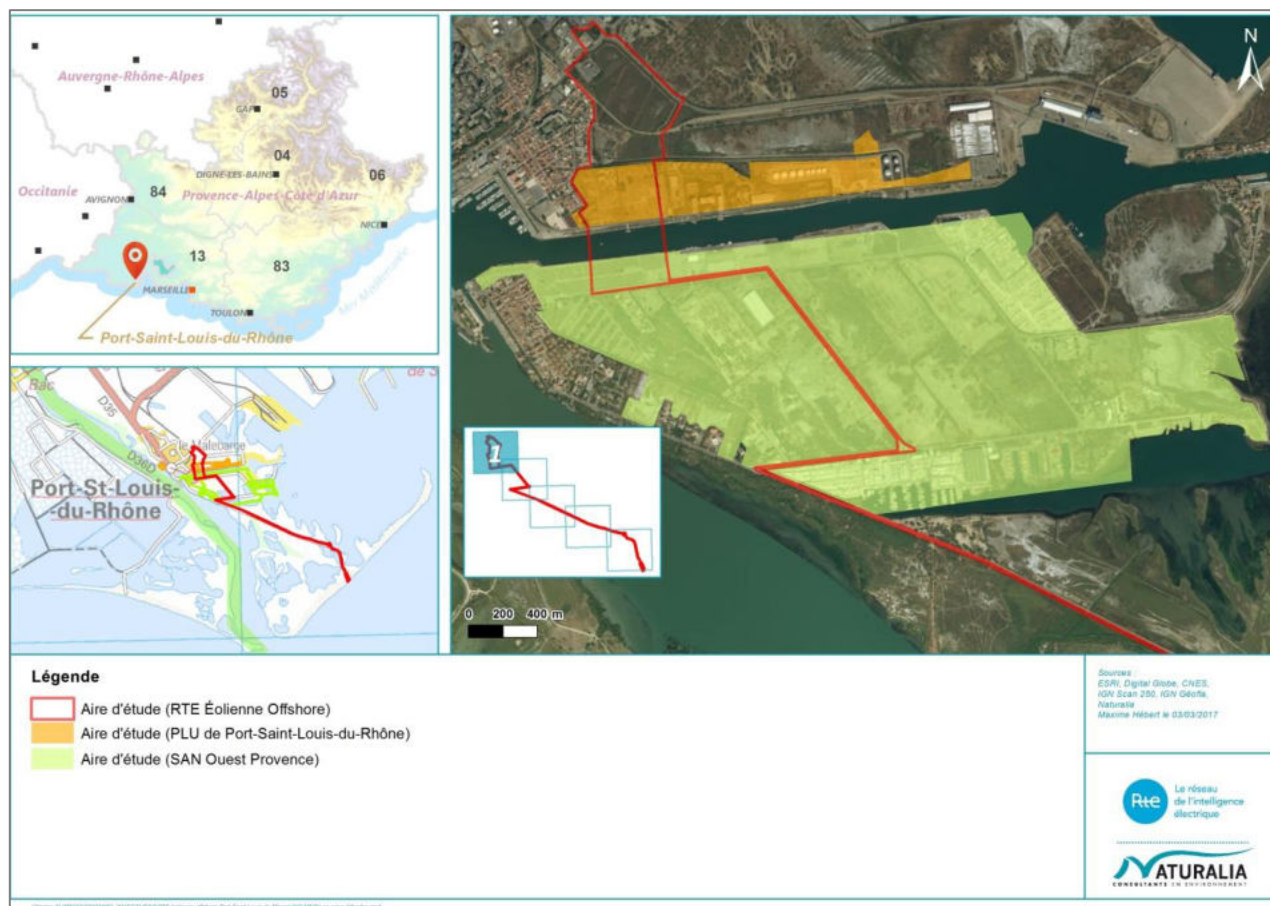


Figure 24 : Secteurs inventoriés dans de précédentes études (section nord, *Naturalia*, 2017)

	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre
Flore								
Entomofaune								
Herpétofaune /Avifaune								
Mammifères								

Tableau 28 : Répartition de l'effort de prospection engagé par Naturalia (*Naturalia*, 2017)

En gris, les prospections engagées dans le cadre de la présente étude, en orange au Mazet et en bleu sur les zones AU. En rouge par Biotope. En vert par BRLi.

Limites de l'étude

Les investigations réalisées en mars 2017 ont essentiellement porté sur la partie nord de l'aire d'étude (afin de pouvoir établir au mieux un tracé de moindre impact). Le reste du fuseau n'a fait l'objet que de vérifications ponctuelles par un botaniste et un faunisticien.

Concernant les invertébrés tardifs, une majeure partie de l'aire d'étude a été inventoriée dans le cadre des précédentes études menées par Naturalia à l'exception de certaines zones notamment au nord (alentours



du poste électrique) et de l'ensemble des bordures de la route Napoléon. Si des enjeux potentiels demeurent sur ces secteurs nord et seront considérés en tant que tels dans le présent document, aucun n'est pressenti le long de la route Napoléon dans la limite des emprises.

3.2.3.3.Méthodes d'inventaires employées

Habitats naturels

Un premier travail de photo-interprétation à partir des photos aériennes orthonormées (BD Ortho®), superposées au fond Scan25® IGN 1/25 000, permet d'apprécier l'hétérogénéité des biotopes donc des habitats du site.

Les grands ensembles définis selon la nomenclature EUNIS peuvent ainsi être identifiés :

- Les habitats littoraux et halophiles ;
- Les milieux aquatiques non marins (Eaux douces stagnantes, eaux courantes...) ;
- Les landes, fruticées et prairies (fruticées sclérophylles, prairies mésophiles...) ;
- Les forêts (Forêts caducifoliées, forêts de conifères...) ;
- Les tourbières et marais (Végétation de ceinture des bords des eaux...) ;
- Les rochers continentaux, éboulis et sables (Eboulis, grottes...) ;
- Les terres agricoles et paysages artificiels (Cultures, terrains en friche et terrains vagues...).

A l'issue de ce pré-inventaire, des prospections de terrain permettent d'infirmier et de préciser les habitats naturels présents et pressentis sur le site d'étude, notamment ceux listés à l'Annexe I de la Directive « Habitats » (Directive 92/43/CEE du 12 mai 1992).

Afin de valider les groupements végétaux caractéristiques des habitats naturels, des inventaires phytosociologiques exhaustifs peuvent être effectués. Le nombre de relevés stratifiés à réaliser pour chaque type de formations est défini selon la surface couverte par l'habitat. Ils permettent ainsi d'avoir un échantillonnage représentatif des communautés végétales rencontrées et d'apprécier leur diversité.

Ces relevés sont établis selon la méthode de coefficient d'abondance-dominance définie par Braun-Blanquet (1928), elle sert à estimer la fréquence de chaque plante dans le relevé et sont accompagnés d'observations écologiques (nature du sol, pente, etc.). En effet, les habitats et leur représentativité sont définis par des espèces indicatrices mises en évidence dans les relevés, elles permettent, en partie la détermination de l'état de conservation des habitats. D'autre part, lorsque cela est nécessaire, une aire minimale conçue comme l'aire sur laquelle la quasi-totalité des espèces de la communauté végétale est représentée peut être définie.

Le prodrome des végétations de France (Bardat & al., 2004) est utilisé lors de l'étude afin d'établir la nomenclature phytosociologique, notamment l'appartenance à l'alliance. La typologie est par ailleurs définie à l'aide des Cahiers habitats édités par le Muséum National d'Histoire Naturelle (Collectif, 2001-2005) et des publications spécifiques à chaque type d'habitat ou à la région étudiée. Les correspondances sont établies selon le manuel d'interprétation des habitats de l'Union Européenne, version EUR 27 (CE, 2007), le référentiel CORINE biotopes (Bissardon & al., 1997) et Eunis (MNHN, janvier 2013). Pour les habitats

humides, nous nous sommes référés au guide technique des habitats naturels humides de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur (Barbero, 2006).

Enfin, les différents types d'habitats sont cartographiés à l'échelle du 1/5.000ième (échelle de saisie). La cartographie est élaborée et restituée sous les logiciels de SIG ArcGIS et QGIS couche polygones + données attributaires associées). Le système de projection utilisé est le Lambert RGF93 cartographique étendu métrique.

Flore patrimoniale

Une fois le recueil des données établi et les potentialités régionales identifiées, comme pour les habitats, une analyse cartographique est réalisée à partir d'un repérage par BD Ortho® (photos aériennes), des fonds Scan25® et des cartes géologiques afin de repérer les habitats potentiels d'espèces patrimoniales. En effet, la répartition des espèces est liée à des conditions stationnelles précises en termes de type de végétation (Forêts, milieux aquatiques, rochers) ou de caractéristiques édaphiques (pH, granulométrie, bilan hydrique des sols).

Des inventaires de terrain complémentaires à cette synthèse bibliographique sont par ailleurs définis selon le calendrier phénologique des espèces (sur l'ensemble du cycle biologique). Afin d'affiner les principaux enjeux et la richesse relative du site, ces relevés permettent d'établir la composition et la répartition en espèces patrimoniales au sein de la zone d'étude. Les taxons à statuts sont systématiquement géolocalisés et accompagnés si nécessaire de relevés de végétation afin de préciser le cortège floristique qu'ils fréquentent. Ces prospections servent alors à définir leur dynamique (nombre d'individus présents, densité, étendue des populations) et leurs exigences écologiques (associations, nature du sol) mais aussi à étudier leur état de conservation, ainsi qu'à examiner les facteurs pouvant influencer l'évolution et la pérennité des populations.

Ces inventaires floristiques sont principalement dévolus à la recherche d'espèces d'intérêt patrimonial. Sont considérées comme patrimoniales, les espèces bénéficiant d'une législation ou d'une réglementation :

- Les conventions internationales : Annexe I de la Convention de Berne relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe, 19/09/1979 ;
- Les textes communautaires : Annexes II et IV de la Directive « Habitats-Faune-Flore », Directive 92/43/CEE du 21 mai 1992 modifiée par la directive 97/62/CEE concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages ;
- La législation nationale : Articles 1 et 2 des espèces végétales protégées sur l'ensemble du territoire, Arrêté modifié du 20 janvier 1982 relatif à la liste des espèces végétales protégées sur l'ensemble du territoire ;
- La législation régionale et/ou départementale. Dans la région concernée : Arrêté du 9 mai 1994 relatif à la liste des espèces végétales protégées en région Provence-Alpes-Côte-d'Azur.

Ils peuvent être complétés par les espèces ne bénéficiant pas de protection mais figurant dans les livres ou listes rouges (nationales ou à une échelle plus fine), les listes d'espèces déterminantes ZNIEFF, les taxons endémiques ou sub-endémiques de France métropolitaine, ou ceux présentant une aire disjointe.



Flore envahissante

Une attention particulière sera apportée sur la problématique des espèces végétales exotiques envahissantes, en considérant la flore terrestre, amphibie et aquatique. Les individus isolés présents ou les peuplements denses sont localisés précisément par GPS. Pour chaque unité cartographiée, le nombre d'individus de chaque taxon est estimé. L'interprétation des résultats permettra d'appréhender la dynamique des populations en place, et ainsi de mettre en évidence d'éventuels facteurs facilitateurs (perturbations, gestion de la végétation, dépôts de matériaux...). Si un enjeu significatif se dégage au sujet des plantes invasives, des préconisations seront formulées afin de limiter leur prolifération au sein du site et vers les milieux adjacents.

Faune

Ces inventaires faunistiques sont principalement dévolus à la recherche d'espèces d'intérêt patrimonial. Sont considérées comme patrimoniales, les espèces bénéficiant d'une législation ou d'une réglementation :

Les conventions internationales : Annexe II de la Convention de Berne relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe, 19/09/1979,

Les textes communautaires :

- Annexe I de la Directive « Oiseaux », Directive 79/409/CEE du 2 avril 1979 et ses directives modificatives concernant la conservation des oiseaux sauvages et de leurs habitats de reproduction ;
- Annexes II et IV de la Directive « Habitats-Faune-Flore », Directive 92/43/CEE du 21 mai 1992 modifiée par la directive 97/62/CEE concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages ;
- La législation nationale, dont :
 - Arrêté du 17 avril 1981 relatif à la liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire (dernière modification en date du 29 octobre 2009) ;
 - Arrêté du 22 juillet 1993 du relatif à la liste des insectes protégés sur l'ensemble du territoire (dernière modification en date du 23 avril 2007) ;
 - Arrêté du 12 février 1982 relatif à la liste des poissons protégés sur l'ensemble du territoire (dernière modification en date du 8 décembre 1988) ;
 - Arrêté du 22 juillet 1993 relatif à la liste des reptiles et amphibiens protégés sur l'ensemble du territoire (dernière modification en date du 19 novembre 2007) ;
 - Arrêté du 15 septembre 2012 modifiant l'arrêté du 23 avril 2007 fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection.

Ils ont été complétés par les espèces ne bénéficiant pas de protection mais figurant dans les livres ou listes rouges (nationales ou à une échelle plus fine), les listes d'espèces déterminantes ZNIEFF, les taxons endémiques ou sub-endémiques de France métropolitaine, ou ceux présentant une aire disjointe.

- ***Invertébrés***

On estime à environ 34 000 le nombre d'espèces d'insectes présentes en France. En raison de cette diversité spécifique trop importante, il est impossible de les considérer dans leur intégralité. De fait, il

convient de faire un choix quant aux groupes étudiés. Ainsi, les inventaires concernent prioritairement les groupes contenant des espèces inscrites sur les listes de protection nationales, aux annexes de la Directive « Habitats », ainsi que les taxons endémiques, en limite d'aire ou menacés (listes rouges) :

- les Odonates (libellules et demoiselles) ;
- les Lépidoptères Rhopalocères (papillons de jours) ;
- les Hétérocères Zygaenidae (zygènes) ;
- les Orthoptères (criquets et sauterelles) ;
- une partie des Coléoptères (scarabées, capricornes...) ;
- les Mantoptères (mante religieuse) ;
- une partie des Neuroptères (ascalaphes et fourmilions).

Aucune prospection dédiée aux invertébrés n'a été réalisée dans le cadre de la présente étude. Seules des données recueillies dans le cadre d'autres projets (2014 et 2016) recoupant pour la majeure partie la zone d'étude ont été utilisées.

La méthodologie d'étude in situ des invertébrés a consisté en un parcours semi-aléatoire de la zone d'étude, aux heures les plus chaudes de la journée, à la recherche d'individus actifs qui seront identifiés à vue ou après capture au filet. La recherche des Lépidoptères est associée à une recherche de plantes-hôtes, de pontes, et de chenilles, tandis que celle des Odonates est adjointe d'une recherche d'exuvies en bordure d'habitats humides. Certains Coléoptères (non protégés) peuvent être prélevés afin d'être identifiés ultérieurement.

Lorsqu'une espèce n'est pas observée, l'analyse paysagère, associée aux recherches bibliographiques, permettra d'apprécier son degré de potentialité. En effet, plus que d'autres compartiments, les invertébrés sont soumis à de grandes variations interannuelles concernant leur phénologie et les densités d'individus. Ceci est notamment influencé par le climat hivernal et printanier (froid, pluviosité...). De plus, concernant les Lépidoptères principalement, l'ensemble des stations de plantes-hôtes sur une zone ne sont pas simultanément exploitées par les adultes pour la ponte. L'absence d'œufs ou de chenille sur des plantes-hôtes une année ne signifie pas une absence l'année suivante.

• **Les amphibiens**

Du fait de leurs sensibilités écologiques, de leur aire de distribution souvent fragmentée et du statut précaire de nombreuses espèces, les amphibiens, tout comme les reptiles, constituent un groupe biologique qui présente une grande sensibilité aux aménagements.

Pour les mettre en évidence, les prospections s'effectuent généralement en nocturne, lors d'épisodes pluvieux, durant la période d'activité optimale des adultes actifs (de mars à juin et éventuellement septembre/octobre).

La recherche des amphibiens a consisté en la :

- Recherche d'habitats (terrestre et aquatique) favorables aux espèces (mare, roubine, ...) ;
- Recherches d'individus adultes ou larves actifs ou sous abris (de jour).

- **Les reptiles**

Les reptiles forment un groupe discret et difficile à contacter. Durant les investigations, ils ont été recherchés à vue sur les places de thermorégulation, lors de déplacements lents effectués dans les meilleures conditions d'activité de ce groupe : temps «lourd», début et fin des journées printanières et estivales chaudes... Une recherche plus spécifique a été effectuée sous les pierres et autres abris appréciés des reptiles. Les indices de présence ont également été recherchés (exuvies...) et les milieux favorables aux espèces patrimoniales ont fait l'objet de relevés précis. Ainsi, les lisières (écotones particulièrement prisés pour la thermorégulation) ont été inspectées finement à plusieurs reprises.

- **Les oiseaux**

Une session de terrain a été dédiée pour ce compartiment à la fin du mois de mars 2017. Les espèces avec des enjeux de conservation notables ont été recherchées en priorité. L'ensemble de la zone d'étude a été parcouru par un observateur qui a réalisé des points d'écoute et des séances d'observations le long du tracé, dans les habitats jugés potentiellement favorables pour les espèces patrimoniales.

Tous les indices indiquant une reproduction probable ont été consignés afin d'identifier le statut écologique des différents taxons au sein de l'aire d'étude et aux abords immédiats. Les habitats fonctionnels et les domaines vitaux ont également été estimés lorsque cela était possible, dans le but d'obtenir des informations sur l'utilisation des différents milieux par le cortège avifaunistique.

- **Les mammifères (hors chiroptères)**

Les mammifères sont d'une manière générale, assez difficile à observer. Des échantillonnages par grand type d'habitat ont été réalisés afin de détecter la présence éventuelle des espèces patrimoniales et /ou protégées (traces, excréments, reliefs de repas, lieux de passage...).

Des horaires de prospection adaptés à leur rythme d'activité bimodale, avec une recherche active tôt le matin et en début de nuit ont été mis en œuvre pour cette étude. Une attention spécifique a été portée au niveau des mammifères semi-aquatiques au regard du contexte de la zone d'étude.

Cas particulier du campagnol amphibie :

Au regard de la présence de linéaire aquatique au sein de la zone d'étude, cette espèce a fait l'objet de prospection spécifique en suivant le protocole SFEPM sur des tronçons favorables de 100 m (à l'œil nu, à la recherche d'individu mais surtout de trace de présence (trace d'alimentation, terrier, empreinte, crotte).

- **Chiroptères**

Les méthodes d'inventaires mises en œuvre ont visé à répondre aux interrogations nécessaires à la réalisation des études réglementaires des effets du projet sur le milieu naturel. Ces interrogations peuvent être synthétisées en plusieurs points :

- Est-ce que des espèces gîtent sur le site ? Y a-t-il des supports de gîtes (bâti, grottes naturelles, arbres à cavités, bunker, etc.) ?

- Quelles sont les fonctionnalités du site ? Il s'agit d'appréhender l'utilisation fonctionnelle de l'aire d'étude afin d'établir s'il s'agit d'une zone d'alimentation, si elle comporte des éléments linéaires vecteurs de déplacements...
- Quelle est le niveau de fréquentation des espèces (période de présence/absence..) ?

Pour parvenir à y répondre, plusieurs procédés ont été mis en œuvre :

- L'analyse paysagère : cette phase de la méthodologie s'effectue à partir des cartes topographiques IGN et les vues aériennes. L'objectif est de montrer le potentiel de corridors autour et sur le projet. Elle se base donc sur le principe que les chauves-souris utilisent des éléments linéaires pour se déplacer d'un point A vers B ;
- La recherche des gîtes : l'objectif est de repérer d'éventuelles chauves-souris en gîte. Plusieurs processus ont donc été mis en œuvre :
 - Recherche de chiroptères au niveau du patrimoine bâti ;
 - Recherche et pointage des arbres à cavités.

3.2.3.4. Critères d'évaluation

Deux types d'enjeux sont nécessaires à l'appréhension de la qualité des espèces : le niveau d'enjeu intrinsèque et le niveau d'enjeu local.

L'enjeu de conservation intrinsèque : il s'agit du niveau d'enjeu propre à l'espèce en région PACA. Ce niveau d'enjeu se base sur des critères caractérisant l'enjeu de conservation (Rareté/Etat de conservation).

L'évaluation se fait à dire d'expert. Néanmoins, de façon à rendre cette évaluation la plus objective possible, plusieurs critères déterminants sont croisés afin d'aboutir à une grille de comparaison des niveaux d'enjeu. Les critères sélectionnés sont fréquemment utilisés dans la majorité des études d'évaluation des impacts et des incidences. Ils sont dépendants des connaissances scientifiques actuelles et sont susceptibles d'évoluer avec le temps :

- La chorologie des espèces : l'espèce sera jugée selon sa répartition actuelle allant d'une répartition large (cosmopolite) à une répartition très localisée (endémique stricte).
- La répartition de l'espèce au niveau national et local (souvent régional) : une même espèce aura un poids différent dans l'évaluation selon qu'elle ait une distribution morcelée, une limite d'aire de répartition ou un isolat.
- L'abondance des stations au niveau local : il est nécessaire de savoir si l'espèce bénéficie localement d'autres stations pour son maintien.
- L'état de conservation des stations impactées : il faut pouvoir mesurer l'état de conservation intrinsèque de la population afin de mesurer sa capacité à se maintenir sur le site.
- Les tailles de population : un estimatif des populations en jeu doit être établi pour mesurer le niveau de l'impact sur l'espèce au niveau local voir national. Cette taille de population doit être ramenée à la démographie de chaque espèce.

- La dynamique évolutive de l'espèce : les espèces sont en évolution dynamique constante, certaines peuvent profiter de conditions climatiques avantageuses, de mutation génétique les favorisant. A l'inverse, certaines sont particulièrement sensibles aux facteurs anthropiques et sont en pleine régression. Cette évolution doit être prise en compte car elle peut modifier fortement les enjeux identifiés.

Dans le cas des habitats, les critères ci-dessus sont également utilisés de la même façon mais en prenant des unités de mesure différentes (notamment la surface). Néanmoins, l'avancée des connaissances est beaucoup plus lacunaire dans ce domaine et certains critères ne peuvent donc pas être appréciés.

Pour la faune, la valeur patrimoniale d'une espèce est basée sur une somme de critères qui prennent en compte aussi bien le statut réglementaire que le statut conservatoire.

- les espèces inscrites sur les listes de protection européennes, nationales ou régionales ;
- les espèces menacées inscrites sur les listes rouges européennes, nationales ou régionales et autres documents d'alerte ;
- les espèces endémiques, rares ou menacées à l'échelle des Bouches du-Rhône ;
- les espèces en limite d'aire de répartition ;
- certaines espèces bio-indicatrices, à savoir des espèces typiques de biotopes particuliers et qui sont souvent caractéristiques d'habitats patrimoniaux et en bon état de conservation.

L'évaluation et la hiérarchisation des enjeux conduit à déterminer plusieurs niveaux d'enjeux pour les espèces et les habitats. Cette évaluation concerne les espèces à un moment de leur cycle biologique. Il n'y a pas de hiérarchisation des espèces au sein des différentes classes d'enjeux :

Espèces ou habitats à enjeu « majeur »

Espèces ou habitats bénéficiant majoritairement de statuts de protection élevés, généralement inscrites sur les documents d'alerte. Il s'agit aussi des espèces pour lesquelles l'aire d'étude représente un refuge à l'échelle européenne, nationale et/ou régionale pour leur conservation. Cela se traduit essentiellement par de forts effectifs, une distribution très limitée, au regard des populations régionales et nationales. Cette responsabilité s'exprime également en matière d'aire géographique cohérente : les espèces qui en sont endémiques sont concernées, tout comme les espèces à forts enjeux de conservation.

Espèces ou habitats à enjeu « fort »

Espèces ou habitats bénéficiant pour la plupart de statuts de protection élevés, généralement inscrites sur les documents d'alertes. Ce sont des espèces à répartition européenne, nationale ou méditerranéenne relativement vaste mais qui, pour certaines d'entre elles, restent localisées dans l'aire biogéographique concernée. Dans ce contexte, l'aire d'étude abrite une part importante des effectifs ou assure un rôle important à un moment du cycle biologique, y compris comme sites d'alimentation d'espèces se reproduisant à l'extérieur de l'aire d'étude.

Sont également concernées des espèces en limite d'aire de répartition dans des milieux originaux au sein de l'aire biogéographique concernée qui abrite une part significative des stations et/ou des populations de cette aire biogéographique.

Espèces ou habitats à enjeu « assez fort »

Ce niveau d'enjeu est considéré pour les espèces dont :

- l'aire d'occurrence peut être vaste (biome méditerranéen, européen,...) mais l'aire d'occupation est limitée et justifie dans la globalité d'une relative précarité des populations régionales. Au sein de la région considérée ou sur le territoire national, l'espèce est mentionnée dans les documents d'alerte (s'ils existent) en catégorie « Vulnérable » ou 'Quasi menacée».
- la région considérée abrite une part notable : 10-25% de l'effectif national (nombre de couples nicheurs, d'hivernants, de migrants ou de stations)
- en limite d'aire de répartition dans des milieux originaux au sein de l'aire biogéographique
- indicatrices d'habitats dont la typicité ou l'originalité structurelle est remarquable.

Espèces ou habitats à enjeu « modéré »

Espèces protégées dont la conservation peut être plus ou moins menacée à l'échelle nationale ou régionale. L'aire biogéographique ne joue pas toutefois de rôle de refuge prépondérant en matière de conservation des populations nationales ou régionale. Les espèces considérées dans cette catégorie sont généralement indicatrices de milieux en bon état de conservation.

Espèces ou habitats à enjeu « faible »

Espèces éventuellement protégées mais non menacées à l'échelle nationale, ni régionale, ni au niveau local. Ces espèces sont en général ubiquistes et possèdent une bonne adaptabilité à des perturbations éventuelles de leur environnement.

Il n'y a pas de classe « d'enjeu nul ». La nature « ordinaire » regroupe des espèces communes sans enjeu de conservation au niveau local. Ces espèces et leurs habitats sont intégrés dans les réflexions menées sur les habitats des espèces de plus grand enjeu.

Le niveau d'enjeu local : Il s'agit d'une pondération du niveau d'enjeu intrinsèque au regard de la situation de l'espèce dans l'aire d'étude. Les notions de statut biologique, d'abondance, ou de naturalité des habitats y sont appréciées à l'échelle de l'aire d'étude.

Il se décline également de faible à majeur, avec un niveau supplémentaire « négligeable » pour l'appréciation minimale.



3.3.Paysage

3.3.1.Etude paysagère

L'expertise paysagère a été réalisée par le bureau d'études Composite en 2017.

Le paysage, au sens de la loi éponyme de 1993 désigne « une partie de territoire telle que perçue par les populations, dont le caractère résulte de l'action de facteurs naturels et/ou humains et de leurs interrelations ». Cette définition est l'expression d'un regard porté sur un espace à une échelle de cohérence.

Le site, y compris dans sa dimension terrestre, est diagnostiqué au regard de sa capacité d'évolution. L'aire d'étude est de ce fait définie en tenant compte tout autant du bassin de vie potentiellement concerné (des entités paysagères de Camargue jusqu'à la chaîne de l'Estaque) et des interférences pouvant éventuellement être envisagées compte tenu de la distance et de la taille des objets.

L'examen des enjeux et sensibilités (patrimoniales, territoriales, etc...) permet d'apprécier des pistes d'implantation respectueuses de la structure paysagère depuis et vers la côte sur un relevé d'analyses couvrant un périmètre volontairement très large.

Cette étape intermédiaire facilite l'absorption du projet dans son bassin (notamment visuel) et anticipe le travail d'intégration. Ce dernier se construit autour des aménagements les plus adaptés pour accompagner le traitement des machines elles-mêmes (teinte, puissance des feux ou tout autre élément contribuant à la perception des éoliennes sur différents plans).

En dernier lieu, les simulations (construites par modélisation sous environnement 3D) traduisent et retranscrivent ces intentions de projet depuis des points définis lors de la synthèse des enjeux et permettent une évaluation « en situation » des effets éventuels.

3.3.2.Réalisation de photomontages

Les photomontages du projet Provence Grand Large ont été réalisés par le bureau d'études GEOPHOM en 2017. 10 photomontages ont été réalisés pour le projet Provence Grand Large, à partir de photographies prises depuis des points de vue relativement sensibles depuis la côte, qui couvrent le littoral depuis Saintes-Maries-de-la-Mer jusqu'à Marseille. Ces points ont été sélectionnés :

- En fonction des enjeux paysagers et patrimoniaux identifiés dans l'expertise paysagère ;
- Après avis et conseils auprès du comité de liaison mis en place dans le cadre de la :
- En fonction de l'accessibilité des différents sites

La réalisation des photomontages s'appuie sur une approche méthodologique qui vise à offrir à l'observateur une vue simulée du projet dans des conditions aussi proches que possibles d'une observation réelle.

La méthodologie déployée par GEOPHOM est présentée en détails dans le cahier de photomontages joint en annexe du présent dossier.

3.4. Milieu humain

3.4.1. Etat des lieux des activités halieutiques

La réalisation d'un état des lieux des activités halieutiques de la zone de projet a été confiée au Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins de Provence-Alpes-Côte d'Azur. Cette étude s'est déroulée sur 2 mois, de juillet à septembre 2013. Cette étude a bénéficié de recherches réalisées dès 2011 par le CRPMEM PACA, et notamment d'une enquête⁸ effectuée pendant le troisième trimestre 2012 pour EDF EN au large de Port-Saint-Louis-du-Rhône. Cette dernière avait permis d'exposer les caractéristiques principales de la petite pêche⁹ dans la zone de 0 à 3 milles marins de la prud'homie de Martigues.

3.4.1.1. Présentation de la mission observatoire du CRPMEM PACA

Un secteur tel que celui des pêches maritimes et de l'élevage marin requiert aujourd'hui des informations chiffrées et organisées en argumentaire logique et vérifiable. Les entreprises du secteur se trouvent au croisement de plusieurs types de données : halieutiques, biologiques, environnementales et socio-économiques. Les pêcheurs et les éleveurs marins, par leur activité de production, sont placés au cœur même de l'apport des données relatives à ces activités. Le secteur halieutique, en Méditerranée témoigne d'un certain nombre de spécificités qu'il convient de pouvoir mettre en évidence. Le CRPMEM PACA par les missions de son observatoire récolte et organise une partie des données à l'échelle de la région pour appuyer son rôle d'organisation interprofessionnelle.

Le travail de l'observatoire entrepris depuis février 2011, s'inscrit de par ses objectifs dans une approche à long terme : améliorer la qualité et le flux des déclarations de captures des pêcheurs professionnels, suivre la mise en place de différents programmes de gestion, soutenir les pêcheurs et éleveurs marins dans la mise en place et la gestion de zones marines protégées et créer des partenariats avec des organismes extérieurs.

Les ressources d'informations du CRPMEM PACA sont d'abord et avant tout les marins pêcheurs et éleveurs marins pour leurs savoir-faire et leurs connaissances de leur territoire de pêche et d'élevage. C'est une base d'information très importante et mise en valeur par le travail du CRPMEM PACA.

D'autres sources de données participent au système d'information du CRPMEM PACA :

- **Données déclaratives de captures obligatoires :**

⁸ Etats des lieux des activités halieutiques zone prud'homie de Martigues en mer – CRPMEM PACA octobre 2012

⁹ Classification française, paru au journal officiel du 29 décembre 1933, la petite pêche : marées inférieures à 24 heures



A l'échelle européenne, dans le cadre de la Politique Commune de Pêche (PCP), les navires de 10 mètres et plus sont soumis à l'obligation de déclarer leurs captures et leur effort de pêche (temps de pêche, nombre ou dimension des engins de pêche, secteur de pêche...) dans un journal de bord, ce qui permet de recenser les débarquements en tonnage par stock et par engin. Les navires de moins de 10 mètres ne sont pas soumis à cette obligation communautaire, mais à l'échelle nationale, ils doivent remplir des fiches de pêche qui sont transmises à la Délégation à la Mer et au Littoral du département (DML). L'ensemble de ces documents est centralisé par les Directions Départementales des Territoires et de la Mer (DTTM) et saisi par FranceAgriMer.

Il est demandé aux patrons pêcheurs de fournir une copie des déclarations de captures au CRPMEM PACA qui peut ainsi les traiter et assurer un suivi des données déclaratif.

- **Enquêtes et questionnaires :**

Les données d'enquêtes et de questionnaires réalisés auprès des pêcheurs professionnels titulaires de licences (anguille, pêche à pied, naissain de moules, oursins) du CRPMEM PACA ainsi que d'engins soumis aux plans de gestion méditerranéens tels que la senne tournante et coulissante, ont permis d'affiner les connaissances sur ces activités.

- **Données de la SDSI (sous-direction des systèmes d'information maritime) :**

La direction de la Direction Interrégionale de la Mer Méditerranée (DIRM Méditerranée) anciennes Affaires Maritimes (DAM) a en charge le développement de l'informatique en liaison étroite avec l'ensemble des administrations et partenaires maritimes nationaux et internationaux. Les services déconcentrés enregistrent quotidiennement des informations très diverses. Ces systèmes concernent notamment les contrôles effectués sur les navires, le suivi du trafic maritime, les contrôles relatifs aux marins.

Dans le cadre de ce travail et en conformité avec la loi informatique et libertés, le CRPMEM PACA a déclaré à la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL) la création d'un fichier (fichier central de l'observatoire) sur les données relatives à la pêche comportant des données personnelles. Ce traitement respecte l'ensemble des dispositions de la loi du 6 janvier 1978 modifiée en 2004, notamment :

- La définition et le respect de la finalité du traitement,
- La pertinence des données traitées,
- La conservation pendant une durée limitée des données,
- La sécurité et la confidentialité des données,
- Le respect des droits des intéressés : information sur leur droit d'accès, de rectification et d'opposition.

Pour répondre aux obligations prévues par la loi citée ci-dessous et aux demandes des partenaires extérieurs, le CRPMEM PACA s'est doté d'une politique de communication et de confidentialité depuis octobre 2011 (annexe 2). Les données brutes liées à l'activité individuelle, c'est-à-dire permettant de remonter nommément à un professionnel ou à une entreprise, sont strictement confidentielles dans le cadre des dispositions légales et réglementaires en vigueur. Les données brutes sont agrégées de façon à les transformer en produits élaborés qui ne permettent pas de revenir aux informations individuelles. Ces



produits élaborés sont disponibles pour les partenaires et peuvent être rendus publics avec l'accord des pêcheurs ou éleveurs marins enquêtés.

3.4.1.2. Recueillir des données et des informations

Pour répondre au mieux à la demande, des sources de données variées ont été consultées.

Analyse bibliographique

- Leleu Kevin (2012). Suivi et évaluation de la pêche professionnelle au sein d'une Aire Marine Protégée : protocoles d'enquêtes, et indicateurs de pression et d'impact. Application au Parc Marin de la Côte Bleue. Thèse de Doctorat, spécialité Océanographie, Aix Marseille Université, Marseille, France, 298pp.
- Argumentaire politique, technique et socio-économique pour le développement de la filière française de l'éolien offshore flottant en Méditerranée – Indicta - Pôle Mer PACA novembre 2010
- Plan Régional d'Equipement des Ports de Pêche et des Halles à marée – PACA 2010, CRPMEM PACA
- Présentation de la filière pêche PACA – CRPMEM PACA janvier 2013
- L'activité de la senne tournante et coulissante en région Provence Alpes Côte d'Azur - CRPMEM PACA mars 2012
- Document de planification du développement de l'énergie éolienne en mer régions Provence Alpes Côte d'Azur et Languedoc Roussillon – DIRM Méditerranée février 2010
- Système d'Informations Halieutiques d'Ifremer :
- Synthèses des flottilles 2011 – Façade Méditerranée (hors Corse) : La Synthèse des flottilles de pêche présente l'activité et la situation économique de la flotte de pêche française, sous le forme de fiches synthétiques par flottille et
- Synthèse par quartier maritime 2010 : Ces fiches de synthèse ont vocation à présenter la flotte de pêche française et son activité, par quartier maritime, région et façade.

Données de référence officielles

- Données VMS¹⁰ des navires équipés de balises
- Arrêtés préfectoraux portant détermination des points de débarquements en vue de leur première mise en marché
- Données de captures (fiche de pêche individuelle, *logbook* papier et *logbook* électronique)
- Données des Organisations de Producteurs¹¹ de Méditerranée occidentale

¹⁰ Système de surveillance des navires par satellite

¹¹ Une organisation de producteurs (OP) est constituée à l'initiative d'un ensemble de pêcheurs qui se regroupent dans l'objectif de mutualiser leurs moyens afin de rééquilibrer les relations commerciales qu'ils entretiennent avec les acteurs économiques de l'aval de leur filière

- Données de la sous-direction des systèmes d'information maritime (SDSI) de la Direction Interrégionale de la Mer Méditerranée (DIRM Méditerranée)
- Décret fixant les limites territoriales des prud'homies de pêche dans les eaux méditerranéennes

Enquêtes auprès des professionnels de la pêche

L'exploitation des ressources halieutiques bien qu'étant ancienne sur le littoral du département des Bouches-du-Rhône est mal connue, principalement en raison de son caractère diffus et polyvalent. En effet, il existe un grand nombre d'entreprises qui couvrent des métiers très divers, de la pêche aux coquillages au chalutier. Il y a également un grand nombre de sites de débarquement (18 sites), et le réseau de commercialisation est très peu structuré au vu du nombre de navires (il n'existe plus de criée depuis 2010 dans le département).

Connaître les entreprises de pêche exerçant une activité au sein de la zone du futur parc pilote est donc un exercice difficile, seul le Système d'Information Halieutique (SIH) de l'Ifremer propose une quantification des pratiques de pêche au niveau national. La récolte de données basée sur des enquêtes auprès des professionnels du secteur vise à suivre annuellement l'état de la flotte de pêche française, les pratiques des pêcheurs et leurs conditions économiques.

Cependant, la qualité des données peut être remise en cause au vu des écarts parfois significatifs observés entre les données présentées au niveau national par l'Ifremer et les données présentées au niveau régional par les CRPMEM et/ou les DIRM. Un travail de réévaluation a été demandé, au travers de la commission « données » du CNPMEM pour « corriger » les données d'Ifremer qui sont aujourd'hui les données systématiquement utilisées pour les études relatives à la pêche professionnelle. En outre, les résultats de ces enquêtes sont diffusés par façade maritime ou par flotte, et ne permettent pas d'identifier les entreprises enquêtées. De plus, l'échelle de maillage de la zone de pêche est définie selon des catégories ne répondant pas aux besoins de l'étude, les déclarations se font par secteur statistique du SIH. Les résultats publiés par l'Ifremer ne sont pas directement utilisables pour caractériser les activités de pêche sur la zone de projet, mais sont exploités ici dans un premier temps afin de cadrer la réflexion.

Ce manque de données exploitables en région PACA implique la réalisation, pour toute étude halieutique, d'enquêtes auprès des pêcheurs professionnels et l'établissement d'une relation de confiance afin de recueillir des informations complémentaires fiables.

• Première étape : présentation de l'étude

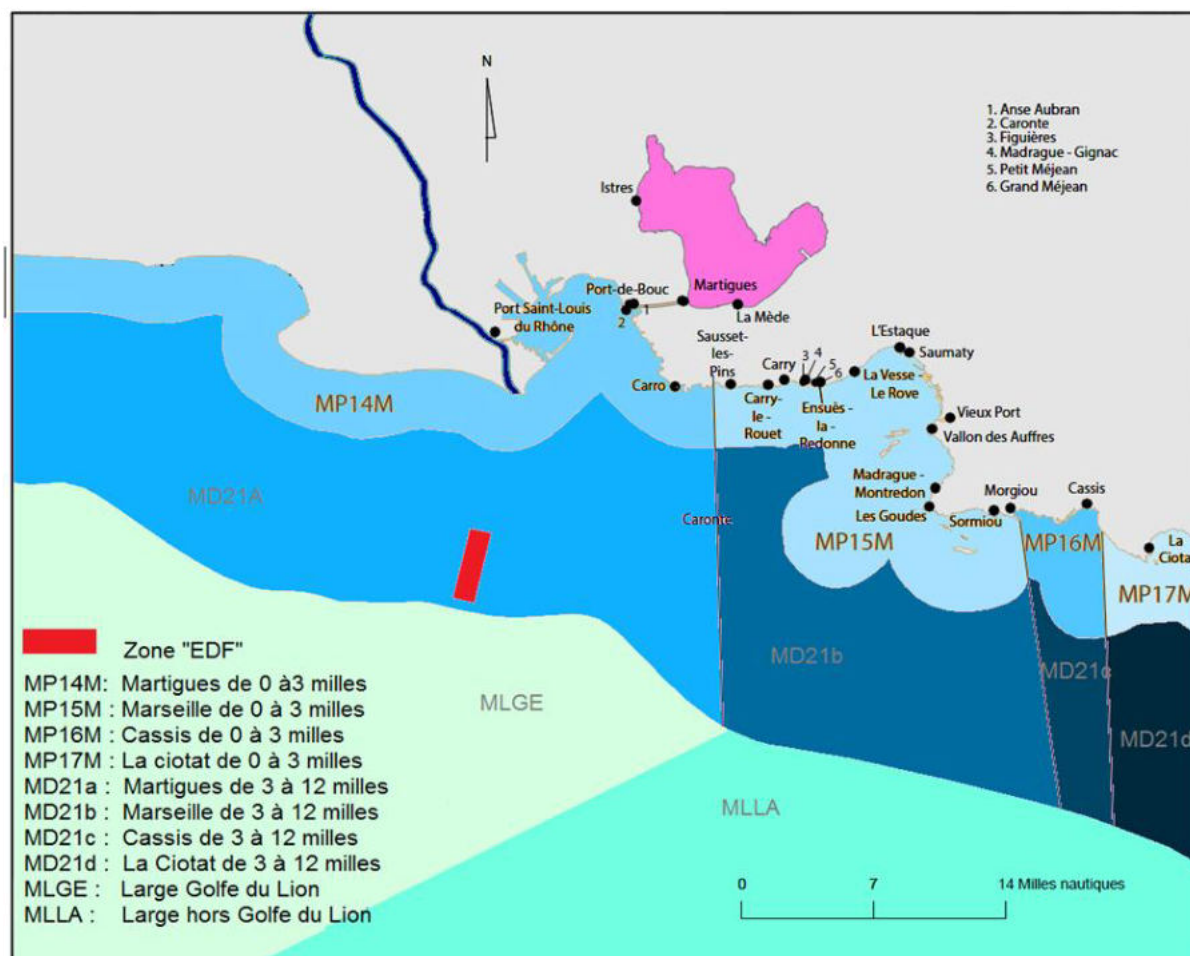
Au vu de la localisation du site du parc pilote, les représentants des pêcheurs professionnels et organisations de producteurs de la Méditerranée Occidentale suivants ont été informés de la réalisation de l'étude halieutique :

Nom de l'organisme	Adresse	Présentation
OP SUD	Quai commandant Méric BP 926 34304 Agde cedex	L'OP du SUD est une société anonyme qui regroupe 3 coopératives maritimes présentes sur les Ports d'Agde et du Grau du Roi : La Graulenne, La SOCOMAP et la Coopérative maritime des patrons pêcheurs d'Agde En 2012 elle comptait 107 navires (dont 31 chalutiers et 76 petits métiers) / 4 000 tonnes de poissons débarquées / 250 marins pêcheurs
OP MED	28, Promenade J.B. Marty 34200 Sète	L'OP MED regroupait trois organisations de producteurs de la méditerranée française : PROQUAPORT (Port Vendre) SATHOAN (Sète) et COPEMART (Porc de Bouc)
COPEMART	Quai Sardinier Anse Aubran 13110 Port de Bouc	COPEMART regroupe une dizaine de bateaux de pêche de 25m pratiquant la pêche au chalut pélagique et de fond
CRPMEM Languedoc-Roussillon	Maison des métiers de la mer et des lagunes Pointe du Barrou 34 200 Sète	En 2009, le fichier flotte dénombrait 718 navires dans la région
CDPMEM du Grau du Roi	Maison de la Mer Rue des Lamparos 30240 Le Grau du Roi	En 2009, le fichier flotte dénombrait 75 navires dans le département
Prud'homie du Grau du Roi	Maison de la Mer Rue des Lamparos 30240 Le Grau du Roi	
Prud'homie de Martigues	17 rue Eugène Pelletan 13500 Martigues	En 2012, le quartier d'immatriculation de Martigues comptait 151 navires.

Tableau 29 : Contacts avec représentants des pêcheurs (*CRPMEM PACA, 2013*)

- **Seconde étape : définition de l'échelle d'observation**

L'échelle d'observation de l'enquête, et en particulier le maillage des zones de pêche, a été définie de manière à obtenir l'information la plus appropriée possible. Un zonage basé sur l'intersection entre le maillage déclaratif (annexe 3), les données des fiches de pêche et du journal de bord papier et l'aire d'étude du parc pilote, a par conséquent été retenu pour cette étude. Cette zone correspond à la zone « MD21a : Martigues de 3 à 12 milles marins » qui comprend la zone du projet de parc pilote.



Carte 6 : Zone de déclaration de captures MD21a retenue (CRPMEM PACA, 2013)

• Troisième étape : enquêtes

L'ensemble des entreprises de pêche (235 entreprises représentant 224 navires) du quartier d'immatriculation de Martigues ont été consultées. La liste des entreprises est issue du fichier interne du CNPMEM relatif aux cotisations professionnelles obligatoires (tout armateur est automatiquement présent dans ce registre dès lors qu'il a procédé à un embarquement sur son navire).

Les formulaires d'enquêtes (cf. questionnaire en annexe) ont été envoyés par voie postale afin d'informer le plus grand nombre des pêcheurs professionnels de ce vaste territoire dans les plus brefs délais. Ces enquêtes visent à recueillir des informations permettant de caractériser les méthodes d'exploitation des entreprises : navire, engin de pêche, espèces pêchées, zones de pêche. Les différents thèmes structurant les entretiens sont présentés sur la figure suivante.

L'enquête visait également à informer le plus grand nombre de marins pêcheurs du quartier d'immatriculation de Martigues de la réalisation du projet éolien et de leur offrir la possibilité de participer à la consultation.

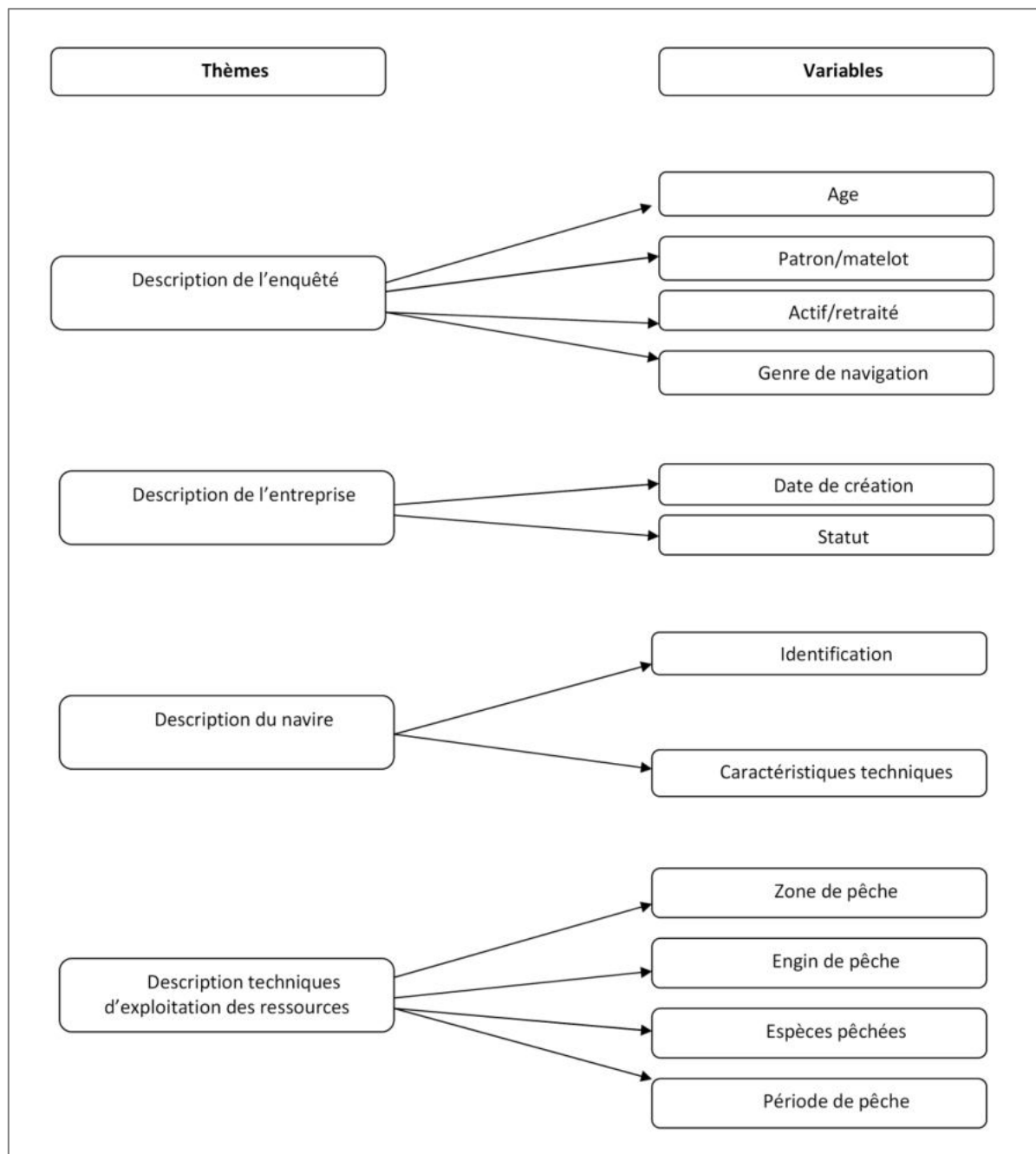


Figure 25 : Structure du formulaire d'enquête (Source : CRPMEM PACA, 2013)

- **Quatrième étape: localisation des activités**

Dans cette étape trois catégories de navires sont à distinguer :

- Les navires de plus de 15 m qui sont soumis à l'obligation d'être équipés de balise VMS,
- Les navires de 12 à 15 mètres qui sont également soumis à cette réglementation mais peuvent obtenir une dérogation,
- Les navires de moins de 12 m : qui ne sont pas équipés et renseignent leurs zones de pêches à l'échelle de secteurs statistiques du SIH (annexe 3) en format papier fiche de pêche pour les navires de 10 mètres et moins et à l'échelle du carré déclaratif du Conseil International pour l'Exploration de la Mer (CIEM) sur le journal de bord pour navires de plus de 10 mètres.

Des données VMS des navires dans le secteur du parc pilote ont été demandées aux autorités compétentes afin d'évaluer le passage des navires de plus de 12 mètres sur ce secteur. Les données de vitesse (issues des données VMS) ont également été analysées pour déterminer si le navire est simplement de passage dans la zone du parc pilote ou s'il y pratique une activité de pêche.

3.4.2. Etude de sécurité maritime

L'étude de sécurité maritime a été réalisée par le bureau d'étude TECNITAS. Initiée en 2013, elle a été actualisée en 2017. Cette étude s'est attachée à apprécier le risque de collision de navires avec les éoliennes du parc pilote et ses conséquences. Les probabilités de collision avec un navire et d'échouage d'une éolienne qui serait soumise à une dérive suite à une rupture de son système d'ancrage ont également été étudiées.

3.4.2.1. Risques de collision de navires avec les éoliennes du parc

Origine des risques pour la navigation maritime

Les sources de risques considérées dans l'étude sont les navires opérant dans la zone de risques, à savoir :

- Le trafic vers et en partance de Marseille,
- Le trafic vers et en partance de Port-Saint-Louis-du-Rhône,
- Le trafic vers et en partance de Fos-sur-Mer,
- Le trafic de bateaux de pêche,
- Le trafic des ferries.

La présence des navires dans la zone voisine du parc éolien peut être volontaire, s'agissant du trafic de la Méditerranée et local (depuis Port-Saint-Louis-du-Rhône et Fos-sur-Mer), ou involontaire si elle est consécutive à une dérive accidentelle.

Il s'agit donc d'aborder successivement :

- la caractérisation du trafic « dangereux »,
- l'identification des principales routes maritimes situées dans l'environnement proche ou peu éloigné,
- l'évaluation des densités de trafic sur ces diverses routes.

Deux types de contact ont été distingués : le choc frontal et le contact suite à une dérive.

Le contact par choc frontal se produit lorsqu'un navire est en route de collision avec une éolienne et qu'une erreur de navigation se produit. Une erreur de navigation peut avoir différentes causes, comme le manque d'information, l'impossibilité de voir l'éolienne, l'absence d'équipage à la passerelle de commandement, le malaise et l'impossibilité d'agir, une erreur de navigation, ... Un contact par choc frontal se produit à vitesse élevée : 90 % de la vitesse de service du navire.

Le contact suite à dérive se produit lorsqu'un navire à proximité du parc subit une avarie de l'appareil propulsif ou de l'appareil à gouverner. Le navire perdant de sa manœuvrabilité lorsqu'il perd sa vitesse, l'effet combiné du vent, de la houle et du courant peuvent amener le navire à proximité d'une éolienne. S'il n'est pas possible de mouiller une ancre ou si le temps de réparation excède le temps disponible, le navire peut entrer en collision avec une éolienne. Cela se produit généralement à vitesse réduite.

En cas de dérive accidentelle, il s'agit d'évaluer le risque de déclenchement d'une dérive non contrôlée suite à une avarie, le risque qu'une telle dérive conduise le navire vers le parc et enfin le risque de collision consécutif à cette dérive.

En cas d'erreur de navigation, il s'agit d'évaluer le risque d'erreur de navigation, le risque qu'une telle erreur conduise le navire vers le parc et enfin le risque du déclenchement de collision consécutif à l'erreur de navigation.

Navires concernés par l'étude

Les navires concernés sont tous ceux susceptibles de contenir des hydrocarbures, sous forme de cargaison ou sous forme de soutes. Ainsi, tous les navires sont considérés, à l'exclusion de la plaisance.

Les navires étudiés sont donc les navires de type « cargo », les navires à passagers, les tankers et les autres navires (navire sans route maritime prédéfinie) dont font partie les navires de pêche.

Cargos	Tankers	Passagers	Autres navires
<ul style="list-style-type: none"> -Vraquiers -Minéraliers -Transporteurs de palettes -Transport de voiture -Barge carriers -Transport de colis lourds -Cargo réfrigéré -Transporteurs de jus de fruits -Roro cargo -Navires transporteurs de voitures -Porte -conteneurs 	<ul style="list-style-type: none"> -Pétroliers/ transports de produits -Transport de gaz /chimiquiers -LNG 	<ul style="list-style-type: none"> - Ferries (conventionnels, à coussin d'air, catamaran) - Ropax, - Navires de croisière - Navires rapides à passagers 	<ul style="list-style-type: none"> -Navires de pêche (avec AIS) /navire usine -Voiliers/yachts -Dragues/sabliers -Câbliers -Navires de sauvetage -Navires de recherche -Remorqueurs -Autres navires de servitude

Tableau 30 : Navires concernés par l'étude de sécurité maritime (Source : Tecnicas, 2013)

Conséquences des collisions

Il est généralement considéré qu'en cas de collision entre un navire et une éolienne offshore sur pieu ou fondation gravitaire, une fraction de la cargaison et/ou de ses soutes passent en mer. Dans le cas d'une éolienne flottante, pour un même navire arrivant en collision avec la même énergie cinétique, ce risque sera diminué du fait de l'absorption par l'ancrage d'une partie de l'énergie (voire la rupture de l'ancrage), réduisant les dégâts potentiels sur le navire. Cette analyse qualitative est toutefois limitée aux navires ayant une certaine taille.

L'étude des conséquences des collisions a été faite de manière quantitative pour les aspects risques de collisions et a été traitée qualitativement pour les conséquences écologiques et sociétales.



Les conséquences envisagées dans l'étude de risques sont :

- la pollution liée à la décharge d'une cargaison d'hydrocarbures ou de produits chimiques d'un navire cargo suite à la collision avec une éolienne. Seuls les navires pétroliers et les navires chimiques sont envisagés. Les cargaisons d'autres types de navire (vraquiers, porte-containers, dragues) sont considérées non-polluantes.
- la pollution liée à la décharge des soutes de combustible d'un navire, suite à la collision avec une éolienne. Tous les navires à moteur sont concernés. Les quantités d'hydrocarbures en jeu sont moindres que dans le premier cas. Il n'est pas évalué le risque que la nappe atteigne la côte.
- les pertes humaines.

3.4.2.2.Déroulement pas à pas des phases de l'étude

- **Cartographie avant implantation / Etat initial des trafics**

Un état initial des trafics maritimes avant l'implantation du parc éolien a été mené.

Dans le cas des navires soumis à l'identification AIS (navires de plus de 300 tonnes), cet état initial a été établi à partir de données AIS (*Automatic Identification System*). La période des données est de 12 mois (janvier 2012 à décembre 2012). Plus de 983 000 points sont par exemple disponibles pour la zone d'étude du projet Provence Grand Large.

Une première cartographie a été établie à l'aide d'un tableur et d'une macro dédiée. Cette cartographie a permis de rendre compte visuellement des routes empruntées par chaque type de navires.

Dans le cas des petits navires sans route maritime prédéfinie, la densité des navires de pêche a été établie à partir des données de l'Ifremer. TECNITAS s'est appuyé sur les travaux réalisés par l'IFREMER depuis 2000, portant sur le recensement des flottilles de pêche sur le littoral français. Une synthèse est publiée chaque année et mise à la disposition du public sur le site internet de l'Ifremer (rubrique Système d'Informations Halieutiques). La dernière synthèse disponible porte sur l'année 2010, publiée en 2012 (un décalage existe entre la date de publication et la date de récolte des données). Il n'existe pas de travail plus exhaustif et plus actuel rendant compte des compositions et activités des flottilles de pêche du territoire français. Le document utilisé dans cette étude s'intitule « Synthèse des flottilles de pêche 2010 », édité par le service SIH de l'Ifremer.

Il est à noter que la méthode de comptage utilisée par l'Ifremer se base sur un indicateur d'activité en nombre de « mois.navires ». Cet indicateur doit être utilisé avec beaucoup de précaution dans la mesure où le fait qu'un navire est comptabilisé comme actif durant un mois donné dès lors qu'il a navigué/pêché un seul jour dans ce mois. S'il a navigué tous les jours, la comptabilisation donnerait également le même résultat, c'est-à-dire un « mois.navire ».

Il ne reflète donc pas le temps effectif passé à la pêche ce même mois : Il s'agit d'une des limites de la configuration actuelle des calendriers d'activité.

Pour convertir ces mois en jours dans l'étude, il a été considéré qu'un navire est actif 10 jours plein temps dès lors qu'il utilise un engin un jour durant le mois. Cette hypothèse a conduit à diviser par 3 les valeurs de

distribution spatiale de l'Ifremer lorsque les mois. activités sont convertis en jours.activité. Les navires de plaisance ont été exclus de l'étude car l'essentiel du gisement de plaisance est à moteur et dispose pas des autorisations nécessaires pour la navigation hauturière. De plus la quasi-totalité des unités de plaisance ne sont pas équipées d'AIS et enfin ces unités ne renferment pas de matières dangereuses ou en quantité très limitées.

- **Identification des déroutages à effectuer en cohérence avec les règles de circulation décidées**

Comme l'emplacement du parc éolien sera traversé par des navires, des règles de circulation au sein du parc et à son voisinage ont été proposées.

Ces règles ont été établies d'après le retour d'expérience du projet de site d'essai « Mistral » et la concertation engagée avec les autorités (Préfectures Maritimes, Ports) et les usagers (pêcheurs).

- **Extrapolation du trafic et prévisions**

Une extrapolation des données acquises a été nécessaire pour répondre à la saisonnalité de certains trafics (ex : navires à passagers) et à l'évolution du trafic à l'horizon souhaité.

Pour ce faire, des hypothèses ont été prises, en s'appuyant sur les statistiques des ports voisins de la zone (Marseille, Port-Saint-Louis-du-Rhône,...) et les prévisions de trafic à mi-vie du projet (2027).

- **Identification des moyens de sauvetage présents dans la zone**

Les moyens suivants ont été identifiés :

- Moyens de surveillance : CROSS et mode d'intervention (Plan ORSEC Maritime),
- Moyens de sauvetage actuels sur zone : remorqueurs avec leur capacité (Bollard Pull en tonnes),
- Moyens de sauvetage éventuels supplémentaires à l'horizon où se place l'étude,

D'après le positionnement de ces navires, un temps d'intervention (appareillage, arrivée sur le lieu) minimum a été déterminé (notamment utile pour arrêter un navire qui dérive vers le parc éolien ou une éolienne en cas de déradage de cette dernière).

- **Collecte des données d'environnement**

Les données utiles à l'étude quantitative ont été collectées :

- Rose des vents (avec distributions des vitesses),
- Force des courants,
- Conditions cycloniques (non pertinent pour la présente étude).

- **Identification des scénarios critiques**

Les différents scénarii pouvant conduire à une collision entre un navire et une éolienne ont été explorés et sélectionnés.

- Analyse quantitative

Risque de collision frontale

Le risque de collision frontale a été étudié par une modélisation des scénarii de collision frontale par un arbre de défaillance (cf. figure ci-dessous) et une évaluation des fréquences d'occurrence des événements initiateurs.

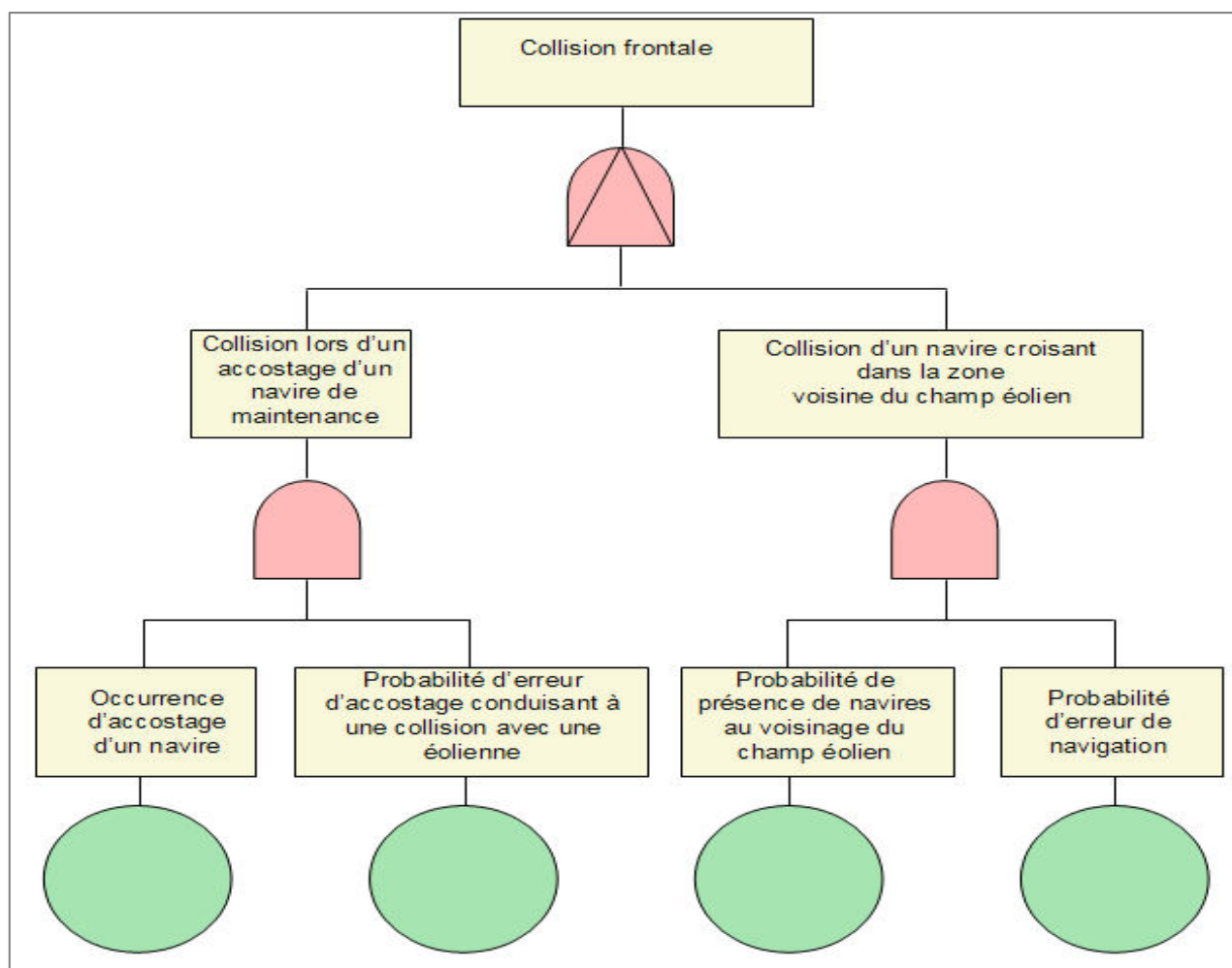


Figure 26 : Arbre de défaillance collision frontale (Source : Tecnitas, 2013)

Les scénarios de collision frontale ont été définis à partir de la combinaison de facteurs représentés par un arbre de défaillance. Les fréquences d'occurrence des événements initiateurs sont obtenues à partir des données de trafic et des données fournies soit par la littérature, soit dans le cadre des études réalisées par EDF EN, ou par des hypothèses conservatrices dans le cas où l'information pertinente n'a pu être trouvée.

Selon la référence bibliographique MSC88 INF 8 (IMO), les études statistiques pointent que le risque des navires de type « cargo » est principalement lié au talonnage, collision et échouage, qui contribuent pour 85% des pertes de navires.

Afin d'identifier les causes de l'accident pour ces risques majeurs, les rapports d'enquête GISIS soumis par les pavillons ont été analysés. Les collisions sont principalement causées par :

- l'erreur humaine (55% de tous les accidents),
- la défaillance de la gouverne (12% des accidents),
- une avarie machine/moteurs (9% des accidents),
- une défaillance de l'ancre (12% des accidents).

Il a pu être constaté que 11% des accidents avaient eu lieu dans des conditions de visibilité réduite (brouillard/pluie forte). Les erreurs humaines sont souvent favorisées par une surcharge de travail causant une perte de vigilance/concentration de l'officier de quart.

Il a alors été déduit et pris comme hypothèse que les navires présents dans la zone d'exposition avaient une probabilité de réaliser une erreur de $2.7 \cdot 10^{-7}$ par heure et par navire (Scénarii C2, C3, C4).

Les calculs de probabilités de collision en fonction de l'éloignement du navire ayant fait une erreur de navigation ont été réalisés par le logiciel DRIFTEC développé par TECNITAS.

Formulation du risque lié à une dérive accidentelle

Le modèle de détermination de la probabilité qu'un navire à risque donné engendre un événement redouté peut s'exprimer suivant la formule:

$$(1) \quad P_n = P_a \cdot P_\alpha \cdot P_e$$

avec :

- P_n : probabilité d'un événement redouté sur un navire à risque « n » donné
- P_a : probabilité d'un événement initiateur de dérive accidentelle
- P_α : probabilité de dérive accidentelle vers le parc éolien
- P_e : probabilité d'occurrence d'un événement redouté

La probabilité globale est obtenue en cumulant les probabilités individuelles P_n sur l'ensemble de la flotte concernée et sur l'ensemble des routes maritimes « r » situées au voisinage de la centrale, selon la formule :

$$(2) \quad P = \int_t \int_r P_n dt dr$$

La dérive accidentelle peut arriver dans les cas suivants :

- quand le navire est à quai/au mouillage et les amarres ou l'ancre rompent ;
- quand le navire est de passage et perd sa manœuvrabilité.

Les deux causes principales pour un navire d'être non manœuvrant sont l'avarie du gouvernail et le black out de la propulsion. Les scénarios d'ancres qui décrochent ne sont pas considérés dans la présente étude. Les seuls navires amarrés ont ainsi été considérés à quai.

Un certain nombre de facteurs doivent arriver en même temps pour qu'une dérive accidentelle soit initiée. Pour ce qui intéresse le risque de collision, vents et courants doivent pousser le navire dérivant vers le parc éolien. Il est par conséquent important de considérer les conditions météorologiques qui vont impacter les scénarios de dérive accidentelle.

Les scénarios de dérive accidentelle ont été modélisés en utilisant l'arbre de défaillance ci-après.

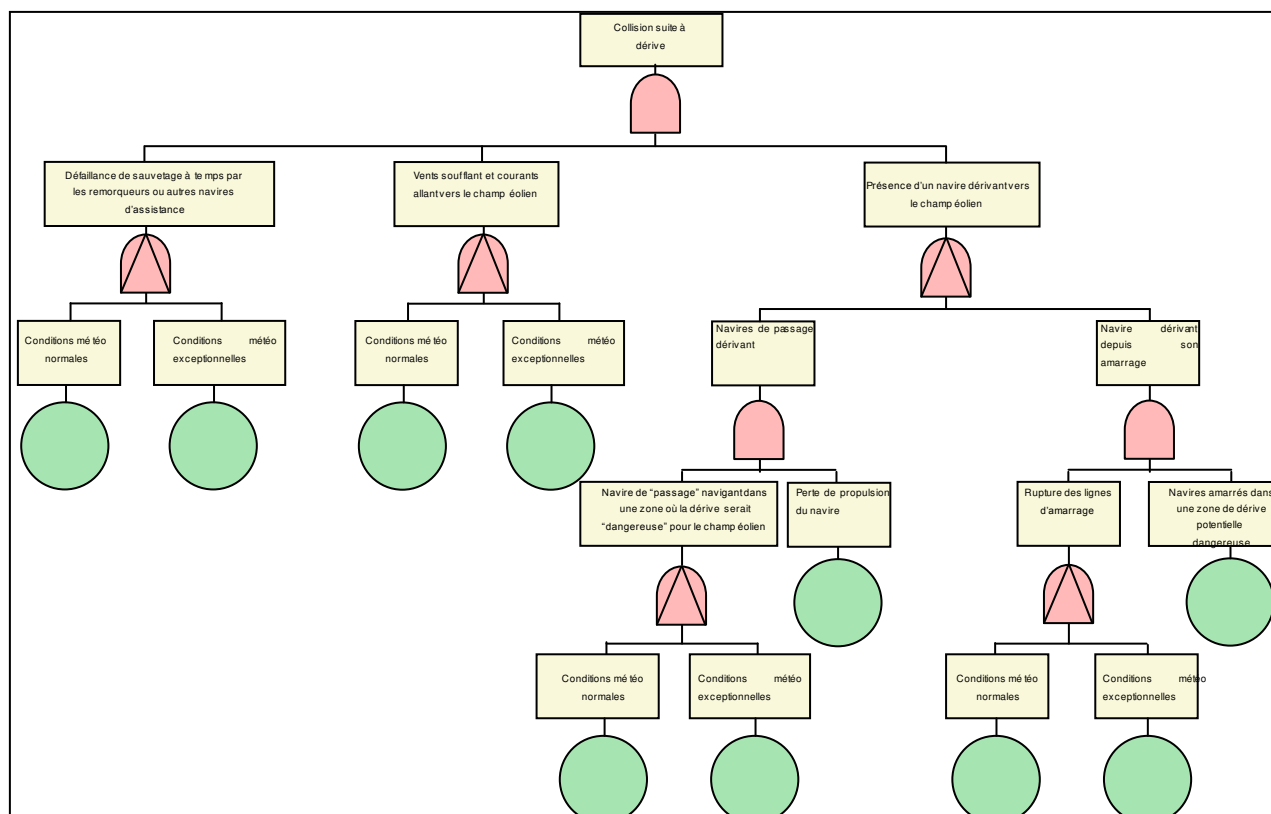


Figure 27 : Arbre de défaillance d'une collision (dérive accidentelle d'un navire, Tecnicas, 2013)

La collision suite à la dérive accidentelle vers le parc éolien peut être évitée par l'action à temps d'un remorqueur adéquat. "A temps" implique que d'abord, l'équipage (ou armateur/manager) décide et demande l'assistance d'un remorqueur, ensuite qu'un « remorqueur adéquat » (navire et équipage) soit disponible, que le remorqueur rejoigne le navire dérivant, avant qu'il n'entre en collision avec le parc éolien. « Remorqueur adéquat » implique que le bollard pull et l'équipement du remorqueur soient adaptés à la taille du navire dérivant et aux conditions de mer.

- **Méthode de détermination de la densité de présence des navires pouvant dériver vers le parc éolien**

La probabilité de présence de navires a été déterminée selon la méthodologie suivante :

- Filtrage des données AIS par type de navires,
- Création de points intermédiaires toutes les 30 secondes entre deux enregistrements espacés d'une heure,

- Quand il n'y a qu'un enregistrement par navire, il est considéré que le navire a quitté la zone,
- Ne sont conservées que les positions dont la dérive accidentelle vers le parc éolien est physiquement possible. L'effet d'écran/protection des côtes, îles, etc est bien pris en compte (voir figure, ci dessous)
- Re-routage pour les trajectoires qui traversent le parc éolien (ou passent à moins de 1 000 m des éoliennes),
- Création d'un système de coordonnées polaires avec comme origine du repère le centre du parc éolien. Un maillage fin est généré,
- Pour chaque type de navires, le nombre de points dans chacune des mailles a été déterminé,
- Pour chaque type de navires et chaque maille, le nombre de points a été multiplié par 0,5 minutes afin d'obtenir le temps total passé pendant les périodes d'enregistrement (1 an) et déduire finalement la probabilité d'avoir la présence d'un type de navire en un mois pour chaque maille du maillage,
- Les probabilités ont ensuite été extrapolées, avec les ratios qui ont précédemment été trouvés, afin de respecter la saisonnalité ou non saisonnalité, et obtenir enfin la présence de chaque type de navire par an et par maille.

Cette méthode a été utilisée pour étudier aussi bien les navires avec ou sans route maritime.

• **Exposition au risque de dérive suite à la perte de propulsion : principe du calcul**

Un navire ayant perdu sa manœuvrabilité va dériver sous l'action du vent, des vagues et du courant.

La trajectoire suivie et la vitesse de dérive dépendent du type et de la taille du navire, des caractéristiques océano-météorologiques (vitesse et direction du vent, hauteur des vagues et direction de propagation, vitesse et direction du courant).

Le schéma type est le suivant :

- l'environnement se caractérise par un vent de vitesse et de direction données, auquel se cumule une mer du vent dont la direction de propagation se confond avec celle du vent,
- le navire dérive alors dans le sens d'action des éléments (vent + mer du vent), il oscille autour d'une position d'équilibre qui le conduit à se positionner perpendiculairement à la direction du vent (et donc à la mer du vent).

Un modèle de simulation hydrodynamique a permis le calcul de la vitesse moyenne de dérive sous l'action cumulée des efforts de trainée dus au vent, des efforts moyens de dérive sur houle et des efforts de courant s'il y a lieu.

Il est admis dans ce modèle que l'intensité du vent et des vagues de même que leur direction de propagation restent stables durant la dérive, ainsi, la trajectoire est supposée rectiligne et colinéaire à la direction du vent.

La figure suivante schématise le modèle mis en œuvre et montre le cône critique de dérive vers la cible.

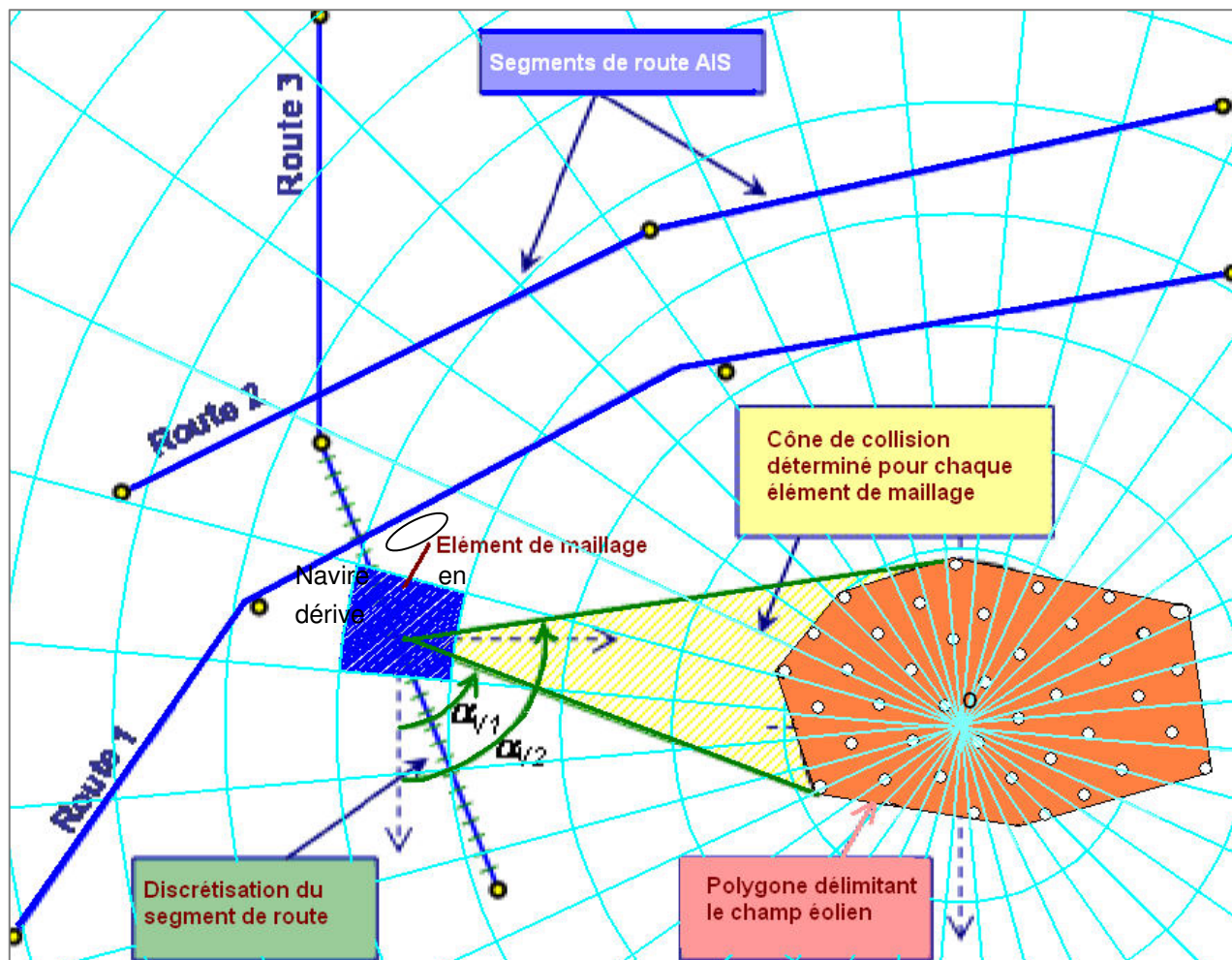


Figure 28 : Représentation du modèle de calcul de probabilité de dérive (Source : Tecnicas, 2013)

Sur la figure ci-avant est présentée l'approche de discrétisation, le maillage des routes (routes, segments, éléments de maillage) et la définition de la zone cible (rayon, amplitude angulaire). Les enregistrements AIS permettent de construire ces routes. Chaque route correspond à un navire et plus généralement à un type de navire. Comme nous l'avons expliqué dans la méthodologie, chaque route est discrétisée en points également espacés dans le temps.

Dans chaque maille (en bleu sur la figure), plusieurs routes de navires peuvent y passer, et pour chaque type de navire, le nombre de points (correspondant à la probabilité de ce type de navire dans cette zone pour une période donnée) est comptabilisée, la probabilité de dériver vers le parc éolien est ensuite calculée. Le parc éolien est ici représenté par le polygone qui limite son périmètre.

Le logiciel calcule ensuite, pour chaque élément de maillage des routes, le cône de dérive vers la zone cible. La probabilité qu'un navire en dérive atteigne la zone cible est calculée en fonction de la probabilité d'avoir un vent défavorable (i.e. intersection entre la rose de vents et le cône de collision) et suffisamment puissant pour que la dérive dans la zone cible se produise avant que des remorqueurs puissent intervenir. A cette fin, des vitesses critiques de vent sont calculées pour chaque élément de route et pour chaque type de navire

(les coefficients de dérive étant propres à chaque type de bateau). Quelques relations utilisées lors des calculs sont présentées ensuite.

La vitesse de dérive d'un navire de type iN est calculée en fonction de la vitesse du vent (V) par une formule de type :

$$V_d(iN, V) = \sqrt{C_1(iN)H_s^2 + C_2(iN)V^2 + C_3(iN)}$$

C1, C2 et C3 sont des coefficients de dérive spécifiques à chaque type de navire et HS dénote la hauteur de la mer du vent. Il est supposé que le vent et la houle agissent dans la même direction (mer du vent).

Une collision suite à dérive arrivera seulement si toutes les tentatives pour sauver le navire ont échoué. Les moyens d'empêcher la dérive sont les suivants :

- Réparation : Beaucoup de défaillances sont identifiées et réparées avant qu'elles ne puissent aboutir à un impact. L'équipage du bateau est généralement bien formé et équipé pour exécuter des réparations à la mer et les pièces de rechange pour beaucoup de composants majeurs sont normalement stockées à bord. Une fonction de réparation est implémentée dans le modèle DRIFTEC :

$$f(t) = 1 \quad \text{pour } t < 0.25 \text{ h}$$

$$f(t) = \frac{1}{(1.5 \cdot (t - 0.25) + 1)} \quad \text{pour } t > 0.25 \text{ h.}$$

avec t = temps depuis lequel la défaillance moteur est arrivée
(en heure)

- Remorquage : Un remorqueur « adéquat » peut également venir stopper la dérive. Ceci est possible en fonction de la taille de bateau, de la vitesse de dérive et la disponibilité du remorqueur. En conformité avec l'identification des moyens de sauvetage décrits, les remorqueurs Abeille Flandre et le Jason ont la capacité à arrêter tout navire de dériver vers le parc éolien. Compte tenu de la position du parc et considérant que l'Abeille Flandre peut se trouver soit à Toulon soit au Sud de la Corse, et que le Jason est lui basé à Toulon, une hypothèse d'intervention moyenne du remorqueur en 9H a été prise en compte.
- Mouillage d'urgence : Selon la zone et la vitesse du navire, le capitaine peut décider de jeter l'ancre pour stopper sa dérive. Cependant, la probabilité de la réussite d'un ancrage a été considérée dans cette étude comme nulle.



3.4.2.3. Risques de collision avec un navire et d'échouage d'une éolienne à la dérive

Hypothèses retenues

Les scénarios ci-dessous ont été étudiés :

- Collision de l'éolienne à la dérive contre un navire,
- Echouage de l'éolienne sur la côte.

L'étude considère de façon conservatrice que la rupture totale de l'amarrage est effective au plus près des flotteurs (pas de réduction de la dérive par la traine d'une ou plusieurs ligne(s) d'amarre). La dérive a été considérée à partir du centre du parc éolien.

La rupture complète des amarres signifie l'occurrence de conditions d'environnement d'une période de retour de 50 ans (conditions de design), soit une vitesse de vent moyenne sur 1 heure de 39 m/s associée à un état de mer de $H_s = 9,10$ m.

Pratiquement, pour pouvoir exploiter les *scatter diagrams* de vent (couples vitesse – incidence), les conditions de vents maximales (> 29 m/sec) à partir de la distribution des vents ont été retenues. Ces vitesses de vent correspondent à une violente tempête (force 11 sur l'échelle de Beaufort). La dérive due au vent est prépondérante sur celle du courant étant données les vitesses considérées et le tirant d'air de l'éolienne (120 mètres).

Probabilité de présence des navires à l'instant t

Les présences de navires ont été déterminées à l'aide des données AIS de Janvier à Décembre 2012. La méthode est identique à celle utilisée pour étudier les risques de collision d'un navire avec une éolienne du parc (cf. paragraphe 3.4.2.1).

Le scénario de rupture des ancres de l'éolienne n'a lieu que dans des conditions de vent extrême (tempête). L'avis de tempête étant largement diffusé avant que celle-ci n'arrive, les navires se mettent à l'abri ou se déroutent pour éviter ces conditions. Les trafics de navires sont réduits en fonction de la taille des navires de la manière suivante :

- 10% du trafic « normal » pour les navires à passager, navires cargo et tankers (navire de taille significative),
- 5% pour les navires de type « autres navires » (navires de taille moyenne),
- 1% pour les petits navires de pêche (non soumis à l'AIS).

Probabilité que l'éolienne dérive vers les navires de la maille

Chaque navire de la maille représente une « cible » potentielle.

La probabilité que l'éolienne dérive précisément vers ce navire de la maille correspond à la probabilité que le vent souffle précisément avec ce secteur angulaire. (Les trajectoires sont assumées rectilignes ; le vent est

supposé prépondérant dans la direction de la dérive de l'éolienne). L'éolienne continuera à dériver tant qu'elle n'est pas interceptée par un remorqueur adéquat.

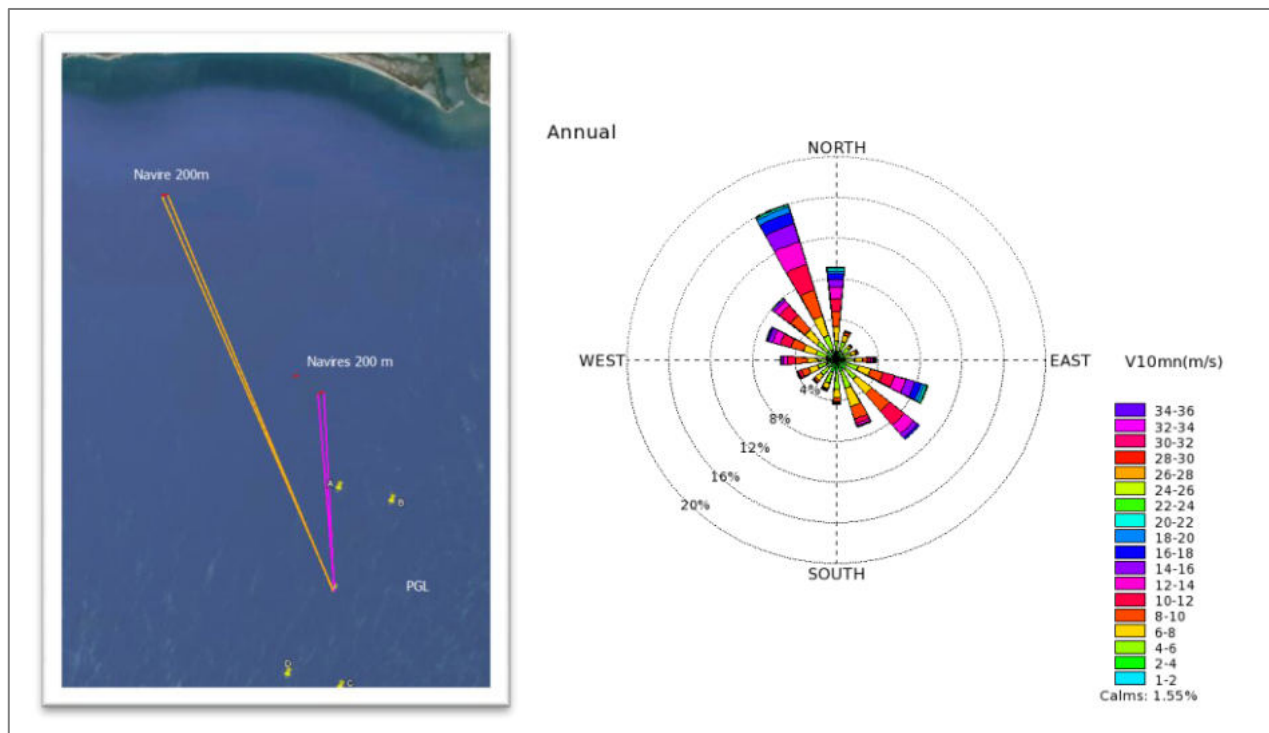


Figure 29 : Secteur angulaire de collision et rose des vents (Source : Tecnicas, 2013)

Paramètres de dérive de l'éolienne

- **Composantes contribuant à la dérive**

Le flotteur en dérive accidentelle subit l'action conjuguée du vent, du courant et des vagues. Il est important de mesurer le poids relatif de chacune des composantes dans le bilan des efforts afin de comprendre les paramètres dominants dans le comportement de l'éolienne.

- **Efforts sur houle**

Pour cette composante, la géométrie particulière de l'éolienne, de type semi-submersible, dont les éléments immergés sont de relativement petite taille par rapport à la longueur d'onde des fortes vagues, a conduit à appliquer la formule de Morison pour le calcul des efforts de houle.

La formule générale a pour expression :

$$\vec{F} = (1 + Cm)\rho V \vec{\gamma} + \frac{1}{2}\rho C_D S \vec{v} |\vec{v}|$$

La première composante dite inertielle est proportionnelle à l'accélération orbitale.

Le second terme dit de trainée a une composante de moyenne non nulle, qui sur houle irrégulière caractérisée par une hauteur significative H_s et une période de T_{pic} , est approchée par la formule :

$$\vec{F} = \frac{1}{32} \rho C_D S \rho \omega^2 H_s^2$$

- **Efforts dus au courant**

Les efforts de trainée dus au courant s'expriment classiquement sous la forme :

$$\vec{F} = \frac{1}{2} \rho C_D S V^2$$

où C_D est le coefficient de trainée associé à un élément de structure immergé pour une surface de référence S et V la vitesse du courant. Concrètement, le calcul s'effectue en cumulant les couples coefficient de trainée-surface de chaque sous-structure (exemple : colonne, embase).

- **Efforts dus au vent**

Les efforts dus au vent sont également de type trainée, les valeurs concernant l'éolienne sont fournies sous forme de coefficients C_t , fonction de la vitesse du vent. Dans le cas présent, on retient la valeur de 0,2 pour C_t , avec $S = H \cdot D$.

$$\vec{F} = \frac{1}{2} \rho C_t S V^2$$

- **Poids relatif de chaque composante sous les conditions 50 ans**

Le poids relatif de chacune des composantes dans le bilan des efforts est le suivant :

- Vent : 1 200 KNavec $V = 42,9$ m/s
- Courant : 125 KNavec $V = 1,58$ m/s (décroissance rapide avec la profondeur)
- Houle : 160 KNavec $H_s = 9,10$ m

Il ressort de cette comparaison que le vent gouverne largement le comportement en dérive.

3.4.3. Etude d'évaluation du risque pyrotechnique (UXO)

Les risques potentiels liés à la présence de munitions non explosées ont été identifiés à partir de l'étude des archives privées d'Elenkhos (2013), des archives nationales des armées ainsi que l'analyse de plans et de photos aériennes.

L'évaluation du risque est appréhendée par une mesure de la probabilité et de la conséquence rencontrée :

Probabilité

La probabilité (noté sur 9) est fonction du risque identifié et de la méthodologie proposée.

$$\text{Probabilité} = \text{Méthode intrusive} \times \text{Historique du site}$$

La méthode intrusive définit le moyen mis en œuvre dans les différentes tâches des opérations prévues ayant un impact sur les fonds. Elle est notée de 1 (méthode bénigne) à 3 (méthode agressive).

L'historique du site est également caractérisé par une notation de 1 (faible) à 3 (élevé). A chaque item ayant ou pas eu une activité pyrotechnique est associé une notation en fonction du type de munition rencontrée, du volume, de la dangerosité (amorcé, tiré...), de l'état supposé de conservation etc.

L'ensemble de ces éléments est intégré dans une matrice qui permet d'attribuer une cotation du calcul de probabilité.

Conséquence

La conséquence (noté sur 9) est fonction de la profondeur d'enfouissement de la munition et aux moyens mis en œuvre au regard de leur distance par rapport à la présence d'un UXO.

$$\text{Conséquence} = \text{Profondeur d'enfouissement UXO} \times \text{Moyen mis en œuvre}$$

La profondeur d'enfouissement est directement liée au type de munition rencontrée et au type de substrat local. Elle est évaluée par une note de 1 à 3 du plus profond vers la surface.

Les moyens mis en œuvre caractérisent dans le cas présent les moyens nautiques et les distances de mise en œuvre des « méthodes intrusives » utilisées. Ces éléments sont pris en compte au sein d'une matrice qui permet d'obtenir une cotation du calcul de la conséquence.

A noter que les niveaux de risques identifiés dans le cadre de cette expertise ne sont pas objectifs et ne sont pas destinés à un suivi de dépollution pyrotechnique.



4. DIFFICULTES RENCONTREES

4.1. Difficultés générales

Les principales difficultés afférentes à ce type d'études d'impact sont liées :

- A la diversité des milieux et habitats rencontrés.
- A leur situation en mer.
- Au contexte nouveau des technologies envisagées.

4.2. Limites de l'étude halieutique

Les résultats de l'étude halieutique menée par le CRPMEM PACA doivent être relativisés compte tenu :

- du temps de réalisation de l'étude (2 mois),
- de la faible disponibilité des marins pêcheurs en cette période de l'année (juillet/août),
- de refus de certaines organisations de producteurs de répondre à l'enquête ou de fournir des informations sur les adhérents, ce qui a nécessité de joindre individuellement les adhérents ; adhérents qui n'ont pas toujours pu répondre dans les délais impartis,
- du fait que les pêcheurs perçoivent le projet comme éloigné de leurs réalités quotidiennes et de leurs préoccupations actuelles, ce qui explique également le faible nombre de retour à la diffusion des questionnaires de l'enquête, préalablement établie en concertation avec la prud'homie de Martigues.

4.3. Limites identifiées pour l'expertise Avifaune

4.3.1. Limites concernant les connaissances des oiseaux en mer

Les résultats des suivis scientifiques réalisés sur la zone, notamment les suivis aériens et télémétriques dans le cadre du programme PACOMM, et les suivis par bateau effectués par EcoOcéan Institut et PELMED permettent de préciser la répartition et le comportement des oiseaux en mer, mais montrent aussi des variabilités parfois importantes dans la fréquentation et la répartition de certaines espèces en mer.

Cette variabilité est liée à la mobilité des oiseaux en mer d'autant plus importante en l'absence d'éléments contrastants en termes de bathymétrie, de nature des fonds ou encore de localisation particulière de la ressource alimentaire.

Les suivis aériens ou bateau donnent une image à un instant « t » de la localisation des oiseaux en mer, mais ne permettent pas de suivre une variation temporelle fine au-delà de la fréquence de passage. Ils ne permettent une approche limitée le comportement nocturne des oiseaux.



Les suivis télémétriques permettent d'obtenir des informations en continu, sur des durées parfois longues, de jour comme de nuit, mais ne renseignent que de manière limitée sur l'éthologie des individus et des espèces.

Les suivis par radar permettent de suivre les déplacements à grande échelle et d'étudier les mouvements diurnes et nocturnes, mais sont limités par la distance de suivi et par l'absence d'identification des espèces sans observation directe.

Enfin, les observations depuis la côte permettent de compléter les données et de mesurer des phénomènes parfois importants, notamment migratoires.

Le croisement de ces méthodes permet toutefois de mieux préciser l'utilisation de la zone par l'avifaune. Les analyses ainsi menées ont permis de qualifier les impacts. Des séries temporelles plus longues et répétées viendront confirmer ces approches sur des technologies nouvelles, déployées sur des secteurs nouveaux.

4.3.2. Limites concernant l'évaluation quantitative des impacts

L'évaluation des impacts est basée sur le croisement de la valeur patrimoniale d'une espèce avec sa sensibilité à l'effet étudié et la probabilité de réalisation de l'impact.

Le premier critère, basé notamment sur l'état des populations, leur répartition et leur évolution est maintenant connu grâce aux suivis bénévoles et scientifiques réalisés depuis plusieurs décennies sur les oiseaux.

Le dernier critère est basé sur les effectifs concernés par le projet, et sont donc soumis aux variations liées à l'utilisation de l'aire d'étude par l'avifaune.

Le dernier critère, l'évaluation de la sensibilité, est basé sur son comportement et sur les retours d'expérience de projets similaires. De plus en plus de publications ou de résultats de suivi de parcs éoliens offshore sont disponibles, permettant de quantifier en partie ce critère par espèce. Ils concernent cependant des projets localisés dans des contextes biogéographiques qui peuvent être différents (Mer du Nord, Mer baltique, Océan atlantique) et avec une technique différente (éolien posé). Les espèces concernées peuvent être différentes, ou avoir des comportements modifiés liés au contexte particulier de la Méditerranée et du Golfe du Lion. Néanmoins la somme des observations et des expertises menées sur les parcs en place depuis plus de 20 ans permet de s'affranchir en partie de cette incertitude.

Les niveaux d'impact sont, comme pour tous les projets, des estimations. Les suivis ont vocation à apporter les informations complémentaires qui orientent les mesures et permettent aux parties prenantes d'ajuster, si besoins, les mesures dans la durée.

4.4.Limites des études naturalistes terrestres

Les investigations complémentaires réalisées en mars 2017 par Naturalia ont essentiellement porté sur la partie nord de l'aire d'étude (afin de pouvoir établir au mieux un tracé de moindre impact). Le reste du fuseau a fait l'objet de vérifications ponctuelles par un botaniste et un faunisticien.

Concernant les invertébrés tardifs, une majeure partie de l'aire d'étude a été inventoriée dans le cadre des précédentes études menées par Naturalia à l'exception de certaines zones notamment au nord (alentours du poste électrique) et de l'ensemble des bordures de la route Napoléon. Si des enjeux potentiels demeurent sur ces secteurs nord et seront considérés en tant que tels dans le présent document, aucun n'est pressenti le long de la route Napoléon dans la limite des emprises.

Les inventaires complémentaires de Naturalia font suite aux prospections de BRLi et Biotope menées entre 2011 et 2013. Pour tous les groupes (habitats, flore et faune), ces précédentes prospections, intégrées en tant que données bibliographiques dans l'étude Naturalia, ont été réalisées avec précision et étaient orientées sur la recherche d'espèces remarquables.

Groupe	contraintes
Habitats et Flore	Aucune difficulté technique n'a été rencontrée au cours de l'étude. La campagne d'observation sur la partie terminale du tracé a été réalisée en juillet dès que les choix du tracé final du câble et du site d'implantation du poste de transformation ont été validés, au vu des contraintes d'urbanisme de la commune. Ils ont été lors de périodes propices à l'expression faunistiques et floristiques. Le plan de management environnemental attaché aux travaux permettra d'intégrer une vigilance dédiée si les travaux sont réalisés en dehors de ces périodes de référence ;
Insectes	Dates de prospections très proches : possibilité d'avoir manqué des espèces dont le pic d'abondance est éloigné du mois de juin. Cependant, les habitats représentés sur le site n'incluent que peu de plantes-hôtes et semblent exclure toutes les espèces à statut patrimonial.
Reptiles et amphibiens	Période de prospection limitée mais suffisante dans le cadre de l'évaluation initiale (mai 2011, mars & avril 2012 et juillet 2013)
Avifaune (terrestre)	Période limitée des prospections (mai et juin 2011, avril 2012 et février 2012, juillet 2013) : implique qu'aucune information n'a pu être collectée sur les autres utilisations de la zone (migration, hivernage) qui sont néanmoins largement renseigné dans ce contexte de zone patrimonial. Ensemble des effectifs susceptibles de fréquenter le transect en période d'hivernage ne peut pas être évalué en prospectant seulement sur cette zone.

Tableau 31 : contraintes identifiées pour les inventaires terrestres (Source : Biotope et BRLi, 2013)