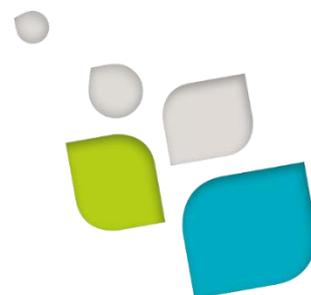




MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉNERGÉTIQUE

PARCS EOLIENS EN MER — ZONES 1 & 2 MEDITERRANEE (OCCITANIE ET PACA)

Protocoles spécifiques Parcs Zone 1 & Zone 2



Janvier 2024

BRL
Ingénierie




biotope

	<p>BRL ingénierie</p> <p>1105 Av Pierre Mendès-France BP 94001 30001 NIMES CEDEX 5</p>
	<p>Biotope service EMR</p> <p>22 bd Maréchal Foch – BP58 34140 Mèze Tel.: 02 49 62 80 89 service_emr@biotope.fr</p>

Date du document	4/01/2024
Contact	Nicolas FRAYSSE

Titre du document	Parcs éoliens en mer – zones 1&2 Méditerranée (Occitanie et PACA) – Protocoles spécifiques Parcs Zone 1 & Zone 2
Référence du document :	A01208_Protocoles_Z1-Z2_DGEC_VF.docx
Indice :	5

Date émission	Indice	Observation	Dressé par	Vérifié et Validé par
14/04/2023		Plan	SPR	NFR / VFA
12/05/2023	1	Première émission du document	SPR	NFR
09/06/2023	2	Prise en compte des commentaires de la DGEC et de l'AMO sur la V1	VFA / SPR / RLE	NFR
12/06/2023	3	Prise en compte commentaires DGEC sur V2	VFA / SPR / RLE	NFR
10/2023	4	Mise à jour au regard des dernières modifications effectuées pour tenir compte des recommandations Ifremer, échanges avec les pêcheurs et les MO	VFA / partenaires	NFR
4/01/2024	5	Finalisation Ajustements des cartographies suites à l'obtention des autorisations de sortie en mer et des CNL	SPR/VFA / Partenaires	NFR

PARCS EOLIENS EN MER – ZONES 1&2 MEDITERRANEE (OCCITANIE ET PACA)

Protocoles spécifiques Parcs Zone 1 & Zone 2

PRÉAMBULE	1
1 EQUIPE MOBILISÉE POUR LA DÉFINITION ET LA MISE EN ŒUVRE DES CAMPAGNES EN MER	3
2 QUALITÉ DE L'EAU	4
2.1 FICHE PROTOCOLE SYNTHETIQUE	4
2.2 PROTOCOLE DETAILLE	7
2.2.1 Objectifs.....	7
2.2.2 Description du protocole	8
2.2.2.1 Effort d'échantillonnage.....	8
2.2.2.1.1 Mesures à la sonde multi paramètres	9
2.2.2.1.2 Prélèvements d'eau pour analyses	9
2.2.2.1.3 Caging de moules.....	10
2.2.2.1.4 Echantillonneurs passifs	10
2.2.2.2 Paramètres mesurés	11
2.2.2.3 Traitement et analyse de données.....	14
2.2.2.4 Calendrier du protocole	14
2.2.3 Carte de représentation schématique du protocole	16
2.2.4 Moyens utilisés	19
2.2.4.1 Moyens matériels employés	19
2.2.4.1.1 Mesures à la sonde multi paramètres	19
2.2.4.1.2 Prélèvements d'eau pour analyses	20
2.2.4.1.3 Caging de moules.....	21
2.2.4.1.4 Echantillonneurs passifs	21
2.2.4.2 Personnel mobilisé	22
2.2.4.3 Moyens nautiques.....	22
2.2.4.4 Mutualisation éventuelle	23
2.2.5 Risques	23
3 PRÉLÈVEMENTS DE PHYTOPLANCTON	24
3.1 FICHE PROTOCOLE SYNTHETIQUE	24
3.2 PROTOCOLE DETAILLE	27
3.2.1 Objectifs.....	27
3.2.2 Description du protocole	27
3.2.2.1 Effort d'échantillonnage.....	27
3.2.2.1.1 Prélèvements à la bouteille Niskin.....	27
3.2.2.2 Paramètres mesurés	28

3.2.2.3	Traitement et analyse de données.....	28
3.2.2.4	Calendrier du protocole	28
3.2.3	Carte de représentation schématique du protocole	28
3.2.4	Moyens utilisés.....	31
3.2.4.1	Moyens matériels employés.....	31
3.2.4.2	Personnel mobilisé	31
3.2.4.3	Moyens nautiques.....	31
3.2.4.4	Mutualisation éventuelle	32
3.2.5	Risques	32
4	PRÉLÈVEMENTS DE ZOOPLANCTON	33
4.1	FICHE PROTOCOLE SYNTHETIQUE	33
4.2	PROTOCOLE DETAILLE.....	35
4.2.1	Objectifs.....	35
4.2.2	Description du protocole	35
4.2.2.1	Effort d'échantillonnage.....	35
4.2.2.1.1	Prélèvements au filet WP2	36
4.2.2.2	Paramètres mesurés	36
4.2.2.3	Traitement et analyse de données.....	37
4.2.2.4	Calendrier du protocole	37
4.2.3	Carte de représentation schématique du protocole	38
4.2.4	Moyens utilisés.....	40
4.2.4.1	Moyens matériels employés.....	40
4.2.4.2	Personnel mobilisé	40
4.2.4.3	Moyens nautiques.....	40
4.2.4.4	Mutualisation éventuelle	41
4.2.5	Risques	41
5	ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DES SÉDIMENTS ET KYSTES PHYTOPLANCTONIQUES	42
5.1	FICHE PROTOCOLE SYNTHETIQUE	42
5.2	PROTOCOLE DETAILLE.....	46
5.2.1	Objectifs.....	46
5.2.2	Description du protocole	50
5.2.2.1	Effort d'échantillonnage.....	50
5.2.2.2	Méthode générale.....	50
5.2.2.3	Paramètres mesurés	51
5.2.2.4	Traitement et analyse de données.....	52
5.2.2.5	Calendrier du protocole	58
5.2.3	Carte de représentation schématique du protocole :	59
5.2.4	Moyens utilisés.....	61
5.2.4.1	Moyens matériels employés.....	61
5.2.4.2	Personnel mobilisé	62
5.2.4.3	Moyens nautiques.....	62
5.2.4.4	Mutualisation éventuelle	62
5.2.5	Risques	62
6	BENTHOS DE SUBSTRATS MEUBLES.....	63
6.1	FICHE PROTOCOLE SYNTHETIQUE	63

6.2	PROTOCOLE DETAILLE.....	67
6.2.1	Objectifs.....	67
6.2.2	Description du protocole	70
6.2.2.1	Effort d'échantillonnage.....	70
6.2.2.2	Méthode générale.....	71
6.2.2.3	Paramètres mesurés	71
6.2.2.4	Traitement et analyse de données.....	72
6.2.2.5	Calendrier du protocole	75
6.2.3	Carte de représentation schématique du protocole	75
6.2.4	Moyens utilisés.....	78
6.2.4.1	Moyens matériels employés.....	78
6.2.4.2	Personnel mobilisé	79
6.2.4.3	Moyens nautiques.....	79
6.2.4.4	Mutualisation éventuelle	79
6.2.5	Risques	79
7	POISSONS ET MÉGA-INVERTÉBRÉS : PÊCHES SCIENTIFIQUES STANDARDISÉES.....	80
7.1	FICHE PROTOCOLE SYNTHETIQUE	80
7.2	PROTOCOLE DETAILLE.....	83
7.2.1	Objectifs.....	83
7.2.2	Description du protocole	84
7.2.2.1	Effort d'échantillonnage.....	84
7.2.2.1.1	Arts traînants.....	85
7.2.2.1.2	Arts dormants	86
7.2.2.2	Paramètres mesurés	87
7.2.2.3	Traitement et analyse de données.....	88
7.2.2.3.1	Données biométriques	88
7.2.2.3.2	Traitements statistiques	88
7.2.2.4	Calendrier du protocole	89
7.2.3	Carte de représentation schématique du protocole	89
7.2.4	Moyens utilisés.....	92
7.2.4.1	Moyens matériels employés.....	92
7.2.4.2	Personnel mobilisé	92
7.2.4.3	Moyens nautiques.....	92
7.2.4.4	Mutualisation éventuelle	93
7.2.5	Risques	93
8	POISSONS ET MÉGA-INVERTÉBRÉS : SONAR BIOMÉTRIQUE.....	94
8.1	FICHE PROTOCOLE SYNTHETIQUE	94
8.2	PROTOCOLE DETAILLE.....	97
8.2.1	Objectifs.....	97
8.2.2	Description du protocole	97
8.2.2.1	Effort d'échantillonnage.....	97
8.2.2.2	Paramètres mesurés	98
8.2.2.3	Traitement et analyse de données.....	99
8.2.2.4	Calendrier du protocole	99
8.2.3	Carte de représentation schématique du protocole	100

8.2.3.1	Moyens matériels employés	102
8.2.3.2	Personnel mobilisé	102
8.2.3.3	Moyens nautiques.....	102
8.2.3.4	Mutualisation éventuelle	102
8.2.4	Risques	102
9	POISSONS ET MÉGA-INVERTÉBRÉS : ADN ENVIRONNEMENTAL	103
9.1	FICHE PROTOCOLE SYNTHETIQUE	103
9.2	PROTOCOLE DETAILLE.....	106
9.2.1	Objectifs.....	106
9.2.2	Description du protocole	107
9.2.2.1	Effort d'échantillonnage.....	107
9.2.2.1.1	ADN Environnemental	107
9.2.2.2	Traitement et analyse de données.....	107
9.2.2.2.1	Données génétiques	107
9.2.2.2.2	Calcul des indicateurs	108
9.2.2.2.3	Traitement des données	109
9.2.2.3	Calendrier du protocole	109
9.2.3	Carte de représentation schématique du protocole	110
9.2.4	Moyens utilisés.....	112
9.2.4.1	Moyens matériels employés	112
9.2.4.2	Personnel mobilisé	112
9.2.4.3	Moyens nautiques.....	112
9.2.4.4	Mutualisation éventuelle	113
9.2.5	Risques	113
10	SUIVI DE LA MÉGAFAUNE (AVIFAUNE MARINE, AVIFAUNE MIGRATRICE, MAMMIFÈRES MARINS, GRANDS PÉLAGIQUES) ET DES CHIROPTÈRES	114
10.1	INTRODUCTION RELATIVE AUX PROTOCOLES MEGAFaUNE MARINE PROPOSES	114
10.1.1	Présentation succincte du prestataire et de ses compétences en matière de suivi de la mégafaune.....	114
10.1.2	Protocoles retenus dans le cadre des état initiaux de l'A06.....	116
10.1.2.1	Effort d'échantillonnage des suivis visuels par bateau dans le cadre des états initiaux A06 :	120
10.1.2.2	Choix des technologies de suivis digitaux dans le cadre des états initiaux A06 :	120
10.1.2.3	Suivi des mammifères marins par expertises acoustiques passives	121
10.1.2.4	Campagnes d'acquisition de données complémentaires dans le cadre de MIGRALION	121
10.1.2.5	Mise en place d'une bouée multi-instrumentée d'acquisition de données sur les oiseaux, mammifères marins et chiroptères.....	122
10.1.3	Synthèse des propositions de protocoles et efforts d'expertise	122
10.2	EXPERTISES DIGITALES HAUTE ALTITUDE - SYSTEME VIDEO HiDEF GEN 2.5	124
10.2.1	Fiche protocole synthétique	124
10.2.2	Protocole détaillé.....	128
10.2.2.1	Objectifs et principe.....	128
10.2.2.2	Description du protocole	128

	10.2.2.2.1	Effort d'échantillonnage.....	128
	10.2.2.2.2	Paramètres mesurés.....	133
	10.2.2.2.3	Traitement et analyse des enregistrements	133
	10.2.2.2.4	Calendrier du protocole	136
10.2.2.3		Moyens utilisés.....	136
	10.2.2.3.1	Moyens matériels employés.....	136
	10.2.2.3.2	Moyens aériens.....	138
	10.2.2.3.3	Sécurité et habilitations	138
	10.2.2.3.4	Autorisations.....	138
	10.2.2.3.5	Mutualisation éventuelle	139
10.2.2.4		Données collectées lors des expertises aériennes digitales Haute altitude.	139
10.2.2.5		Compilation des données collectées et préparation aux traitements ultérieurs	139
10.2.2.6		Risques	142
10.3		EXPERTISES VISUELLES PAR BATEAU	143
10.3.1		Fiche protocole synthétique	143
10.3.2		Protocole détaillé.....	148
	10.3.2.1	Objectifs et principe.....	148
	10.3.2.2	Description du protocole	148
	10.3.2.2.1	Effort d'échantillonnage.....	148
	10.3.2.2.2	Paramètres mesurés.....	152
	10.3.2.2.3	Calendrier du protocole	153
10.3.2.3		Moyens utilisés.....	153
	10.3.2.3.1	Moyens matériels employés.....	153
	10.3.2.3.2	Personnel mobilisé	154
	10.3.2.3.3	Moyens nautiques	154
	10.3.2.3.4	Sécurité et habilitations	158
	10.3.2.3.5	Autorisations.....	158
	10.3.2.3.6	Mutualisation	158
10.3.2.4		Réalisation des expertises en mer.....	159
10.3.2.5		Avant la sortie	159
10.3.2.6		Pendant la sortie	159
10.3.2.7		Données collectées lors des inventaires.....	161
10.3.2.8		Compilation des données collectées et compte-rendu de campagne.....	164
	10.3.2.8.1	Après la sortie	164
	10.3.2.8.2	Compte-rendu de campagne	164
10.3.2.9		Risques	164
10.4		EXPERTISES VISUELLES PAR AVIONS	166
10.4.1		Fiche protocole synthétique	166
10.4.2		Protocole détaillé.....	170
	10.4.2.1	Objectifs et principe.....	170
	10.4.2.2	Description du protocole	170
	10.4.2.2.1	Effort d'échantillonnage.....	171
	10.4.2.2.2	Paramètres mesurés.....	174
	10.4.2.2.3	Calendrier du protocole	175
10.4.2.3		Moyens utilisés.....	175

10.4.2.3.1	Moyens matériels employés.....	175
10.4.2.3.2	Personnel mobilisé	175
10.4.2.3.3	Sécurité et habilitations	175
10.4.2.3.4	Autorisations.....	176
10.4.2.3.5	Moyens aériens.....	176
10.4.2.3.6	Mutualisation	177
10.4.2.4	Réalisation des expertises en mer.....	177
10.4.2.4.1	Avant la sortie	178
10.4.2.4.2	Pendant la sortie.....	178
10.4.2.4.3	Données collectées lors des inventaires	180
10.4.2.5	Compilation des données collectées	182
10.4.2.5.1	Après la sortie	182
10.4.2.5.2	Compte-rendu de campagne	182
10.4.2.6	Risques	182
10.5	EXPERTISES ACOUSTIQUES PASSIVES MAMMIFERES MARINS	183
10.5.1	Généralités sur l'acoustique sous-marine.....	183
10.5.1.1	Les étapes pour comprendre les effets du bruit sur la faune marine	183
10.5.1.2	Niveaux sonores et gamme fréquentielle d'un large panel d'activités anthropiques.....	183
10.5.1.3	Gammes fréquentielles de l'audition animale et des bruits anthropiques... ..	184
10.5.1.4	Méthode générale d'élaboration d'un état sonore initial.....	185
10.5.2	Données bibliographiques acoustique sous-marine.....	187
10.5.2.1	Connaissances disponibles pour le Golfe de Lion.....	187
10.5.3	Compléments sur l'analyse bibliographique	191
10.5.4	Fiche protocole synthétique	195
10.5.5	Protocole détaillé.....	198
10.5.5.1	Objectifs.....	198
10.5.5.2	Description du protocole	198
10.5.5.2.1	Effort d'échantillonnage.....	198
10.5.5.2.2	Paramètres mesurés.....	205
10.5.5.2.3	Acquisition des données en mer	205
10.5.5.2.4	Moyens utilisés	237
10.5.5.2.5	Analyse des risques et solutions de réduction	241
10.6	MAVEO : SUIVI DE LA FREQUENTATION ET DES DEPLACEMENTS DES VERTEBRES EN MER A L'AIDE D'UN OBSERVATOIRE FLOTTANT	246
10.6.1	Fiche protocole synthétique	246
10.6.2	Protocole détaillé.....	249
10.6.2.1	Objectifs.....	249
10.6.2.2	Description du protocole	250
10.6.2.2.1	Effort d'échantillonnage.....	250
10.6.2.2.2	Paramètres mesurés.....	252
10.6.2.2.3	Carte de représentation schématique du protocole	257
10.6.2.2.4	Moyens utilisés	257
10.6.2.3	Personnel mobilisé	258
10.6.2.4	Moyens nautiques.....	258
10.6.2.4.1	Mutualisation	258

10.6.2.5	Risques	258
10.7	CAMPAGNES EN MER COMPLEMENTAIRES DANS LE CADRE DU PROGRAMME MIGRALION	259
10.7.1	Rappel des objectifs du programme d'acquisition de données MIGRALION.....	259
10.7.2	Méthodes d'acquisition mises en œuvre dans le cadre du lot 4 : Campagne en mer par bateau.....	261
10.7.3	Résultats synthétiques de la première année de suivi 2022.....	262
10.7.3.1	Observations visuelles	262
10.7.3.2	Expertises acoustiques oiseaux	266
10.7.3.3	Expertises acoustiques chiroptères	267
10.7.3.4	Expertises radars.....	269
10.7.3.4.1	Technologies déployées.....	269
10.7.3.4.2	Premiers résultats des suivis Radar pour 2022	270
10.7.4	Justification de la proposition de financement de campagnes complémentaires dans le cadre du programme MIGRALION.....	273
10.7.5	Fiches protocoles synthétiques	276
10.7.5.1	Expertises par radars embarqués (lot 4).....	276
10.8	TRAITEMENTS, ANALYSES DES DONNEES ET LIVRABLES.....	279
10.8.1	Traitements des données collectées / analyses biostatistiques, cartographiques (illustrations)	279
10.8.1.1	Organisation du traitement des données.....	279
10.8.1.2	Traitement des données	279
10.8.1.2.1	Description temporelle de la phénologie.....	280
10.8.1.2.2	Densités des données oiseaux en vols issues des campagnes nautiques : la méthode du Snapshot.....	281
10.8.1.2.3	Densités des données oiseaux/mégafaune issues des campagnes aériennes + des oiseaux posés/mégafaune avec moins de 60 observations issues des campagnes nautiques : la méthode Strip-transect	282
10.8.1.2.4	Densités des données oiseaux posés et la mégafaune marine (bateau uniquement) avec plus de 60 observations : la méthode Distance-sampling	282
10.8.1.2.5	Incertitudes des estimations de densités et barres d'erreur : La méthode du bootstrap.....	283
10.8.1.3	Densité cumulée des oiseaux pour les campagnes nautiques :.....	284
10.8.1.4	Répartition spatiale des observations	285
10.8.1.4.1	Cartes des observations brutes par saison	286
10.8.1.4.2	Cartes de densité par maille.....	286
10.8.1.5	Analyses complémentaires.....	287
10.8.1.5.1	Analyse des comportements de vol.....	288
10.8.2	Livrables attendus	289
10.8.2.1	Rapports de mission	289
10.8.2.2	Rapports intermédiaires	289
10.8.2.3	Rapport final.....	290
11	MESURES ACOUSTIQUES AÉRIENNES.....	291
11.1	FICHE PROTOCOLE SYNTHETIQUE	291
11.2	PROTOCOLE DETAILLE.....	294

11.2.1	Objectifs.....	294
11.2.2	Description du protocole	295
11.2.2.1	Effort d'échantillonnage.....	295
11.2.2.2	Paramètres mesurés	295
11.2.2.3	Traitement et analyse de données.....	295
11.2.2.4	Calendrier du protocole	297
11.2.3	Carte de représentation schématique du protocole	298
11.2.4	Moyens utilisés.....	300
11.2.4.1	Moyens matériels employés.....	300
11.2.4.2	Personnel mobilisé	301
11.2.4.3	Moyens nautiques.....	301
11.2.4.4	Mutualisation éventuelle	301
11.2.5	Risques	301
BIBLIOGRAPHIE.....		302
ANNEXE		306
	Annexe 1. Données d'acoustique sous-marine.....	307

TABLE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Les différents intervenants de l'étude et leurs composantes environnementales respectives.....	3
Figure 2 : Niveaux de concentration en fonction de la médiane nationale issue du ROCCH	14
Figure 3 : Sonde Wimo et ses capteurs © NKE fabricants	19
Figure 4 : sonde YSI ExO-3-M.....	19
Figure 5 : Dispositifs gérés par P2A Développement en Méditerranée © P2A développement	21
Figure 6 : Exemple de DGT et de POCIS posés en lagon (source IFREMER).....	22
Figure 7 : NEEEXO et son portique de mise à l'eau des instruments (sondes, bennes, sonars, filet à plancton).....	23
Figure 8 : Planning du protocole.....	28
Figure 9 : NEEEXO et son portique de mise à l'eau des instruments (filet à plancton, sonde, benne, etc.)	31
Figure 10 : Exemple de zooplancton (sources : crédits photo PMGL, Blogenclasse et P2A Développement)	36
Figure 11 : Planning du protocole.....	37
Figure 12 : NEEEXO et son portique de mise à l'eau des instruments (filet à plancton, sonde, benne, etc.)	40
Figure 13 : Exemple de résultats de granulométrie par tamisage.....	52
Figure 14 : Valeurs seuils utilisées pour définir le bon état écologique des sédiments marins (OSPAR)	53
Figure 15 : Exemple de restitution des données pour la plupart des paramètres à étudier, intégrant le cas échéant les éventuelles normalisations et les comparaisons aux seuils réglementaires N1 / N2, et OSPAR.	55
Figure 16 : Photos prises en microscopie photonique des kystes de dinoflagellés présents dans le sédiment des stations échantillonnées en rade de Brest.	57
Figure 17 : Illustration des moyens matériels	61
Figure 18 : Navire ONYX de la société FOSSELEV	62
Figure 19 : Proportion des différentes classes granulométriques	72
Figure 20 : Densité et richesse spécifique stationnelles	73
Figure 21 : Zoom sur les espèces principales et effectifs associés	73
Figure 22 : Illustration d'espèces benthiques	73
Figure 23 : Exemple d'analyse multivariée et synthèse des paramètres par station	74
Figure 24 : Illustration de captures d'écran via la vidéo tractée HD	75
Figure 25 : Illustration des moyens matériels	78
Figure 26 : Navire ONYX de la société FOSSELEV	79
Figure 27 : Vue de la chaussette de réducteur de maille pour la capture des individus les plus petits.....	83
Figure 28 : Arts dormants des pêcheurs de petits métiers (source : P2A Développement).....	84
Figure 29 : Déroulement d'une campagne de chalut ou de filet	86
Figure 30 : Traitement de captures directement à bord (source : SEANEO).....	88
Figure 31 : Planning du protocole.....	89
Figure 32 : Planning du protocole.....	99
Figure 33 : NEEEXO et son portique de mise à l'eau des instruments (filet à plancton, sonde, benne, etc.)	102
Figure 34 : Vue et mise en œuvre de l'AUV Seaber Yuco.....	106
Figure 35 : Planning du protocole.....	109
Figure 36 : NEEEXO et son portique de mise à l'eau des instruments (filet à plancton, sonde, benne, etc.)	112
Figure 37 : Compartiments traités par le biais des différentes techniques et protocoles de suivi proposés dans le cadre de l'AO6	116
Figure 38 : Représentation schématique des distances et aires couvertes (c) BioConsult SH	132
Figure 39 : Fou de Bassan (source : BioConsult SH / HiDef)	134
Figure 40 : Mouette tridactyle et Labbe parasite (source : BioConsult SH / HiDef)	134
Figure 41 : Phoque gris (source : BioConsult SH / HiDef)	135
Figure 42 : Requin pélerin (source: BioConsult SH / HiDef	135
Figure 43 : Coffret intégrant l'ensemble des équipements informatiques, serveur, disques SSD installé dans un P68 (HiDef)	137
Figure 44 : Ordinateur de contrôle du système caméra (source : HiDef aerial surveying).....	137

Figure 45 : Système caméras HiDef GEN 2.5 au sein de son coffre de protection et câbles de connexion vers le serveur.....	137
Figure 46 : Vue caméras sous l'avion (source: HiDef aerial surveying).....	137
Figure 47 : Exemple de table descriptive des données collectées en temps réel.....	141
Figure 48 : Pré-analyse des données collectées sous R.....	141
Figure 49 : Exemple de bilan de sortie après campagne par avion (suivis aériens digitaux).....	142
Figure 50 : Tablette de terrain.....	154
Figure 51 : Formulaire de la tablette au moment de renseigner les conditions météorologiques.....	154
Figure 52 : Photographie du Marilou, navire de la société Catalogne Transports Maritimes.....	155
Figure 53 : Caractéristiques du navire Le Marilou (CTM).....	155
Figure 54 : Photographie du Topaze et de l'Agate, navires de la société Foselev Marine.....	156
Figure 55 : Caractéristiques du navire le Topaze (Foselev Marine).....	156
Figure 56 : Caractéristiques du navire l'Agate (Foselev Marine).....	157
Figure 57 : Photographie du navire l'Onyx (compagnie Foselev Marine).....	157
Figure 58 : Principe de l'observation en mer sur la zone d'échantillonnage (Source : Bretagne vivante & Biotope, 2018).....	160
Figure 59 : Cadran géoréférencé du formulaire de saisie sur tablette de terrain. Le point noir au centre est la localisation du navire en navigation. Des cercles gris sont schématisés tous les 100 m à distance du navire.....	160
Figure 60 : Formulaire de saisie d'une observation, qui s'affiche à droite de l'interface de la tablette, après avoir positionnée l'observation sur le cadran.....	160
Figure 61 : Exemple de tableaux de synthèse présents dans le compte rendu d'une campagne nautique.....	164
Figure 62 : Moyens aériens envisagés pour les expertises visuelles en avion.....	177
Figure 63 : Interface du logiciel SAMMOA lors d'une campagne aérienne.....	179
Figure 64 : Les différentes étapes pour comprendre les effets du bruit sur la faune marine.....	183
Figure 65 : Niveaux sonores des bruits émis par les activités humaines en mer.....	184
Figure 66 : Bandes fréquentielles d'écoute privilégiées pour différents groupes d'animaux superposées aux fréquences des sons anthropiques.....	185
Figure 67 : Illustration de la variabilité saisonnière de la propagation le long d'un transect de 100 km de long dans le golfe du Lion [A] lancer de rayon décembre-janvier, [B] lancer de rayon juin-juillet-août, [C,D] pertes en transmission à 512 Hz , en hivers la propagation est favorisée par un canal de propagation de subsurface (flèche f1) qui disparaît en été.....	186
Figure 68 : Cartographie de la distribution de signaux bioacoustiques de dauphins (grand dauphin, dauphin bleu et blanc) du Golfe du Lion réalisée par CHORUS en septembre 2021, chaque station de mesure correspondant à 1 heure d'écoute, en haut détection de clics, en bas détection de sifflements. ...	190
Figure 69 : Position et mouillage déployée depuis mai 2022 par le SHOM, l'OFB et CHORUS.....	191
Figure 70 : Carte des sites de suivis environnementaux par acoustique passive opérés par CHORUS.....	192
Figure 71 : Programmes de cartographie acoustique opérés par la structure.....	194
Figure 72 : Ligne d'amarrage et instrumentation proposées.....	206
Figure 73 : Indicateur de bon démarrage des enregistreurs par led lumineuse.....	207
Figure 74 : Illustration des opérations – phase 2 du déploiement.....	208
Figure 75 : Illustration des opérations – phase 3 du déploiement.....	209
Figure 76 : Illustration des opérations – phase 4 du déploiement.....	209
Figure 77 : Illustration des opérations – phase 5 du déploiement.....	210
Figure 78 : Illustration des opérations – phase 6 du déploiement.....	211
Figure 79 : Illustration des opérations – phase 7 du déploiement.....	212
Figure 80 : Phasage de récupération de la ligne de mouillage.....	212
Figure 81 : Illustration des opérations – phase 1 de la récupération.....	213
Figure 82 : Illustration des opérations – phase 2 de la récupération.....	213
Figure 83 : Illustration des opérations – phase 3 de la récupération.....	214
Figure 84 : Illustration des opérations – phase 4 de la récupération.....	215
Figure 85 : Illustration des opérations – phase 6 de la récupération.....	215
Figure 86 : Illustration des opérations – phase 5 de la récupération.....	215
Figure 87 : Méthodologie de traitement.....	220
Figure 88 : Illustration de nos capacités de traitement de longues séries de données, projet BDACLIC avec Pêches et Océans, Canada, [1] 10 positions de mesure pendant 16 mois dans le Saint Laurent pour décrire la fréquentation des bélugas, [2] exemples de détection d'un train de clics de béluga par Intelligence Artificielle,[3] série temporelle du nombre de clics par jour sur 1 année d'observation,[4] Analyse de la fréquentation, les lignes obliques montrent que la fréquentation est pilotée par la marée.....	221
Figure 89 : Utilisateurs de la plateforme de modélisation Quonops©.....	222
Figure 90 : Création d'atlas acoustiques du bruit ambiant de bassins maritimes avec Quonops©.....	223
Figure 91 : Principe de Quonops©, système opérationnel global de prédiction du bruit anthropique.....	225

Figure 92 : Comparaison de 8 modèles de propagation du bruit sous-marin dans le cadre des projets européens AQUO et SONIC. Quonops© utilise RAM (Collins, 1994) et Bellhop	226
Figure 93 : Graduation des risques biologiques en fonction de l'éloignement à la ou les sources de bruit anthropique	228
Figure 94 : Méthodologie proposée pour la réalisation de la prestation	229
Figure 95 : Gabarit de source sonore permettant de modéliser le bruit généré par l'opération de forage pour une tête de 91cm (Nedwell, Jeremy; Langworthy, John; Howell, 2004; Nedwell & Brooker, 2008).Ce spectre sera adapté aux caractéristiques propres de l'atelier.	230
Figure 96 : Gabarit théorique de source sonore localisée près du fond permettant de modéliser le bruit généré par l'opération de dragage.	231
Figure 97 : Grand nombre de mesures du niveau sonore émis par une drague aspiratrice en marche en fonction de la fréquence. Source : Quiet-Oceans.	231
Figure 98 : Grand nombre de mesures du niveau sonore émis par une drague à pelle sur barge en fonction de la fréquence. Source : Quiet-Oceans.	231
Figure 99 : Fonction de sensibilité auditive des différentes catégories de mammifères marins selon (NOAA, 2018) et (Southall, et al., 2019) et de poissons et tortues selon (Popper, et al., 2014)	234
Figure 100: Ligne d'amarrage et instrumentation proposées	237
Figure 101 : Composantes de la ligne de mouillage, [1] largueurs acoustiques montés en tandem, [2] enregistreur acoustique RTSYS LP440, [3] courbe d'étalonnage de l'hydrophone COLMAR GP1190 avec sa courbe d'étalonnage, [4] détecteur de clics F-POD	239
Figure 102 : Photo du Onyx, navire de Foselev Marine.....	241
Figure 103: Schéma du process d'analyse et de sécurisation des données	255
Figure 104 : Capture d'écran du logiciel Hypervisor	256
Figure 105 : Schéma de fonctionnement et gestion de la plateforme flottante du programme MAVEO	257
Figure 106: Opération de déploiement de la plateforme d'AKROCEAN	258
Figure 107 : Présentation de l'articulation entre les différents lots d'acquisition de données du programme MIGRALION	260
Figure 108 : Calendrier / avancement du programme MIGRALION	260
Figure 109 : Types d'expertises mobilisées pendant les campagnes MIGRALION	261
Figure 110 : Transects à réaliser pour chaque campagne en mer - 2 fois par période de migration des oiseaux, soit 4 fois par an.....	262
Figure 111 : Observations réalisées au cours des campagnes du printemps 2022 (image ©Biotope).....	263
Figure 112 : Observations réalisées au cours des campagnes de l'automne 2022 (image ©Biotope).....	264
Figure 113 : Exemple de cartes des observations brutes dont l'échelle de taille des points est proportionnelle au nombre d'individus pour les groupes de moins de 10 (quantile à 95% des tailles de groupe) puis limité à cette taille maximum au-delà.	265
Figure 114 : Exemple de phénologie de densité (ind/km ²) pour les oiseaux posés et en vol dans les snapshots	265
Figure 115 : Exemple d'histogramme des altitudes de vol pour les hirondelles et martinets	266
Figure 116 : Observations par enregistrement acoustiques réalisées au cours des campagnes 2022 pour les chiroptères. (image ©Biotope).....	267
Figure 117 : Observations par enregistrement acoustiques réalisées au cours des campagnes 2022 pour les chiroptères. (image ©Biotope).....	268
Figure 118: Installation du radar vertical sur la grue du bateau (flèche rouge). Image et photo ©Biotope	269
Figure 119 : Exemples de données radar obtenues en mode vertical.....	270
Figure 120: Exemples de données radar obtenues en mode horizontal.....	270
Figure 121 : Superposition des zones d'implantations possibles et des expertises radar mises en œuvre dans le cadre des campagnes MIGRALION (lot 4 : Campagnes en mer et lot 5 : Radar à la cote)	274
Figure 122 : Observations des principaux oiseaux terrestres migrateurs ou migrateurs partiels dans la région du golfe du Lion au cours de l'année en fonction des différentes phases de leur cycle annuel (phénologie) entre 2013 et 2021.	275
Figure 123 : Cartographie de la distribution de signaux bioacoustiques de dauphins (grand dauphin, dauphin bleu et blanc) du Golfe du Lion réalisée par CHORUS en septembre 2021, chaque station de mesure correspondant à 1 heure d'écoute, en haut détection de clics, en bas détection de sifflements. ...	310
Figure 124 : Position et mouillage déployée depuis mai 2022 par le SHOM, l'OFB et CHORUS.....	311
Figure 125 : Carte des sites de suivis environnementaux par acoustique passive opérés par CHORUS	312
Figure 126 : Programmes de cartographie acoustique opérés par la structure	314

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Tableau des objectifs définis par le SDAGE 2022-2027 Rhône Méditerranée pour les masses d'eau côtières et de transition	8
Tableau 2 : Synthèse de l'effort d'échantillonnage pour le suivi ponctuel de la qualité de l'eau	10
Tableau 3 : Paramètres mesurés par la sonde multi paramètres et précisions	11
Tableau 4 : Normes et limites de quantification (LQ) pour la matrice eau de mer	12

Tableau 5 : Normes et limites de quantification (LQ) pour la matrice biote	13
Tableau 6 : Planning du protocole de suivi ponctuel des eaux	15
Tableau 7 : Répartition de l'effort d'échantillonnage pour la zone 1	50
Tableau 8 : Répartition de l'effort d'échantillonnage pour la zone 2	50
Tableau 9 : Planning du protocole	58
Tableau 10 : Répartition de l'effort d'échantillonnage pour la zone 1	70
Tableau 11 : Répartition de l'effort d'échantillonnage pour la zone 2	70
Tableau 12 : Planning du protocole	75
Tableau 13 : Planning du protocole d'expertises digitales haute altitude par avion	136
Tableau 14 : Données collectées lors des expertises aériennes digitales pour les observations de la mégafaune marine	139
Tableau 15 : Base de données compilant des données collectées lors des expertises digitales	140
Tableau 16 : Fiche protocole synthétique des expertises nautiques visuelles	143
Tableau 17 : Planning du protocole d'expertises visuelles par bateau	153
Tableau 18 : Données collectées pour les observations de la mégafaune marine (formulaire QField BIOTOPE)	161
Tableau 19 : Données récoltées sur les conditions météorologiques	163
Tableau 20 : Fiche protocole synthétique des expertises visuelles par avion	166
Tableau 21 : Planning du protocole d'expertises visuelles par avion	175
Tableau 22 : Données collectées pour les observations de la mégafaune marine	180
Tableau 23 : Données récoltées sur les conditions météorologiques	181
Tableau 24 : Statistiques des niveaux sonores dB re. 1µPa en fonction de la bande fréquentielle et de la profondeur de mesure	191
Tableau 25 : Liste des programmes de suivis environnementaux à partir d'écoutes longues	192
Tableau 26 : Liste des programmes de cartographies acoustiques	194
Tableau 27 : Localisation des sites d'écoute pour la zone 1 (en Lambert 93)	202
Tableau 28 : Localisation des sites d'écoute pour la zone 2	203
Tableau 29 : Phasage du déploiement de la ligne de mouillage	208
Tableau 30 : Références scientifiques relatives à BIOSOUND et RAMDAM	217
Tableau 31 : Groupes d'espèces considérés dans l'étude et seuils de sensibilité associés (sources : (Southall et al., 2019), (NOOA, 2018) (Popper, et al., 2014)) – NA : non disponible dans le consensus scientifique international	234
Tableau 32 : Agenda prévisionnel de l'étude acoustique sous-marine	236
Tableau 33 : Répartition des activités entre CHORUS et Quiet-Oceans	240
Tableau 34 : Identification des risques et solutions de réduction des risques – déploiement de la ligne de mouillage	242
Tableau 35 : Identification des risques et solutions de réduction des risques – récupération de la ligne de mouillage	244
Tableau 36 : Synergies (+++) et incompatibilités (---) pressenties entre capteurs	251
Tableau 37 : Périodes et fréquences d'acquisition des données par capteurs	252
Tableau 38 : Etude par compartiment biologique des changements d'état écologique à partir des données de la bouée MAVEO	254
Tableau 39 : Planning du protocole MAVEO	256
Tableau 40: Extrait d'images acquises au radar vertical au cours de la nuit du 27 au 28 octobre 2022, durant laquelle d'importants mouvements migratoires ont eu lieu (heure UTC)	271
Tableau 41: Extrait d'images acquises au radar vertical au cours de la nuit du 28 au 29 octobre 2022, durant laquelle d'importants mouvements migratoires ont eu lieu (heure UTC)	272
Tableau 42 : Statistiques des niveaux sonores dB re. 1µPa en fonction de la bande fréquentielle et de la profondeur de mesure	311
Tableau 43 : Liste des programmes de suivis environnementaux à partir d'écoutes longues	312
Tableau 44 : Liste des programmes de cartographies acoustiques	314

LISTE DES CARTES

Carte 1: Proposition de protocole de suivi digital haute altitude pour la zone 1	130
Carte 2 : Proposition de protocole de suivi digital haute altitude pour la zone 2	131
Carte 3 : Proposition de protocole de suivis nautiques visuels pour la zone	150
Carte 4 : Proposition de protocole de suivis nautiques visuels pour la zone 2	151
Carte 5 : Proposition de protocole de suivis visuels par avion pour la zone 1 avec des transects espacés de 4 km	172
Carte 6 : Proposition de protocole de suivis visuels par avion pour la zone 1 avec des transects espacés de 4 km	173

Carte 7: Cartographie du bruit ambiant obtenue par simulation par le SHOM pour renseigner le descripteur D11 DCSMM	188
Carte 8 : Cartographie du bruit ambiant du Golfe du Lion réalisée par CHORUS en septembre 2021, chaque station de mesure correspondant à 1 heure d'écoute	189
Carte 9: Localisation des sites de mesures acoustiques pour la zone 1 et la zone 2	201
Carte 10 : Localisation des sites d'écoute pour la zone 1	203
Carte 11 : Localisation des sites d'écoute pour la zone 2	204
Carte 12 : Exemple d'empreinte (ou émergence) sonore du bruit d'une activité de battage de pieu au-dessus du bruit initial déjà existant. La cartographie est réalisée en large bande à gauche et dans la bande de sensibilité des cétacés moyennes fréquences à droit	232
Carte 13 : Exemple de cartographie du risque acoustique. Source : Quiet-Oceans.....	233
Carte 14: Cartographie du bruit ambiant obtenue par simulation par le SHOM pour renseigner le descripteur D11 DCSMM	308
Carte 15 : Cartographie du bruit ambiant du Golfe du Lion réalisée par CHORUS en septembre 2021, chaque station de mesure correspondant à 1 heure d'écoute	309

PREAMBULE

Les projets d'installation d'éoliennes en mer s'inscrivent dans le cadre de la loi sur la transition énergétique pour la croissance verte (2015) et la loi énergie climat (2019). Afin de favoriser le développement de l'éolien en mer et atteindre les objectifs fixés dans la Programmation Pluriannuelle de l'Energie, l'Etat, par le Ministère de la Transition Ecologique (MTE), a la charge d'attribuer des projets. Le MTE, qui est le maître d'ouvrage, conduit ainsi la procédure de mise en concurrence (conformément à l'article L. 311-10 du code de l'énergie).

L'État envisage le développement en Méditerranée de parcs éoliens flottants totalisant près de 1,5 GW, et de leur raccordement au réseau électrique. Le projet consiste en l'installation de deux parcs de près de 250 MW chacun, de leurs extensions de près de 500 MW chacune et d'un raccordement mutualisé entre chaque parc de 250 MW et son extension ultérieure. Le raccordement au réseau électrique de ces parcs sera réalisé par RTE (Réseau de transport d'électricité).

En amont du débat public sur ce projet, qui s'est tenu du 12 juillet 2021 au 31 octobre 2021, des travaux entrepris au sein du Conseil maritime de façade ont permis d'identifier des zones d'étude pour l'implantation des parcs commerciaux dans le golfe du Lion, entre la frontière espagnole et le golfe de Fos-sur-Mer. Ces quatre macro-zones (A, B, C, D) recouvrent une superficie totale de plus de 3 300 km² en mer. Pour chaque macro-zone, une zone d'étude pour le raccordement électrique a été définie, comprenant une zone d'étude en mer et une zone d'étude à terre.

Suite au débat public, la ministre de la Transition Ecologique a, dans sa décision du 17 mars 2022, acté la poursuite du projet. Ainsi, 3 zones ont été retenues pour accueillir ces parcs. La superficie de ces zones est présentée sur la carte ci-dessous. Parmi ces 3 zones, 2 seront retenues au cours de la procédure de mise en concurrence lancée en mars 2022.

La procédure d'autorisation pour la construction d'un projet de parc éolien en mer et de son raccordement est composée de plusieurs étapes, dont les premières sont à la charge de l'État depuis la loi pour un État au service d'une société de confiance (ESSOC) du 10 août 2018 incluant la réalisation de l'état actuel de l'environnement de la zone sur laquelle portera la procédure de mise en concurrence. Il permet de décrire l'environnement avant la réalisation du projet conformément à l'article R. 122-5 du Code de l'Environnement.

Le groupement BRLi – Biotope est titulaire du marché d'études visant à caractériser l'état actuel de l'environnement, conformément à l'article R. 122-5 du Code de l'Environnement, des zones maritimes en Méditerranée en vue de l'implantation des parcs éoliens flottants. Le présent rapport fait suite à la notification du marché de caractérisation de l'état actuel de l'environnement de la zone maritime et de la zone terrestre pour l'implantation et le raccordement du parc éolien en mer des zones 1 et 2 de l'AO6 Méditerranée.

Pour mémoire, le marché d'études comprend en première phase la réalisation des **Etudes préliminaires** :

- **Première phase : synthèse bibliographique** présentant un état environnemental de la zone avec les données disponibles et identification des lacunes en termes de données et mesures *in situ* nécessaires pour compléter, actualiser, confirmer ou infirmer les données disponibles ;
- **Seconde phase : définition des protocoles** permettant d'acquérir les données nécessaires à la définition de l'Etat actuel de l'environnement au titre de l'article R122-5 du Code de l'Environnement.



L'analyse porte sur le milieu marin, littoral et terrestre concerné par le projet de parc éolien et son raccordement à l'échelle de l'aire d'étude éloignée.

Le présent rapport présente les protocoles proposés à la DGEC pour servir l'état initial et l'amélioration des connaissances dans l'aire d'étude éloignée des parcs éoliens flottants de zone 1 et zone 2.



1 EQUIPE MOBILISEE POUR LA DEFINITION ET LA MISE EN ŒUVRE DES CAMPAGNES EN MER

Comme indiqué en introduction, le groupement BRLi – Biotope est titulaire du marché d'études visant à caractériser l'état actuel de l'environnement, conformément à l'article R. 122-5 du Code de l'Environnement, des zones maritimes en Méditerranée en vue de l'implantation des parcs éoliens flottants.

Compte tenu de l'étendue des compétences à mettre en œuvre, mais aussi du caractère multisites de l'opération, BRLi et Biotope s'appuient sur les savoir-faire de partenaires dont une synthèse générale de l'organisation est présentée ci-dessous.

Figure 1 : Les différents intervenants de l'étude et leurs composantes environnementales respectives

	OCCITANIE – LOT 1	PACA – LOT 2
Qualité de l'eau	P2A - prélèvements (& Galatea - protocole)	P2A - prélèvements (& Galatea - protocole)
Plancton	P2A - prélèvements et protocole (& HYDRECO et POS3IDON)	P2A- prélèvements et protocole (& HYDRECO et POS3IDON)
Qualité des sédiments	P2A - prélèvements (& IDRA Bio - protocole)	IDRA Bio & Littoral
Peuplements et habitats benthiques	Benthos de substrats meubles : P2A – prélèvements (& IDRA Bio - protocole)	IDRA Bio & Littoral – Galatea
Avifaune migratrice et marine	Biotope (& LPO Occitanie/Tour du Valat/Aude Nature)	Biotope (& LPO Occitanie/Tour du Valat/Aude Nature)
Chiroptères en migration	Biotope	Biotope
Mammifères marins, tortues et grands poissons pélagiques	Biotope (& Bio consult SH, HiDef aerial surveying, EcoOcean Institut)	Biotope (& Bio consult SH, HiDef aerial surveying, EcoOcean Institut)
Poissons et méga-invertébrés	Pêches scientifiques : El Group Sonar biométrique et ADN environnemental : P2A – prélèvements et protocole	Pêches scientifiques : SEANEO Sonar biométrique et ADN environnemental : P2A – prélèvements et protocole
Ressources halieutiques de substrats meubles	P2A (prélèvements et protocole)	/
Bruit ambiant sous-marin	EREA Ingénierie	EREA Ingénierie
Bruit ambiant aérien	CHORUS	CHORUS
Tous compartiments faune/flore/habitats terrestres	Biotope	Biotope
Faune aquatique et dulcicole et ADNe	Aquascop	Aquascop Biotope
Appui ADNe	Université de Montpellier	Université de Montpellier
Paysage	INDDIGO (ex-ABIES)	INDDIGO (ex-ABIES)



2 QUALITE DE L'EAU

2.1 FICHE PROTOCOLE SYNTHETIQUE

Le tableau ci-dessous permet de présenter de manière synthétique l'ensemble des caractéristiques du protocole détaillé dans les pages ci-dessus.

-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --	
 MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE	Qualité de l'eau
Suivi par stations ponctuelles	
OBJECTIFS ET PARAMETRES	
<p>Caractériser la qualité des eaux marines par l'acquisition de données sur des suivis stationnels réalisés lors de campagnes en mer et ainsi permettre une interprétation des données observées dans les autres compartiments.</p> <p>Paramètres étudiés :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hydrologiques et physico-chimiques par des mesures à la sonde sur des stations ponctuelles : température, turbidité, salinité, oxygène dissous, pH, fluorescence ; - Prélèvements ponctuels d'eau pour analyses physico-chimiques et bactériologiques (Chlorophylle A, phéopigments, matière organique, nutriments, bactériologie), et analyses de micropolluants (métaux, matières inhibitrices, hydrocarbures, silicium, indium, bromoforme) ; - Suivi intégré de la qualité de l'eau par du caging de moules et analyses dans le biote (métaux, HAP, PCB, TBT), et des échantillonneurs passifs pour l'analyse des métaux dissous (DGT). 	
DESCRIPTION DU PROTOCOLE	
Stratégie d'échantillonnage :	<p>Profils à la sonde sur toute la colonne d'eau et prélèvements d'eau.</p> <p>20 stations ponctuelles :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 5 sur la zone de parc en Occitanie + 5 stations de référence ; - 5 sur la zone de parc en PACA + 5 stations de référence. <p>Caging de moules et DGT : 6 stations semi-permanentes (2 répliquats par station)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1 sur zone fictive Occitanie + 2 stations de référence - 1 sur zone fictive PACA + 2 stations de référence
Effort d'échantillonnage :	<p>Durée : env. 12 mois</p> <p>Fréquence :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mesures in situ (profil CTD) : Trimestrielle = 4 campagnes / an pendant 1 an ; - Prélèvements d'échantillons aux 3 profondeurs pour analyses physico-chimiques et bactériologiques (paramètres liste 1) : Trimestrielle = 4 campagnes / an pendant 1 an



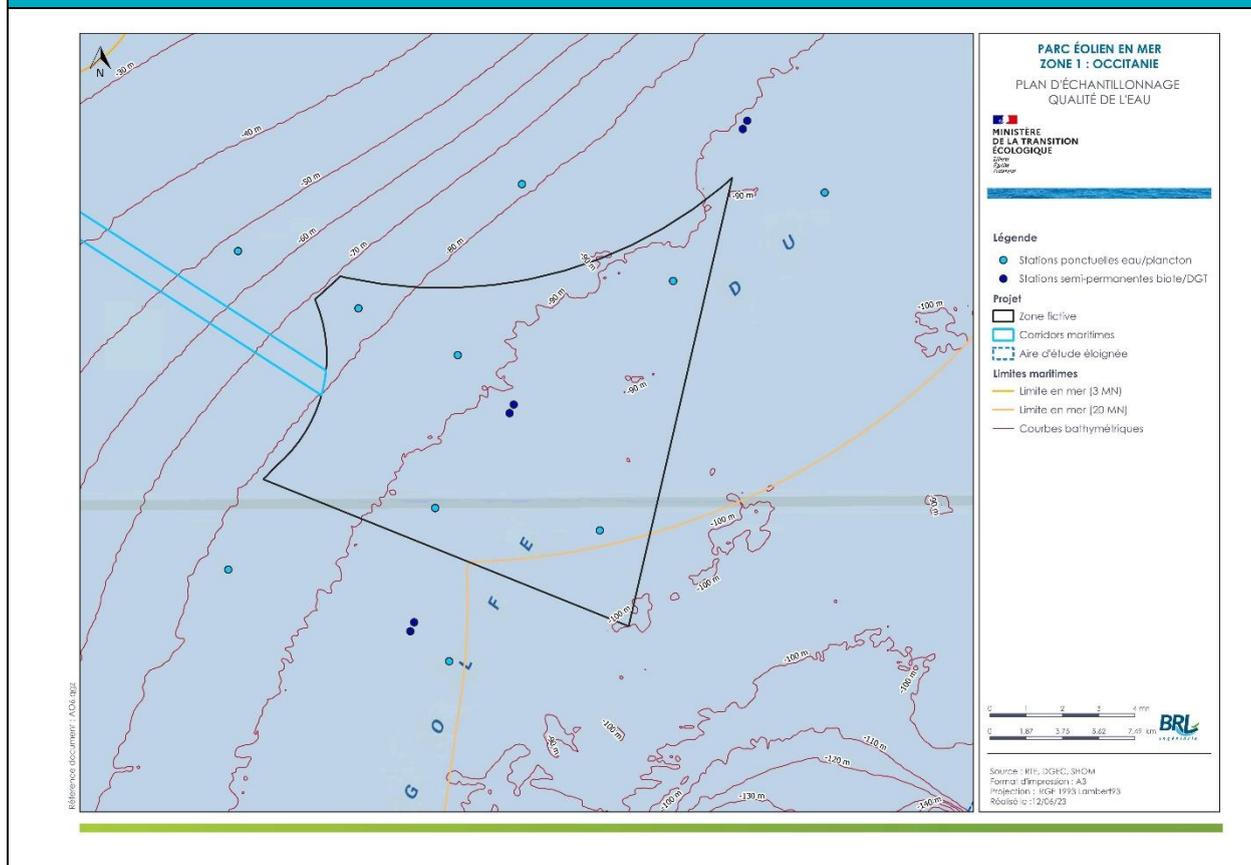
-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --												
	<ul style="list-style-type: none"> - Prélèvements d'échantillons d'eau à 1 profondeur (subsurface, ou à 2 profondeurs si masse d'eau stratifiée : fond et subsurface) pour analyses de micropolluants (liste 2) : Annuelle = 1 campagne / an pendant 1 an ; - Caging de moules pour analyses chimiques et des micropolluants : 1 campagne de 3 mois ; - Echantillonneurs passifs pour analyses des métaux : 4 campagnes pendant 1 an. 											
Paramètres mesurés :	<ul style="list-style-type: none"> - Mesures in situ : température, turbidité, salinité, oxygène dissous, fluorescence, pH - Analyses dans la colonne d'eau : Chlorophylle A, phéopigments, MES, COT (+COD lors de la pose des DGT), composés azotés et phosphorés, fluorures, sulfates, Escherichia coli, entérocoques, Al, Ca, Cd, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Ni, Pb, Zn, Matières inhibitrices, 16 HAP, HCT C10-C40, AOX, silicium, indium, bromoforme - Analyses dans le biote : Métaux, HAP, PCB, antialissures - Analyses sur DGT : Métaux 											
TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNEES												
<ul style="list-style-type: none"> - Analyse spatio-temporelle des données - Comparaison aux Normes de Qualité Environnementale (NQE) et Valeurs guides environnementales (VGE) 												
CALENDRIER DE CAMPAGNE												
Année 1 (2024)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Sonde / An. eau (liste 1)	1		1			1			1			
An. de micropolluants (liste 2)				1								
Caging de moules			1									
DGT				1			1			1		
Année 2 (2025)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Sonde / An. eau (liste 1)												
An. de micropolluants (liste 2)												
Caging de moules												
DGT	1											
<i>An. : Analyse</i>												
MOYENS												
Matériel	<p>Cette surveillance s'opère par des suivis stationnels, les données terrain sont récoltées lors de campagnes en mer :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Station ponctuelle (mesures sonde) : Sonde WiMo (ou YSI ExO-3-M) - Station ponctuelle (prélèvements) : bouteilles Niskin Téflon - Station semi-permanente : poches de moules et DGT sur mouillage 											
Moyens nautiques	Vedette Neexo de P2A											



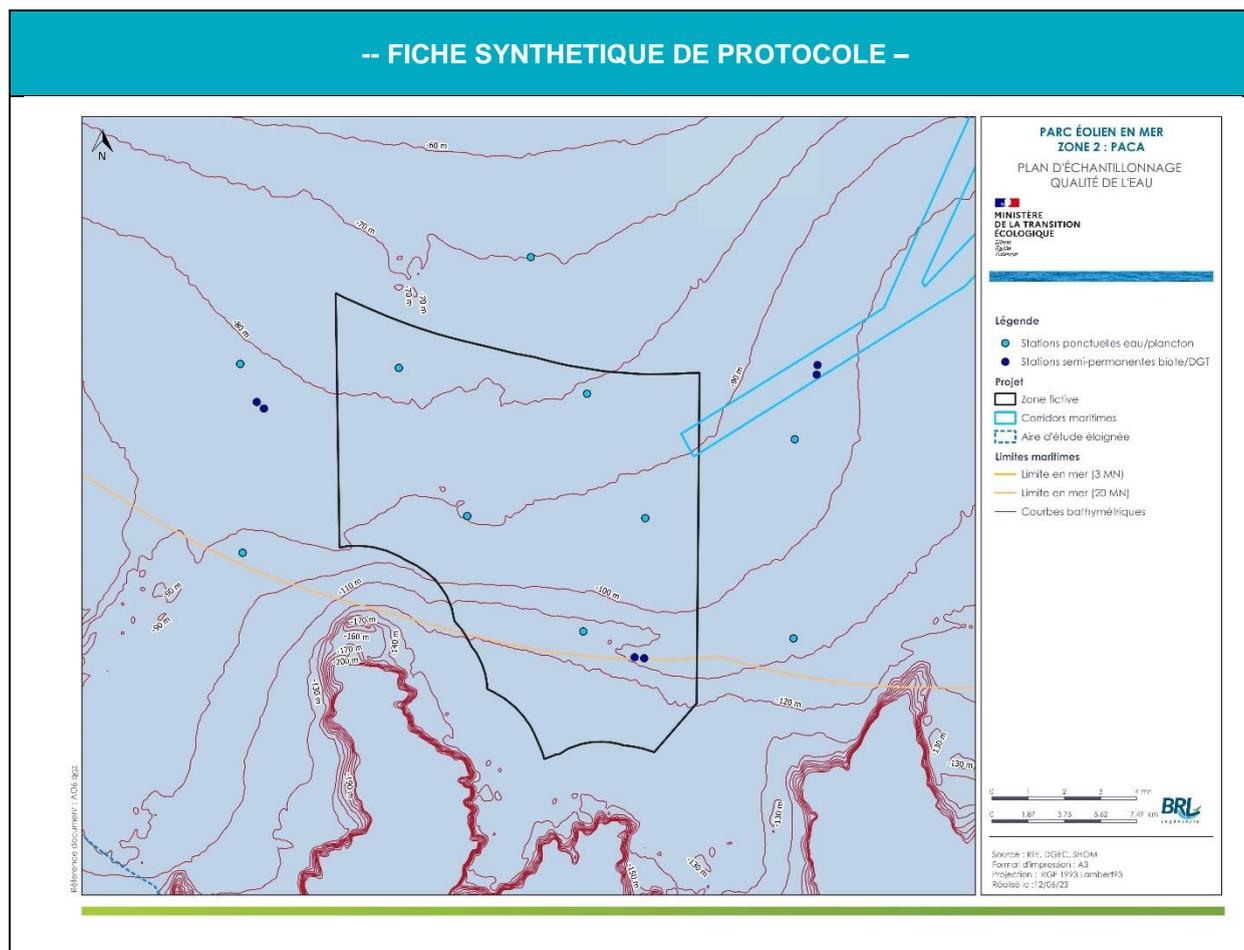
-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --

Mutualisation éventuelle	Plancton
Responsables et équipes mobilisées	Organisme : P2A Responsable : Jean-Yves Jouvenel Suppléant : Adrien Lowenstein
	Organisme : GALATEA Chef de projet : Delphine Valette Suppléant : Brice Durieux
Risque :	Risque de perte ou de casse du matériel déployé - Aléas météorologiques

CARTE DE REPRESENTATION SCHEMATIQUE DU PROTOCOLE



-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --



2.2 PROTOCOLE DETAILLE

2.2.1 Objectifs

Les enjeux sur ce compartiment consistent à caractériser les masses d'eau et leurs variabilités spatio-temporelles, à partir de prélèvements ou de mesures ponctuelles.

L'objectif est de compléter la bibliographie et permettre de déterminer l'état initial de la qualité de l'eau, afin d'évaluer l'éventuel impact du parc éolien sur ce compartiment durant les phases de vie du projet.

La mise en place d'une ligne de mouillage pour le caging de moules nécessite l'obtention d'une Autorisation D'occupation Temporaire (AOT) du domaine public maritime. Cette opération nécessite également la concertation avec la profession de la pêche et gestionnaires d'espaces protégés pour éviter les conflits d'usage.



2.2.2 Description du protocole

2.2.2.1 Effort d'échantillonnage

L'acquisition de données se fera par un suivi stationnel et ponctuel d'un réseau de stations, au moyen d'une sonde multi paramètres et des prélèvements. L'échantillonnage sera réalisé pendant 12 mois, à une fréquence trimestrielle (1 campagne par saison soit 4 campagnes) afin de prendre en compte la variabilité saisonnière et interannuelle.

Dans les deux zones d'étude, les courants sont majoritairement orientés Est/Ouest (courant Ligure). La zone PACA se trouve dans l'influence du panache du Rhône.

Les deux zones fictives se trouvent au large des masses d'eau rappelées ci-dessous :

- Zone 1 (Occitanie) : FRDC02a « Racou Plage – Embouchure de l'Aude »
Cette masse d'eau présente un bon état chimique, atteint en 2015. L'objectif d'atteinte du bon état écologique est repoussé en 2027.
- Zone 2 (PACA) : FRDC04 « Golfe de Fos » à l'Est, FRDT21 « Delta du Rhône » à l'Ouest.
Le Golfe de Fos est identifié comme masse d'eau fortement modifiée (MEFM), en raison de la forte artificialisation du littoral du Golfe de Fos et des nombreuses activités industrielles qui s'y concentrent. L'objectif de bon état chimique a été atteint en 2021 (avec ubiquiste). Concernant l'état écologique, un objectif moins strict (OMS) que le bon état a été fixé pour 2027.
Le Delta du Rhône rentre dans la catégorie des masses d'eau de transition (naturelle). Cette masse d'eau présente un bon état écologique et chimique, tous deux atteints en 2015.

Les objectifs de qualité de ces masses d'eau fixés par le SDAGE 2022-2027 Rhône Méditerranée, sont synthétisés dans les tableaux suivants.

8

Tableau 1 : Tableau des objectifs définis par le SDAGE 2022-2027 Rhône Méditerranée pour les masses d'eau côtières et de transition

Code	Nom	Etat écologique			Etat chimique	Etat chimique	
		Objectif d'état	Échéance	Motif		Objectif d'état	sans ubiquiste
FRDC02a	Racou Plage Embouchure de l'Aude	Bon état	2027	Conditions naturelles	Bon état	2015	2015
FRDC04	Golfe de Fos	OMS	2027	Faisabilité technique	Bon état	2015	2021
FRDT21	Delta du Rhône	Bon état	2015	-	Bon état	2015	2015

Les stations de mesures pour le suivi ponctuel ont été positionnées selon un gradient bathymétrique afin d'échantillonner sur des stations situées à différentes profondeurs. Afin de tendre vers une approche écosystémique, la localisation des stations tiendra compte de celles d'autres compartiments (plancton, poissons et méga-invertébrés). Les stations seront réparties de la manière suivante :

- 5 stations dans la zone fictive Occitanie + 5 stations de référence réparties autour du parc (influence du courant ligure) ;
- 5 stations sur l'aire d'étude PACA + 5 stations de référence réparties autour du parc (influence du panache du Rhône).

La mise en place de lignes de mouillage sera nécessaire pour installer le caging de moules et les DGT, utilisées comme bioindicateur. 6 stations seront mises en place :



- 1 dans la zone fictive Occitanie + 2 stations de référence à l'Est et à l'Ouest
- 1 dans la zone fictive PACA + 2 stations de référence à l'Est et à l'Ouest

Leur position exacte tiendra compte du plan d'échantillonnage des autres compartiments, en évitant notamment la proximité des sédiments et peuplements benthiques de substrat meuble, qui vont générer une remise en suspension des sédiments lors des prélèvements et pourront exercer une influence sur les paramètres mesurés.

2.2.2.1.1 Mesures à la sonde multi paramètres

A chaque station, les paramètres hydrologiques seront mesurés sur la colonne d'eau à l'aide d'une sonde multi paramètres.

La sonde sera descendue à la vitesse de 0,5 m/s jusqu'au fond (garde de protection des capteurs) afin d'acquérir un profil vertical des paramètres mesurés. La fréquence d'acquisition sera réglée sur 1 mesure toutes les 2 secondes. La descente de la sonde sera suivie avec le sondeur de bord afin de bien vérifier l'intégralité du profil.

Les valeurs de la fluorescence enregistrées dans la colonne d'eau permettront de positionner les profondeurs de prélèvement effectué dans une seconde étape à la bouteille.

Le capteur pH des sondes habituellement utilisées lors des campagnes océanographiques (sondes Wimo de chez NKE, et Exo de chez YSI) ne pouvant descendre que jusqu'à 50 m, le pH sera mesuré dans des prélèvements d'eau réalisées à 3 profondeurs (subsurface, mi profondeur ou pic de chlorophylle A, fond).

2.2.2.1.2 Prélèvements d'eau pour analyses

Pour les analyses physico-chimiques et bactériologiques, des prélèvements d'eau seront réalisés à 3 profondeurs par station sur chacune des stations à l'aide d'une bouteille à prélèvement en téflon.

Les trois prélèvements seront réalisés pour trois niveaux bathymétriques :

- 1 en subsurface (1 à 5 m sous la surface),
- 1 à proximité du fond (1 m au-dessus du fond) ;
- Le 3^e soit au niveau du maximum de la fluorescence (indicateur de la concentration de chlorophylle A) constaté si la colonne d'eau est stratifiée, sinon à mi-profondeur.

Pour les analyses de micropolluants, des prélèvements d'eau seront réalisés à 1 profondeur, en subsurface (1 à 5 m sous la surface), par station sur chacune des stations à l'aide d'une bouteille à prélèvement en téflon. Si la masse d'eau s'avère stratifiée (présence d'une thermocline), un second prélèvement sera réalisé au fond (à proximité du fond, soit 1 m au-dessus du fond).

Les échantillons seront conditionnés dans un flaconnage adapté selon les paramètres requis et placés en enceinte réfrigérée. Ils seront ensuite mis en glacière isotherme pour le transport jusqu'au laboratoire. Ils seront déposés chez le transporteur au plus tard le lendemain des prélèvements pour envoi au laboratoire.

Les analyses physico-chimiques et bactériologiques feront l'objet de 4 campagnes, 1 par saison, réparties sur 1 an.

Les analyses des micropolluants feront l'objet d'une seule campagne.



2.2.2.1.3 Caging de moules

Le principe de l'opération est le suivant (protocole RINBIO) :

- Des moules sont récupérées auprès d'un producteur dans un lotissement conchylicole offshore,
- Un échantillon témoin est envoyé au laboratoire pour analyses (état zéro de la contamination des mollusques utilisés pour le caging lors de leur mise en place),
- Trois pochons (triplicat) sont alors immergés à la profondeur de 5 mètres sur une ligne de mouillage pour parer à des mortalités ou la perte d'un pochon (mars-avril),
- Au bout de 3 mois, les pochons sont récupérés avec un navire adapté à la plongée sous-marine. A noter que les mouillages sont maintenus en place pour poursuivre les analyses DGT.
- Les échantillons sont conditionnés en sacs de laboratoire, étiquetés puis mis au froid,
- De retour à quai, les échantillons sont expédiés en glacière au laboratoire.

Deux lignes de mouillage, espacées de plusieurs centaines de mètres, seront mises en place pour chaque station afin de maximiser les chances de retrouver les dispositifs.

2.2.2.1.4 Echantillonneurs passifs

Les DGT constituent une nouvelle technologie pour appréhender la présence de contaminants chimiques biodisponibles. C'est en cela qu'ils se distinguent d'une analyse d'eau c'est qu'ils sont représentatifs de la concentration de contaminant chimiques qui peuvent être absorbés par des organismes vivants. Ces dispositifs doivent être couplés avec le caging de moules car ils sont complémentaires.

Le suivi par échantillonneurs passifs (DGT) sera réalisé sur les mêmes stations que les stations utilisées pour le caging de moules, lors d'une campagne par saison.

Afin de réaliser des mesures moyennes et de parer à toute destruction de capteur, 3 répliqués de DGT seront mis en place par station.

Les DGT seront fixés sur une ligne de mouillage et immergés pendant une durée de 10 à 15 jours maximum et récupérés en plongée. Ils seront conditionnés dans leurs sacs de transport et placés au froid positif et à l'obscurité.

Tableau 2 : Synthèse de l'effort d'échantillonnage pour le suivi ponctuel de la qualité de l'eau

METHODE	NOMBRE DE STATIONS	PROFONDEUR	FREQUENCE	NOMBRE TOTAL
Mesures à la sonde multi paramètres	10 par zone = 20 stations	Profil vertical de la surface jusqu'au fond	Campagnes à chaque saison sur 12 mois (4)	40 par zone Total : 80
Prélèvements d'eau pour analyses physico-chimiques et bactériologiques (liste 1)	10 par zone = 20 stations	3 profondeurs (subsurface, mi profondeur ou fluorescence maximum, fond)	Campagnes à chaque saison sur 12 mois (4)	120 par zone Total : 240
Prélèvements d'eau pour analyses de micropolluants (liste 2)	10 par zone = 20 stations	1 profondeur (subsurface), ou à 2 profondeurs si masse d'eau stratifiée (fond et subsurface)	Campagne annuelle (1)	Minimum (si 1 profondeur) : 10 par zone Total : 20



METHODE	NOMBRE DE STATIONS	PROFONDEUR	FREQUENCE	NOMBRE TOTAL
				Maximum (si 2 profondeurs) : 20 par zone Total : 40
Caging de moules	Occitanie : 3 stations PACA : 3 stations	A environ -5 m (protocole RINBIO)	1 campagne de 3 mois	Occitanie : 3 PACA : 3
DGT	Occitanie : 3 stations PACA : 3 stations	A environ -5 m	Campagnes de 10-15 jours à chaque saison sur 12 mois (4)	Occitanie : 12 PACA : 12

2.2.2.2 Paramètres mesurés

Le présent protocole permet de mesurer les paramètres suivants :

- Sonde multi paramètres :
 - Profondeur en temps réel
 - Température
 - Turbidité (NTU)
 - Conductivité & Salinité
 - pH
 - Oxygène dissous
 - Fluorescence

Le tableau suivant présente les caractéristiques de la sonde multi paramètres utilisée pour les campagnes ponctuelles de suivi de la qualité de l'eau. Celle-ci sera calibrée avant chaque campagne.

Tableau 3 : Paramètres mesurés par la sonde multi paramètres et précisions

PARAMETRES	PRECISION
Température	+/-0,02°C
Conductivité	+/-25 µS
Oxygène	+/-0,1 mg/l
Chlorophylle A	avec la linéarité $r^2 > 0,99$ Rhodamine
Turbidité	0,4 NTU ou +/-5% de la lecture
Profondeur	+/-0,15 %

- Analyses en laboratoire (liste 1 : fréquence trimestrielle) :
 - Chlorophylle A et phéopigments
 - Matières en suspension (fractions organiques et minérales)
 - Nutriments : COT (+ COD lors de la pose des DGT), Azote Total, Nitrites, Nitrates, Ammonium, Phosphates, Phosphore total, Orthophosphates
 - Fluorures, Sulfates
 - *Escherichia coli*, entérocoques intestinaux
- Analyses en laboratoire (liste 2 : 1 campagne annuelle) :
 - Al, Ca, Cd, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Ni, Pb, Zn
 - Matières inhibitrices, Composés organohalogénés absorbables sur charbon actif (AOX)



- 16 HAP, HCT C10-C40
- Silicium, indium, bromoforme.

Les analyses d'eau sont confiées à un laboratoire accrédité COFRAC. Les méthodes et limites de quantification du laboratoire sont détaillées ci-dessous :

Tableau 4 : Normes et limites de quantification (LQ) pour la matrice eau de mer

Qualité des eaux marines				
Famille	Composé	LQ	Méthode	Norme
Paramètres RC Annexe 3				
Métaux lourds	Al	10 µg/L	ICP/MS	NF EN ISO 17294-2
	As	5 µg/L	ICP/MS	NF EN ISO 17294-2
	Cd	0,2 µg/L	ICP/MS	NF EN ISO 17294-2
	Cr	1 µg/L	ICP/MS	NF EN ISO 17294-2
	Cu	1 µg/L	ICP/MS	NF EN ISO 17294-2
	Fe	100 µg/L	ICP/AES	NF EN ISO 11885
	Ni	1 µg/L	ICP/MS	NF EN ISO 17294-2
	Pb	1 µg/L	ICP/MS	NF EN ISO 17294-2
	Zn	10 µg/L	ICP/MS	NF EN ISO 17294-2
Nutriments	COT	0,5 mg/L	Combustion	NF EN 1484
	Azote Total	0,1 µmol/L	interne	interne
	Nitrites	0,05 µmol/L	Spectrométrie	Méthode RNO
	Nitrates	0,1 µmol/l	Spectrométrie	Méthode RNO
	Ammonium	0,1 µmol/l	Spectrométrie	Méthode RNO
	Phosphates	0,1 µmol/L	Spectrométrie	Méthode RNO
	Phosphore Total	0,1 µmol/L	Spectrométrie	Méthode RNO
	Fluorures	0,05 mg/L	Potentiométrique	NF T 90-004
	Sulfates	1 mg/L	Spectrométrie	NF ISO 15923-1
HCT	HCT C10-C40	0,1 mg/L	GC/FID	NF EN ISO 9377-2
Paramètres supplémentaires demandés au CCTP				
	Chlorophylle a	0,1 µg/L	Spectrophotométrie	NF T90-117
	Phéopigments	0,1 µg/L	Spectrophotométrie	NF T90-117
	Ca	10 mg/L	ICP/AES	NF EN ISO 11885
	Cl	1 mg/L	Spectrophotométrie	NF ISO 15923-1
	Mn	1 µg/L	ICP/MS	NF EN ISO 17294-1 /-2
	Na	1 mg/L	ICP/AES	NF EN ISO 11885
	Matières inhibitrices	%	inhibition de la mobilité	NF EN ISO 6341
	AOX	10 µg/L	Coulométrie	NF EN ISO 9562
	HAP	0,005µg/L	GC/MS	interne
	MES	2 mg/L	Gravimétrie	NF EN ISO 872
	Silicium	0,05 mg/L	ICP/AES	NF EN ISO11885
	Indium	3 µg/L	ICP/MS	DS/EN ISO 17294
	Bromoforme	0,50 µg/L	HS/GC/MS	interne
	Escherichia coli	15 NPP/100ml	microplaques	NF EN ISO 9308-3
	Entérocoques intestinaux	15 NPP/100ml	microplaques	NF EN ISO 7899-1

- Analyses en laboratoire du biote (une campagne annuelle) :
 - Métaux lourds : 8 métaux usuellement analysés (Hg, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, Cr, As) + aluminium, argent, fer et manganèse
 - HAP (16) : Acénaphène, acénaphylène, anthracène, benzanthracène, benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène, benzo(ghi)pérylène, benzo(k)fluoranthène, chrysène, dibenzanthracène, fluoranthène, fluorène, indéno-pyrène, naphtalène, phénanthrène, pyrène.



- PCB : les PCB 105 et 156 s'ajoutent aux 7 congénères usuellement analysés (28, 52, 101, 118, 138, 153, 180).
- Paramètres supplémentaires recommandés par l'Ifremer : TBT, MBT, DBT, Cybutryne (les limites de quantification et méthodes d'analyses pour ces paramètres seront précisées).

Les analyses de biote sont confiées à un laboratoire accrédité COFRAC.

Les analyses biométriques suivantes seront faites en laboratoire : mortalité, taille de la coquille, poids humide de chair, poids sec de chair, poids sec de coquille, indice de condition.

Pour les analyses chimiques, les méthodes et limites de quantification du laboratoire sont détaillées ci-dessous :

Tableau 5 : Normes et limites de quantification (LQ) pour la matrice biote

Biote		
Composé	LQ	Méthode
Métaux		
Aluminium	1000 µg/kg PF	ICP-MS CMM_M047
Argent	4 µg/kg PF	
Arsenic	10 µg/kg PF	
Cadmium	4 µg/kg PF	
Chrome	20 µg/kg PF	
Cuivre	120 µg/kg PF	
Fer	2000 µg/kg PF	
Manganèse	60 µg/kg PF	
Mercuré	5 µg/kg PF	
Nickel	80 µg/kg PF	
Plomb	10 µg/kg PF	
Zinc	1200 µg/kg PF	
HAP		
Acénaphthène	2,5 µg/kg PF	GC/MS CMO_MT76
Acénaphthylène	2,5 µg/kg PF	
Anthracène	0,2 µg/kg PF	
Benzo (a) anthracène	5 µg/kg PF	
Benzo (a) pyrène	0,2 µg/kg PF	
Benzo (b) fluoranthène	0,1 µg/kg PF	
Benzo (g,h,i) pérylène	0,1 µg/kg PF	
Benzo (k) fluoranthène	0,1 µg/kg PF	
Chrysène	0,5 µg/kg PF	
Dibenzo (a-h) anthracène	0,5 µg/kg PF	
Fluoranthène	0,1 µg/kg PF	
Fluorène	0,5 µg/kg PF	
Indéno (1,2,3-c,d) pyrène	0,1 µg/kg PF	
Naphtalène	4 µg/kg PF	
Phénanthrène	0,5 µg/kg PF	
Pyrène	0,5 µg/kg PF	
PCB		
PCB 28	0,8 µg/kg PF	GC/MS CMO_MT76
PCB 52	0,8 µg/kg PF	
PCB 101	0,8 µg/kg PF	
PCB 105	0,8 µg/kg PF	
PCB 118	0,8 µg/kg PF	
PCB 138	0,8 µg/kg PF	
PCB 153	0,8 µg/kg PF	
PCB 156	0,8 µg/kg PF	
PCB 180	0,8 µg/kg PF	

- Analyses en laboratoire sur DGT (4 campagnes par an sur 1 an) ;



- Métaux : Aluminium, Cadmium, Chrome, Cuivre, Fer, Indium, Manganèse, Nickel, Plomb, Zinc.

Les analyses sur DGT sont confiées à un laboratoire spécialisé ou au laboratoire de l'Ifremer.

Les limites de quantification et les méthodes d'analyses seront précisées.

2.2.2.3 Traitement et analyse de données

A la suite de chaque profil réalisé à la sonde multi paramètres, les données sont transférées sur le PC d'acquisition du bord. La qualité des données est alors vérifiée ainsi que le pic de fluorescence dont la profondeur sera retenue pour le prélèvement de phytoplancton et d'eau en cas de stratification de la colonne d'eau.

Les données mesurées à la sonde multi paramètres feront l'objet d'une analyse comparée entre stations sur la colonne d'eau, ainsi que d'une analyse comparée dans le temps au niveau de chaque station pour analyser la variabilité saisonnière.

Les résultats d'analyses en laboratoire seront présentés sous forme de tableaux et de graphiques, et seront contextualisés au regard des conditions environnementales connues du secteur (données SURVAL, bulletins de surveillance du littoral de l'Ifremer...). Ils feront l'objet d'une analyse spatio-temporelle et seront comparés aux Normes de Qualité Environnementale (NQE) et Valeurs guides environnementales (VGE).

Les concentrations en contaminants dans les moules seront qualifiés par rapport aux niveaux du ROCCH définis en fonction de la médiane (rapport de la médiane locale à la médiane nationale).

Figure 2 : Niveaux de concentration en fonction de la médiane nationale issue du ROCCH

	0 à 2 fois la médiane nationale : absence de contamination
	2 à 4 fois la médiane nationale : présence d'une contamination
	4 à 6 fois la médiane nationale : contamination importante
	> 6 fois la médiane nationale : contamination significative

Le cadmium, le mercure, le plomb et le benzo(a)pyrène, la somme des HAP (benzo(a)pyrène, benzo(a)anthracène, benzo(b)fluoranthène et chrysène) et la somme des PCB sont concernés par ces niveaux.

Les résultats seront également comparés aux concentrations maximales admises dans les coquillages destinés à la consommation humaine (Règlements CE 466/2001, CE221/2002 et CE835/2011).

Les résultats des analyses de métaux sur DGT seront interprétés par comparaison des différents échantillons et en référence à des données de la littérature. Ces analyses seront assurées directement par l'Ifremer.

2.2.2.4 Calendrier du protocole

Les campagnes de suivi ponctuel sur le réseau de stations seront réalisées à une fréquence trimestrielle pendant 12 mois afin de prendre en compte la variabilité saisonnière et interannuelle. Les analyses des métaux sur DGT seront également réalisées une fréquence trimestrielle mais sur une seule année.



Les échantillons de moules seront relevés après 3 mois d'immersion. La période d'immersion recommandée par l'IFREMER est comprise entre mars et juillet, correspondant à la phase de repos sexuel où le métabolisme des individus est plus stable. Le dosage des contaminants chimiques dans le biote sera réalisé seule 1 fois.

Tableau 6 : Planning du protocole de suivi ponctuel des eaux

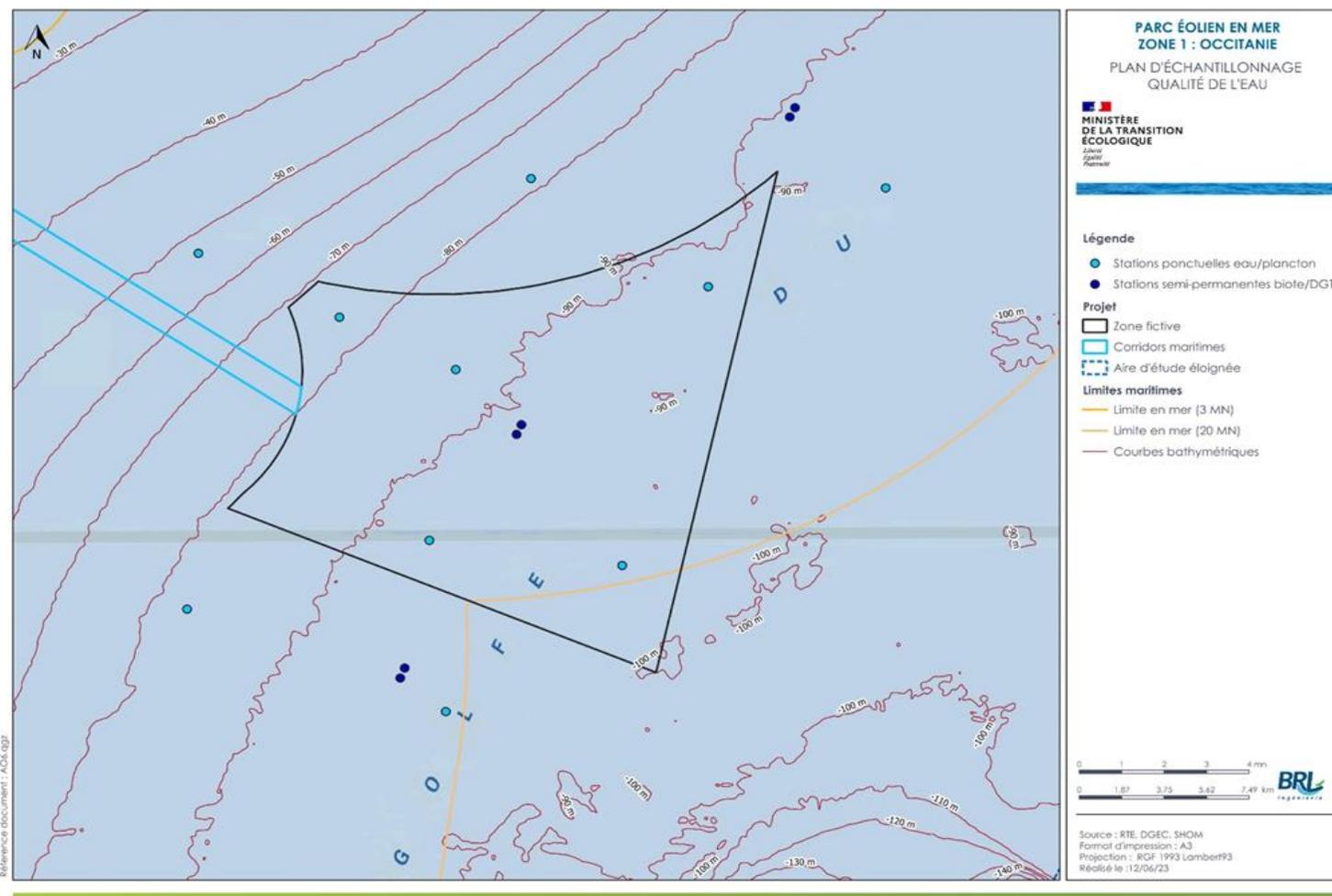
Année 1 (2024)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Sonde / An. eau (liste 1)c	1		1			1			1			
An. micropolluants (liste 2)				1								
Moules			1									
DGT	1		1			1			1			
Année 2 (2025)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Sonde / An. eau (liste 1)												
An. micropolluants (liste 2)												
Moules												
DGT	1											

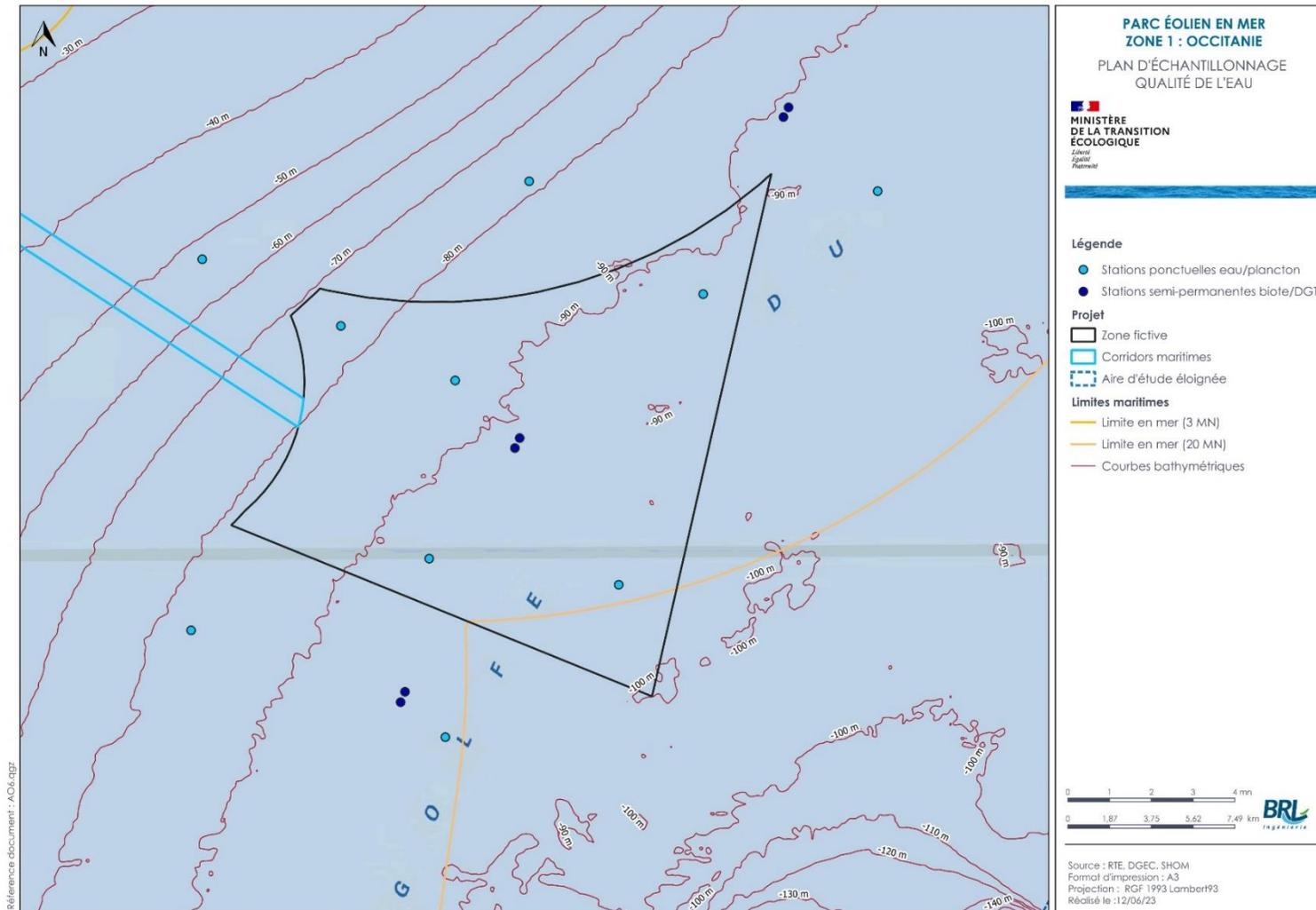
An. : Analyses

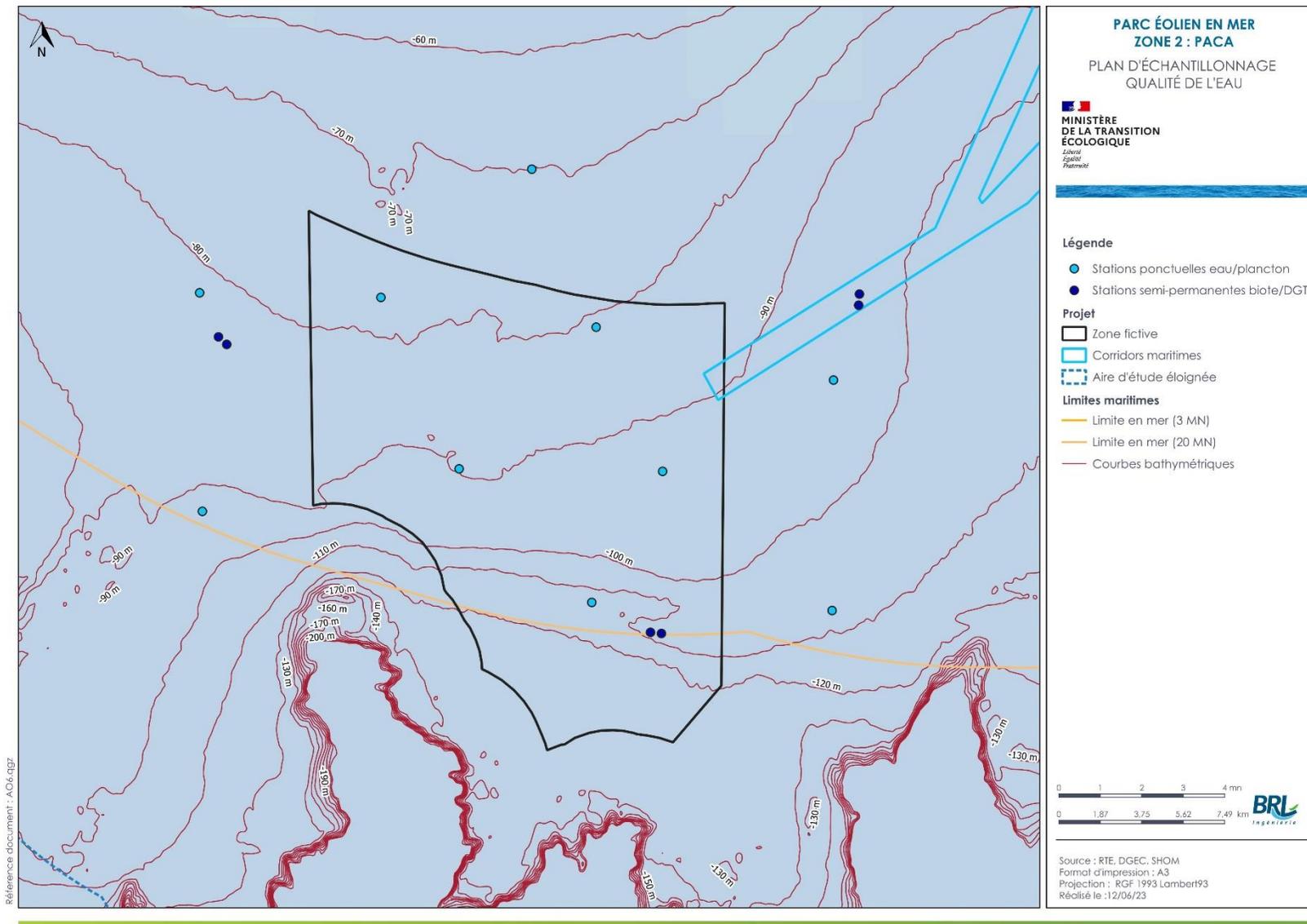


2.2.3 Carte de représentation schématique du protocole

Les cartes suivantes proposent une représentation schématique du plan d'échantillonnage, par région.







2.2.4 Moyens utilisés

2.2.4.1 Moyens matériels employés

2.2.4.1.1 Mesures à la sonde multi paramètres

Pour les mesures in situ, la sonde qui sera mobilisée est le modèle Wimo de NKE Instrumentation (Figure 3). Une sonde YSI ExO-3-M sera tenue prête en secours en cas de problème sur la première sonde (Figure 4).

Figure 3 : Sonde Wimo et ses capteurs © NKE fabricants



Figure 4 : sonde YSI ExO-3-M





Les paramètres mesurés sur la colonne d'eau sont les suivants :

- Profondeur en temps réel
- Température
- Turbidité (NTU)
- Conductivité & Salinité
- pH
- Oxygène dissous
- Fluorescence

La sonde sera amarrée à un filin de dyneema de 6 mm lesté de 5 kg pour éviter les problèmes de trainées avec des trajectoires en asymptotes.

Une fois ramenée sur le pont, le Wifi de la sonde est activé pour le transfert des données sur le PC d'acquisition du bord. La qualité des données est alors vérifiée ainsi que le pic de fluorescence dont la profondeur sera retenue pour le prélèvement de phytoplancton. La sonde est alors remise à l'abri pour la prochaine station.

2.2.4.1.2 Prélèvements d'eau pour analyses

Les prélèvements d'eau seront réalisés à l'aide d'une bouteille Niskin en Téflon et conditionnés dans un flaconnage adapté selon les paramètres requis, puis placés en enceinte réfrigérée.

20

La profondeur intermédiaire pourra être adaptée en fonction des résultats du profil vertical réalisé à la sonde multi paramètres.

L'échantillonneur sera amarré à la ligne de descente de dyneema de 6 mm qui sera lestée de 5 kg afin d'éviter les problèmes de trainée. La profondeur de prélèvement sera suivie par le sondeur de bord pour contrôler la qualité du prélèvement. Le message sera envoyé dès la profondeur atteinte avec suivi en temps réel.

L'ensemble est relevé et manipulé avec des gants de laboratoire pour être conditionné et mis au froid.



2.2.4.1.3 Caging de moules

Le caging de moules sera opéré à l'aide de poches de moules fixées sur une ligne de mouillage de subsurface dédiée constituée de la manière suivante, de la surface jusqu'au fond :

- Une bouée de subsurface ;
- Une ligne de mouillage sur laquelle seront positionnées 3 poches de moules à environ 5 m de profondeur ;
- Un ancrage adapté aux conditions hydrodynamiques de la zone permettant de maintenir les poches de moules en pleine eau.

La moule de Méditerranée *Mytilus galloprovincialis* est le modèle biologique utilisé, en raison des facilités d'approvisionnement, de sa robustesse et de la bonne connaissance de cette espèce.

Les moules utilisées proviennent d'un producteur dans un lotissement conchylicole offshore (filères en mer).

Pour garantir l'homogénéité des lots, une taille de 50 mm (+/- 15mm), correspondant à des jeunes adultes d'environ 18 mois, sera respectée. Les moules seront conditionnées dans des poches ostréicoles de 2,5 kg environ. 3 poches seront mises en place par station.

Figure 5 : Dispositifs gérés par P2A Développement en Méditerranée © P2A développement



2.2.4.1.4 Echantillonneurs passifs

La ligne de mouillage mise en place pour le caging de moules servira également de support pour les DGT. Ils seront fixés sur le bout lesté supportant les poches de moules, au-dessus de celle-ci pour les rendre plus accessibles car ils seront relevés avant les moules.

Trois capteurs DGT seront positionnés à chaque station, conformément aux recommandations de l'Ifremer.

La relève des capteurs DGT se fera par plongeurs professionnels.

La manipulation de ces capteurs membranes, très fragiles nécessite une formation préalable pour éviter toute contamination de manipulation.



Figure 6 : Exemple de DGT et de POCIS posés en lagon (source IFREMER)



2.2.4.2 Personnel mobilisé

Les prélèvements d'eau et les mesures des paramètres physico-chimiques nécessiteront 2 personnes, en plus de l'équipage du navire.

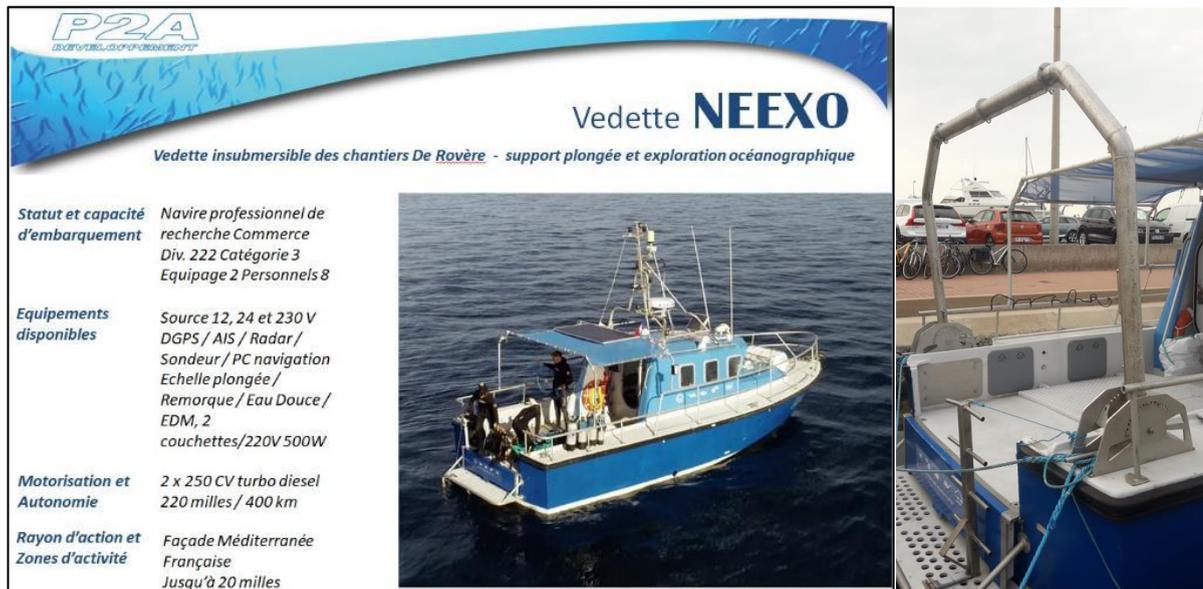
Les personnes référentes sur ce compartiment sont les suivantes :

- P2A :
 - Responsable : Jean-Yves Jouvenel
 - Suppléant : Adrien Lowenstein
- GALATEA :
 - Chef de projet : Delphine Valette
 - Suppléant : Brice Durieux

2.2.4.3 Moyens nautiques

P2A Développement utilisera son navire le NEEEXO spécialement équipé pour ces missions (Figure 7) : eau de mer de pont, eau douce de pont, chambre froide, portique pour mise à l'eau des instruments, DGPS de précision, sondeur bi-fréquence, voir fiche technique du NEEEXO.

Figure 7 : NEEEXO et son portique de mise à l'eau des instruments (sondes, bennes, sonars, filet à plancton)



Le plan d'échantillonnage ne comportant pas de station au-delà des 20 milles nautiques, toutes les campagnes pourront être réalisées avec ce navire.

2.2.4.4 Mutualisation éventuelle

Les stations ponctuelles de qualité de l'eau feront l'objet d'une mutualisation avec les prélèvements de zooplancton et les prélèvements d'eau pour le phytoplancton.

Il est prévu de rester 1 heure sur la station, comprenant le temps nécessaire à la mise en œuvre des protocoles de suivi du zooplancton, du phytoplancton et de la qualité de l'eau. Étant donné les distances d'acheminement inter-stations, il est possible de réaliser 5 stations au maximum par journée.

2.2.5 Risques

Le principal risque est la perte, la casse ou le dysfonctionnement du matériel déployé. Une bouteille de prélèvement de secours sera prévue à bord. Une seconde sonde multi paramètres sera tenue prête pour la campagne suivante en cas de perte. L'achat d'une sonde supplémentaire ou la mise à disposition de sondes entre les membres du groupement est également envisagé, sachant que les délais d'approvisionnement sont actuellement de 3 mois.

Le risque de perte des dispositifs semi-permanents (pochons de moules, DGT) est également lié aux activités de pêche. Pour réduire le risque de perte, la mise en place de plusieurs stations est prévue afin de récupérer au moins une partie des échantillons en cas de chalutage, ainsi qu'une seconde campagne la 2^e année.

L'aléa météorologique représente également une forte contrainte. L'équipe mobilisée a une bonne capacité d'analyse des conditions météorologiques favorables (savoir-faire) et une forte capacité de mobilisation en fonction des fenêtres météorologiques.



3 PRELEVEMENTS DE PHYTOPLANCTON

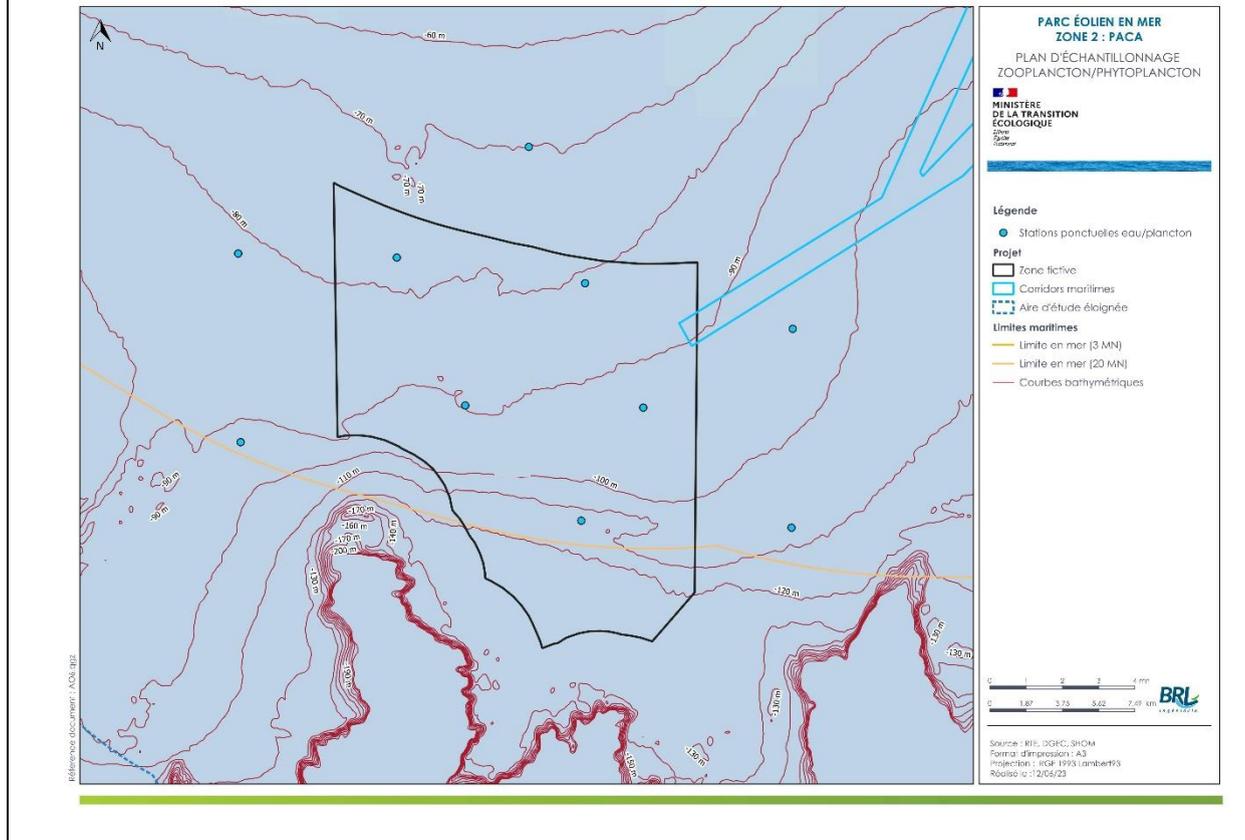
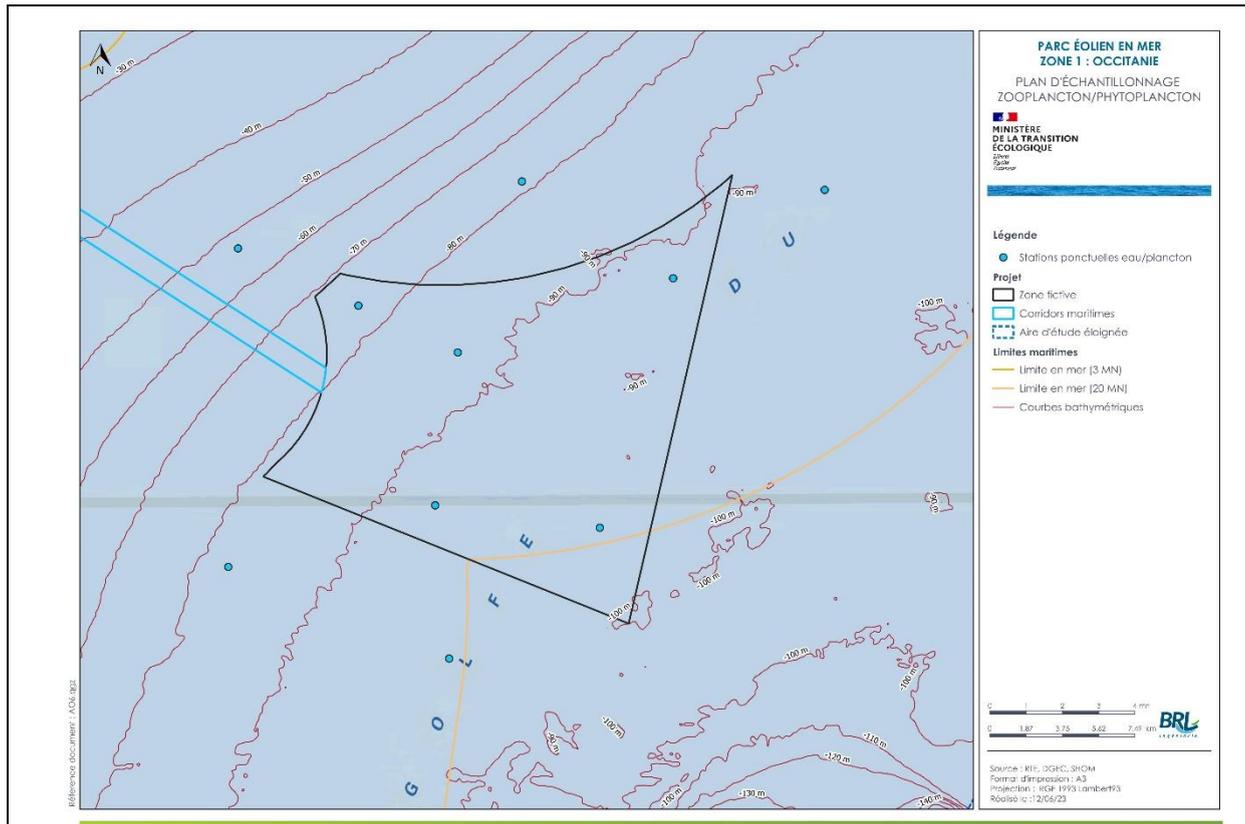
3.1 FICHE PROTOCOLE SYNTHETIQUE

Le tableau ci-dessous permet de présenter de manière synthétique l'ensemble des caractéristiques du protocole détaillé dans les pages ci-dessus.

-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --	
 MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE	<i>Phytoplancton</i>
Prélèvements de phytoplancton à la bouteille Niskin	
OBJECTIFS ET PARAMETRES	
<p>L'objectif est de caractériser la composition et l'abondance des communautés phytoplanctoniques présentes dans l'aire d'étude.</p> <p>Les paramètres mesurés sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La composition (liste de taxons en présence) ; - L'abondance (nombre d'individus par m³) ; - La biomasse (µg/l) <p>La mesure de ces paramètres au niveau de différentes stations et à différentes périodes de l'année permettra, d'étudier la variabilité spatio-temporelle des communautés phytoplanctoniques présentes dans l'aire d'étude.</p>	
DESCRIPTION DU PROTOCOLE	
Stratégie d'échantillonnage :	<p>Il s'agit d'échantillonnages sur stations ponctuelles grâce à une bouteille Niskin au niveau de 2 profondeurs (pic de chlorophylle a et subsurface).</p> <p>20 stations ponctuelles :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 5 sur la zone de parc en Occitanie + 5 stations de référence ; - 5 sur la zone de parc en PACA + 5 stations de référence.
Effort d'échantillonnage :	<p>Durée : 24 mois</p> <p>Fréquence : trimestrielle = 4 campagnes / an pendant 2 ans.</p>
Paramètres mesurés :	<ul style="list-style-type: none"> - Composition du phytoplancton ; - Abondance du phytoplancton ; - Biomasse du phytoplancton (obtenue par la mesure <i>in-situ</i> de la chlorophylle a, grâce à une sonde multi paramètres (protocole « Qualité de l'eau).
TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNEES	
<ul style="list-style-type: none"> - Standardisation de l'abondance en fonction du volume filtré (nombre d'individus par m³) ; - Calculés des indices de diversité : richesse spécifique, indice de diversité de Shannon et de Simpson, indice d'équitabilité de Pielou ; - Analyse de la variabilité spatio-temporelle de l'abondance et des indices de diversité ; - Photographie des espèces rencontrées. 	



CALENDRIER DE CAMPAGNE												
Année 1 (2024)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes	1			1			1			1		
Année 2 (2025)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes	1			1			1			1		
MOYENS												
Matériel	<ul style="list-style-type: none"> - 1 bouteille Niskin ; - Flacons de conditionnement ; - Fixateur (Lugol). 											
Moyens nautiques	Vedette NEEEXO de P2A											
Mutualisation éventuelle	Zooplancton, qualité de l'eau.											
Responsables et équipes mobilisées	Organisme : P2A Développement Responsable : Jean-Yves Jovenel Suppléant : Adrien Lowenstein											
	Organisme : HYDRECO Chef de projet : Sylvain Coulon											
Risque :	Risque de perte du matériel déployé - Aléas météorologiques											
CARTE DE REPRESENTATION SCHEMATIQUE DU PROTOCOLE												





3.2 PROTOCOLE DETAILLE

3.2.1 Objectifs

Le protocole consiste à réaliser des prélèvements de phytoplancton en vue de suivre la variabilité spatio-temporelle des communautés phytoplanctoniques en termes de composition, de diversité et d'abondance. L'objectif est de déterminer l'état initial des communautés de phytoplancton, afin d'évaluer par la suite l'impact éventuel du parc éolien sur ce compartiment durant les phases de vie du projet.

3.2.2 Description du protocole

3.2.2.1 Effort d'échantillonnage

L'acquisition de données se fera par un suivi stationnel et ponctuel d'un réseau de stations. L'échantillonnage sera réalisé pendant 24 mois, à une fréquence trimestrielle, afin de prendre en compte la variabilité saisonnière et interannuelle.

Les stations de mesures pour le suivi ponctuel ont été positionnées selon un gradient bathymétrique afin d'échantillonner sur des stations situées à différentes profondeurs. Afin de tendre vers une approche écosystémique, la localisation des stations est commune avec celles d'autres compartiments (peuplements et habitats benthiques, qualité de l'eau, poissons et méga-invertébrés). Les stations seront réparties de la manière suivante :

- 5 stations sur la zone de parc en Occitanie + 5 stations de référence réparties autour du parc (influence du courant ligure) ;
- 5 stations sur la zone de parc en PACA + 5 stations de référence réparties autour du parc (influence du panache du Rhône).

3.2.2.1.1 Prélèvements à la bouteille Niskin

Le protocole utilisé est semblable à celui du suivi REPHY de l'IFREMER. Le même protocole est utilisé lors des campagnes PELMED de l'Ifremer, seules sources de données sur les communautés planctoniques dans le golfe du Lion au niveau de stations au large (Nithard, 2021 ; Feuilloley, 2020, Vincent et al., 2022).

Les prélèvements sont réalisés à l'aide d'une bouteille Niskin collectant un échantillon d'eau à 2 profondeurs différentes :

- La première profondeur échantillonnée est celle où le pic de chlorophylle A est détecté grâce à la sonde multi-paramètres.
- Un second échantillon est prélevé juste sous la surface.

La bouteille est donc descendue à la profondeur souhaitée, qui est suivie grâce au sondeur du navire. Un messenger, permettant de refermer la bouteille, est envoyé une fois la profondeur atteinte. Une fois fermée, la bouteille est remontée, le contenu de la bouteille Niskin est transvasé dans un récipient spécifique dûment identifié. Les organismes sont fixés grâce à l'ajout de Lugol. Les échantillons sont conservés au frais et à l'abri de la lumière.



Ces échantillons sont ensuite triés et identifiés au laboratoire. L'identification est réalisée sous microscope inversé (grossissement 10x/20x/40x). Toutes les cellules > 20 µm sont dénombrées (en deçà, dénombrement uniquement pour les taxons potentiellement toxiques ou en chaîne/colonie). Les organismes phytoplanctoniques sont identifiés au niveau de l'espèce lorsque les critères utiles sont accessibles par l'observation en microscopie optique.

3.2.2.2 Paramètres mesurés

Le présent protocole permet de mesurer les paramètres suivants :

- Composition du phytoplancton : liste des taxons ;
- Abondance du phytoplancton : nombre d'individus par m³ par taxon ;
- Biomasse du phytoplancton : µg/l (obtenue par la mesure *in-situ* de la chlorophylle a grâce à une sonde multi-paramètres (protocole « Qualité de l'eau).

3.2.2.3 Traitement et analyse de données

L'abondance est standardisée (en nombre d'individus par m³) afin d'obtenir des données comparables à d'autres études, notamment les résultats des suivis REPHY et des campagnes PELMED (seule source de données sur des stations au large).

Plusieurs indices seront calculés pour la diversité : richesse spécifique, indice de diversité de Shannon et de Simpson, indice d'équitabilité de Pielou.

La variabilité spatio-temporelle de l'abondance et des indices de diversité sera analysée.

28

Les espèces rencontrées seront photographiées afin de servir de référence aux campagnes ultérieures.

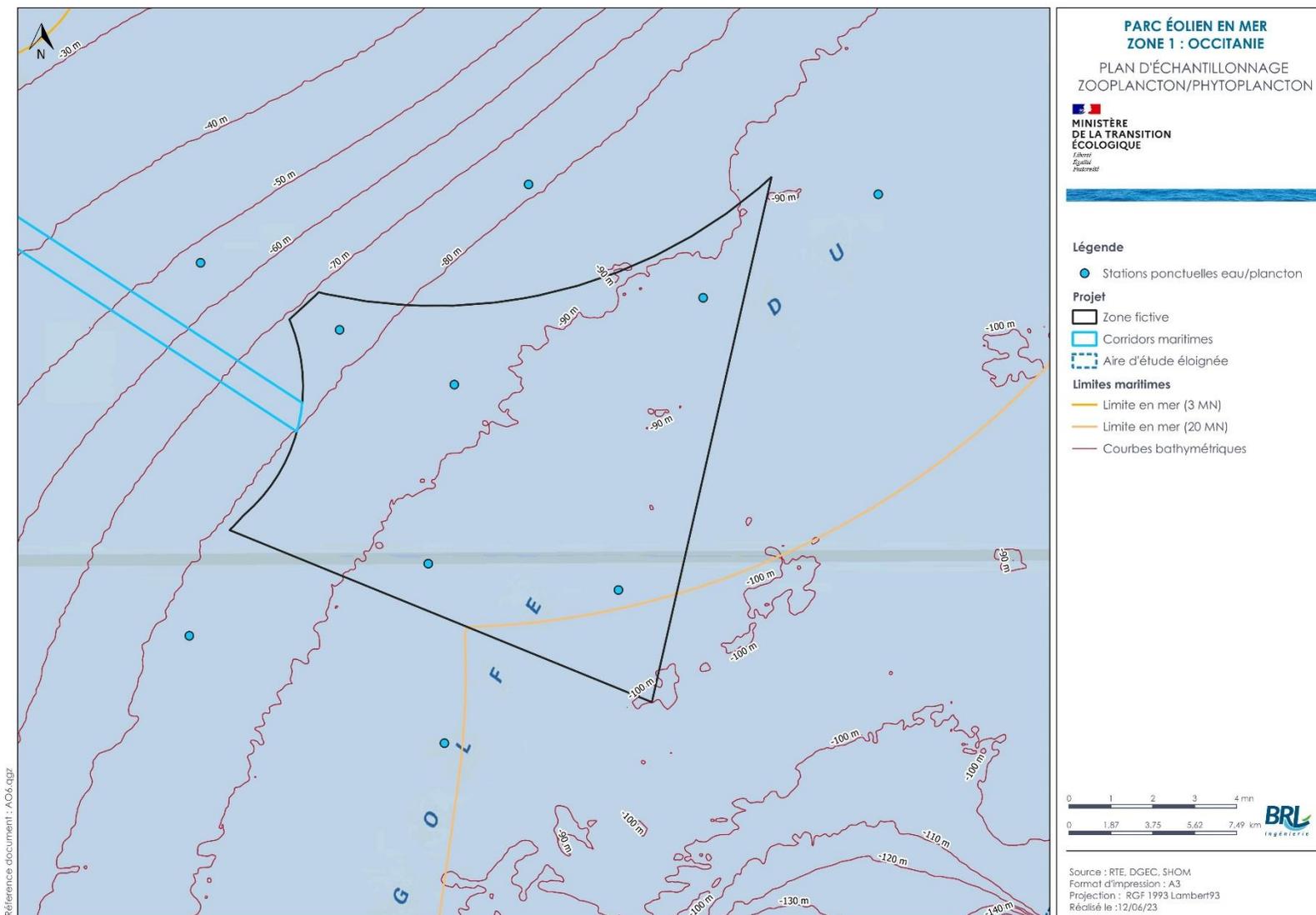
3.2.2.4 Calendrier du protocole

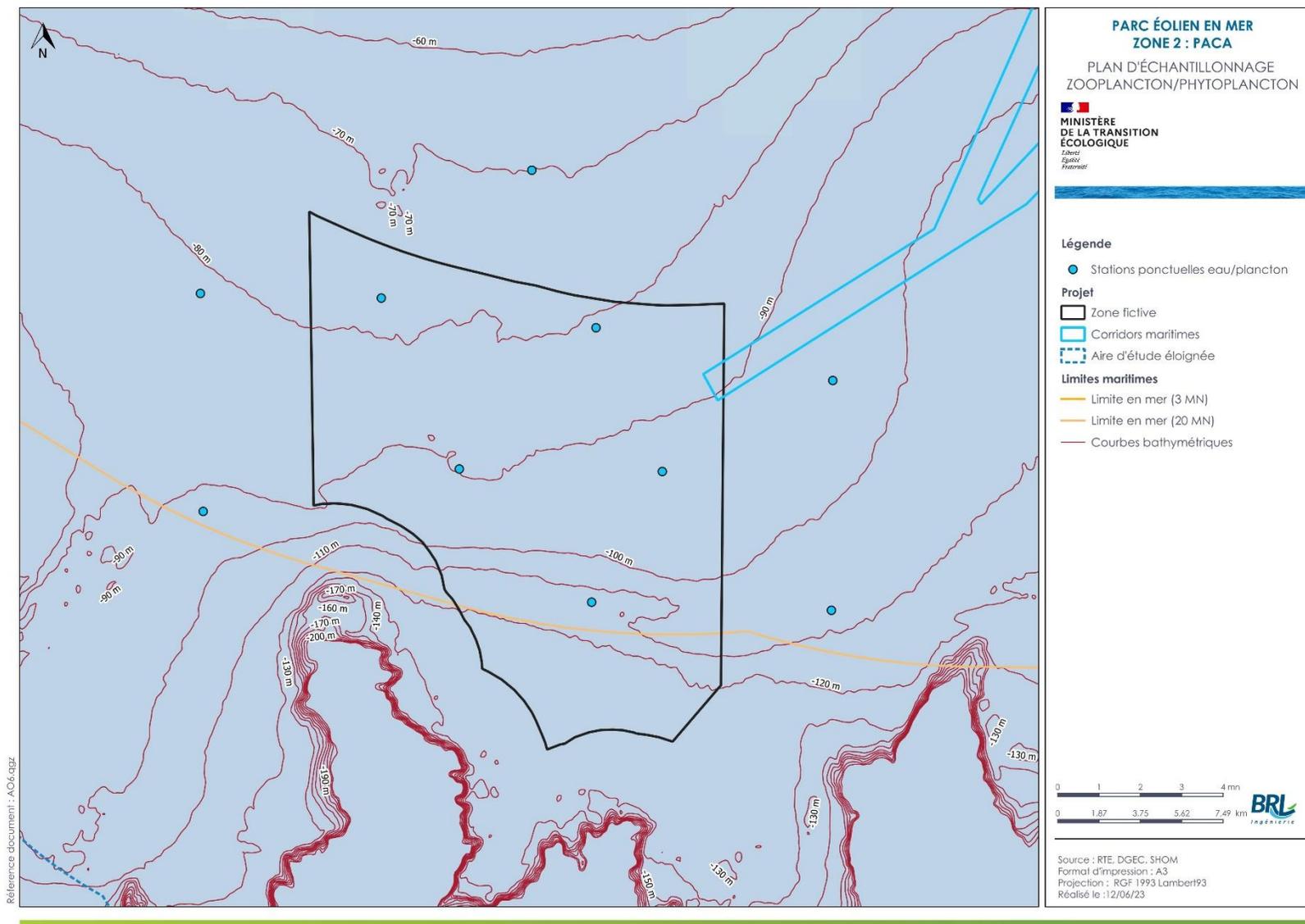
Figure 8 : Planning du protocole

Année 1 (2024)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes	1			1			1			1		
Année 2 (2025)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes	1			1			1			1		

3.2.3 Carte de représentation schématique du protocole

[Présentation d'une carte schématique du protocole – à coller en page suivante, au format paysage]







3.2.4 Moyens utilisés

3.2.4.1 Moyens matériels employés

Le matériel utilisé est le suivant :

- 1 bouteille Niskin ;
- Flacons de conditionnement ;
- Fixateur (Lugol).

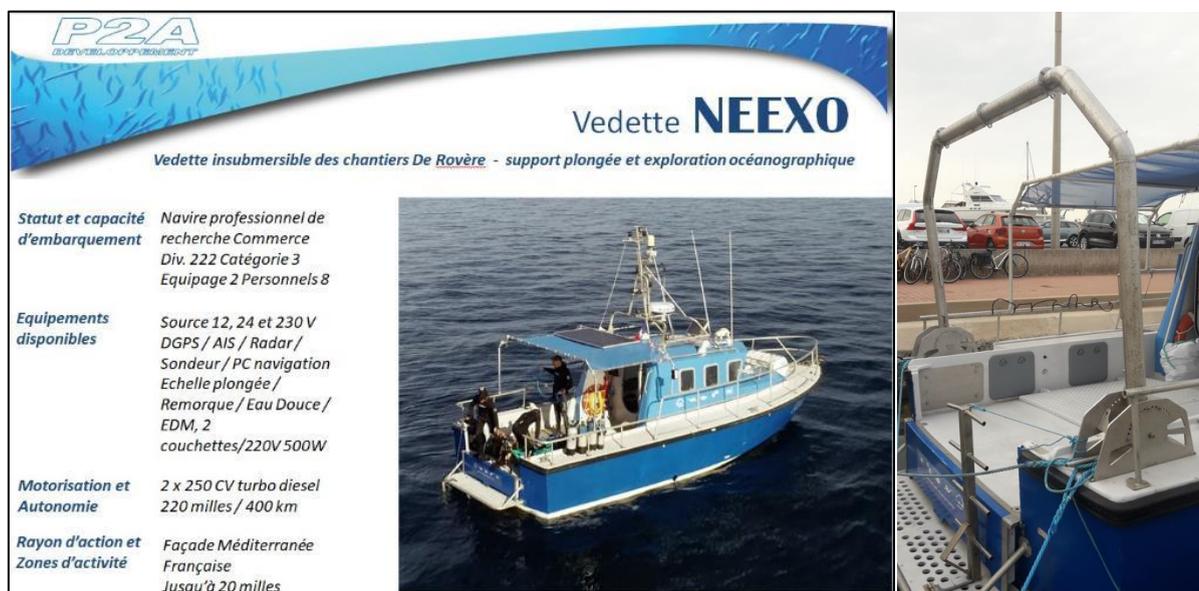
3.2.4.2 Personnel mobilisé

- P2A Développement :
 - Responsable : Jean-Yves Jouvenel
 - Suppléant : Adrien Lowenstein
- HYDRECO :
 - Responsable : Sylvain COULON

3.2.4.3 Moyens nautiques

P2A Développement utilisera son navire le NEEEXO spécialement équipé pour ces missions : eau de mer de pont, eau douce de pont, chambre froide, portique pour mise à l'eau des instruments, DGPS de précision, sondeur bi-fréquence, voir fiche technique du NEEEXO (Figure 33).

Figure 9 : NEEEXO et son portique de mise à l'eau des instruments (filet à plancton, sonde, benne, etc.)



Le plan d'échantillonnage ne comportant pas de station au-delà des 20 milles nautiques, toutes les campagnes pourront être réalisées avec ce navire.



3.2.4.4 Mutualisation éventuelle

Ce prélèvement est mutualisé avec les prélèvements de zooplancton et les mesures de qualité de l'eau (sonde multi paramètres et prélèvements).

Il est prévu de rester 1 heure sur la station, comprenant le temps nécessaire à la mise en œuvre des protocoles de suivi du zooplancton, du phytoplancton et de la qualité de l'eau. Étant donné les distances d'acheminement inter-stations, il est possible de réaliser 5 stations au maximum par journée.

3.2.5 Risques

Le risque principal est la perte du filet suite à une croche avec un obstacle situé près du fond.

L'aléa météorologique représente également une forte contrainte. L'équipe mobilisée a une bonne capacité d'analyse des conditions météorologiques favorables (savoir-faire) et une forte capacité de mobilisation en fonction des fenêtres météorologiques.



4 PRELEVEMENTS DE ZOOPLANCTON

4.1 FICHE PROTOCOLE SYNTHETIQUE

Le tableau ci-dessous permet de présenter de manière synthétique l'ensemble des caractéristiques du protocole détaillé dans les pages ci-dessus.

-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --	
 MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE	<i>Zooplankton</i>
Prélèvement de zooplancton	
OBJECTIFS ET PARAMETRES	
<p>L'objectif est de caractériser la composition et l'abondance des communautés zooplanctoniques (y compris l'ichtyoplancton) présentes dans l'aire d'étude.</p> <p>Les paramètres mesurés sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La composition (liste de taxons en présence) ; - L'abondance (nombre d'individus par m³). <p>La mesure de ces paramètres au niveau de différentes stations et à différentes périodes de l'année permettra d'étudier la variabilité spatio-temporelle des communautés zooplanctoniques présentes dans l'aire d'étude.</p>	
DESCRIPTION DU PROTOCOLE	
Stratégie d'échantillonnage :	<p>Il s'agit d'échantillonnages sur stations ponctuelles grâce à un filet à plancton WP2 (maille de 200 µm), remonté verticalement du fond jusqu'à la surface.</p> <p>20 stations ponctuelles :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 5 sur la zone de parc en Occitanie + 5 stations de référence ; - 5 sur la zone de parc en PACA + 5 stations de référence.
Effort d'échantillonnage :	<p>Durée : 24 mois</p> <p>Fréquence : trimestrielle = 4 campagnes / an pendant 2 ans.</p>
Paramètres mesurés :	<ul style="list-style-type: none"> - Composition du zooplancton ; - Abondance du zooplancton.
TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNEES	
<ul style="list-style-type: none"> - Standardisation de l'abondance en fonction du volume filtré (nombre d'individus par m³), par taxon ; - Calcul des indices de diversité : richesse spécifique, indice de diversité de Shannon et de Simpson, indice d'équitabilité de Pielou ; - Analyse de la variabilité spatio-temporelle de l'abondance et des indices de diversité ; - Photographie des espèces rencontrées. 	
CALENDRIER DE CAMPAGNE	

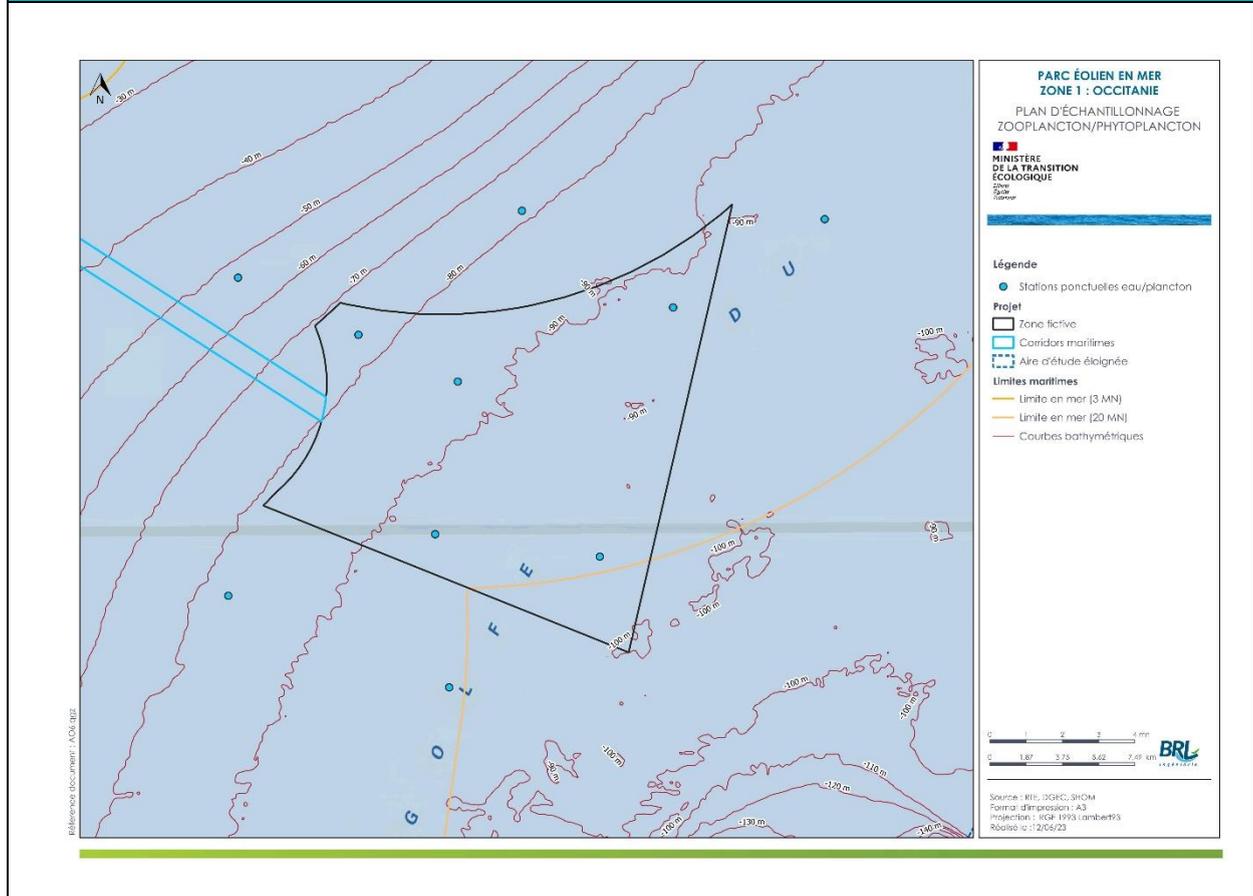


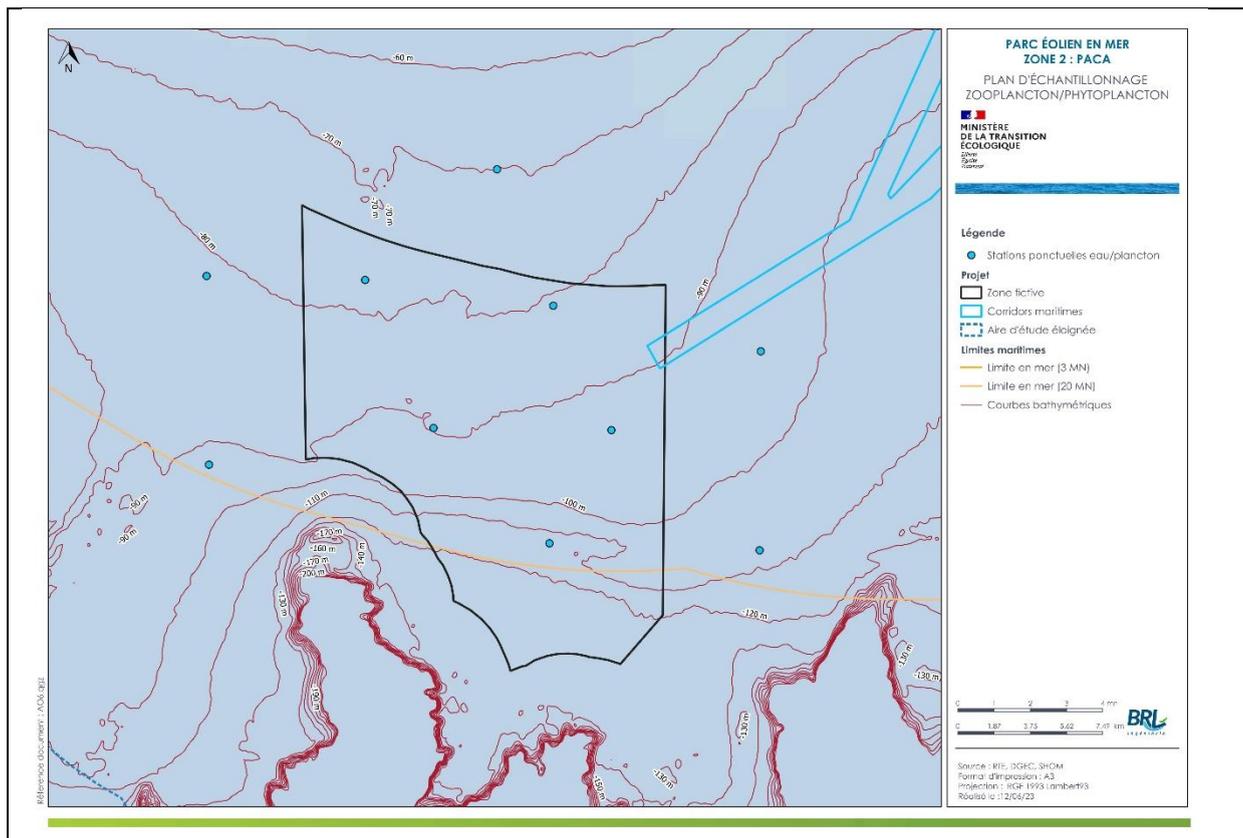
Année 1 (2024)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes	1			1			1			1		
Année 2 (2025)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes	1			1			1			1		

MOYENS

Matériel	<p>Cette surveillance s'opère par des suivis stationnels, les données terrain sont récoltées lors de campagnes en mer. Le matériel utilisé est le suivant :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1 filet à plancton WP2, maille de vide de 200 µm, équipé d'un débitmètre ; - Flacons de conditionnement ; - Fixateur (alcool ou formol 2 %).
Moyens nautiques	Vedette NEE XO de P2A
Mutualisation éventuelle	Phytoplancton, qualité de l'eau.
Responsables et équipes mobilisées	<p>Organisme : P2A Développement Responsable : Jean-Yves Jovenel Suppléant : Adrien Lowenstein</p>
	<p>Organisme : POS3IDON Chef de projet : Martin Ubertini</p>
Risque :	Risque de perte ou de casse du matériel déployé - Aléas météorologiques

CARTE DE REPRESENTATION SCHEMATIQUE DU PROTOCOLE





4.2 PROTOCOLE DETAILLE

4.2.1 Objectifs

Le protocole consiste à réaliser des prélèvements de zooplancton (y compris l'ichtyoplancton) en vue de suivre la variabilité spatio-temporelle des communautés zooplanctoniques en termes de composition, de diversité et d'abondance. L'objectif est de déterminer l'état initial des communautés de zooplancton, afin d'évaluer par la suite l'impact éventuel du parc éolien sur ce compartiment durant les phases de vie du projet.

4.2.2 Description du protocole

4.2.2.1 Effort d'échantillonnage

L'acquisition de données se fera par un suivi stationnel et ponctuel d'un réseau de stations. L'échantillonnage sera réalisé pendant 24 mois, à une fréquence trimestrielle, afin de prendre en compte la variabilité saisonnière et interannuelle.

Les stations de mesures pour le suivi ponctuel ont été positionnées selon un gradient bathymétrique afin d'échantillonner sur des stations situées à différentes profondeurs. Afin de tendre vers une approche écosystémique, la localisation des stations est commune avec celles d'autres compartiments (peuplements et habitats benthiques, qualité de l'eau, poissons et méga-invertébrés)... Les stations seront réparties de la manière suivante :



- - 5 stations sur la zone de parc en Occitanie + 5 stations de référence réparties autour du parc (influence du courant ligure) ;
- - 5 stations sur la zone de parc en PACA + 5 stations de référence réparties autour du parc (influence du panache du Rhône).

4.2.2.1.1 Prélèvements au filet WP2

Le protocole utilisé est celui utilisé lors des campagnes PELMED de l'Ifremer, seules sources de données sur les communautés planctoniques dans le golfe du Lion au niveau de stations au large (Nithard, 2021 ; Feuilloley, 2020 ; Vincent et al., 2022).

Les prélèvements sont réalisés à l'aide d'un filet à plancton de type WP2 de 200 µm de vide de maille muni d'un débitmètre afin de connaître le volume d'eau filtré.

Le filet est fixé sur un treuil puis est immergé depuis le navire. Il est ensuite descendu jusqu'à 5 m au-dessus du fond. La descente du filet sera suivie grâce au sondeur du navire. Le filet est alors remonté à une vitesse constante de 1 m/s afin d'échantillonner toute la colonne d'eau. Le bout relié au filet, servant à le descendre et à le remonter, sera marqué tous les mètres. Ainsi, à l'aide d'un chronomètre, la vitesse de remontée pourra être vérifiée. Une fois remonté, le contenu du collecteur du filet est collecté dans un récipient spécifique dûment identifié. Les organismes sont fixés grâce à l'ajout d'alcool ou formol concentré à 2 % (choix du fixateur selon le délai avant analyse). Les échantillons sont conservés au frais et à l'abri de la lumière.

Ces échantillons sont ensuite triés et identifiés au laboratoire. Si nécessaire, un sous-échantillonnage est réalisé grâce à une boîte Motoda. L'identification est faite sous loupe binoculaire (grossissement x40 à x80) dans une cuve de Dolfuss entière. Toutes les cellules d'une taille supérieure à 200 µm sont dénombrées. Les identifications sont effectuées jusqu'au groupes d'intérêt :

- Copépodes ;
- Chaetognates ;
- Larves décapodes ;
- Larves cirripèdes ;
- Œufs et larves de poisson (ichthyoplancton) ;
- Larves polychaetes.

Figure 10 : Exemple de zooplancton (sources : crédits photo PMGL, Blogenclasse et P2A Développement)



4.2.2.2 Paramètres mesurés

Le présent protocole permet de mesurer les paramètres suivants :

- Composition du zooplancton : liste des taxons ;



- Abondance du zooplancton : nombre d'individus par m³ par taxon.

4.2.2.3 Traitement et analyse de données

L'abondance est standardisée (en nombre d'individus par m³) afin d'obtenir des données comparables à d'autres études, notamment les résultats des campagnes PELMED.

Plusieurs indices seront calculés pour la diversité :

- Richesse spécifique ;
- Indices de diversité de Shannon et de Simpson ;
- Indice d'équitabilité de Piélou.

La variabilité spatio-temporelle de l'abondance et des indices de diversité sera analysée.

Les espèces rencontrées seront photographiées afin de servir de référence aux campagnes ultérieures.

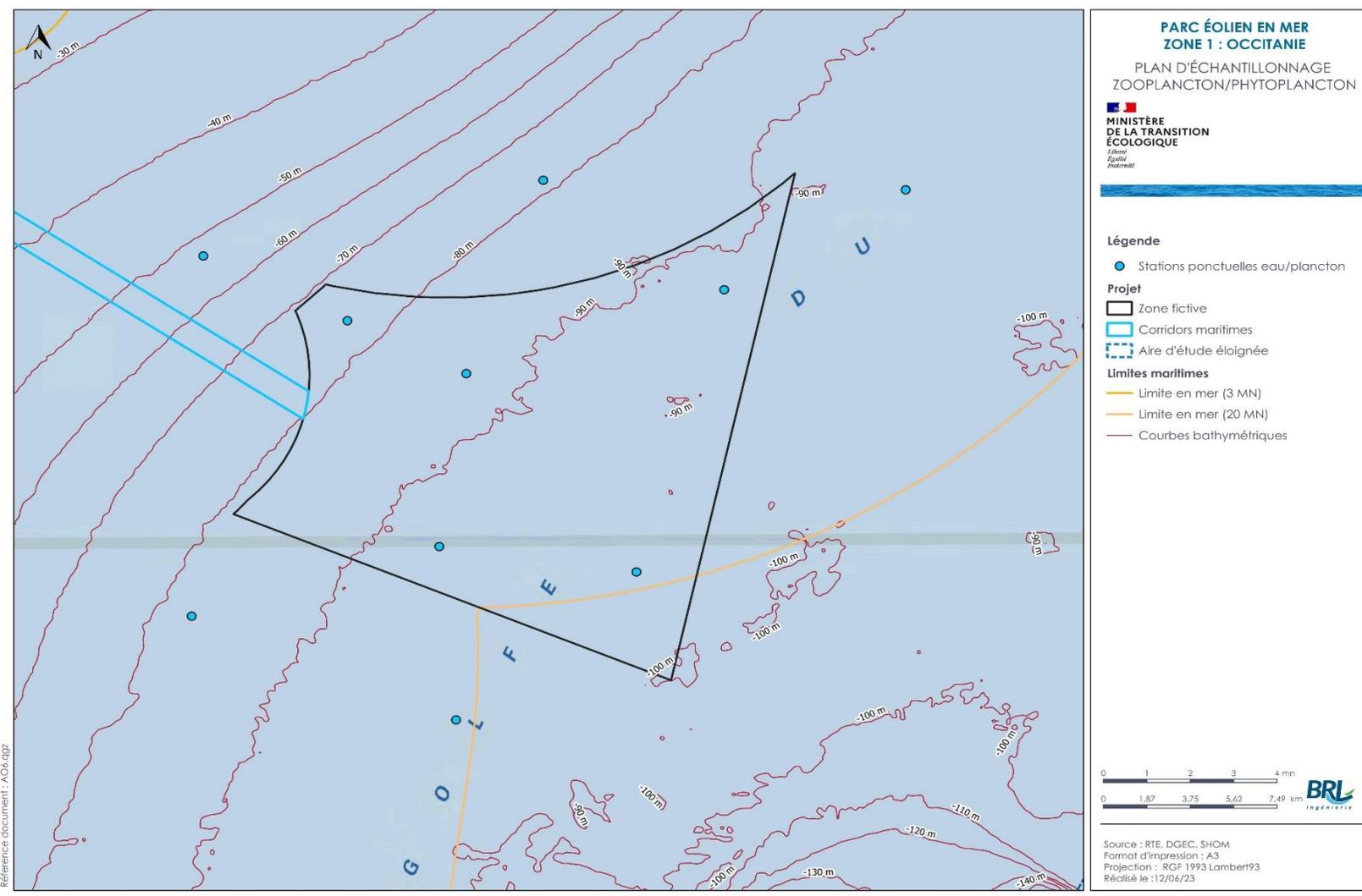
4.2.2.4 Calendrier du protocole

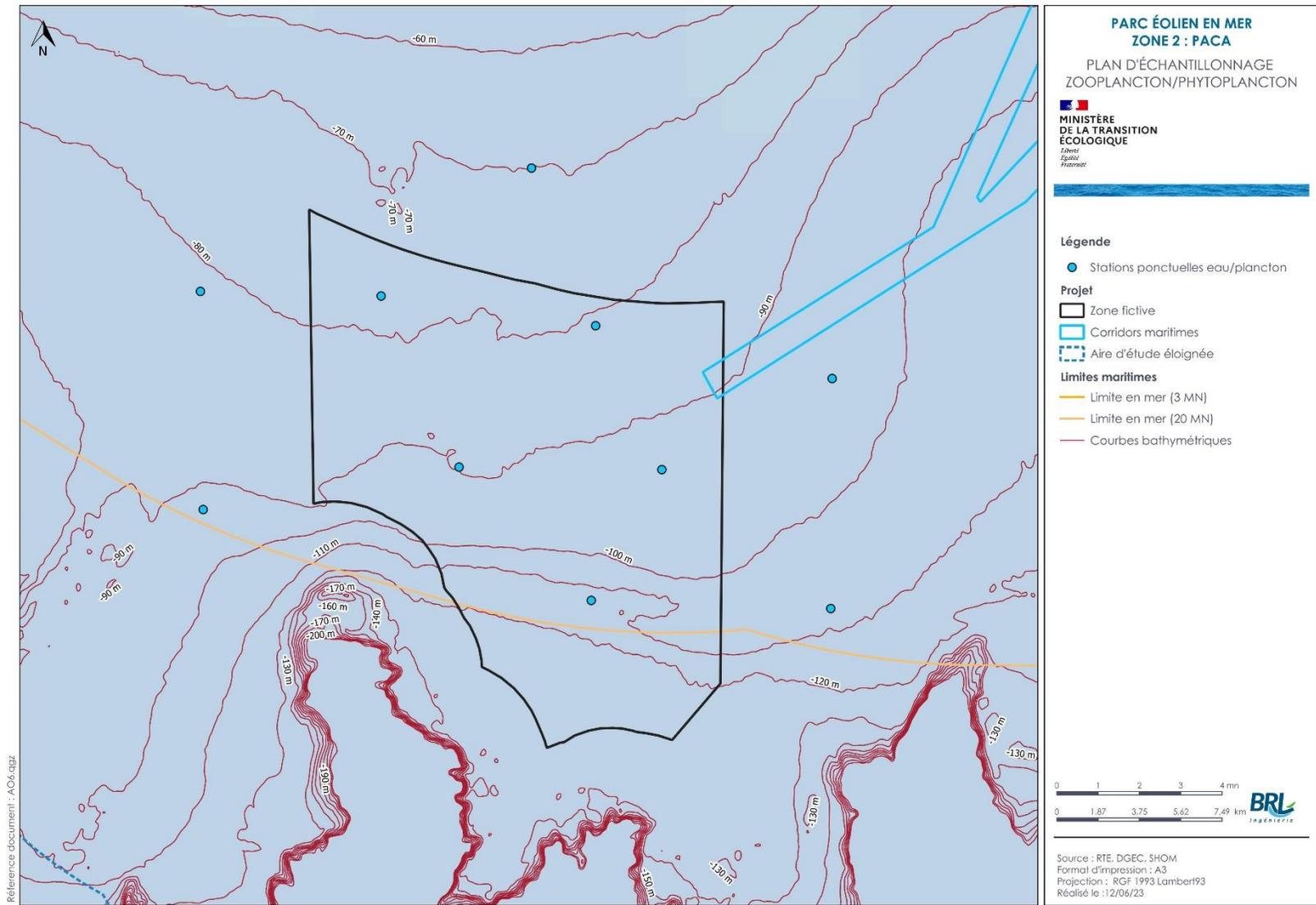
Figure 11 : Planning du protocole

Année 1 (2024)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes	1			1			1			1		
Année 3 (2025)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes	1			1			1			1		



4.2.3 Carte de représentation schématique du protocole







4.2.4 Moyens utilisés

4.2.4.1 Moyens matériels employés

Le matériel utilisé est le suivant :

- Filet à plancton WP2, vide de maille de 200 µm, équipé d'un débitmètre. Un filet de rechange sera embarqué lors de chaque campagne.
- Flacon de conditionnement ;
- Alcool ou Formol à 2 %.

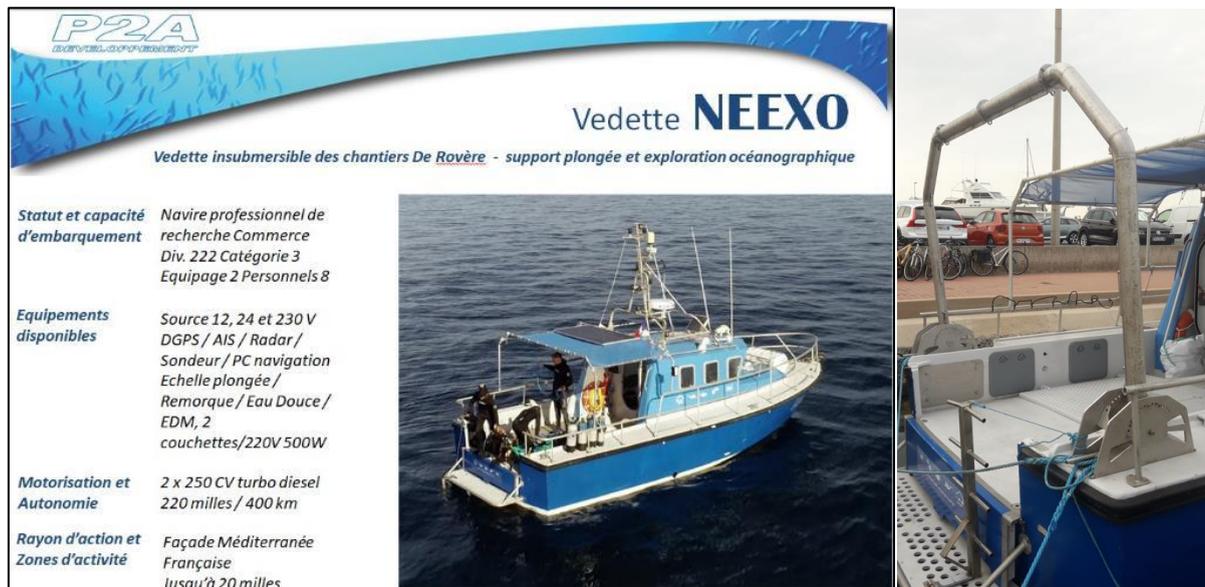
4.2.4.2 Personnel mobilisé

- P2A Développement :
 - Responsable : Jean-Yves Jovenel
 - Suppléant : Adrien Lowenstein
- POS3IDON :
 - Responsable : Martin Ubertini

4.2.4.3 Moyens nautiques

P2A Développement utilisera son navire le NEEEXO spécialement équipé pour ces missions : eau de mer de pont, eau douce de pont, chambre froide, portique pour mise à l'eau des instruments, DGPS de précision, sondeur bi-fréquence, voir fiche technique du NEEEXO (Figure 33).

Figure 12 : NEEEXO et son portique de mise à l'eau des instruments (filet à plancton, sonde, benne, etc.)



Le plan d'échantillonnage ne comportant pas de station au-delà des 20 milles nautiques, toutes les campagnes pourront être réalisées avec ce navire.



4.2.4.4 Mutualisation éventuelle

Ce prélèvement est mutualisé avec les prélèvements de phytoplancton et les mesures de qualité de l'eau (sonde multi paramètres et prélèvements).

Il est prévu de rester 1 heure sur la station, comprenant le temps nécessaire à la mise en œuvre des protocoles de suivi du zooplancton, du phytoplancton et de la qualité de l'eau. Étant donné les distances d'acheminement inter-stations, il est possible de réaliser 5 stations au maximum par journée.

4.2.5 Risques

Le risque principal est la perte du filet suite à une croche avec un obstacle situé près du fond.

L'aléa météorologique représente également une forte contrainte. L'équipe mobilisée a une bonne capacité d'analyse des conditions météorologiques favorables (savoir-faire) et une forte capacité de mobilisation en fonction des fenêtres météorologiques.



5 ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DES SEDIMENTS ET KYSTES PHYTOPLANCTONIQUES

5.1 FICHE PROTOCOLE SYNTHETIQUE

Le tableau ci-dessous permet de présenter de manière synthétique l'ensemble des caractéristiques du protocole détaillé dans les pages ci-dessous.

-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --	
 MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE	<h1>Qualité des sédiments</h1>
Analyses physico-chimiques et kystes phytoplanctoniques	
OBJECTIFS ET PARAMETRES	
<ul style="list-style-type: none"> - Caractériser la qualité physico-chimique des sédiments. - Déterminer / quantifier la présence de kystes phytoplanctoniques, notamment les espèces potentiellement toxiques, et définir un niveau de risques lié aux éventuels blooms par remaniement des sédiments lors du projet. 	
DESCRIPTION DU PROTOCOLE	
Stratégie d'échantillonnage :	<p>Une approche BACI (Before / After / Control / Impact) est proposée de manière à disposer des stations témoins au-delà de la zone fictive d'implantation des éoliennes : ceci permet notamment d'obtenir le bruit de fond environnemental de certains polluants en dehors de la zone, et de pouvoir comparer d'éventuelles évolutions avec les sédiments de la zone d'implantation des éoliennes. La stratégie d'échantillonnage des stations conjugue plusieurs contraintes d'entrée parmi lesquelles figurent :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un nombre de stations supérieur à l'intérieur de la zone fictive, relativement à la zone témoin, mais réparties autant que possible sur les mêmes faciès sédimentaire / habitats (approche BACI). - Un nombre de stations par faciès sédimentaire / habitat proportionné à sa superficie. - Des stations communes à celles suivies pour la fiche « Peuplements et habitats benthiques », la « Qualité de l'eau », et les « Poissons et méga-invertébrés ». <p>Un total de 8 stations par campagne et par zone est proposé, échantillonnées par benne Van Veen et/ou Day grab de 0,1m², chacune à hauteur de 1 à 2 répliqués de 0,1m² selon la quantité de matériaux exigés par les laboratoires d'analyses → voir fiche « Peuplements et habitats benthiques » pour la granulométrie par tamisage et par laser, et la matière organique, ces 2 paramètres étant étudiés pour toutes stations d'étude du benthos meuble.</p>



-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --	
	<p>Concernant le protocole AQUAREF (2015) : les fonds étant vaseux, la structure du sédiment est respectée par prélèvements à la benne, ceux-ci étant cohésifs. Dans le cas contraire, les clapets de la benne permettent de prélever en surface du sédiment si nécessaire. Ainsi, l'usage d'un carottier-boîte n'est pas retenu ce qui permet d'optimiser les coûts par ailleurs, et les contraintes logistiques. Des gants en nitrile (non poudrés) sont utilisés, ainsi qu'une spatule en acier inoxydable pour les contaminants organiques, et une spatule en polyéthylène pour les métaux, afin de respecter les recommandations du guide AQUAREF (2015).</p> <p>Au total, 1 campagne de 8 stations est prévue par zone.</p>
Effort d'échantillonnage :	<p><u>Durée</u> : voir fiche « Peuplements et habitats benthiques »</p> <p><u>Fréquence</u> : 1 campagne par an, entre septembre et octobre 2023, en même temps que celle du benthos de substrat meuble. La saisonnalité est moins importante pour ces paramètres relativement au benthos : une autre période peut donc être envisagée, en mutualisation avec les 3 autres campagnes prévues pour le benthos de substrat meuble.</p>
Paramètres mesurés :	<p>Les paramètres analysés sont les suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analyses physico-chimiques : <ul style="list-style-type: none"> o Densité o Granulométrie laser et granulométrie par tamisage + matière organique (voir fiche « Peuplements et habitats benthiques » pour ces 2 paramètres). o Matière sèche / Pourcentage de matière sèche (organique et minérale) o Carbone organique Total (COT), Azote Kjeldhal et Phosphore total. o Silicium / Indium o AOX o Bromoforme. - Micropolluants inorganiques : Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Zn. <p>D'autres substances sont préconisées par l'Ifremer (Amouroux, <i>et al</i>, 2023), telles qu'Argent / Manganèse / Lithium / Gallium par exemple, et sont à discuter dans ce cadre.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Micropolluants organiques : <ul style="list-style-type: none"> o PolyChloroBiphényles (PCB) : 28, 52, 101, 118,138, 153, 180. o Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (et somme des 7 HAP en <u>souligné</u>) : naphthalène, acénaphthylène, acénaphène, fluorène, <u>phenanthrène</u>, <u>anthracène</u>, fluoranthène, Pyrène, <u>Benzo(a)</u>, <u>anthracène</u>, <u>Chrysène</u>, Benzo (b) fluoranthène, <u>Benzo (k) fluoranthène</u>, Benzo(a) pyrène, Dibenzo(ah) anthracène, <u>Benzo (ghi) pérylène</u>, <u>Indéno (123-cd) pyrène</u>. o Hydrocarbures totaux (HCT). o Composés organostanniques : Tributylétain (TBT), Dibutylétain (DBT), Monobutylétain (MBT). - Un échantillon en « spare » par station est prévu en cas de compléments d'analyses ou de perte, avec destruction automatique au-delà de 6 semaines. - Kystes phytoplanctoniques : seules certaines stations font l'objet d'analyse des kystes (voir tableau ci-dessus). Les paramètres suivants sont étudiés sur 3 échantillons issus d'un répliat de benne par station : <ul style="list-style-type: none"> o Teneur en eau du sédiment o Analyses du pouvoir germinatif par 2 méthodes : MPN (<i>Most Probable Number</i>), et germination à partir d'extraits de kystes. o Identification et quantification des kystes (par g de sédiment sec). - Comparaison inter-campagnes / inter-sites des données (zone raccordement, études antérieures (PGL, EFGL, etc...)).



-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --

TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNEES

Les principales étapes de traitement et d'analyse des données sont :

- Envoi des échantillons aux laboratoires, en atmosphère réfrigérée.
- Les analyses sont portées par le laboratoire Eurofins pour tous les paramètres, à l'exclusion des items suivants :
 - o Granulométrie par tamis, analysés par l'EPHE de Dinard.
 - o Kystes phytoplanctoniques, analysés par Mohamed LAABIR, de l'Université de Montpellier (les échantillons sont conservés dans le noir).
- Comparaison des données avec les seuils connus (N1 / N2 / OSPAR, etc...), et les données proches du projet (EFGL, PGL, etc...).

CALENDRIER DE CAMPAGNE

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2023												
Campagnes									1			
2024												
Campagnes												
2025												
Campagnes												

MOYENS

Matériel	<p>Matériel principal :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bennes Van Veen et Day Grab de 0,1m² - Gants nitrile / Spatules et flaconnage adaptés aux substances analysées. <p>Pour les kystes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Microscope inversé photonique ; - Incubateur de microalgues avec une régulation de la température et de la lumière ; - Centrifugeuse réfrigérée ; - Etuve, balance, petit matériel de laboratoire / Consommable (produits chimiques et biologiques, milieu de culture) pour l'extraction des kystes et les expérimentations de germination ; - Flacons et plaques stériles pour les expérimentations de germination.
Moyens nautiques	Navire <i>ONYX</i> de la société FOSSELEV. Autre possibilité à l'étude si nécessaire.
Mutualisation éventuelle	Campagne mutualisée avec le protocole « Peuplements et habitats benthiques ».
Responsables et équipes mobilisées	<p>Organisme : IDRA BIO & Littoral Responsable : Evans TREBAUL Suppléant : Julien GERBER</p> <p>Organisme : P2A Développement Chef de projet : Adrien LOWENSTEIN Suppléant : Jean-Yves JOUVENEL</p> <p>Organisme : GALATEA Chef de projet : Delphine VALETTE Suppléant : Anne MOULIN</p>



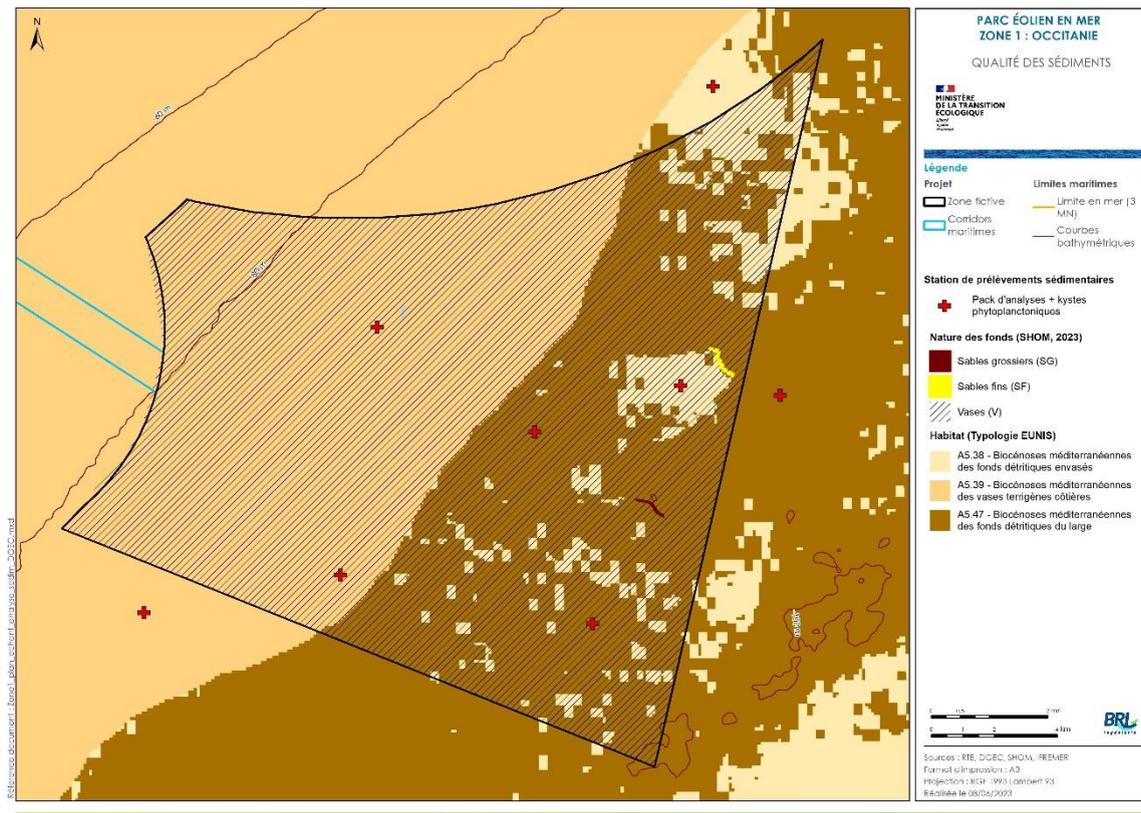
-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --

Risque :

Disponibilité des navires / météo.
 Perte / dégradation des bennes.
 Rupture de la chaîne de transporteurs après débarquement (délai de mise en analyse pour certains paramètres).

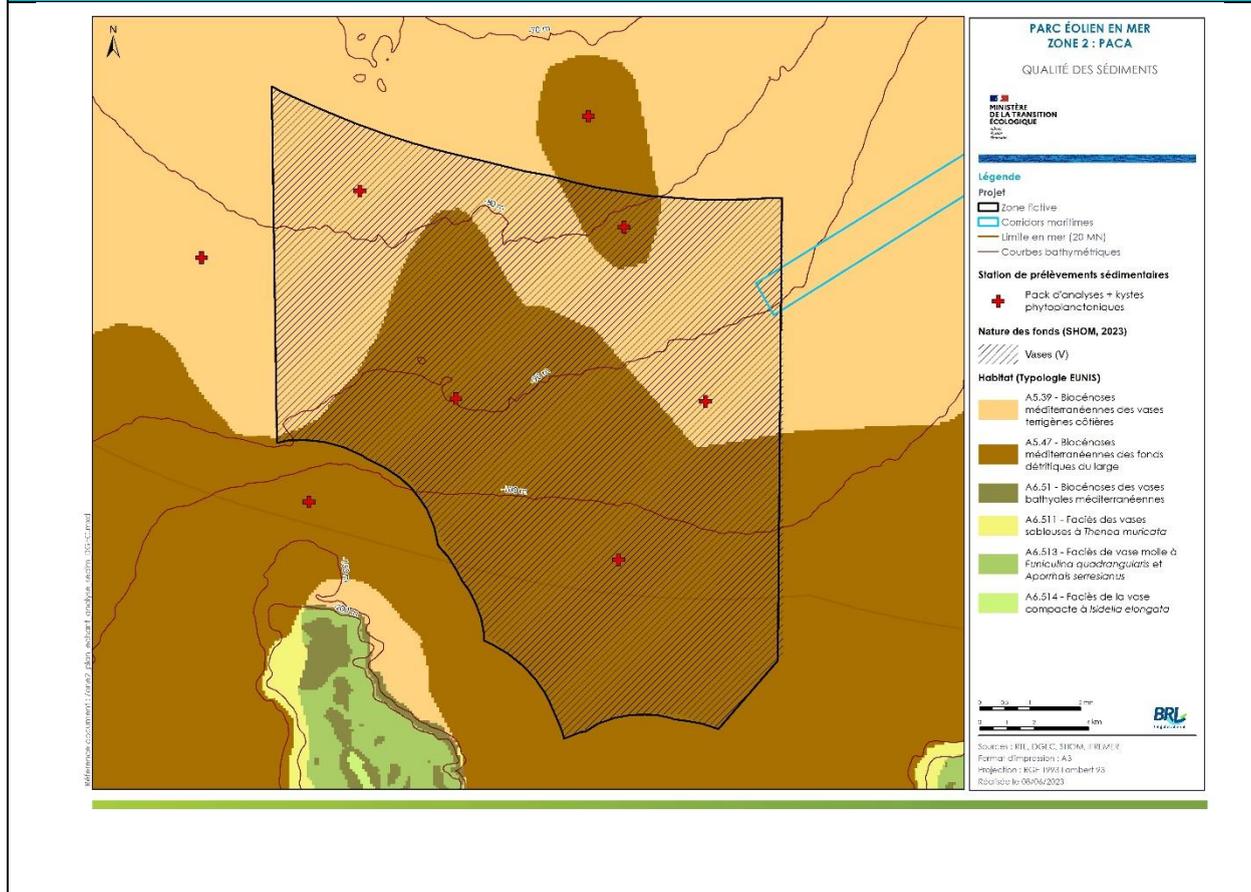
CARTE DE REPRESENTATION SCHEMATIQUE DU PROTOCOLE

Voir 5.2.3 / Carte de représentation schématique du protocole.





-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --



5.2 PROTOCOLE DETAILLE

5.2.1 Objectifs

L'objectif est d'étudier la qualité physico-chimique des sédiments en fonction de la nature des fonds dont les principales unités sont rappelées ci-après. Pour l'étude des kystes phytoplanctoniques, l'objectif consiste également à définir un niveau de risques lié aux éventuels blooms par le remaniement des sédiments lors du projet.

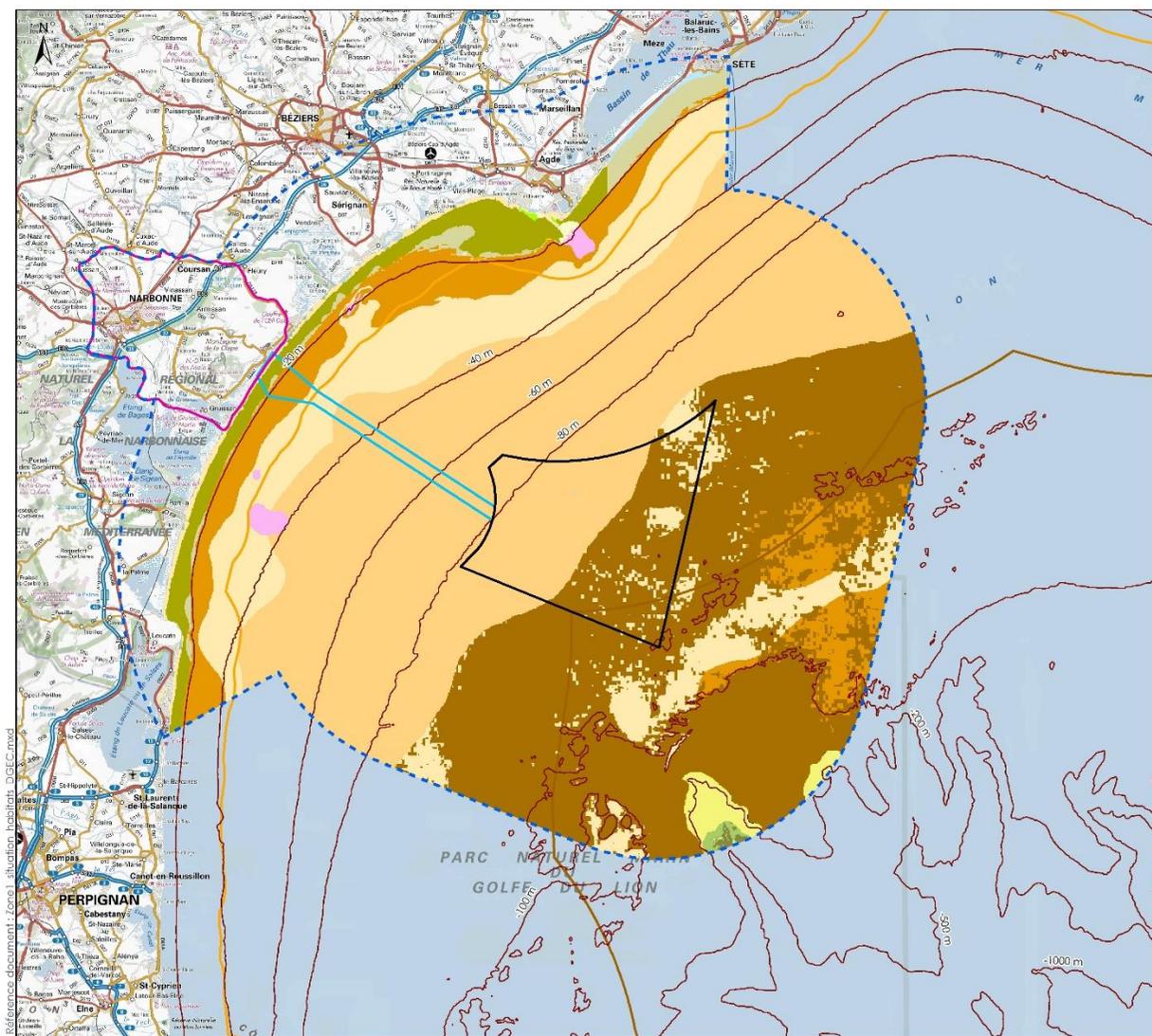
Différentes études ou programmes s'intéressent à la problématique de la qualité des sédiments au sens large, dont la surveillance via le réseau [Réseau d'Observation des Contaminants Chimiques Sédiment (ROCCH SED)] en Méditerranée par exemple, ou le REMTOX (RÉseau de Mesure de la TOXicité globale des sédiments) basé sur l'évaluation du potentiel toxique des sédiments par un bio-essai sur les larves d'huîtres. Ces programmes sont en lien avec d'autres réseaux suivis tels que le Réseau Intégrateur Biologique (RINBIO), ayant comme support d'étude la matrice vivante, et plus largement le suivi des contaminants organiques, des métaux ou des substances émergentes (Ifremer - Agence de l'eau RMC, 2020).

Dans cette étude, un ensemble de paramètres est proposé pour évaluer la qualité physico-chimique des sédiments, sur un ensemble de **8 stations par zone**, incluant les stations témoins.



Ceci constitue une première approche cohérente et robuste, qui peut être complétée par la suite si des résultats suggèrent des investigations plus poussées (anomalies, vérifications, etc...). A titre de comparaison, le protocole destiné à la qualité des sédiments pour l'AO5 est compris entre 10 et 13 stations (SETEC – DGEC, 2023) selon les campagnes, et dont la carte est proposée en annexe.

Afin de préciser le contexte, les cartes ci-dessous détaillent les principales unités bio-sédimentaires sur l'aire d'étude éloignée.



**PARC ÉOLIEN EN MER
ZONE 1 : OCCITANIE**

PEUPLLEMENTS ET HABITATS BENTHIQUES :
SUBSTRATS MEUBLES

**MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE**

Légende

Projet

- Zone fictive
- Aire d'étude rattachement terrestre (DPPAE)
- Corridors maritimes
- Aire d'étude éloignée

Limites maritimes

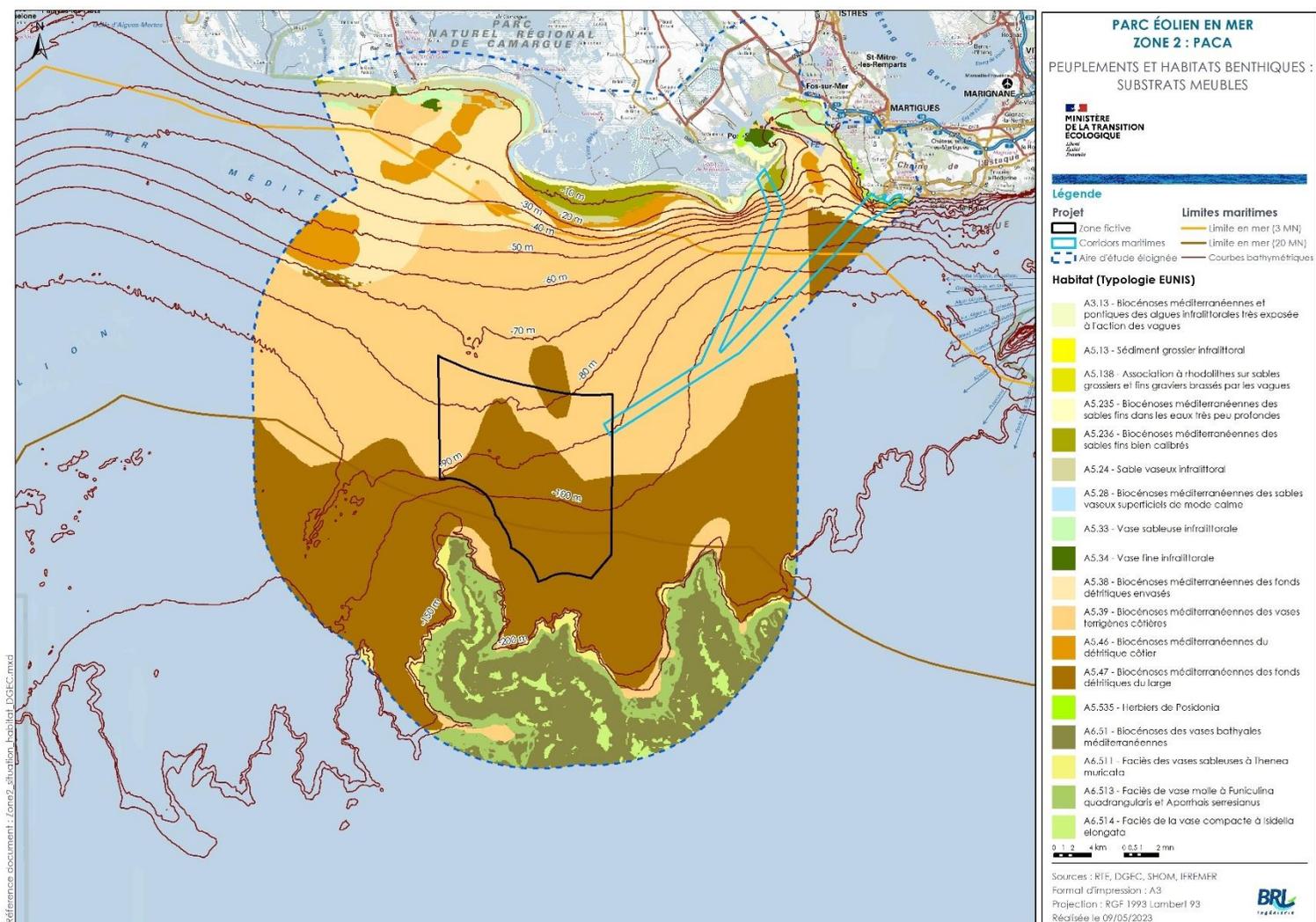
- Limite en mer (3 MN)
- Limite en mer (20 MN)
- Courbes bathymétriques

Habitat (Typologie EUNIS)

- A3.13 - Biocénoses méditerranéennes et pontiques des algues infralittorales très exposées à l'action des vagues
- A4.26 - Biocénoses coralliennes méditerranéennes modérément exposées à l'hydrodynamisme
- A5.13 - Sédiment grossier infralittoral
- A5.235 - Biocénoses méditerranéennes des sables fins dans les eaux très peu profondes
- A5.236 - Biocénoses méditerranéennes des sables fins bien calibrés
- A5.24 - Sable vaseux infralittoral
- A5.28 - Biocénoses méditerranéennes des sables vaseux superficiels de mode calme
- A5.38 - Biocénoses méditerranéennes des fonds détritiques envasés
- A5.39 - Biocénoses méditerranéennes des vases ferrugineuses côtières
- A5.46 - Biocénoses méditerranéennes du détritique côtier
- A5.47 - Biocénoses méditerranéennes des fonds détritiques du large
- A5.535 - Herbiers de *Posidonia*
- A6.3 - Sable profond
- A6.51 - Biocénoses des vases bathyales méditerranéennes
- A6.511 - Faciès des vases sableuses à *Therapsid murexata*
- A6.513 - Faciès de vase molle à *Funiculina quadrangularis* et *Apomais serresianus*
- A6.514 - Faciès de la vase compacte à *Isidella elongata*

0 1 2 3 4 km 0 0,25 0,5 1 m

Sources : RTE, DGEC, SHOM, IFREMER
Format d'impression : A3
Projection : RGF 1993 Lambert 93
Réalisation le 09/05/2023





5.2.2 Description du protocole

5.2.2.1 Effort d'échantillonnage

Une approche **BACI** (Before / After / Control / Impact) est proposée de manière à disposer de stations témoins au-delà de la zone fictive d'implantation des éoliennes. La stratégie d'échantillonnage des stations conjugue plusieurs contraintes d'entrée parmi lesquelles: figurent :

- Un nombre de stations supérieur à l'intérieur de la zone fictive, relativement à la zone témoin, mais réparties autant que possible sur les mêmes habitats (approche BACI).
- Un nombre de stations par habitat proportionné à sa superficie.
- Des stations communes à celles suivies pour la fiche « Peuplements et habitats benthiques ».

Un total de 8 stations par campagne est proposé, échantillonnées par benne Van Veen et/ou Day grab de 0,1m², chacune à hauteur de 1 à 2 répliqués de 0,1m² selon la quantité de matériaux exigée par les laboratoires d'analyses.

Au total, **1 campagne par zone est prévue**, réalisée en même temps que la campagne du protocole « Peuplements et habitats benthiques ».

L'effort global est réparti selon un principe d'allocation proportionnelle du nombre de stations relativement aux superficies par habitat EUNIS, avec quelques adaptations si nécessaire. On note cependant que les données 2023 du SHOM concernant la nature des fonds, montrent une étendue plus homogène en termes de faciès sédimentaire à partir de données granulométriques par méthode laser. **Sur chacune des 2 zones, les 8 stations proposées sont détaillées ci-dessous :**

Tableau 7 : Répartition de l'effort d'échantillonnage pour la zone 1

Habitat de la zone 1	Surface (km ²)	Proportion	Stations au sein de la zone 1		Stations témoins
			Nombre	Proportion	
A5.38 - Biocénoses méditerranéennes des fonds détritiques envasés	26	9%	1	20%	1
A5.39 - Biocénoses méditerranéennes des vases terrigènes côtières	146	49%	2	40%	1
A5.47 - Biocénoses méditerranéennes des fonds détritiques du large	123	42%	2	40%	1
TOTAL	295		5		3

Tableau 8 : Répartition de l'effort d'échantillonnage pour la zone 2

Habitat de la zone 2	Surface (km ²)	Proportion	Stations au sein de la zone 2		Stations témoins
			Nombre	Proportion	
A5.39 - Biocénoses méditerranéennes des vases terrigènes côtières	190	61%	3	60%	2
A5.47 - Biocénoses méditerranéennes des fonds détritiques du large	121	39%	2	40%	1
TOTAL	312		5		3

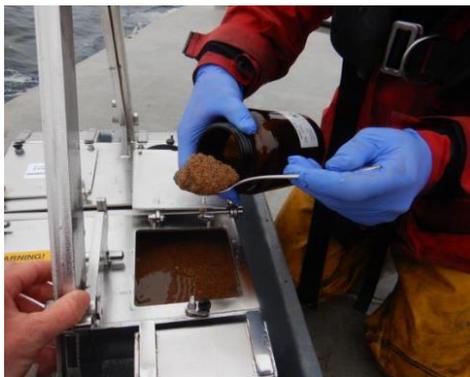
5.2.2.2 Méthode générale

En ce qui concerne les prélèvements, ils sont réalisés avec une benne Van Veen de 0,1 m². Ce type de benne est bien adapté pour les prélèvements en eaux profondes à faible courant.

Une benne Day de 0,1 m² sera emportée en secours afin de ne pas compromettre la sortie, ou en cas de courant sur la zone.



Concernant le protocole AQUAREF (2015) : les fonds étant vaseux, la structure du sédiment est respectée par prélèvements à la benne, ceux-ci étant cohésifs. Dans le cas contraire, les clapets de la benne permettent de prélever en surface du sédiment si nécessaire. A ce sujet, hormis pour les kystes qui nécessitent d'échantillonner la partie superficielle (<10cm) des sédiments, les analyses sont initialement réalisées de manière à obtenir une distribution verticale plus représentative des sédiments (environ 25 cm par benne), afin de tenir compte des contaminations récentes et plus anciennes dans une perspective de travaux (remaniement de sédiments). **Ainsi, l'usage d'un carottier-boite n'est pas retenu ce qui permet d'optimiser les coûts par ailleurs, et les contraintes logistiques.** Des gants en nitrile (non poudrés) sont utilisés, ainsi qu'une spatule en acier inoxydable pour les contaminants organiques (voir photo plus bas), et une spatule en polyéthylène pour les métaux, afin de respecter les recommandations du guide AQUAREF (2015) lors du conditionnement.



Exemple de conditionnement des sédiments par notre équipe, avec spatule en acier inoxydable, et gants nitrile.

Les prélèvements sont ensuite acheminés aux laboratoires en atmosphère réfrigérée (et dans le noir pour les kystes) dès le retour de campagne, avec respect de la chaîne du froid.

5.2.2.3 Paramètres mesurés

Les principaux paramètres mesurés sont les suivants :

- Métadonnées des stations
- **Pack d'analyses :**
 - Analyses physico-chimiques :
 - Densité
 - Granulométrie laser et granulométrie par tamisage + matière organique (voir fiche « Peuplements et habitats benthiques » pour ces 2 paramètres).
 - Matière sèche / Pourcentage de matière sèche (organique et minérale)
 - Carbone organique Total (COT), Azote Kjeldhal et Phosphore total.
 - Silicium / Indium
 - AOX
 - Bromoforme.
 - Micropolluants inorganiques : Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Zn.
 - Micropolluants organiques :
 - PolyChloroBiphényles (PCB) : 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180.



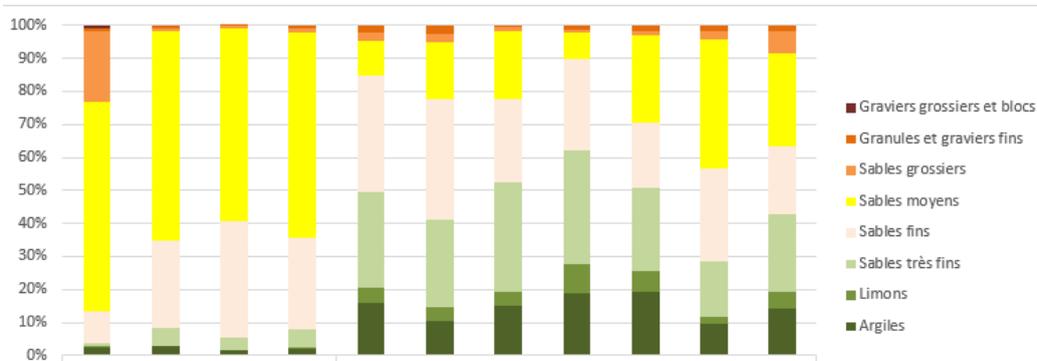
- Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (et somme des 7 HAP en souligné) : naphthalène, acénaphthylène, acénaphtène, fluorène, phenanthrène, anthracène, fluoranthène, Pyrène, Benzo(a), anthracène, Chrysène, Benzo (b) fluoranthène, Benzo (k) fluoranthène, Benzo(a) pyrène, Dibenzo(ah) anthracène, Benzo (ghi) pèrylène, Indéno (123-cd) pyrène.
- Hydrocarbures totaux (HCT).
- Composés organostanniques : Tributylétain (TBT), Dibutylétain (DBT), Monobutylétain (MBT).
- **Kystes phytoplanctoniques** : seules certaines stations font l'objet d'analyse des kystes. Les paramètres suivants sont étudiés sur 3 échantillons issus d'un réplikat de benne par station :
 - Teneur en eau du sédiment
 - Analyses du pouvoir germinatif par 2 méthodes : MPN (Most Probable Number), et germination à partir d'extraits de kystes.
 - Identification et quantification des kystes (par g de sédiment sec).
- Comparaison inter-campagnes / inter-sites des données (zone raccordement, études antérieures (PGL, EFGL, etc...)).

5.2.2.4 Traitement et analyse de données

En ce qui concerne les données recueillies par prélèvements pour les échantillons destinés au pack d'analyses (autres que les kystes phytoplanctoniques), les paramètres suivants sont produits :

- Granulométrie par tamisage et par méthode laser.
- Matière organique

Figure 13 : Exemple de résultats de granulométrie par tamisage



- Pour les autres paramètres, par soucis de synthèse, ils font l'objet d'un tableau de synthèse intégrant les seuils réglementaires N1 / N2, et les seuils OSPAR :
- La série d'analyses chimiques sur chaque échantillon consiste à déterminer la situation des sédiments au regard des seuils N1 et N2 définis par les Arrêtés du 9 août 2006 - modifié par Arrêté du 30 juin 2020 -, du 8 février 2013 et du 17 juillet 2014 « relatifs aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de rejets dans les eaux de surface ou de sédiments marins, estuariens ou extraits de cours d'eau ou canaux relevant respectivement des rubriques 2.2.3.0, 4.1.3.0 et 3.2.1.0 de la nomenclature annexée à l'article R.214-1 du code de l'environnement ». Les résultats des analyses physico-chimiques seront présentés sous la forme de tableaux et de graphiques, comme illustré ci-dessous.

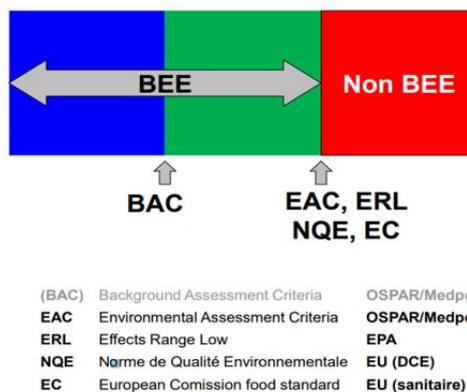


- Les concentrations mesurées sont également confrontées à des valeurs de référence qui sont soit des teneurs couramment rencontrées ou des concentrations minimales reliées à des effets. Ainsi, l'ERL (*US Effects Range Low sediment toxicological criteria*) est définie comme le percentile 10 des concentrations sédimentaires associées à des effets biologiques pour les espèces benthiques. Cette définition rejoint la philosophie des seuils d'effet dans les conventions de mers régionales (*Ecological Assessment Criteria d'OSPAR*) ou les Normes de Qualité Environnementale de la DCE (Buchman, 2008). Les valeurs considérées ici sont celles utilisées pour l'évaluation du Bon Etat Ecologique pour le descripteur 8 de la DCSMM « Contaminants dans le milieu en France métropolitaine ».

Certains paramètres feront l'objet d'une normalisation conformément à la méthode proposée dans l'évaluation du Descripteur 8 de la DCSSM (Ifremer, 2018 / Amouroux *et al*, 2023).

Figure 14 : Valeurs seuils utilisées pour définir le bon état écologique des sédiments marins (OSPAR)

		BAC (Background Assessment Concentration)	EAC (Environmental Assessment Criteria)	ERL (Effects Range Low)
ETM				
Arsenic	µg/kg MS	25000		8200
Cadmium	µg/kg MS	310		1200
Chrome	µg/kg MS	81000		81000
Cuivre	µg/kg MS	27000		34000
Mercurure	µg/kg MS	70		150
Nickel	µg/kg MS	36000		21000
Plomb	µg/kg MS	38000		47000
Zinc	µg/kg MS	122000		150000
PCB				
PCB101	µg/kg MS	0,14	3	
PCB118	µg/kg MS	0,17	0,6	
PCB138	µg/kg MS	0,15	7,9	
PCB153	µg/kg MS	0,19	40	
PCB180	µg/kg MS	0,1	12	
PCB28	µg/kg MS	0,22	1,7	
PCB52	µg/kg MS	0,12	2,7	
HAP				
Anthracène	µg/kg MS	5		85
Benzo(a)anthracène	µg/kg MS	16		261
Benzo(a)pyrène	µg/kg MS	30		430
Benzo(g,h,i)perylène	µg/kg MS	80		85
Chrysène	µg/kg MS	20		384
Fluoranthène	µg/kg MS	39		600
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	µg/kg MS	103		240
Naphtalène	µg/kg MS	8		160
Phénanthrène	µg/kg MS	32		240
Pyrène	µg/kg MS	24		665



Les limites de quantification du laboratoire Eurofins sur la matrice sédiments marins sont proposées ci-dessous.

LQ¹ = Limites de quantification définies dans l'Avis du 19 octobre 2019 relatif aux limites de quantification des couples « paramètre-matrice » de l'agrément des laboratoires effectuant des analyses dans le domaine de l'eau et des milieux aquatiques.

Qualité des sédiments			
Famille	Composé	LQ ¹	LQ du laboratoire
Métaux lourds	Al	7.000.000 µg/kg	5 mg / kg M.S.
	As (arsenic)	500 µg/kg	0.1 mg / kg M.S.
	Cd (cadmium)	100 µg/kg	0.1 mg / kg M.S.
	Cr	500 µg/kg	0.1 mg / kg M.S.

¹ Limites de quantification définies dans l'Avis du 19 octobre 2019 relatif aux limites de quantification des couples « paramètre-matrice » de l'agrément des laboratoires effectuant des analyses dans le domaine de l'eau et des milieux aquatiques



Qualité des sédiments			
Famille	Composé	LQ ¹	LQ du laboratoire
	Cu	500 µg/kg	0.2 mg / kg M.S.
	Fe	2.500.000 µg/kg	5 mg / kg M.S.
	Hg (mercure)	10 µg/kg	0.1 mg/kg M.S.
	Ni (Nickel)	500 µg/kg	0.2 mg / kg M.S.
	Pb	1.000 µg/kg	0.1 mg / kg M.S.
	Zn	2.000 µg/kg	0.5 mg / kg M.S.
PCB	PCB 28(PolyChloroBiphényles)	0,1 µg/kg	0.001 mg/kg M.S.
	PCB 52	0,1 µg/kg	0.001 mg/kg M.S.
	PCB 101	0,1 µg/kg	0.001 mg/kg M.S.
	PCB 118	0,1 µg/kg	0.001 mg/kg M.S.
	PCB 138	0,1 µg/kg	0.001 mg / kg M.S.
	PCB 153	0,1 µg/kg	0.001 mg / kg M.S.
	PCB 180	0,1 µg/kg	0.001 mg / kg M.S.
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)	Naphtalène	2 µg/kg	0.002 mg / kg M.S.
	Acénaphylène	3 µg/kg	0.002 mg / kg M.S.
	Acénaphène	4 µg/kg	0.002 mg / kg M.S.
	Fluorène	5 µg/kg	0.002 mg / kg M.S.
	Phenanthrène	10 µg/kg	0.002 mg / kg M.S.
	Anthracène	3 µg/kg	0.002 mg / kg M.S.
	Fluoranthène	10 µg/kg	0.002 mg / kg M.S.
	Pyrène	10 µg/kg	0.002 mg / kg M.S.
	Benzo(a) anthracène	10 µg/kg	0.002 mg / kg M.S.
	Chrysène	10 µg/kg	0.002 mg / kg M.S.
	Benzo (b) fluoranthène	10 µg/kg	0.002 mg / kg M.S.
	Benzo (k) fluoranthène	10 µg/kg	0.002 mg / kg M.S.
	Benzo(a) pyrène	10 µg/kg	0.002 mg / kg M.S.
	Dibenzo(ah) anthracène	10 µg/kg	0.002 mg / kg M.S.
Benzo (ghi) pèrylène	10 µg/kg	0.002 mg / kg M.S.	
Indéno (123-cd) pyrène	10 µg/kg	0.002 mg / kg M.S.	
HC T	Hydrocarbures totaux		15 mg / kg M.S.
Composés organostanniques	Tributylétain (TBT)	2 µg/kg	2 µg Sn / kg M.S.
	Dibutylétain (DBT)	2 µg/kg	
	Monobutylétain (MBT)	2 µg/kg	



5. ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DES SEDIMENTS ET KYSTES PHYTOPLANCTONIQUES

Figure 15 : Exemple de restitution des données pour la plupart des paramètres à étudier, intégrant le cas échéant les éventuelles normalisations et les comparaisons aux seuils réglementaires N1 / N2, et OSPAR.

Campagne / Date	2022-2023					Seuils d'immersion (arrêtés 09/08/2006, 23/12/2009 et du 08/02/2013)		Bon état écologique, DCSMM 2018
	A	B	C	D	E	N1	N2	
Caractéristiques physiques								
Refus pondéral à 2mm	% PB	<1,00	7,47	5,78	<1,00	10,1		
Fraction entre 200 µm et 2 mm	%	91,35	35,67	89,89	56,22	52,34		
Fraction entre 63 et 200 µm	%	7,28	59,2	7,77	42,01	36,88		
Fraction entre 50 et 63 µm	%	0	0,08	0	0	1,06		
Fraction < 50 µm	%	1,38	5,05	2,33	1,77	9,72		
Médiane	µm	393,52	164,921	341,71	210,78	209,5		
Graphique : pourcentage du volume par rapport à la taille des particules en µm								
Matière sèche	% prod brut	82,8	75,1	72	71,8	73,6		
Carbone Organique Total	mg/kg sec	<1000	1600	<5060	<5030	3770		
Nutriments								
Azote selon Kjeldahl	g/kg MS	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		
Aluminium	mg/kg sec	737	853	713	722	1850		
Phosphore Total	mg/kg sec	363	392	355	320	515		
Phosphore	mg/kg sec	158	171	155	140	225		
Micropolluants minéraux (métaux lourds)								
		Normalisation 5% AI						
Arsenic	mg/kg sec	7,81	6,36	5,8	5,86	6,22	25	50
Cadmium	mg/kg sec	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,11	1,2	2,4
Chrome	mg/kg sec	3,78	4,59	5,66	5,1	8,51	90	180
Cuivre	mg/kg sec	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	45	90
Mercurure	mg/kg sec	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,4	0,8
Nickel	mg/kg sec	2,18	2,63	2,43	1,67	2,08	37	74
Plomb	mg/kg sec	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	6,02	100	200
Zinc	mg/kg sec	<5,00	7,23	8,11	6,22	11,2	276	552
Micropolluants organiques								
Polychlorobiphényles								
		Normalisation 2,5% COT						
n°28	mg/kg sec	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	0,01
n°52	mg/kg sec	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	0,01
n°101	mg/kg sec	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,01	0,02
n°118	mg/kg sec	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,01	0,02
n°138	mg/kg sec	<0,001	<0,001	<0,001	0,0022	0,011	0,02	0,04
n°153	mg/kg sec	<0,001	<0,001	<0,001	0,0028	0,014	0,02	0,04
n°180	mg/kg sec	<0,001	<0,001	<0,001	0,0016	0,008	0,01	0,02
Somme des PCB	mg/kg sec	0,004	0,004	0,004	0,009	0,004	0,5	1
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques								
		Normalisation 2,5% COT						
Naphtalène	mg/kg sec	<0,002	<0,002	<0,0022	<0,0022	<0,0022	0,16	1,13
Acénaphthylène	mg/kg sec	<0,002	<0,002	<0,0022	0,003	<0,002	0,04	0,34
Acénaphthène	mg/kg sec	<0,002	<0,002	<0,0022	<0,0022	<0,002	0,015	0,26
Fluorène	mg/kg sec	<0,002	<0,002	<0,0022	0,004	<0,002	0,02	0,28
Phénanthrène	mg/kg sec	<0,002	<0,002	<0,0022	0,010	0,050	0,24	0,87
Anthracène	mg/kg sec	<0,002	<0,002	0,002	0,010	0,002	0,085	0,59
Fluoranthène	mg/kg sec	<0,002	<0,002	0,008	0,040	0,008	0,6	2,85
Pyrène	mg/kg sec	<0,002	<0,002	0,008	0,040	0,005	0,5	1,5
Benzo (a) anthracène	mg/kg sec	<0,002	<0,002	<0,0022	0,004	0,018	0,26	0,93
Chrysène	mg/kg sec	<0,002	<0,002	<0,0022	0,004	0,018	0,38	1,59
Benzo (B) Fluoranthène	mg/kg sec	<0,002	<0,002	<0,0022	0,005	<0,002	0,4	0,9
Benzo (K) Fluoranthène	mg/kg sec	<0,002	<0,002	<0,0022	<0,0022	<0,002	0,2	0,4
Benzo (A) Pyrène	mg/kg sec	<0,002	<0,002	<0,0022	0,003	0,015	0,43	1,015
Dibenzof(a,h)anthracène	mg/kg sec	<0,002	<0,002	<0,0022	<0,0022	<0,002	0,06	0,16
Benzo (g,h,i) pérylène	mg/kg sec	<0,002	<0,002	<0,0022	<0,0022	<0,002	1,7	5,65
Indéno (1,2,3-CD) Pyrène	mg/kg sec	<0,002	<0,002	<0,0022	<0,0022	<0,002	1,7	5,65
Organostanniques								
Monobutyl Etain	µg Sn/kg sec	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0		
Dibutyl Etain	µg Sn/kg sec	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0		
Tributyl Etain	µg/kg sec	<4,9	<4,9	<2,0	<2,0	<2,0	100	400

En ce qui concerne les données recueillies par prélèvements pour les échantillons destinés aux analyses des kystes phytoplanctoniques, les étapes suivantes sont détaillées :

Cette partie est réalisée par Mohammed LAABIR, de l'Université de Montpellier, une des référents à l'échelle nationale voire internationale sur cette problématique, dont les publications sont nombreuses à ce sujet (Laabir, 2007 ; 2011 ; 2013).



Les kystes se concentrent principalement dans les 10 premiers centimètres de sédiment. L'échantillon de sédiment est conservé à l'obscurité et à 4 °C en attente des différentes analyses. Les méthodes les plus récentes et référencées au niveau international seront utilisées pour la séparation des kystes. Le comptage se fait en microscopie photonique en se basant sur des références bibliographiques. Des photos de kystes seront prises. La méthode de Yamaguchi et al., (1995) modifiée répond à des exigences d'extraction optimale des kystes de résistance des dinoflagellés. C'est cette méthode qui sera adoptée pour la présente étude. L'extrait obtenu est versé dans une cellule de comptage. La numération se fait au microscope inversé. La teneur en eau du sédiment est déterminée pour avoir un nombre de sédiment par gramme de sédiment sec.

Détail de la méthode :

- Séparation des kystes : les kystes sont séparés du sédiment selon la méthode de centrifugation Ludox (Yamaguchi et al., 1995). Les kystes sont concentrés grâce à un gradient de densité en utilisant le Ludox CLX qui a une densité équivalente à celle des kystes, soit près de 1,3 g cm³ (Blanco, 1986).
- Préparation de la fraction fine des sédiments : les 3 premiers centimètres du sédiment sont prélevés et homogénéisés (Godhe et al. et al., 2000). Des aliquotes (1 g de sédiment humide) sont prélevés et suspendus dans 50 ml d'eau distillée suivi d'une sonication de 3 min pour débarrasser les kystes au repos de leur mucus, ce qui facilite le tamisage (filtration). Les porosités des filtres utilisés sont adaptées à la taille des dinoflagellés recherchés.
- Méthode du gradient de densité Ludox CLX et lecture au microscope : la fraction de sédiment restant entre x et y µm est transférée dans un tube de 50 ml, puis du Ludox CLX est ajouté. Le tube est centrifugé pendant 30 min à 3000 tours min⁻¹ et à 4 °C. La centrifugation permet la séparation des kystes qui sont extraits à l'aide d'une pipette Pasteur et puis lavés et mis dans un tube avec l'eau de mer filtrée à 0,2µm et autoclavée. Les fractions de kystes sont stockées à 4°C à l'obscurité en attendant l'identification et le comptage des kystes de résistance au microscope photonique inversé.

Figure 7 : Evolution de la quantité de kystes d'*Alexandrium minutum* observée dans une étude de 2020 en Bretagne, avec 3 réplicats par station

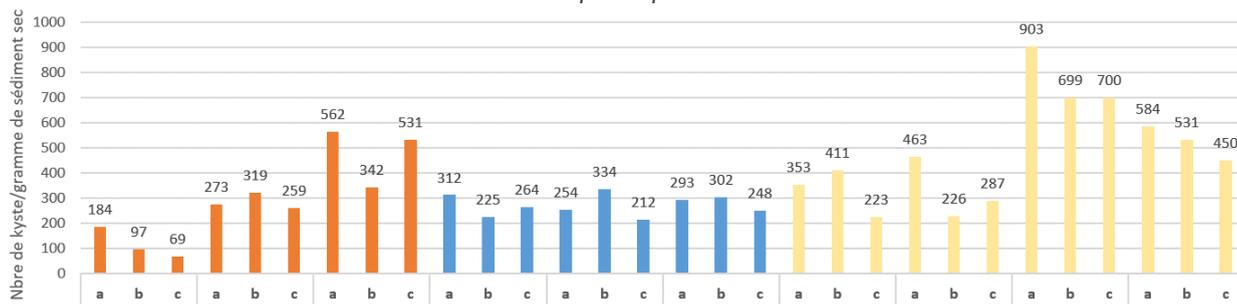
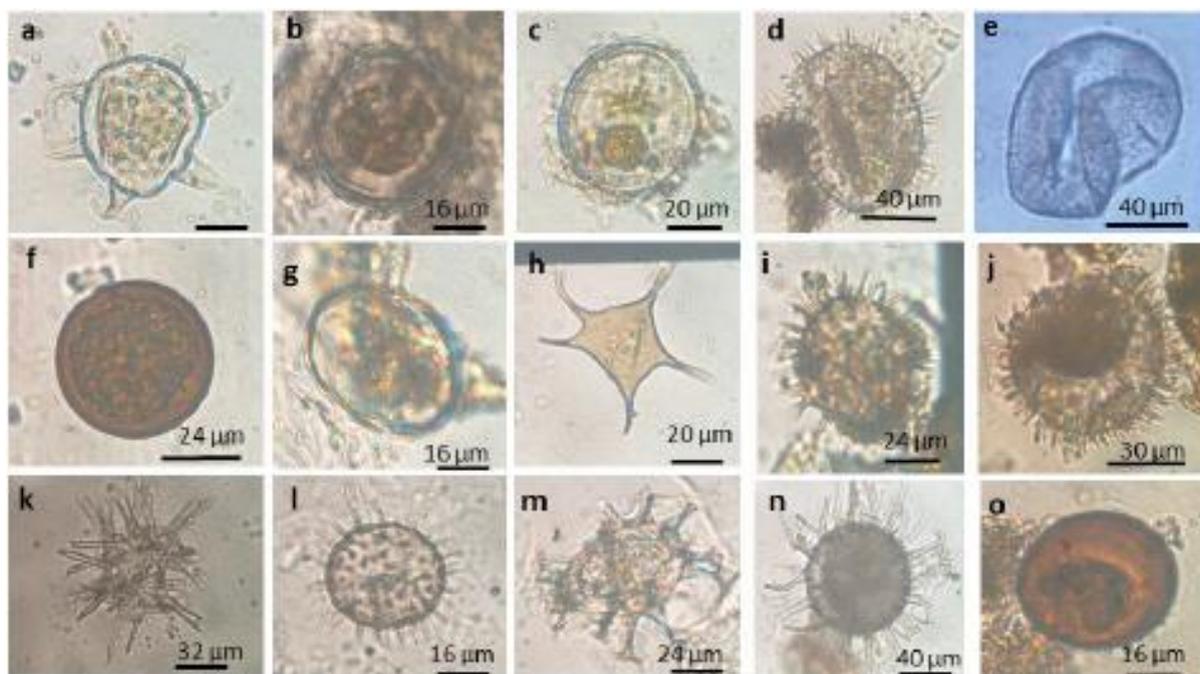


Figure 16 : Photos prises en microscopie photonique des kystes de dinoflagellés présents dans le sédiment des stations échantillonnées en rade de Brest.



A partir du sédiment, des expériences de germination sont réalisées en se basant sur la méthode MPN, (Most Probable Number) ciblant les microalgues potentiellement toxiques. Cette méthode permet de déterminer le nombre de kystes revivifiables par gramme de sédiment. Le dénombrement des cellules végétatives est effectué 5 jours après la mise en germination. Le suivi dure 21 jours pour comptabiliser des germinations potentielles ultérieures. Cette méthode cible particulièrement les espèces phytoplanctoniques potentiellement toxiques.

Une deuxième méthode de germination sera mise en œuvre en incubant dans du milieu de culture une fraction de sédiment riche en kystes des dinoflagellés potentiellement toxiques si présentes dans le sédiment de l'échantillon étudié. La germination des kystes est influencée par un ensemble de facteurs abiotiques et biotiques comme le degré de maturité des kystes (passage par une période de dormance obligatoire), leur état physiologique et des conditions de culture. Les conditions expérimentales (température, salinité) correspondront aux conditions environnementales des zones d'échantillonnage. Les expérimentations de germination sont chronophages et demandent une maîtrise complète des conditions de culture de microalgues aussi bien des cellules végétatives que des formes enkystées.

L'objectif est ainsi de définir un niveau de risques lié aux éventuels blooms par remaniement des sédiments lors du projet.



- **Comparaison des données inter-campagnes** : les descripteurs sont comparés au fur et à mesure de l'avancement de l'état initial.

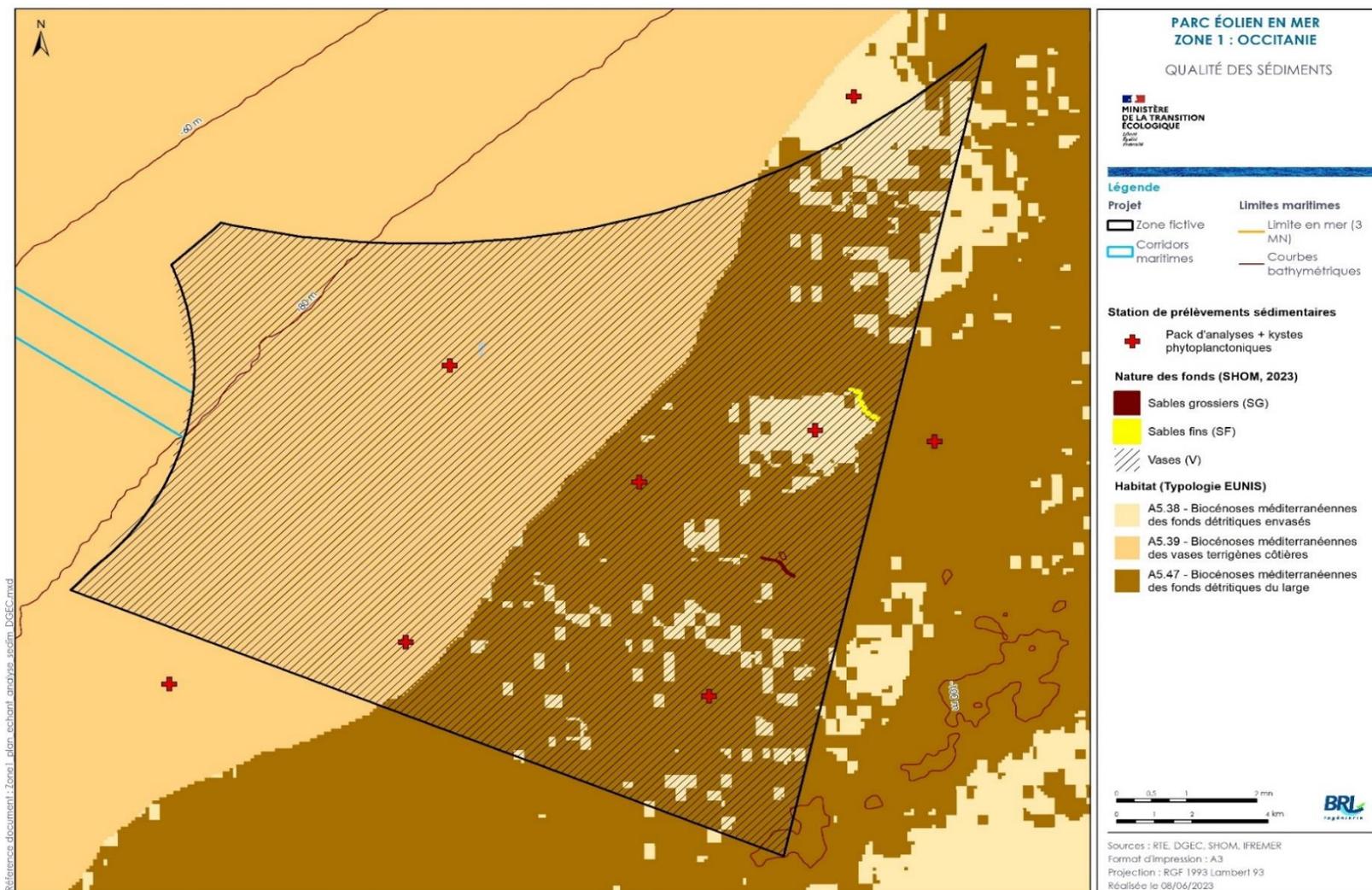
5.2.2.5 Calendrier du protocole

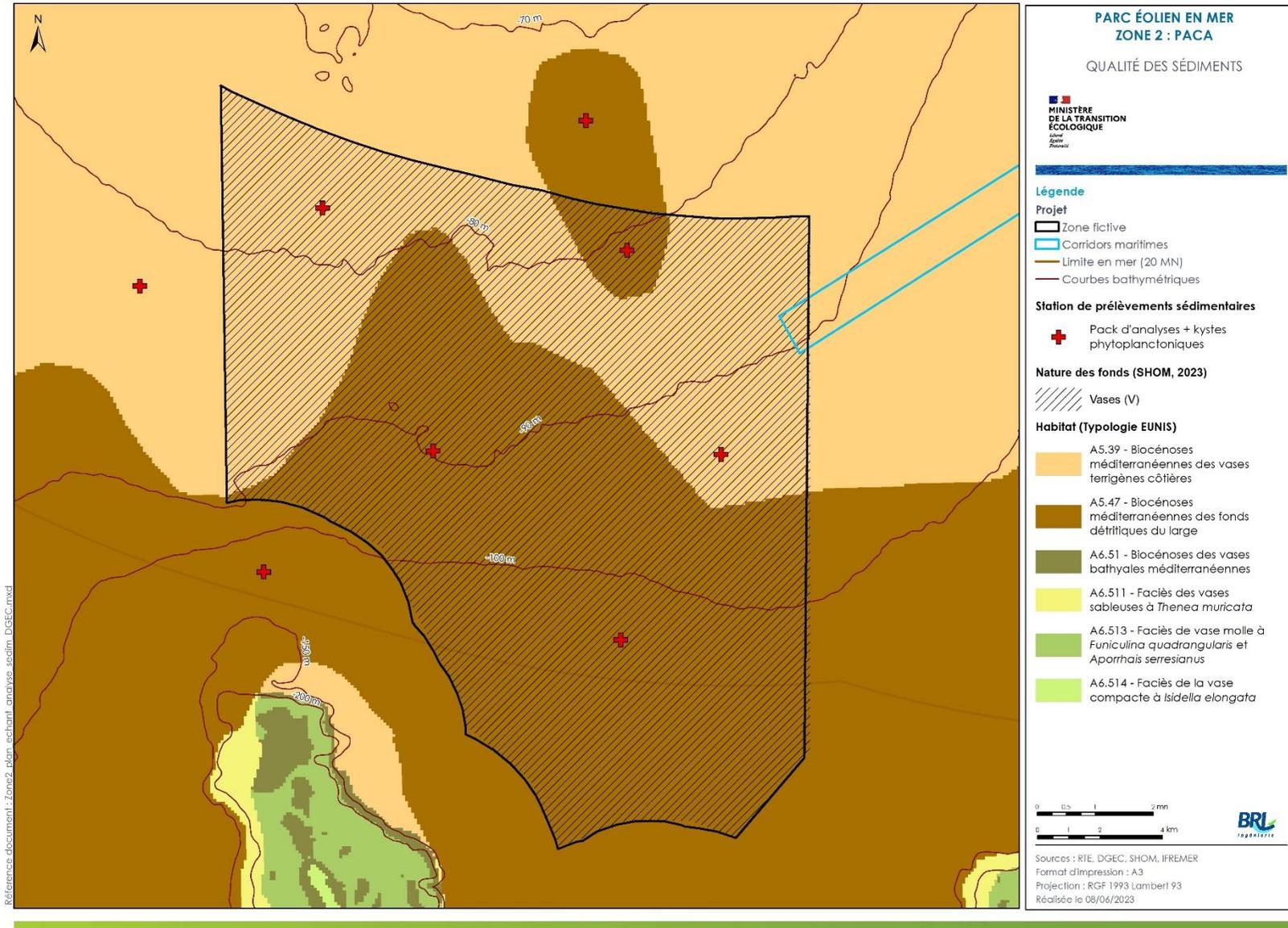
Tableau 9 : Planning du protocole

2023	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes									1			
2024	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes												
2025	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D



5.2.3 Carte de représentation schématique du protocole :







5.2.4 Moyens utilisés

5.2.4.1 Moyens matériels employés

Les principaux outils sont détaillés ci-dessous.

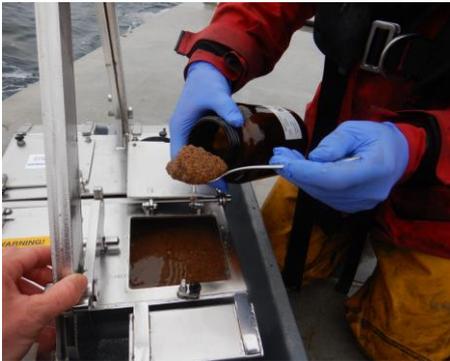
Figure 17 : Illustration des moyens matériels



Benne Day (Day grab)



Benne Van Veen



Exemple de conditionnement avec spatule en acier inoxydable



Conditionnement en pot de 2L pour analyse des kystes benthiques



Laboratoire et matériel pour analyse des kystes



5.2.4.2 Personnel mobilisé

- Partenaire 1 : **IDRABIO & Littoral**
 - Responsable : Evans TREBAUL
 - Suppléant : Julien GERBER
- Partenaire 2 : **P2A Développement**
 - Responsable : Adrien LOWENSTEIN
 - Suppléant : Jean-Yves JOUVENEL
- Partenaire 3 : **GALATEA**
 - Responsable : Delphine VALETTE
 - Suppléant : Anne MOULIN

5.2.4.3 Moyens nautiques

Le navire ONYX de la société FOSSELEV est pressenti pour cette mission. Il dispose d'un audit IMCA de moins de 1 an, et armé en 2nde catégorie dont les interventions sont autorisées jusqu'à 60 NM.

Figure 18 : Navire ONYX de la société FOSSELEV



5.2.4.4 Mutualisation éventuelle

Ce protocole est mutualisé avec le protocole « Peuplements et habitats benthiques ».

5.2.5 Risques

Les principaux risques identifiés à ce stade sont notamment liés à :

- La perte / casse de bennes, dont le risque est diminué par la mobilisation de matériel de secours à bord.
- Les dégradations des conditions météorologiques en mer (mer du vent, houle...).
- La rupture de la chaîne de transporteurs après débarquement (délai de mise en analyse pour certains paramètres).



6 BENTHOS DE SUBSTRATS MEUBLES

6.1 FICHE PROTOCOLE SYNTHETIQUE

Le tableau ci-dessous permet de présenter de manière synthétique l'ensemble des caractéristiques du protocole détaillé dans les pages ci-dessous.

-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --	
 MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE	<h1>Peuplements et habitats benthiques</h1>
Benthos de substrats meubles (domaine subtidal)	
OBJECTIFS ET PARAMETRES	
<ul style="list-style-type: none"> - Identifier la nature des habitats et communautés benthiques présents, notamment les habitats d'intérêt patrimonial, leur état écologique (bon, déjà dégradé, etc.) et leur degré de sensibilité vis-à-vis du projet. Une attention particulière sera apportée aux espèces protégées. - Produire des paramètres de suivi stationnels reproductibles pour le suivi au long cours : richesses, densités, indices biotiques, peuplements benthiques selon les typologies d'habitats en vigueur, etc... - Cartographier les habitats marins. 	
DESCRIPTION DU PROTOCOLE	
Stratégie d'échantillonnage :	<p>Une approche BACI (Before / After / Control / Impact) est proposée de manière à disposer des stations témoins au-delà de la zone fictive d'implantation des éoliennes. La stratégie d'échantillonnage des stations conjugue plusieurs contraintes d'entrée parmi lesquelles figurent :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un nombre de stations supérieur à l'intérieur de la zone fictive, relativement à la zone témoin, mais réparties autant que possible sur les mêmes habitats (approche BACI). - Un nombre de stations par habitat proportionné à sa superficie. - Des stations communes à celles suivies pour la « Qualité des sédiments ». <p>Un total de 35 stations par campagne est proposé, échantillonnées par benne Van Veen et/ou Day grab de 0,1m², chacune à hauteur de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 5 répliquats de 0,1m² pour la macrofaune benthique, avec tamisage sur une maille de 1mm. - 1 répliquat de 0,1m² pour la granulométrie par tamisage et laser, et la matière organique des sédiments → voir fiche « Qualité des sédiments » pour les autres substances sur certaines stations uniquement. <p>Au total, 4 campagnes de 35 stations sont prévues.</p>

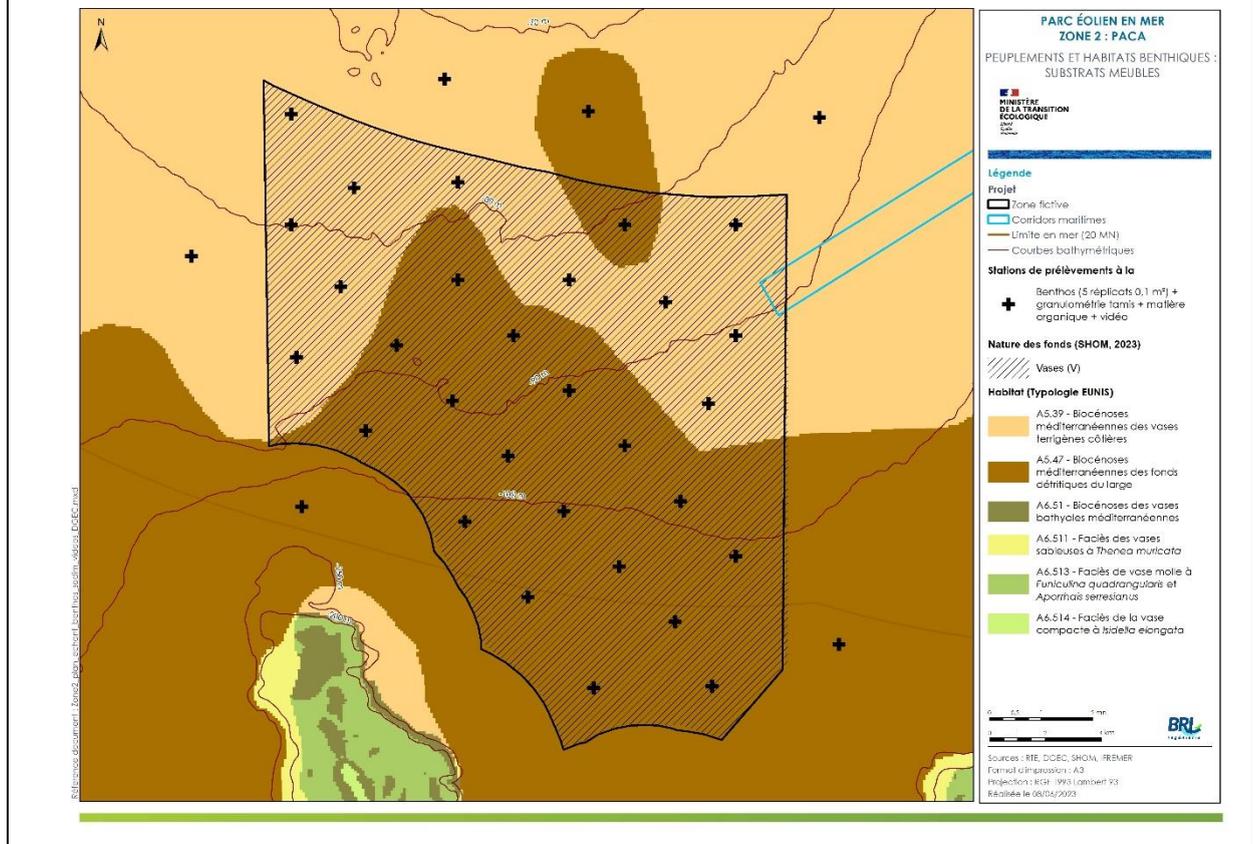
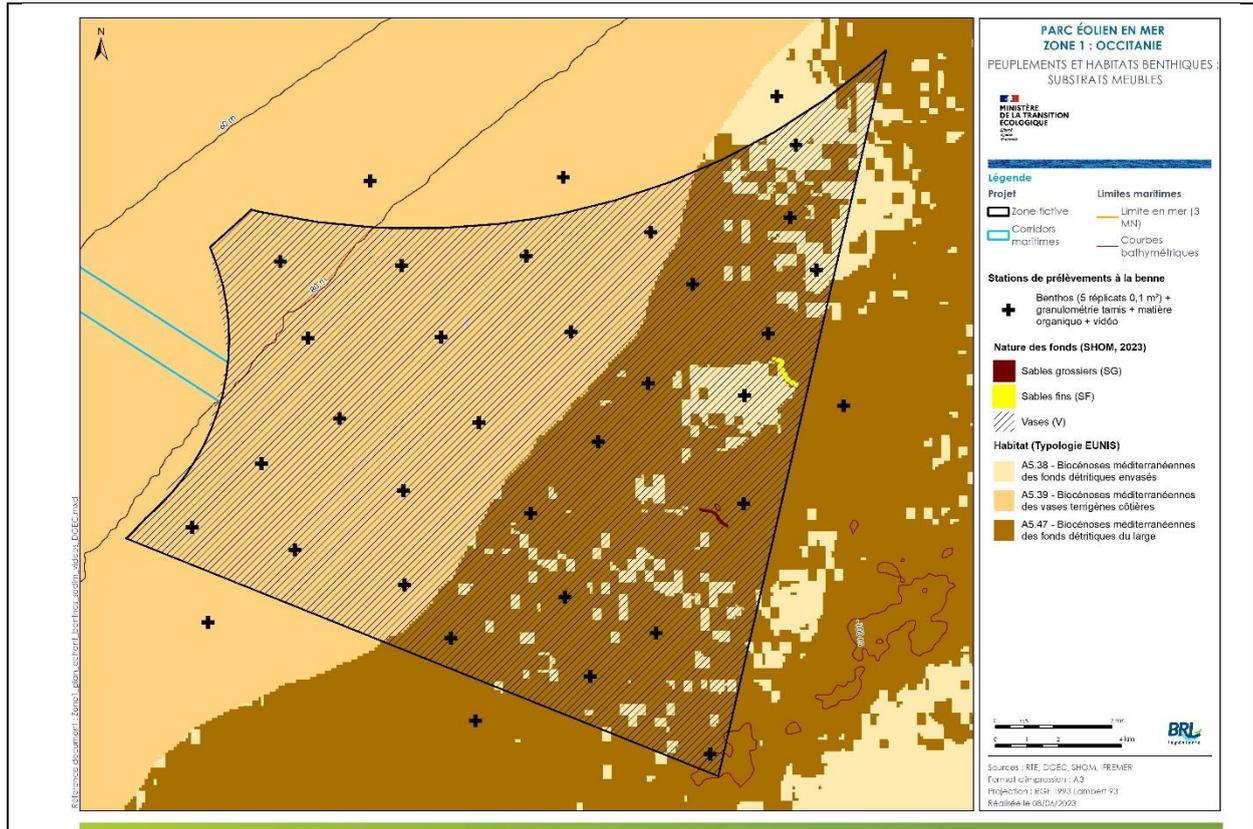


-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --

	<p>Une approche par vidéo pendulaire (tractée) est proposée sur les substrats meubles subtidiaux : par soucis de synthèse, la prise de vidéos est directement intégrée à ce protocole. La production de clichés des fonds meubles étudiés par les prélèvements est proposée de manière à effectuer des levées de risques sur certains habitats à enjeux qui ne peuvent pas être identifiés via les sédiments échantillonnés par benne (ex : habitat à pennatules, à langoustines, etc...). En cas de besoin, à l'instar des substrats grossiers (ex : cailloutis) ou des habitats rocheux qui seraient découverts, des compléments peuvent être proposés ultérieurement, notamment par ROV, pour affiner la description de ces faciès, et des biocénoses associées. On note qu'une fois ces doutes levés, il n'est pas nécessaire de réitérer les prospections vidéo lors des états de référence avant travaux (Ifremer, 2023).</p> <p>Toutefois, 1 seule campagne de vidéo sera réalisée, parmi les 4 prévues pour le benthos.</p>
<p>Effort d'échantillonnage :</p>	<p><u>Durée</u> : plusieurs sorties sont nécessaires par campagne, avec un total estimé à 7 jours de mer par campagne et par zone (tenant compte des temps induits par la mutualisation avec la vidéo pendulaire, et la « Qualité des sédiments »).</p> <p><u>Fréquence</u> : 2 campagnes par an, c'est-à-dire 4 campagnes réparties comme suit :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Campagne 1 (incluant vidéo) : Entre septembre et octobre 2023. - Campagne 2 : Entre février et avril 2024. - Campagne 3 : Entre septembre et octobre 2024. - Campagne 4 : Entre février et avril 2025.
<p>Paramètres mesurés :</p>	<p>Les principaux paramètres mesurés sont les suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Richesse spécifique - Densité (en individus par m²) - Indices de Shannon (diversité) et Piélou (équitabilité) - Groupes taxonomiques / Groupes écologiques et indices associés (ex : AMBI / M-AMBI ou autres indices pertinents) - Espèces dominantes et caractéristiques des peuplements / Espèces rares ou remarquables / Espèces invasives et non indigènes. - Biomasses par groupe (annélides, mollusques, crustacés, etc...) - Assemblages benthiques / Habitats (EUNIS + NATHAB-MED) par statistiques multivariées (ex : Classification Ascendante Hiérarchique) et expertise par un benthologue en fonction des paramètres physiques de nature des fonds et de bathymétrie. - Illustration et caractérisation des fonds par vidéo et levée de risques sur les habitats à enjeux. - Etat de conservation lorsque la méthodologie est applicable. - Paramètres suivis pour les sédiments de chaque station : granulométrie par tamisage, par laser, et matière organique. Les nutriments et contaminants sont étudiés sur certaines stations seulement (voir fiche « Qualité des sédiments »). - Comparaison inter-campagnes / inter-sites des données (zone raccordement, études antérieures (PGL, EFGL, etc...))
<p>TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNEES</p>	
<p>Les principales étapes de traitement et d'analyse des données sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pour les 5 réplicats prélevés pour le macrofaune : formolage & déformolage, tri, détermination par les taxonomistes expérimentés, et production des bases de données et statistiques associées. - Pour le 6^{ème} réplicat destiné à l'analyse des sédiments : envoi au laboratoire, et recueil puis analyse des données de granulométrie par tamis / laser, et de matière organique. 	
<p>CALENDRIER DE CAMPAGNE</p>	



-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --												
2023	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes									1			
2024	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes		1							1			
2025	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes		1										
MOYENS												
Matériel	Matériel principal : <ul style="list-style-type: none"> - Bennes Van Veen et Day Grab de 0,1m² / Vidéo. - Flaconnage / formaldéhyde 5% / tamis 1 mm / microscopes & loupes / bibliographie - Bacs marée étanches / cuillères. 											
Moyens nautiques	Navire <i>ONYX</i> de la société FOSSELEV. Autre possibilité à l'étude si nécessaire.											
Mutualisation éventuelle	Campagne mutualisée avec le protocole « Qualité des sédiments ».											
Responsables et équipes mobilisées	Organisme : IDRA BIO & Littoral Responsable : Evans TREBAUL Suppléant : Julien GERBER											
	Organisme : P2A Développement Chef de projet : Adrien LOWENSTEIN Suppléant : Jean-Yves JOUVENEL											
	Organisme : GALATEA Chef de projet : Delphine VALETTE Suppléant : Anne MOULIN											
Risque :	Disponibilité des navires / météo. Perte / dégradation des bennes et de la vidéo.											
CARTE DE REPRESENTATION SCHEMATIQUE DU PROTOCOLE												
Voir 5.2.3 / Carte de représentation schématique du protocole.												





6.2 PROTOCOLE DETAILLE

6.2.1 Objectifs

L'objectif est d'étudier les peuplements benthiques en fonction de la nature des fonds et de la bathymétrie. Une revue des efforts d'échantillonnage déployés sur les habitats benthiques de substrats meubles lors des états initiaux de quelques parcs éoliens de France est proposée ci-dessous.

Les états initiaux menés sur les projets d'éolien posé en Manche depuis 2009 dénombrent pour la plupart entre 25 et 30 stations destinées aux prélèvements à la benne sur les habitats benthiques meubles, pour des superficies d'étude de l'ordre de 100km² :

- AO1 : Courseulles : 27 stations (In Vivo – EDF EN, 2013) / Saint-Brieuc : 30 stations (In Vivo – Ailes Marines, 2012) / Fécamp : 25 stations (BRL - GEMEL - EDF, 2013)
- AO2 : Dieppe - Le Tréport : 25 stations (BRL - IDRA Bio & Littoral – M2C - ENGIE, 2017).
- AO3 : Dunkerque : 25 stations (IDRA Bio & Littoral – EDF EN, 2022).

En Atlantique, les parcs éoliens posés de Saint-Nazaire (AO1) et de Yeu-Noirmoutier (AO2) ne sont pas considérés ici en raison de leur nature essentiellement rocheuse.

A ce jour, le nombre de stations prévu pour chacune des campagnes sur les zones 1 et 2 pour l'implantation de parcs éoliens flottants en Méditerranée (AO6), est de 35 stations sur des zones de 296 km² et 312 km² respectivement. Rapporté à la superficie des zones, cet effort d'échantillonnage est donc inférieur à ceux générés pour d'autres projets d'éolien posé cités ci-dessus, mais ces différences observées sont également liées :

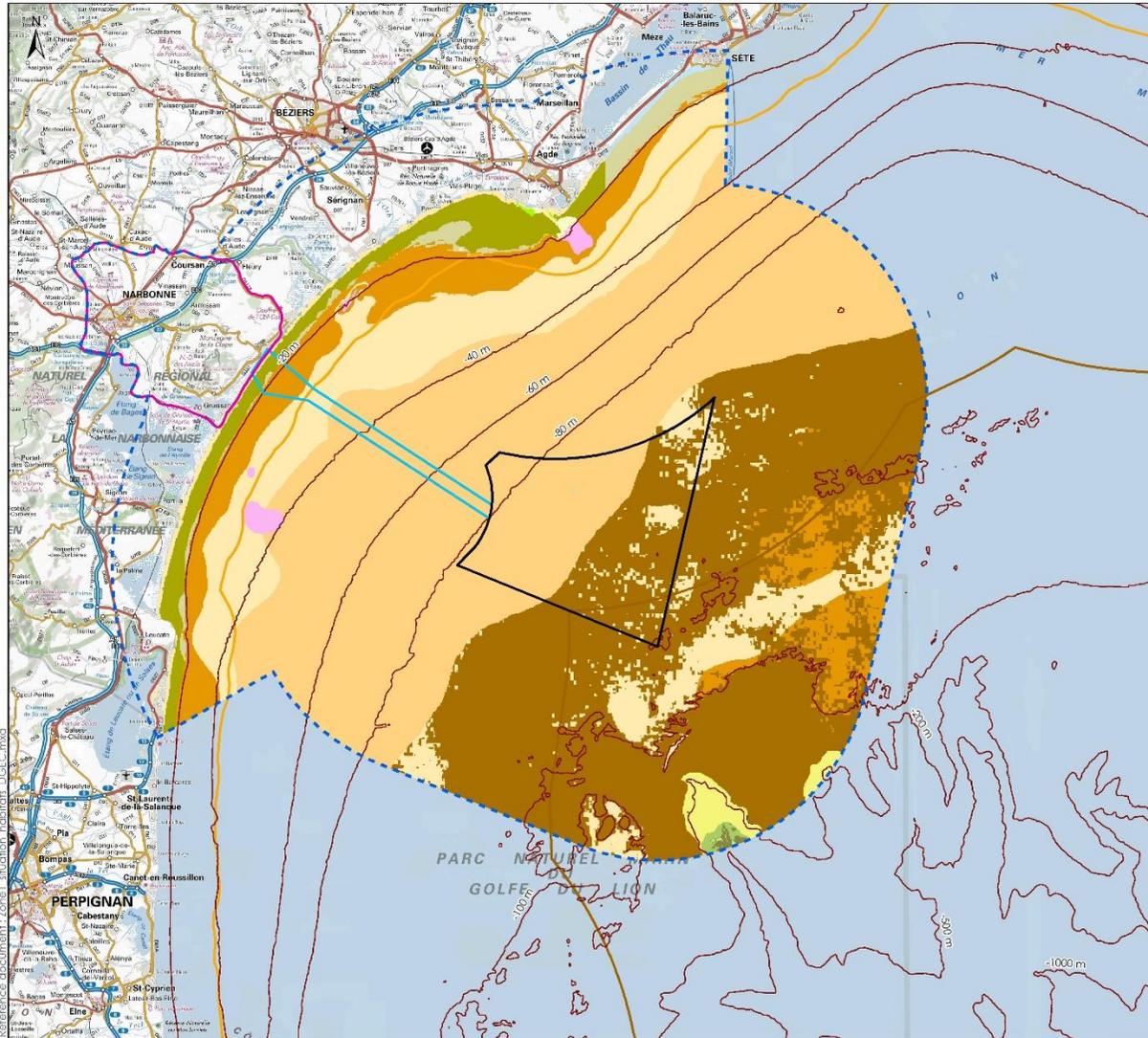
- à des planifications différentes selon les bathymétries en jeu : éolien posé VS flottant.
- à des approches différentes en termes de choix de zones pour les procédures de mise en concurrence, relativement aux AO1 et AO2 notamment : zones d'étude plus vastes, introduction du « permis enveloppe », etc...

En revanche, les stratégies récentes consacrent un nombre de campagnes supérieur, à savoir 4 campagnes sur les zones fictives d'implantation des éoliennes de l'AO6, afin d'obtenir un état des lieux représentatif des variations saisonnières pertinentes pour le benthos (printemps / automne) et interannuelles.

Par ailleurs, les fonds des 2 zones sont *a priori* assez homogènes : ils sont composés de 2 à 3 unités bio-sédimentaires (voir cartes ci-dessous) identifiées sur chacune des zones, caractérisées par des vases et des sables. Les levés géophysiques réalisés par le SHOM en 2023 mettent en évidence une zone essentiellement composée de vases, ce qui ne correspond pas nécessairement à une seule communauté benthique associée. Ainsi, le nombre de 35 stations par zone fictive d'implantation des éoliennes, et par campagne, incluant les stations témoin, constitue un effort d'échantillonnage robuste pour caractériser les fonds marins.

Cet effort d'échantillonnage est conforté par les échanges concertés menés en 2022-2023 sur l'AO5 en Bretagne Sud (SETEC - DGEC, 2023 : voir Annexe 1) pour l'éolien flottant. En effet, dans les dernières actualisations suite à la comitologie de projet (Ifremer, 2023), le protocole de l'AO5 sur les substrats meubles dénombre entre 29 et 37 stations, échantillonnées sur 4 campagnes pour une zone d'étude de 233km². Il est toutefois rappelé que la zone de l'AO5 est également composée de substrats rocheux.

Afin de préciser le contexte, les cartes ci-dessous détaillent les principales unités bio-sédimentaires sur l'aire d'étude éloignée.



Référence document : Zone1_situation_habitats_DGEC.mxd

**PARC ÉOLIEN EN MER
ZONE 1 : OCCITANIE**

PEUPELEMENTS ET HABITATS BENTHIQUES :
SUBSTRATS MEUBLES

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE
Énergie Climat Territoires

Légende

Projet

- Zone fictive
- Aire d'étude rattachement terrestre (DPPA)
- Corridors maritimes
- Aire d'étude éloignée

Limites maritimes

- Limite en mer (3 MN)
- Limite en mer (20 MN)
- Courbes bathymétriques

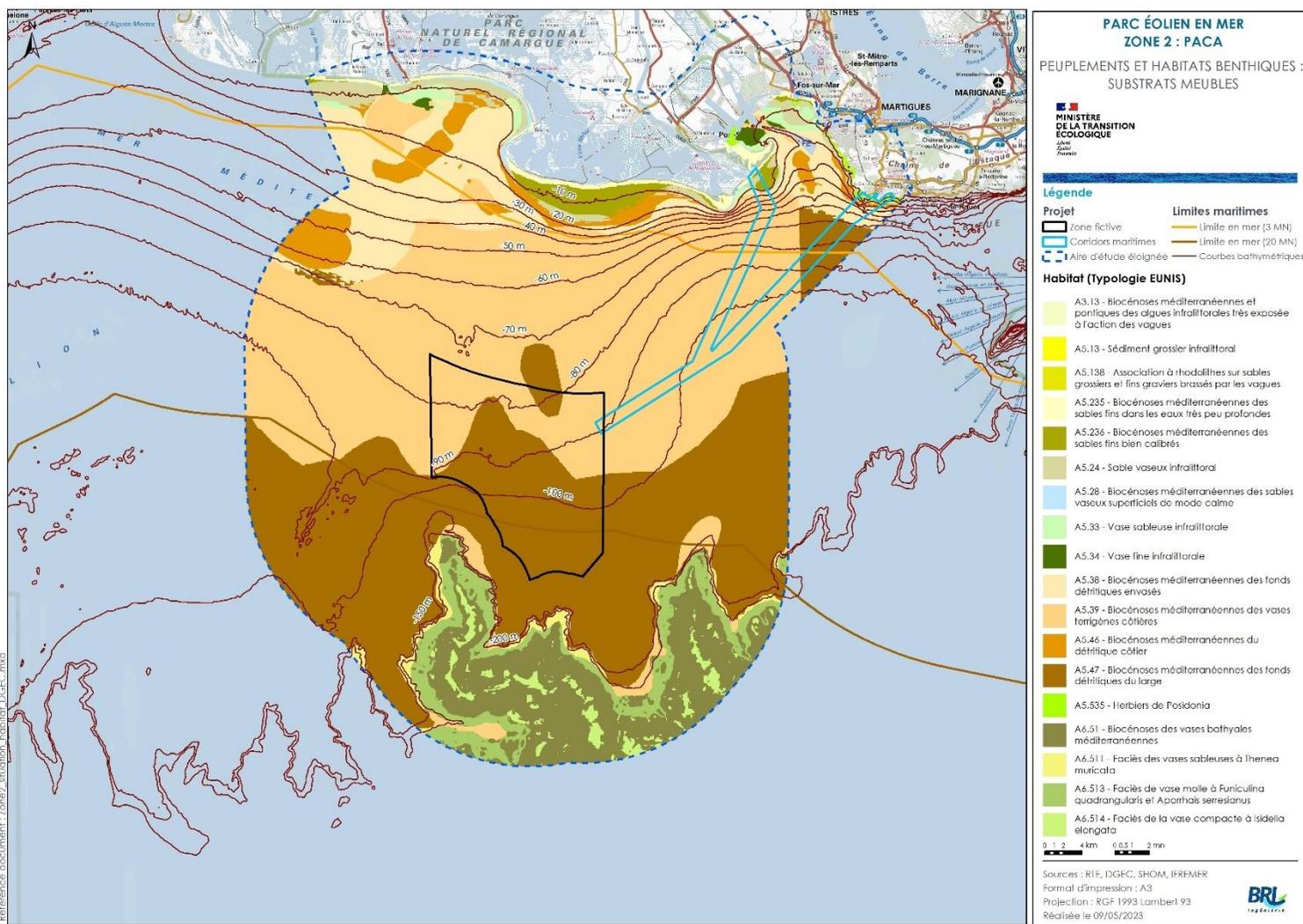
Habitat (Typologie EUNIS)

- A3.13 - Biocénoses méditerranéennes et pontiques des algues infralittorales très exposées à l'action des vagues
- A4.26 - Biocénoses coralliennes méditerranéennes modérément exposées à l'hydrodynamisme
- A5.13 - Sédiment grossier infralittoral
- A5.235 - Biocénoses méditerranéennes des sables fins dans les eaux très peu profondes
- A5.236 - Biocénoses méditerranéennes des sables fins bien calibrés
- A5.24 - Sable vaseux infralittoral
- A5.28 - Biocénoses méditerranéennes des sables vaseux superficiels de mode calme
- A5.38 - Biocénoses méditerranéennes des fonds détritiques envasés
- A5.39 - Biocénoses méditerranéennes des vases ferrugineuses collaires
- A5.46 - Biocénoses méditerranéennes du détritique côtier
- A5.47 - Biocénoses méditerranéennes des fonds détritiques de large
- A5.535 - Herbiers de *Posidonia*
- A6.3 - Sable profond
- A6.51 - Biocénoses des vases bathyales méditerranéennes
- A6.511 - Faciès des vases sableuses à *Thenea mucicata*
- A6.513 - Faciès de vase molle à *Funiculina quadrangularis* et *Apomais sorsianus*
- A6.514 - Faciès de la vase compacte à *Isidella elongata*

0 1 252,8 5 km 0 075 1,5 3 mm

Sources : RTE, DGEC, SHOM, IFREMER
Format d'impression : A3
Projection : RGF 1993 Lambert 93
Réalisée le 09/05/2023

BRL
Ingénierie





6.2.2 Description du protocole

6.2.2.1 Effort d'échantillonnage

Une approche **BACI** (Before / After / Control / Impact) est proposée de manière à disposer des stations témoins au-delà de la zone fictive d'implantation des éoliennes. La stratégie d'échantillonnage des stations conjugue plusieurs contraintes d'entrée parmi lesquelles figurent :

- Un nombre de stations supérieur à l'intérieur de la zone fictive, relativement à la zone témoin, mais réparties autant que possible sur les mêmes habitats (approche BACI).
- Un nombre de stations par habitat proportionné à sa superficie.
- Des stations communes à celles suivies pour la « Qualité des sédiments ».

Un total de 35 stations par campagne est proposé, échantillonnées par benne Van Veen et/ou Day grab de 0,1 m², chacune à hauteur de :

- 5 réplicats de 0,1 m² pour la macrofaune benthique, avec tamisage sur une maille de 1mm.
- 1 réplicat de 0,1 m² pour la granulométrie par tamisage et laser, la matière organique des sédiments → voir fiche « Qualité des sédiments » pour les autres substances sur certaines stations uniquement.

Au total, 4 campagnes sont prévues, à savoir 2 par année :

- **En fin d'hiver entre février et avril** pour respecter les recommandations d'échantillonnage des masses d'eau côtières (Garcia, *et al*, 2014, Janson *et al*, 2018).
- **En fin d'été, entre septembre et octobre** en période de post-recrutements estivaux, pour décrire les peuplements de manière complémentaire, comme ceci est le cas pour des études benthiques de grande ampleur en Méditerranée (Bonifacio, 2015).

L'effort global est réparti selon un principe d'allocation proportionnelle du nombre de stations relativement aux superficies par habitat EUNIS, avec quelques adaptations si nécessaire. On note cependant que les données 2023 du SHOM concernant la nature des fonds, montrent une étendue plus homogène en termes de faciès sédimentaire à partir de données granulométriques par méthode laser. **Sur chacune des 2 zones, les 35 stations proposées sont détaillées ci-dessous :**

Tableau 10 : Répartition de l'effort d'échantillonnage pour la zone 1

Habitat de la zone 1	Surface (km ²)	Proportion	Stations au sein de la zone 1		Stations témoins
			Nombre	Proportion	
A5.38 - Biocénoses méditerranéennes des fonds détritiques envasés	26	9%	3	10%	1
A5.39 - Biocénoses méditerranéennes des vases terrigènes côtières	146	49%	14	48%	3
A5.47 - Biocénoses méditerranéennes des fonds détritiques du large	123	42%	12	41%	2
TOTAL	295		29		6

Tableau 11 : Répartition de l'effort d'échantillonnage pour la zone 2

Habitat de la zone 2	Surface (km ²)	Proportion	Stations au sein de la zone 2		Stations témoins
			Nombre	Proportion	
A5.39 - Biocénoses méditerranéennes des vases terrigènes côtières	190	61%	18	62%	3
A5.47 - Biocénoses méditerranéennes des fonds détritiques du large	121	39%	11	38%	3
TOTAL	312		29		6

6.2.2.2 Méthode générale

En ce qui concerne les prélèvements, ils sont réalisés avec une benne Van Veen de 0,1m². Ce type de benne est bien adapté pour les prélèvements en eaux profondes à faible courant.

Une benne Day de 0,1m² sera emportée en secours afin de ne pas compromettre la sortie, ou en cas de courant sur la zone.

La méthodologie employée, le protocole ainsi que les outils utilisés suivent les « Recommandations pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE – recommandations concernant le benthos marin » et plus spécifiquement la Fiche N°10 relative au contrôle et à la surveillance des eaux-côtières des invertébrés en substrats meubles (Ifremer, 2005). Le protocole utilisé est conforme aux recommandations du REBENT et celle de la norme ISO 16665 (2014).

Les modalités de traitement des échantillons destinés à la macrofaune sont les suivantes :

- Relevé sur une fiche-station des **coordonnées géographiques** (WGS84) de la station, date et heure de prélèvement.
- **Photographie** du prélèvement dans le bac de réception.
- Tamisage successif des échantillons destinés à l'analyse benthique sur un tamis de **maille ronde de 1mm**.
- Flaconnage, étiquetage, et **formolage** de chaque répliquat (solution de formaldéhyde à 4-5%, diluée à l'eau de mer) pour **fixer** les échantillons.

En ce qui concerne la vidéo pendulaire, elle est proposée pour lever les risques de présence d'habitats à enjeux qui ne peuvent pas être caractérisés par des prélèvements à la benne. Cette méthode permet de visualiser les fonds à de grandes profondeurs et d'obtenir de l'information à grande échelle (nombre de points importants), ce qui apporte de la robustesse à moindre coût.

Le châssis vidéo est déposé au fond à 5 reprises, par « sauts de puce », sur une même station, pour une durée totale d'enregistrement d'environ 2 minutes. Afin de se soustraire au maximum du courant et du risque de dérive, le châssis est lesté : il s'agit d'une approche stationnelle et non par transect.

6.2.2.3 Paramètres mesurés

Les principaux paramètres mesurés sont les suivants :

- Métadonnées des stations
- Paramètres suivis pour les sédiments de chaque station : granulométrie par tamisage et laser, matière organique. Les nutriments et contaminants sont étudiés sur certaines stations seulement (voir fiche « Qualité des sédiments »)
- Richesse spécifique
- Densité (nombre d'individus par m²)
- Indices de Shannon (diversité) et Piélou (équitabilité)
- Groupes taxonomiques / Groupes écologiques et indices associés (ex : AMBI / M-AMBI)
- Espèces dominantes (en termes de densité) et caractéristiques des peuplements / Espèces rares ou remarquables / Espèces invasives et non indigènes.
- Biomasses par groupe (annélides, mollusques, crustacés, etc...)



- Assemblages benthiques / Habitats (EUNIS + MNHN) par statistiques multivariées (ex : Classification Ascendante Hiérarchique) et expertise par un benthologue en fonction des paramètres physiques de nature des fonds et de bathymétrie.
- Illustration et caractérisation des fonds par vidéo, et levée de risques sur les habitats à enjeux qui ne pourraient pas être identifiés uniquement par prélèvements à la benne.
- Etat de conservation lorsque la méthodologie est applicable.
- Comparaison inter-campagnes des données (zone raccordement, études antérieures : PGL, EFGL, etc...).

6.2.2.4 Traitement et analyse de données

Au laboratoire, les échantillons sont **déformolés** et rincés à l'eau douce. La faune benthique est finement triée puis placée en **alcool pour leur conservation**. Les individus sont identifiés jusqu'à l'espèce à l'aide d'une loupe binoculaire et d'un microscope. Les individus non identifiables (juvéniles ou abimés) sont comptabilisés et identifiés jusqu'au niveau taxonomique le plus fin possible (Famille ou Genre).

Les compétences solides des taxonomistes d'IDRA Bio & Littoral et leur réseau scientifique sont doublés d'une bibliographie très complète, digne de certains groupes de recherche. Les noms scientifiques des espèces en vigueur sont vérifiés à partir de données bibliographiques récentes et de la base de données du World Register of Marine Species (WORMS).

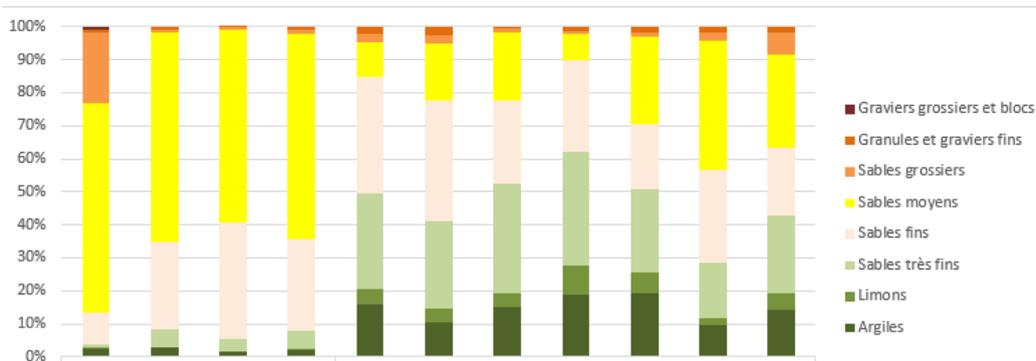
Une base de données recensant la totalité des espèces déterminées par réplicat et par station, constitue le fondement des futures opérations de suivi. Elle permet de produire les statistiques nécessaires à l'analyse des peuplements benthiques.

Les données sont sauvegardées tous les jours sur 2 supports différents.

En ce qui concerne les données recueillies par prélèvements pour le réplicat destiné aux analyses sédimentaires, les paramètres suivants sont produits :

- Granulométrie laser + par tamisage avec les tamis suivants (en μm) : 40 / 63 / 125 / 250 / 500 / 2 000 / 20 000.
- Matière organique

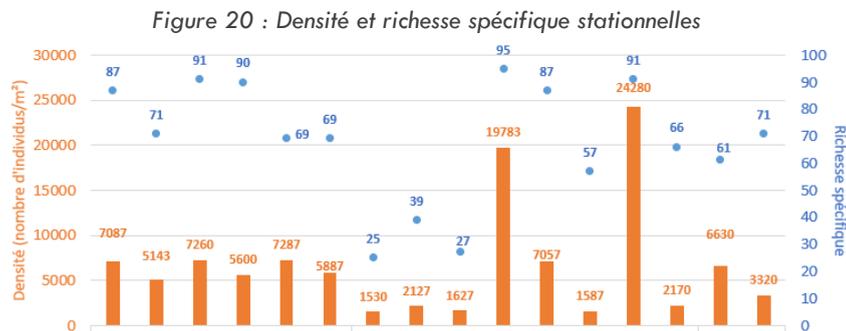
Figure 19 : Proportion des différentes classes granulométriques



En ce qui concerne les données recueillies par prélèvements pour les réplicats destinés aux analyses benthiques, les paramètres suivants sont fournis :

- **La richesse spécifique (S)** correspondant au nombre total d'espèces récoltées par station, ainsi que l'écart type associé.

- **L'abondance**, qui se définit comme le nombre d'individus, toutes espèces réunies, par unité de surface de prélèvement. **La densité est ensuite exprimée pour 1m².**



- L'indice de diversité de Shannon et d'équitabilité de Piéluou.
- Groupes taxonomiques / Groupes écologiques et indices associés (ex : AMBI / M-AMBI. Pour l'évaluation de l'état écologique, différents indicateurs pourront être retenus dans cette étude selon les masses d'eau considérées : BEQI2, AMBI et/ou M-AMBI. Le M-AMBI est l'indice marin multi-métriques de la qualité écologique du benthos de substrat meuble. Désigné comme « AMBI modifié », il résulte d'une application de l'analyse factorielle à l'indice AMBI, la richesse spécifique et l'indice de diversité de Shannon-Weaver (Desroy, *et al*, 2009). Les conditions de référence seront à préciser. Si besoin, d'autres indicateurs peuvent être discutés.
- Espèces dominantes (en termes de densité) et caractéristiques des peuplements / Espèces rares ou remarquables / Espèces invasives et non indigènes.

Figure 21 : Zoom sur les espèces principales et effectifs associés

Espèces	1	Espèces	2	Espèces	3	Espèces	4
<i>Ampharete finmarchica</i>	296	<i>Photis longicaudata</i>	388	<i>Ampharete finmarchica</i>	220	<i>Owenia fusiformis</i>	663
<i>Owenia fusiformis</i>	191	<i>Ampharete finmarchica</i>	351	<i>Photis longicaudata</i>	206	<i>Kurtiella bidentata</i>	271
<i>Ampelisca tenuicornis</i>	182	<i>Phoronis sp.</i>	246	<i>Melinna palmata</i>	175	<i>Euclymene oerstedii</i>	165
<i>Melinna palmata</i>	173	<i>Melinna palmata</i>	164	<i>Ampelisca tenuicornis</i>	161	<i>Nucula nitidosa</i>	165
<i>Photis longicaudata</i>	101	<i>Owenia fusiformis</i>	160	<i>Balanus crenatus</i>	122	<i>Abra alba</i>	109
<i>Euclymene oerstedii</i>	93	<i>Ampelisca tenuicornis</i>	102	Ascidiacea	52	<i>Spisula subtruncata</i>	108
<i>Varicorbula gibba</i>	82	<i>Phoronis sp.</i>	86	<i>Phoronis sp.</i>	46	<i>Acrocnida brachiata</i>	86
<i>Phoronis sp.</i>	70	<i>Varicorbula gibba</i>	52	<i>Sabellaria spinulosa</i>	44	<i>Melinna palmata</i>	60
<i>Nephtys hombergii</i>	41	<i>Nephtys kersivalensis</i>	41	<i>Lagis koreni</i>	39	<i>Photis longicaudata</i>	58
<i>Nephtys kersivalensis</i>	29	<i>Lagis koreni</i>	40	<i>Phaxas pellucidus</i>	39	<i>Varicorbula gibba</i>	50
<i>Lagis koreni</i>	27	<i>Mediomastus fragilis</i>	39	<i>Poecilochaetus serpens</i>	38	<i>Phoronis sp.</i>	41
<i>Phaxas pellucidus</i>	23	<i>Kurtiella bidentata</i>	38	<i>Ampelisca brevicornis</i>	28	<i>Lagis koreni</i>	39
<i>Kurtiella bidentata</i>	17	<i>Nephtys hombergii</i>	35	<i>Scalibregma inflatum</i>	27	<i>Ampelisca tenuicornis</i>	33
<i>Acrocnida brachiata</i>	16	<i>Erichthonius punctatus</i>	29	Anthozoa (anémones)	26	<i>Ampharete finmarchica</i>	33
<i>Ampelisca brevicornis</i>	15	<i>Ophiura ophiura</i>	26	<i>Tubulanus polymorphus</i>	25	<i>Nephtys hombergii</i>	32

- Des **photographies** pertinentes de certaines espèces seront fournies, dont voici quelques exemples à travers une loupe binoculaire :

Figure 22 : Illustration d'espèces benthiques



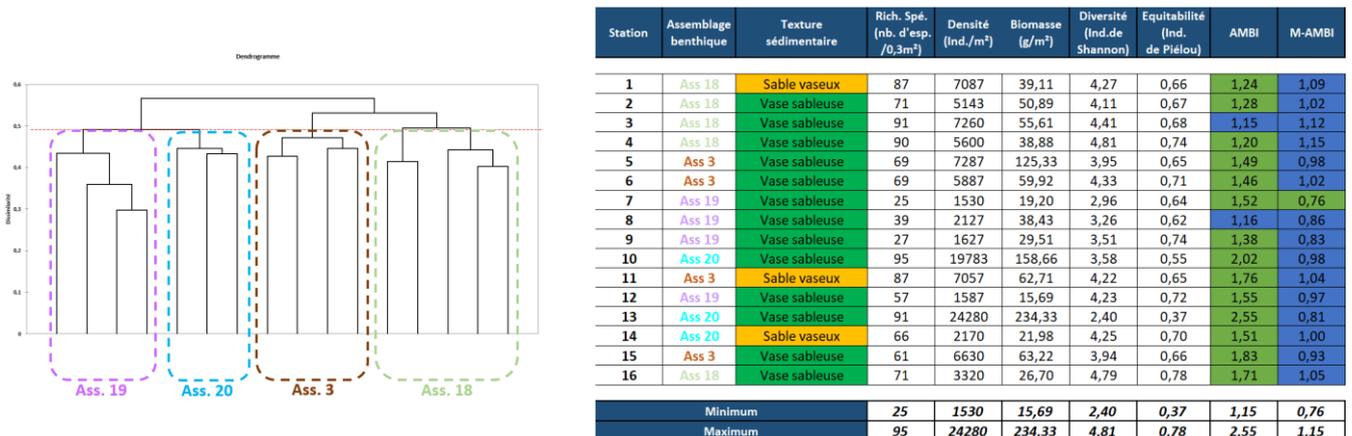
- **La biomasse par embranchement/groupes** : l'analyse porte sur les groupes principaux tels que Annélides, Crustacés, Mollusques, Echinodermes et Autres.



- Une description des **peuplements bio-sédimentaires** sera fournie à partir de l'ensemble des statistiques (multivariées notamment par CAH), incluant la mise relation avec les textures sédimentaires. Enfin, une correspondance des assemblages identifiés avec les 3 typologies d'habitats sera proposée, clé d'entrée pour la cartographie des habitats à partir de la nature des fonds : NatHab-Med et EUNIS (niveau 4 minimum), et Natura 2000 (Cahier des Habitats 2004).

Les correspondances seront réalisées grâce au référentiel HABREF.

Figure 23 : Exemple d'analyse multivariée et synthèse des paramètres par station



- **Comparaison des données inter-campagnes** : les descripteurs sont comparés au fur et à mesure de l'avancement de l'état initial.

En ce qui concerne les données recueillies par vidéo : des illustrations par vidéo sont données ci-dessous pour un exemple sur des vasières à 60m de fond. Elles participent également à la détermination de l'habitat, et permettent de vérifier la présence d'espèces et/ou d'habitats à enjeu.

Figure 24 : Illustration de captures d'écran via la vidéo tractée HD

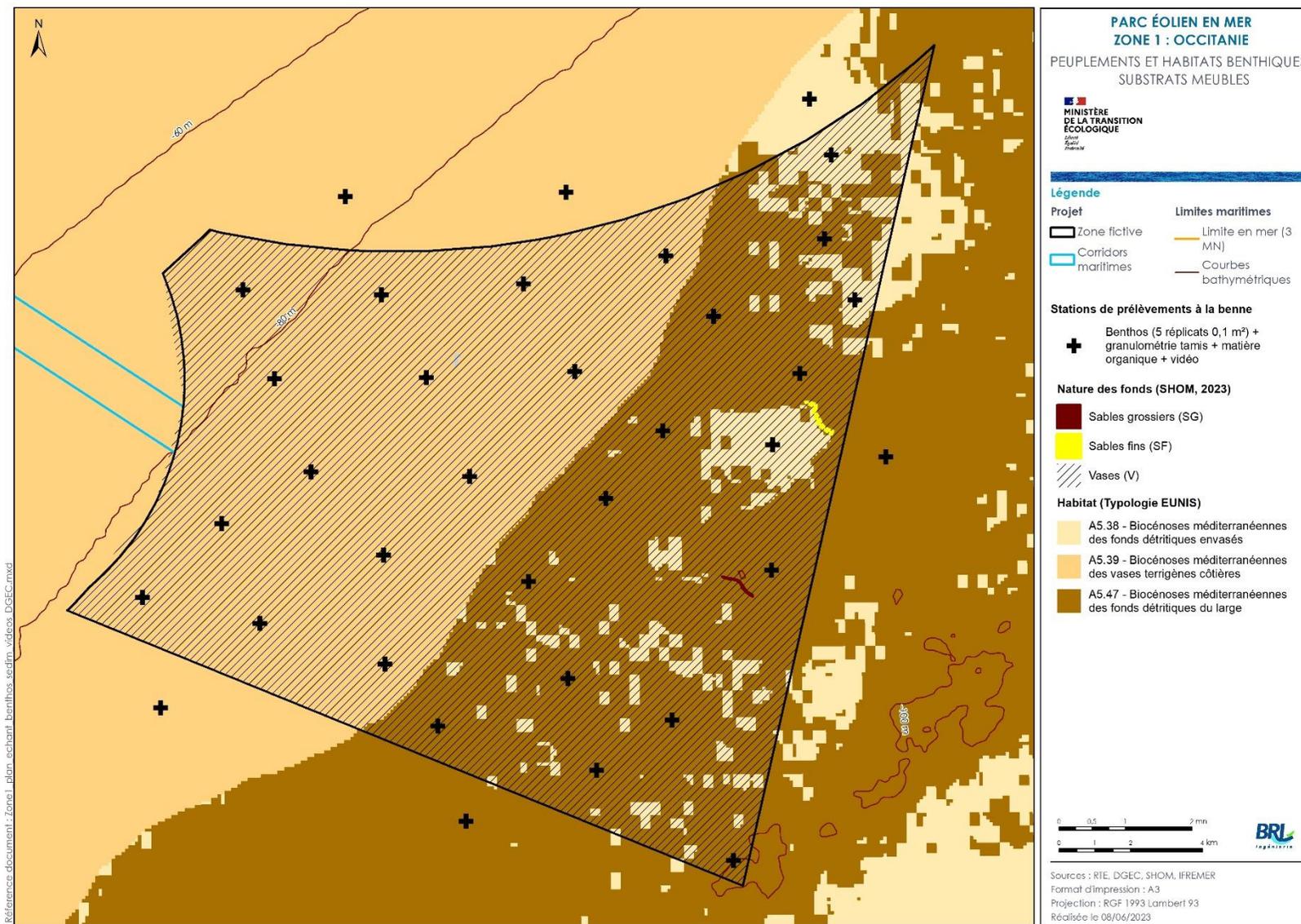
Station	Date	Extraits vidéo		Substrat	Espèces observées Habitats MNHN v3
G007	27/01/2022			Vases sableuses / Sables vaseux	Ophiotrix fragilis Luidia ciliata
	Profondeur (CM)				
	56.1 m				

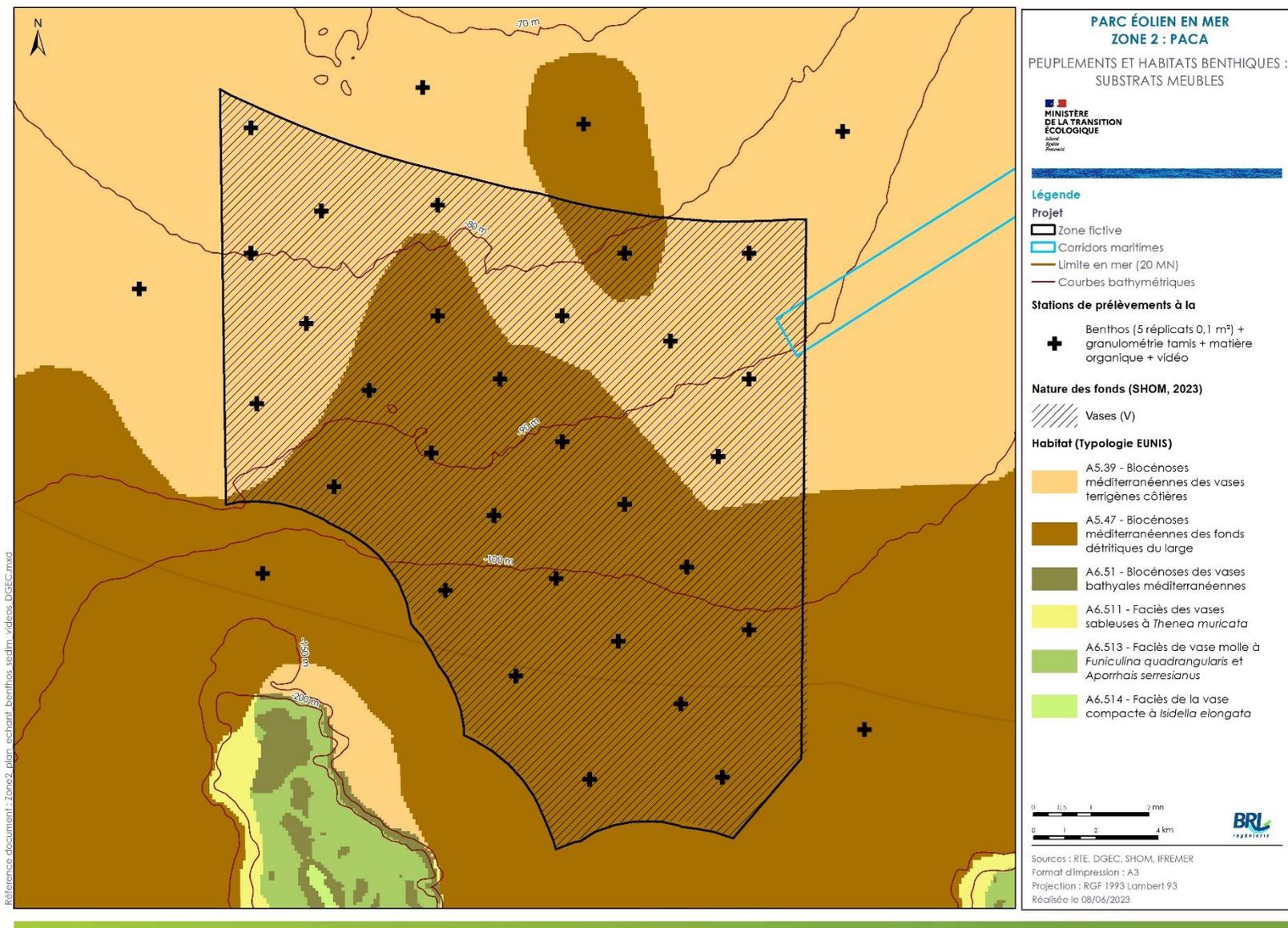
6.2.2.5 Calendrier du protocole

Tableau 12 : Planning du protocole

2023	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes									1			
2024	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes		1							1			
2025	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes		1										

6.2.3 Carte de représentation schématique du protocole







6.2.4 Moyens utilisés

6.2.4.1 Moyens matériels employés

Les principaux outils sont détaillés ci-dessous. Il s'agit notamment de : Vidéo / Bennes / Tamis 1 mm / Flaconnage / Formaldéhyde 5% / Alcool / Microscopes & loupes / Bibliographie.

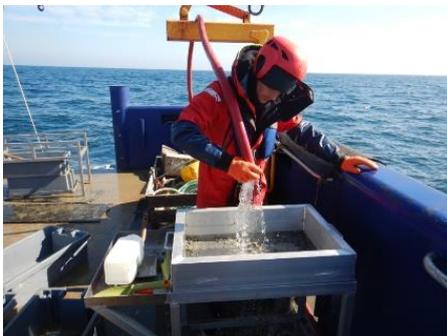
Figure 25 : Illustration des moyens matériels



Benne Day (Day grab)



Benne Van Veen



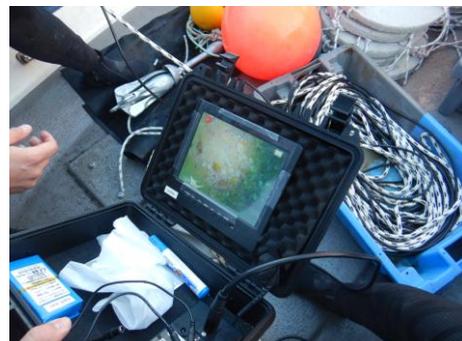
Tamissage d'un réplikat



Formolage



Dispositif vidéo pendulaire



Régie vidéo en surface



6.2.4.2 Personnel mobilisé

- Partenaire 1 : **IDRABIO & Littoral**
 - Responsable : Evans TREBAUL
 - Suppléant : Julien GERBER
- Partenaire 2 : **P2A Développement**
 - Responsable : Adrien LOWENSTEIN
 - Suppléant : Jean-Yves JOUVENEL
- Partenaire 3 : **GALATEA**
 - Responsable : Delphine VALETTE
 - Suppléant : Anne MOULIN

6.2.4.3 Moyens nautiques

Le navire ONYX de la société FOSSELEV est pressenti pour cette mission. Il dispose d'un audit IMCA de moins de 1 an, et armé en 2nde catégorie dont les interventions sont autorisées jusqu'à 60 NM.

Figure 26 : Navire ONYX de la société FOSSELEV



6.2.4.4 Mutualisation éventuelle

Ce protocole est mutualisé avec le protocole « Qualité des sédiments ».

6.2.5 Risques

Les principaux risques identifiés à ce stade sont notamment liés à :

- La perte / casse de bennes, dont le risque est diminué par la mobilisation de matériel de secours à bord.
- Les dégradations des conditions météorologiques en mer (mer du vent, houle...).



7 POISSONS ET MEGA-INVERTEBRES : PECHEES SCIENTIFIQUES STANDARDISEES

7.1 FICHE PROTOCOLE SYNTHETIQUE

Le tableau ci-dessous permet de présenter de manière synthétique l'ensemble des caractéristiques du protocole détaillé dans les pages ci-dessus.

-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --	
 MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE	<h1>Poissons et méga- invertébrés</h1>
Pêches scientifiques standardisées	
OBJECTIFS ET PARAMETRES	
L'objectif des pêches scientifiques est de caractériser la composition des peuplements, leur diversité, leur abondance, leur structure, ainsi que la fonctionnalité de la zone, afin d'évaluer l'éventuel impact du raccordement du parc éolien sur les poissons et méga-invertébrés benthodémersaux.	
DESCRIPTION DU PROTOCOLE	
Stratégie d'échantillonnage :	<p>Les pêches seront réalisées au moyen de 2 techniques complémentaires :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le chalut de fond simple ; - Le filet trémail. <p>18 stations ponctuelles par région :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 6 sur zone de parc en Occitanie + 12 stations de référence réparties autour du parc ; - 6 sur zone de parc en PACA + 12 stations de référence. <p>Les stations sont communes entre les protocoles Pêches scientifiques standardisés, Sonar biométrique et ADN environnemental.</p>
Effort d'échantillonnage :	<p>Durée : 24 mois</p> <p>Fréquence : trimestrielle = 8 campagnes réparties sur 24 mois (4 par an pendant 2 ans, une à chaque saison pour le chalut et le filet)</p>
Paramètres mesurés :	<ul style="list-style-type: none"> - A l'échelle des peuplements : composition spécifique, proportion spécifique (abondance et biomasse) ; - A l'échelle des espèces : effectifs et biomasse ; - Les rendements : Captures Par Unité d'Effort exprimés en kilogrammes par hectare (kg/ha) ; - Les variables environnementales : profondeur, température, salinité, turbidité, oxygène dissous, conditions météorologiques.



-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --

TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNEES

Toutes les analyses statistiques sont réalisées à partir des Captures Par Unité d'Effort (CPUE).
 Une série de tests statistiques (analyses inférentielles univariées, analyses multivariées) sur les CPUE sera réalisée pour appréhender les évolutions dans le temps et/ou dans l'espace.
 Une analyse de la taille des poissons sera effectuée.
 Les données seront compatibles au format utilisé par l'Ifremer afin de les intégrer au Système d'Information Halieutique (SIH).

CALENDRIER DE CAMPAGNE

Année 1	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes (chalut + filet)										1		
Année 2	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes (chalut + filet)	1			1			1			1		
Année 3	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes (chalut + filet)	1			1			1					

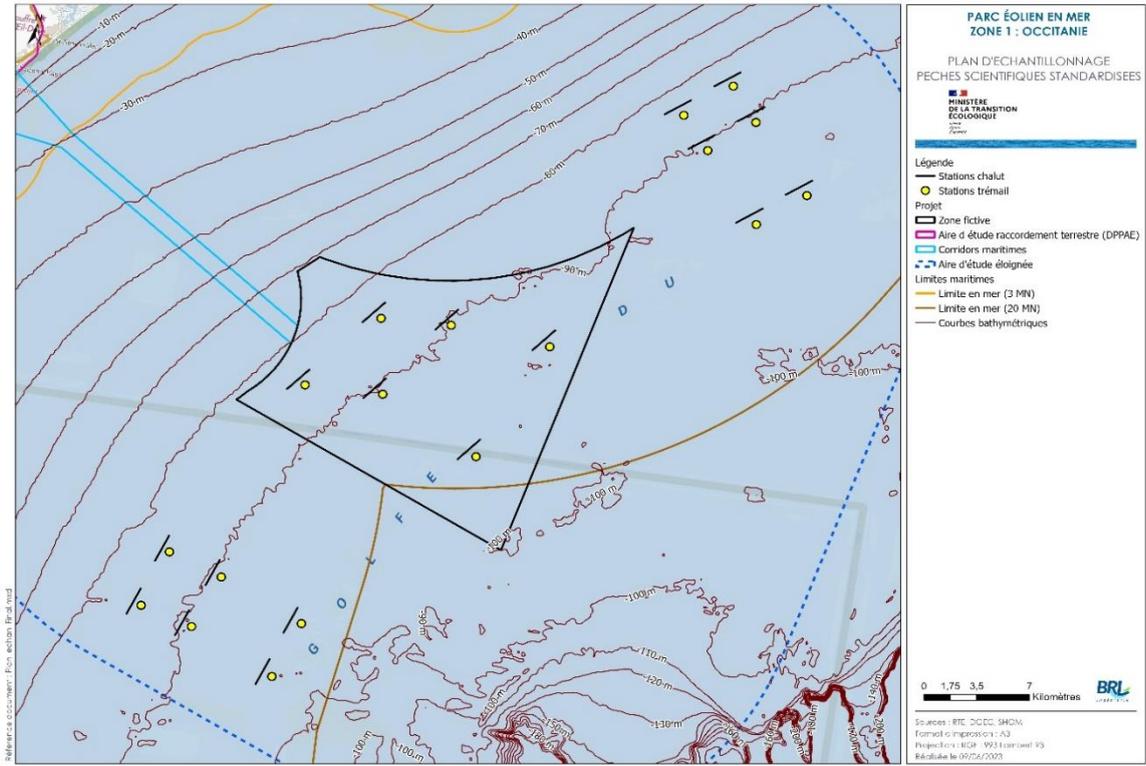
MOYENS

Matériel	<p>Concernant le matériel de pêche, deux principaux engins de pêche seront utilisés :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un chalut de fond simple à ouverture verticale assez importante, avec un maillage de 40 mm (maille étirée) et équipé d'une chaussette d'un maillage de 10 mm (maille étirée — en cohérence avec les protocoles MEDDIT) ; - Des filets trémail avec un maillage de 41 mm. <p>Une sonde multiparamètres sera embarquée pour prendre les mesures physico-chimiques, à chaque coup de chalut et à chaque relève de filet.</p> <p>Enfin, l'ensemble du matériel de tri et de mesures des captures sera embarqué.</p>
Moyens nautiques	Les navires utilisés seront ceux de pêcheurs professionnels locaux, choisis en collaboration avec les CRPMEM.
Mutualisation éventuelle	Aucune mutualisation.
Responsables et équipes mobilisées	<p>Organisme : El Groupe Responsable : François RUCHON Suppléant : <i>Baptiste VULLIET</i></p> <p>Organisme : SEANEO Chef de projet : <i>Claudie IBORRA</i> Suppléant : <i>Clément LARROUY</i></p>
Risque :	Perte ou casse du matériel. Aléas météorologiques.

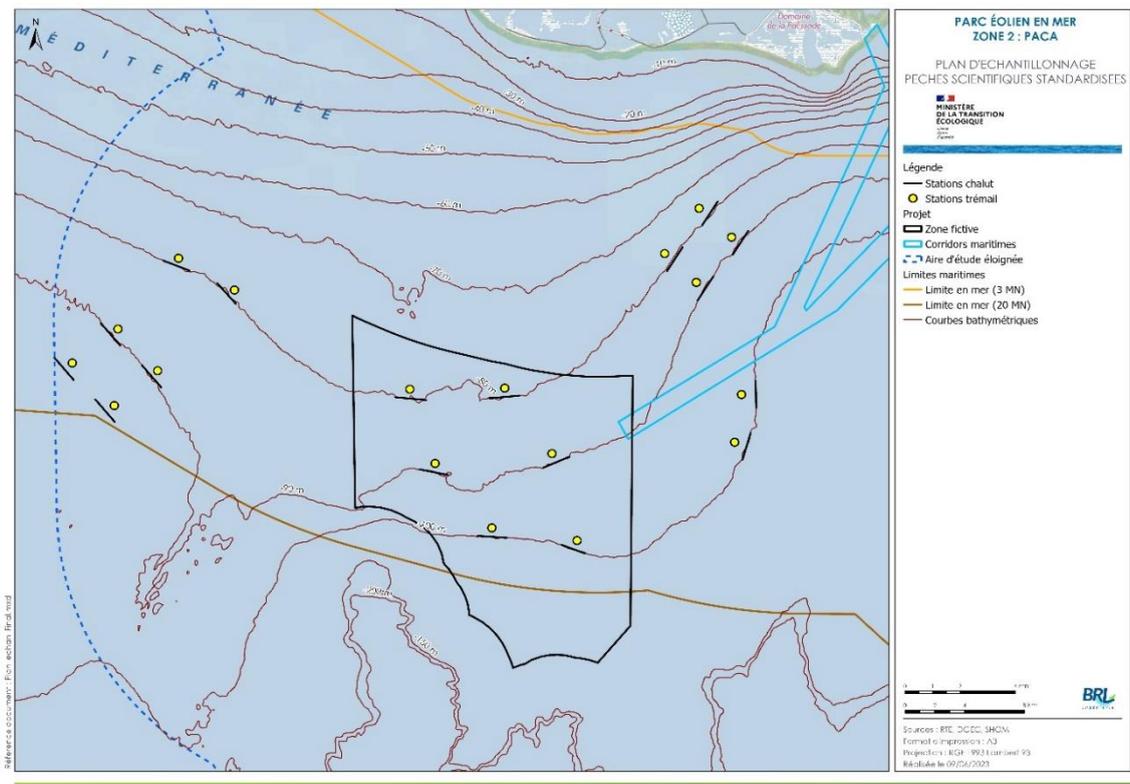


-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --

CARTE DE REPRESENTATION SCHEMATIQUE DU PROTOCOLE



82





7.2 PROTOCOLE DETAILLE

7.2.1 Objectifs

L'objectif des pêches scientifiques est de caractériser la composition des peuplements, leur diversité, leur abondance, leur structure, ainsi que la fonctionnalité de la zone (nourricerie si observation de juvéniles, frayère si observation d'individus gravides), afin d'évaluer l'éventuel impact du raccordement du parc éolien sur les poissons et méga-invertébrés benthodémersaux.

Le protocole proposé ci-après s'appuie sur :

- Les recommandations faites par l'Ifremer, dans son guide pour l'évaluation des impacts des activités d'extraction de granulats marins et ;
- Le protocole rédigé dans le cadre du projet international d'harmonisation des protocoles d'échantillonnage, par chalutage de fond des ressources démersales en Méditerranée (Ifremer, 1999).

Cependant, des évolutions seront mises en place afin de s'adapter aux contraintes locales. Le chalut canadien préconisé par l'Ifremer n'existe pas en Méditerranée. Son installation sur les trains de pêche en place sur les navires (panneaux et câbles) serait complexe et nécessiterait des réglages longs. Un modèle de chalut local déjà en service sur un ou plusieurs navires sera utilisé. Les chaluts commerciaux utilisés en Méditerranée sont assez variés (chaluts jumeaux, chalut de fond simple à 2 ou 4 faces). De plus le train de pêche (gréement à fourche ou à entremise, types et poids des panneaux, longueurs des câbles mixtes, etc.) et la puissance varient d'un navire à l'autre.

En cohérence avec les campagnes MEDDIT, déjà effectuées par l'Ifremer depuis plusieurs années, l'intégralité des campagnes de prélèvements seront réalisées à l'aide de chaluts type MEDDIT

Figure 27 : Vue de la chaussette de réducteur de maille pour la capture des individus les plus petits





Afin d'échantillonner les espèces les plus variées possible, des pêches au filet trémail avec un maillage de 41 mm seront également réalisées. Ce maillage a été retenu car c'est le matériel disponible sur le marché qui présente le maillage le plus fin. De plus, l'échantillonnage des individus juvéniles sera assuré par les pêches au chalut, équipé d'une chaussette avec un petit maillage (10 mm - en cohérence avec les protocoles MEDDIT). Ces pêches permettront de capturer les espèces commerciales habituellement exploitées au filet sur la zone (poissons plats, merlan, pageot, etc.) mais également des espèces de plus petites tailles (grondins, cavillonnes, rougets, etc.).

Afin de garantir la reproductibilité des pêches et la qualité des filets utilisés, le matériel sera acquis par les prestataires.

Figure 28 : Arts dormants des pêcheurs de petits métiers (source : P2A Développement)



Dans sa récente analyse comparative des protocoles de réalisation des états de référence des suivis halieutiques et benthiques dans le cadre des projets éoliens, l'Ifremer explique qu'une « approche par communauté et à visée écosystémique est à privilégier par rapport à des suivis monospécifiques complémentaires. Ces derniers peuvent par contre être considérés comme des outils d'évaluation des rendements de pêche, au titre de l'impact économique du projet » (Ifremer, 2022). L'aire d'étude ne comprend pas d'enjeu économique liée à la pêche aux casiers ciblant des invertébrés (poules, crustacés). En effet, seuls des chalutiers fréquentent cette zone hauturière. Il n'est donc pas proposé de protocole spécifique à ces espèces.

7.2.2 Description du protocole

7.2.2.1 Effort d'échantillonnage

Comme l'Ifremer le suggère dans son guide « Protocole conseillé pour la description de l'état initial et le suivi des ressources halieutiques dans le cadre d'une exploitation de granulats marins » (2011), « le canevas proposé pour les investigations de terrain est basé sur un protocole standard d'étude d'impact de type BACI [Before After Control Impact/contrôle des impacts par comparaison avec l'état initial (Underwood, 1991)], complété par une réplification temporelle et spatiale des observations afin d'estimer la variabilité spatiotemporelle et être capable d'en extraire le signal d'impacts potentiels ».



A cette étape, L'approche BAG n'est pas envisagée car la position des éoliennes n'est pas encore connue. L'Ifremer explique d'ailleurs que l'approche BAG est pertinente pour les états de référence plutôt que pour l'état initial, dès lors que la localisation précise des structures est connue.

A travers ce guide, l'Ifremer recommande « de considérer au minimum 2 stations d'échantillonnage à l'intérieur de chaque future zone extraite (plus si possible, la faisabilité étant déterminée par la surface à exploiter), et de multiplier les stations de référence spatiale à l'extérieur (10 à 15) réparties de manière homogène autour du site ». Ainsi il est proposé d'étudier 6 stations dans chaque zone de parc, ainsi que 12 stations témoins : 6 stations de chaque côté de chaque parc, réparties sur les mêmes isobathes que celles étudiées au sein des parcs.

7.2.2.1.1 *Arts traînants*

Les traits de chalut seront, si possible, réalisés en condition diurne pour éviter les biais de capture chez les espèces dont la capturabilité diffère entre le jour et la nuit. Compte tenu de la taille importante de la zone d'étude, des stations de 2 kilomètres seront réalisées (20 minutes environ selon la vitesse de traine).

18 stations seront échantillonnées par région, 6 dans la zone de parc et 12 stations témoin réparties autour du parc.

La bathymétrie est un facteur majeur de la structuration et de l'abondance des peuplements de poissons et de macro-invertébrés. Les traines seront réalisées à isobathe constante, sur la zone d'étude et la zone témoin. Elles sont réparties régulièrement en fonction de la bathymétrie. Sur une ligne bathymétrique donnée, les traits sont répartis le plus régulièrement possible.

En Occitanie, 6 traits de chalut seront réalisés, dans la zone de parc, et 12 traits de part et d'autre du parc, pour une bathymétrie variant de 85 à 95 m de profondeur :

- 2 traits à 85 m de profondeur ;
- 2 traits à 90 m de profondeur ;
- 2 traits à 95 m de profondeur.

En PACA, 6 traits de chalut seront réalisés, dans la zone de parc, et 12 traits de part et d'autre du parc, pour une bathymétrie variant de 80 à 100 m de profondeur :

- 2 traits à 80 m de profondeur ;
- 2 traits à 90 m de profondeur ;
- 2 traits à 100 m de profondeur.

Les traits témoins seront réalisés à au moins 5 miles nautiques du parc.

Des mesures de paramètres physico-chimiques (température, salinité, oxygène dissous, turbidité) seront effectuées, pour chaque trait de chalut et à chaque relève de filet.

Sur la zone du parc, une campagne par saison aura lieu durant 2 ans (8 campagnes au total), afin de tenir compte de la variabilité saisonnière et interannuelle.

Les stations sont communes entre les protocoles Pêches scientifiques standardisés, Sonar biométrique et ADN environnemental.



7.2.2.1.2 Arts dormants

Les pêches aux filets seront réalisées sur les mêmes stations que le chalutage. Ces pêches sont complémentaires des arts trainants, notamment en ciblant les poissons les plus gros capable d'éviter le chalut.

Chaque station sera échantillonnée par un filet de 300 m. Les données seront traitées par station.

18 filets seront calés par région, 6 en zone de parc et 12 stations témoins réparties autour du parc, comme sur le modèle des campagnes de chalutage.

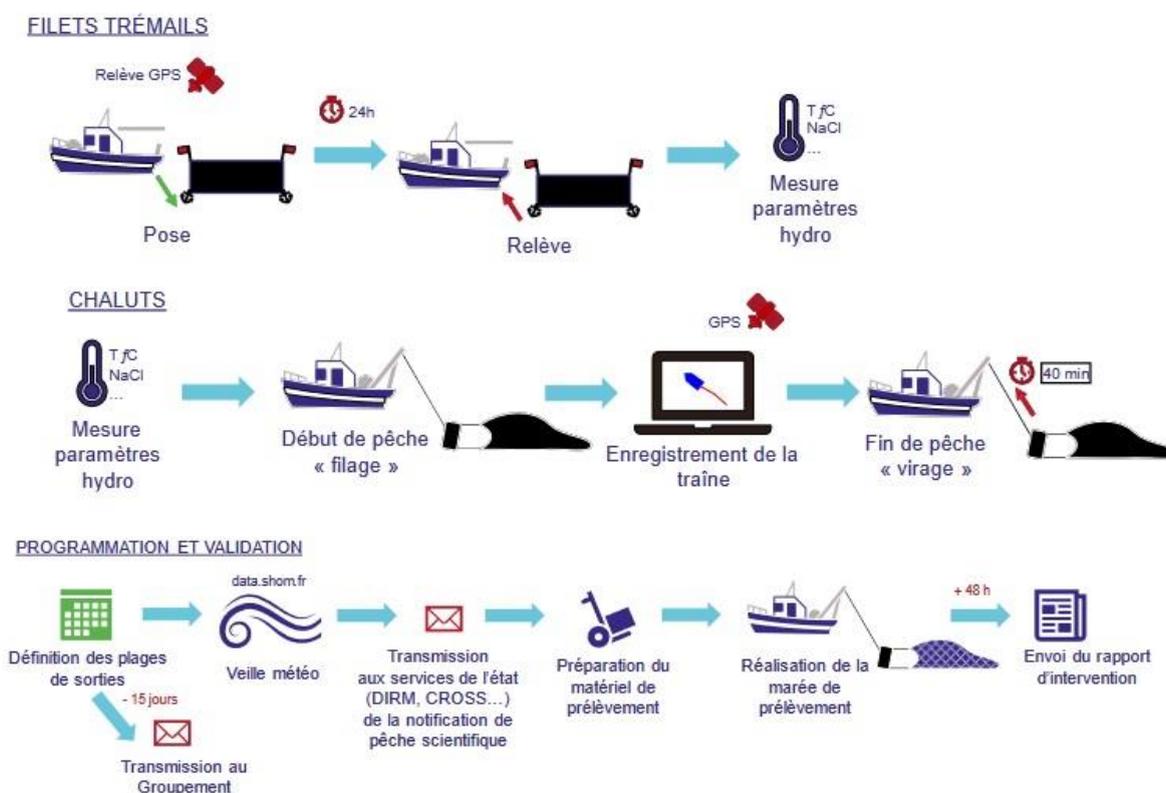
Les données seront traitées par station, soit un filet de 300 mètres.

Le Groupement transmettra 15 jours avant chaque campagne les caractéristiques de la mission (objectifs, participants, moyens mise en œuvre, plan HSE...) par courrier électronique.

Toujours par courrier électronique, la mise en œuvre de la campagne sera confirmée 48 h avant et validée 48 h après avec l'envoi d'un compte rendu de campagne, reprenant les éléments du cahier de mission : coordonnées des sites échantillonnés, conditions météorologiques et hydrologiques, identité de l'équipe embarquée, problèmes rencontrés ou tout autre information jugée utile.

Les schémas page suivante représentent les différentes étapes de la programmation d'une campagne, jusqu'à sa validation, puis le déroulement d'une campagne au chalut ou aux filets.

Figure 29 : Déroulement d'une campagne de chalut ou de filet





7.2.2.2 Paramètres mesurés

Le traitement des captures est basé sur les protocoles standardisés, mise en œuvre dans le cadre de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau (DCE ; Cemagref, 2008), et Directive cadre Stratégie Milieu Marin (DCSMM ; Ifremer, 2018). Sont considérées toutes les captures, à savoir les poissons, les céphalopodes et les invertébrés benthiques d'intérêt commercial ou non. Tous les poissons, les mollusques et les crustacés décapodes capturés seront identifiés jusqu'à l'espèce.

Les larves de poissons (ichtyoplancton) seront étudiées dans le cadre de suivi des communautés planctoniques. Les prélèvements seront réalisés grâce à un filet WP2 (maille de vide de 200 µm) qui permettra d'échantillonner le zooplancton, ichtyoplancton inclus.

Les données à recueillir sont notamment :

- A l'échelle des peuplements : composition spécifique, proportion spécifique (abondance et biomasse) ;
- A l'échelle des espèces : effectifs et biomasse (dont taille individuelle, poids par espèce) ;
- Les rendements : sous leurs diverses expressions (CPUE), ils constituent une variable de base dans l'appréciation de l'état de santé des pêcheries. Dans ce travail, les calculs de rendements sont exprimés en kilogrammes par hectare (kg/ha) ;
- Les variables environnementales : profondeur, température, salinité, turbidité, oxygène dissous, conditions météorologiques.

Lors de captures trop importantes par espèce et par trait, un sous-échantillon (30 poissons pris au hasard) représentatif des tailles de l'ensemble du trait sera mesuré et pesé. Les individus surnuméraires seront comptés et pesés pour obtenir l'effectif et la biomasse globale. Le reste de poissons (c.-à-d. >30) ne font l'objet que de dénombrement et de pesées. Le poids total et le poids d'échantillon de chaque espèce est relevé (en gramme). Le poids de 30 individus mesurés corrélé au poids total de l'ensemble des individus de l'espèce permet d'obtenir par calcul le nombre total d'individus.

Les invertébrés d'intérêt commercial sont mesurés ou à minima classés par taille. Les macro-invertébrés capturés seront dénombrés, puis pesés et déterminés. Des photos et des prélèvements seront réalisés à des fins d'identifications ultérieures au laboratoire de l'entreprise et si nécessaire par des spécialistes de ces taxons.

L'ensemble des données d'espèces et de poids sera transcrit sur papier indéchirable polyester. Ce papier sera également utilisé pour l'étiquetage des captures et des échantillons. Afin de gagner du temps, les mesures pourront être réalisées avec un système d'acquisition par code barre.

Les individus manifestement matures seront identifiés pour déterminer plus précisément les zones de frayères présentes sur la zone. Les espèces de sélaciens seront sexées.

Enfin, en cas d'espèce inattendue, un examen de certains éléments anatomiques clés (écailles ventrales, examen des branchiospines, etc.) pourra être réalisé à la loupe binoculaire. Le cas échéant, un échantillon sera conservé dans l'alcool pour détermination ultérieure. Tous les poissons seront mesurés au cm ou au demi-centimètre inférieur.



Figure 30 : Traitement de captures directement à bord (source : SEANEO)



7.2.2.3 Traitement et analyse de données

Toutes les analyses statistiques sont réalisées à partir des Capture Par Unité d'Effort (CPUE), unité de mesure permettant de s'affranchir des différences entre les techniques de pêche utilisées.

Les données seront compatibles au format utilisé par l'Ifremer afin de les intégrer au Système d'Information Halieutique (SIH).

7.2.2.3.1 Données biométriques

La taille des individus est un indice important puisqu'il traduit la mortalité du stock. Plus la taille moyenne est élevée et s'approche de la normale (en regard de la taille maximale de l'espèce) et moins le stock est exploité (mortalité naturelle). Plus la taille moyenne est basse et plus la mortalité par prédation (pêche) est importante. De plus, il est révélateur du déplacement des individus. En effet, plus les individus sont gros et adultes, plus ils peuvent se déplacer facilement et éviter le dérangement par rapport aux travaux (comportement de fuite). Inversement, plus les individus sont petits et moins leur vitesse de nage est rapide, les petits individus ont donc moins de facilité à éviter le dérangement. La taille est aussi une manière d'appréhender le fonctionnement local de l'espèce (dynamique de la population) avec la présence ou non de juvéniles ou subadultes.

En outre, la taille des poissons est révélatrice de la pression de pêche qui pèse sur eux : des recherches scientifiques ont en effet montré que la taille moyenne des poissons diminuait dans les populations victimes de surpêche (Shin et Cury, 2004). C'est un indice important qui sera présenté pour information.

7.2.2.3.2 Traitements statistiques

Une série de tests statistiques sur les effectifs notamment permet d'associer/séparer les assemblages des stations échantillonnées. Ces tests apportent une aide à la décision précieuse pour appréhender les évolutions dans le temps ou dans l'espace de la structure des assemblages ichtyologiques.

D'autre part, il sera étudié les ressources halieutiques d'un point de vue de l'écologie appliquée de cet écosystème. Les espèces dites « associées » constituant pour la plupart les ressources alimentaires des espèces exploitées qui sont très souvent leurs prédateurs, ne seront pas écartées des traitements. L'évolution future de ces espèces est donc autant chargée d'information vis-à-vis des éventuels effets du projet que les espèces exploitées elles-mêmes.



COMPARAISON SUR LES CARACTERISTIQUES DES STATIONS

Il est intéressant de comparer tout d'abord les caractéristiques des stations, pour savoir si les rendements par rapport à la surface échantillonnée présentent des différences spatio-temporelles. Des tests statistiques vont donc permettre de comparer ces caractéristiques :

- Analyse inférentielle univariée : sur les CPUE (nombre d'individus et/ou gramme par hectare).
- Des analyses multivariées seront mises en œuvre car elles permettent de très bonnes visualisations pour mettre en évidence des similitudes d'assemblages d'espèces entre les stations et entre les campagnes d'échantillonnage.

COMPARAISON SUR LA COMPOSITION EN ESPECES

Des traitements numériques seront réalisés afin d'étudier et de comparer les compositions des assemblages.

Ces comparaisons seront réalisées entre les différentes séries temporelles de données et entre les stations afin d'appréhender la variabilité spatio-temporelle.

7.2.2.4 Calendrier du protocole

Figure 31 : Planning du protocole

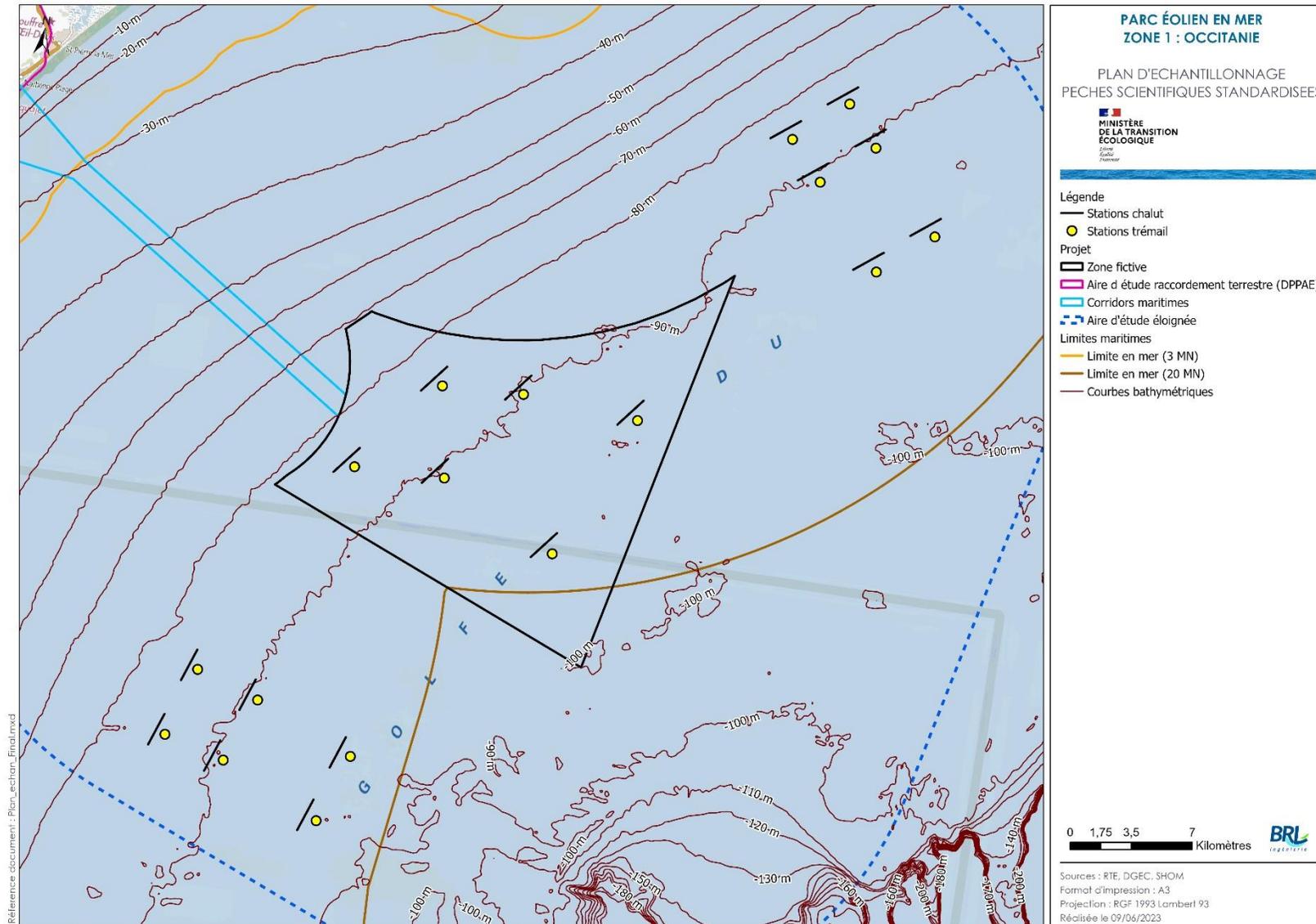
Année 1	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes (filet + chalut)										1		
Année 2	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes (filet + chalut)	1			1			1			1		
Année 3	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes (filet + chalut)	1			1			1					

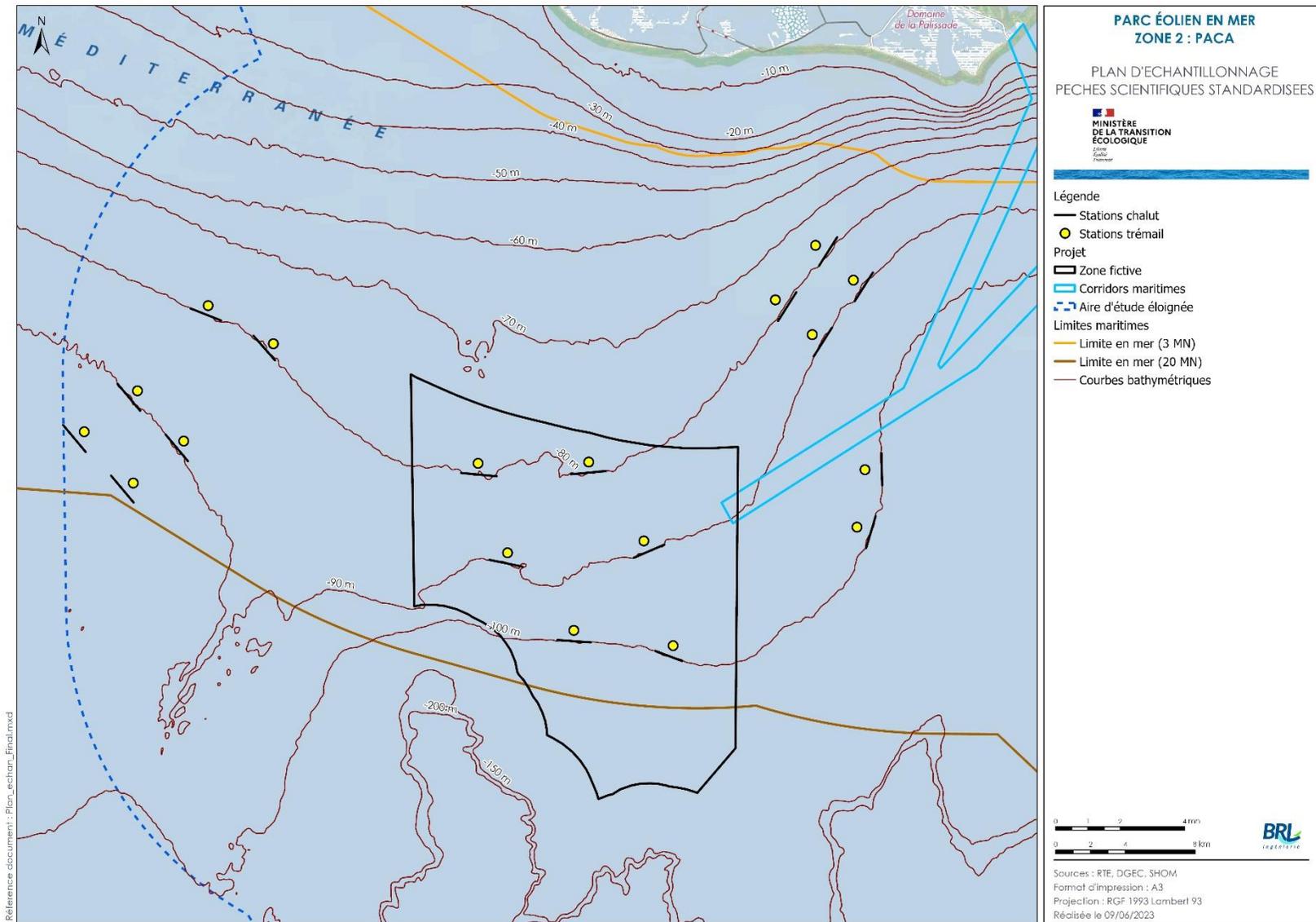
7.2.3 Carte de représentation schématique du protocole

Les cartes suivantes proposent une présentation schématique du plan d'échantillonnage, par région.

Les filets trémail et les traits de chalut seront réalisés au niveau de la même station, ils sont séparés sur les cartes par souci de lisibilité.

Pour tendre vers une approche écosystémique, les stations dans les zones de parc présentées sur les cartes ci-dessous partagent la même localisation que des stations d'étude des peuplements et habitats benthiques, du sédiment, du plancton, et de la qualité des eaux.







7.2.4 Moyens utilisés

7.2.4.1 Moyens matériels employés

Concernant le matériel de pêche, 2 principaux engins de pêche seront utilisés :

- Un chalut de fond simple à ouverture verticale assez importante, avec un maillage de 40 mm (maille étirée) et équipé d'une chaussette d'un maillage de 10 mm (maille étirée - en cohérence avec les protocoles MEDDIT). Ce maillage de 10 mm correspond aux recommandations de l'Ifremer, puisqu'il « permet de capturer à la fois juvéniles et adultes » ;
- Des filets trémail avec un maillage de 41 mm.

Selon le poids des espèces, des pesons mécaniques super Samson de portée 25, 10, 5 et 1 kg seront utilisés, ainsi que des pesons électroniques de marque Rapala précis à 10 grammes. Des balances Baxtran super SS précises à 2 grammes pourront également être utilisées pour les juvéniles, mais leur précision est fortement dépendante des conditions de mer.

La mesure de la taille des individus se fera sur mètre à butée (ichtyomètre) et ichtyomètre électronique à code barre.

Une sonde multiparamètres sera embarquée pour prendre les mesures physico-chimiques à chaque coup de chalut et à chaque relève de filet.

Enfin, l'ensemble du matériel de tri et de mesures des captures sera embarqué.

7.2.4.2 Personnel mobilisé

Lors de chaque campagne, 2 à 3 personnels scientifiques seront embarqués. Les référents pour les différentes campagnes seront :

- Partenaire 1 : El Groupe
 - Responsable : François RUCHON
 - Suppléant : Baptiste VULLIET
- Partenaire 2 :
 - Responsable : Claudie IBORRA
 - Suppléant : Clément LARROUY

7.2.4.3 Moyens nautiques

Les prestataires collaboreront avec les CRPMEM Occitanie et PACA. En effet, les pêcheurs professionnels locaux présentent toutes les armatures et les engins (ici chalut de fond) nécessaire aux campagnes de prélèvements pour les ressources halieutiques.

Le navire mis à disposition sera un chalutier de plus de 20 m de long et d'environ 7 m de large avec une motorisation de 300 kW. Le bateau sera équipé d'un portique à l'arrière, d'un treuil et d'un enrouleur permettant de remonter le chalut sans effort. La présence d'une pompe à eau permettra de travailler dans un confort optimal et de maintenir un flot d'eau en continu dans les bacs accueillant les espèces récoltées. La surface de pont libre permettra de disposer tout le matériel nécessaire aux opérations de pêches. La présence d'une cabine permettra l'utilisation de matériel informatique sans se soucier des conditions météorologiques.



En cas de remplacement imposé, un bateau aux mêmes critères sera sollicité dans les échanges avec le Comité régional des pêches. Cependant, le même navire sera dans la mesure du possible utilisé pour les différentes campagnes afin de garantir une bonne reproductibilité des données obtenues.

7.2.4.4 Mutualisation éventuelle

Aucune mutualisation n'est possible.

7.2.5 Risques

Le risque principal est celui de perte ou de casse du matériel déployé. Les aléas météorologiques pouvant être rencontrés en mer constituent également un risque.



8 POISSONS ET MEGA-INVERTEBRES : SONAR BIOMETRIQUE

8.1 FICHE PROTOCOLE SYNTHETIQUE

Le tableau ci-dessous permet de présenter de manière synthétique l'ensemble des caractéristiques du protocole détaillé dans les pages ci-dessus.

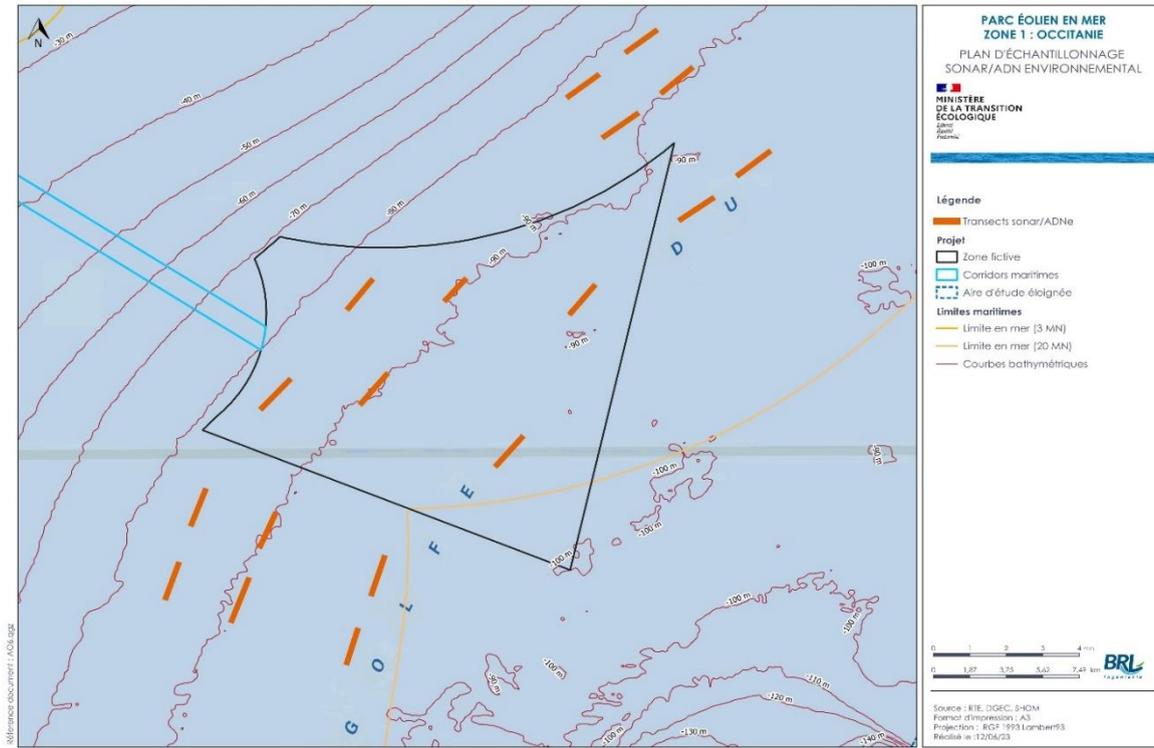
-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --	
	<h3><i>Poissons et méga-invertébrés</i></h3>
Sonar biométrique	
OBJECTIFS ET PARAMETRES	
<p>Les campagnes de sonar biométrique dans l'aire d'étude ont pour objectif de récolter des données chiffrées sur les espèces pélagiques : identification, abondance, biomasse, taille moyenne et répartition bathymétrique des espèces.</p>	
DESCRIPTION DU PROTOCOLE	
Stratégie d'échantillonnage :	<p>18 stations par zone d'étude :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 18 en Occitanie : 6 en zone de parc, et 12 témoins de part et d'autre de la zone de parc ; - 18 en PACA : 6 en zone de parc, et 12 témoins de part et d'autre de la zone de parc. <p>Les stations sont communes entre les protocoles Pêches scientifiques standardisés, Sonar biométrique et ADN environnemental.</p>
Effort d'échantillonnage :	<p><u>Durée</u> : 24 mois <u>Fréquence</u> : 1 campagne par saison = 8 campagnes réparties sur 24 mois Chaque station est un transect de 2 km.</p>
Paramètres mesurés :	<ul style="list-style-type: none"> - Composition de l'ichtyofaune pélagique ; - Répartition bathymétrique des espèces ; - Abondance et biomasse par espèce ; - Taille moyenne par espèce ;
TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNEES	
<p>Pour chacune des stations, 30 vues instantanées seront produites qui constitueront autant de réplicats. Ces vues acoustiques permettront de localiser les bancs dans la colonne d'eau, d'en mesurer l'abondance, la biomasse et la taille moyenne, mais également de géoréférencé individuellement ces observations.</p> <p>Les données (composition de l'ichtyofaune pélagique, abondance et taille moyenne) seront saisies dans un tableur à des fins de traitements numériques et statistiques qui dépendront des effectifs, de la diversité et de la variabilité observées.</p>	
CALENDRIER DE CAMPAGNE	



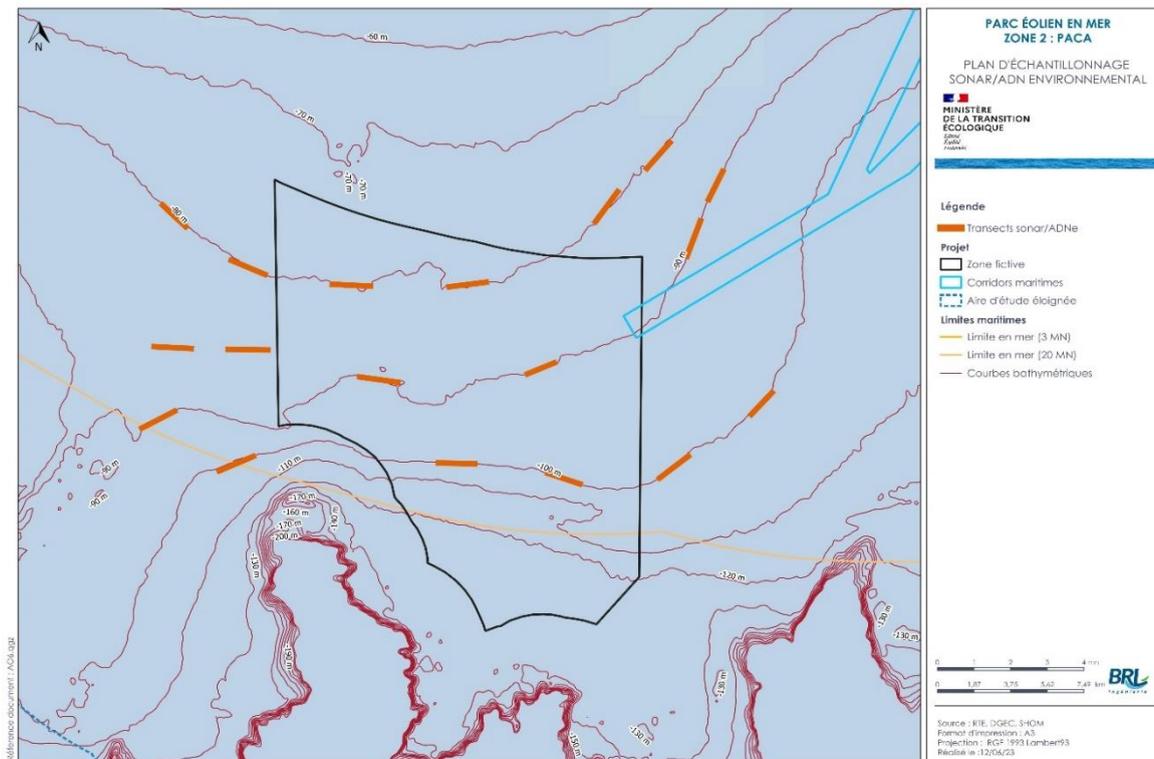
-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --												
Année 1 (2024)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes	1			1			1			1		
Année 2 (2025)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes	1			1			1			1		
MOYENS												
Matériel	<p>Le suivi par écho-intégration sera réalisé par le sondeur FURUNO® : le FS-3BB.</p> <ul style="list-style-type: none"> • L'unité centrale du sondeur sera connectée à notre écran du PC acquisition et à notre DGPS submétrique SX Blue 2. • La sonde bi-fréquence Furuno CM256LHG (puissance de 1 kW, fréquences : 42 à 65 kHz et 130 à 210 kHz) sera montée sur une perche dédiée au tableau arrière du navire support ; • L'antenne double-bande du DGPS sera positionnée sur la perche pour plus de précision ; • L'enregistrement des données sera réalisé sur l'unité centrale elle-même pour être traitée au bureau. 											
Moyens nautiques	Vedette NEEEXO de P2A Développement.											
Mutualisation éventuelle	Nous recommandons la mutualisation avec les opérations de collecte de l'ADN environnemental pour des raisons logistiques, de compatibilité des équipements et de la complémentarité avec l'ADNe qui certifiera la présence d'espèces afin de confirmer les prédictions du sondeur biométrique et de sa base de données. Les stations seront identiques.											
Responsables et équipes mobilisées	<p>Organisme : P2A Développement Responsable : Jean-Yves JOUVENEL Suppléant : <i>Adrien Lowenstein</i></p>											
Risque :	Aléas météorologiques.											
CARTE DE REPRESENTATION SCHEMATIQUE DU PROTOCOLE												



-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --



96





8.2 PROTOCOLE DETAILLE

8.2.1 Objectifs

Les campagnes de sonar biométrique dans l'aire d'étude permettront de compléter les campagnes de pêches scientifiques standardisées notamment pour les espèces pélagiques grégaires peu ciblées par les engins sélectionnés. Cette technique permet d'appréhender l'intégralité de la colonne d'eau et de récolter des données sur ses espèces : identification, abondance, biomasse, taille moyenne et répartition sur la colonne d'eau.

Cette composante des espèces pélagiques est importante, d'une part car c'était une ressource très exploitée par la flotte chalutière jusqu'aux années 2000, mais également car les pélagiques sont susceptibles d'interagir fortement avec les éoliennes flottantes sur le principe des DCP (dispositif concentrateurs de poissons) largement utilisés dans les pêcheries hauturières de par le monde.

Les données obtenues devraient en outre permettre d'appréhender la dimension comportementale des espèces détectées et cela peut avoir son importance dans une perspective de réglementation des activités de pêche et de possible restauration des fonctionnalités écologiques des zones.

8.2.2 Description du protocole

8.2.2.1 Effort d'échantillonnage

Le principe de l'échantillonnage est de profiter des stations de l'ADNe pour explorer ces dernières avec le sondeur.

Des transects de 2 km sont envisagés au nombre de 18 par zone d'étude, 6 dans la zone de parc judicieusement disposées, et 12 autres de part et d'autre de la zone de parc. Les stations de la zone de parc seront suffisamment éloignées des limites pour assurer la dégradation totale de l'ADN présent dans la colonne d'eau en tenant compte de la vitesse de déplacement de la masse d'eau (a minima 1 km).

Les stations sont communes entre les protocoles Pêches scientifiques standardisés, Sonar biométrique et ADN environnemental.

Chaque transect produira une acquisition continue, géoréférencée et archivée. Il sera donc possible de revenir sur les données brutes. De plus, l'acquisition est de fait contrôlée en temps réel sur l'écran du sondeur Furuno ce qui est une garantie pour le bon déroulement de l'opération.

Il est envisagé de réaliser une campagne par saison sur 2 années. Ceci permet d'appréhender la variabilité saisonnière et interannuelle, tout en permettant la souplesse d'intervention nécessaire lors des longues périodes de mauvais temps.

D'autre part, avec l'ADNe, ce sont des techniques d'exploration non destructives du compartiment ressources halieutiques qui pourront être intégralement conservées suite à l'implantation des éoliennes, contrairement au chalutage, voire aux arts dormants. Il convient donc de réaliser un état initial qui soit le plus représentatif possible.



8.2.2.2 Paramètres mesurés

Le Furuno FSS 3BB n'est pas un sondeur scientifique, mais cet équipement comporte des atouts indéniables pour des applications telles que celle-ci, ses performances permettent d'obtenir des données chiffrées précises en termes de biométrie. Ses bibliothèques donnent la possibilité d'identifier les espèces avec une fiabilité importante mais pas absolue. C'est pour cela qu'il est intéressant de le coupler avec l'ADNe qui est infaillible en détection d'espèces. Les 2 technologies sont très complémentaires et complémentaires des PSS envisagées.

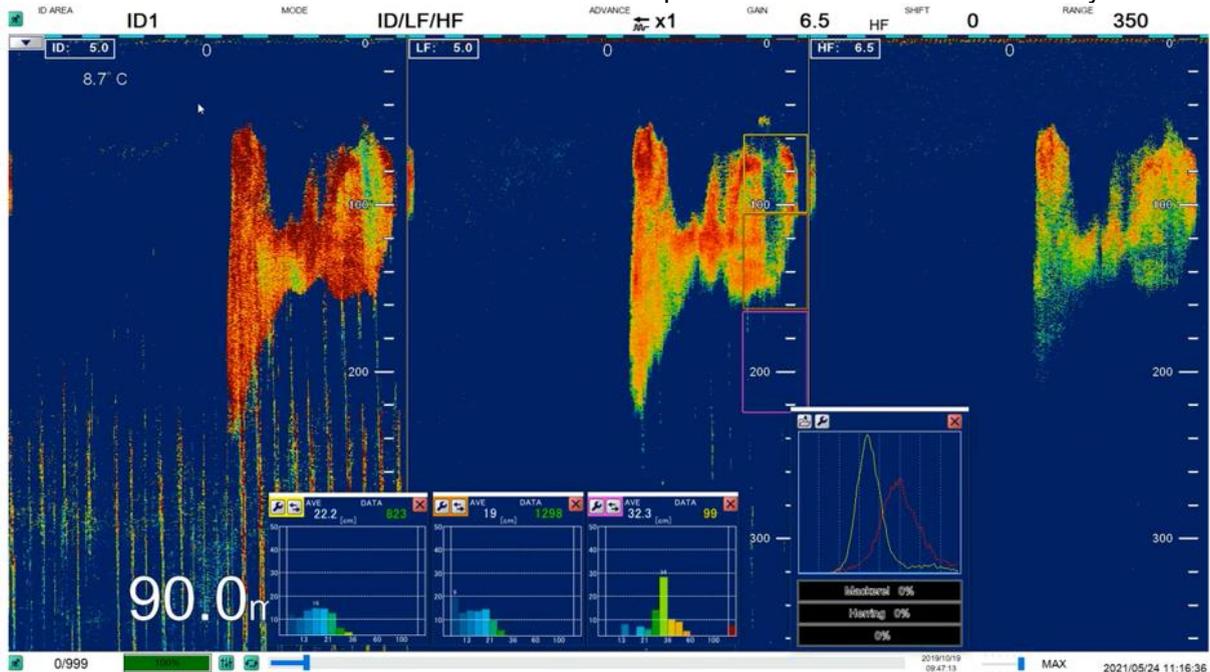
Les stations seront constituées de sessions d'enregistrement sur un linéaire de 2 000 m à une vitesse de 3 à 4 nœuds. L'enregistrement concernera l'ensemble de la colonne d'eau, depuis la surface jusqu'au fond. Le sondeur est donc capable de détecter les espèces qui se déplacent à proximité du fond mais non posées dessus. Sont donc concernées les espèces pélagiques grégaires (sardines, anchois, maquereaux, thons, bonites...) mais aussi certaines espèces démersales (pageots, loups, sars, calmars, etc...).

Il est prévu d'extraire 30 instantanés de chacune des sessions. Chaque instantané sera analysé au moyen des outils du Furuno qui permet d'individualiser les bancs et d'en connaître les données suivantes :

- Espèce concernée,
- Biomasse totale,
- Taille moyenne,
- Abondance,
- Profondeur,
- Coordonnées GPS,
- Heure et date de l'observation.

98

Les données seront saisies manuellement sur le tableau pour constituer une matrice d'analyse.



Furuno FSS-3BB, stabilized echo sounder with species and biomass identification.



8.2.2.3 Traitement et analyse de données

Les données quantitatives quant à elles pourront subir des traitements numériques d'agrégation ou des analyses comparatives classiques afin de discriminer ou pas les zones entre-elles.

Les 30 réplicats pourront permettre d'utiliser un maximum d'outils de discrimination statistique. Des comparaisons classiques pourront être réalisées : diversité spécifique, abondances, tailles moyennes, et Il sera également possible d'appréhender la répartition verticale des bancs et leurs éventuelles évolutions après installation des éoliennes, mais aussi la répartition géographique au travers de la variabilité spatiale : répartition homogène, sporadique, agrégée, etc.

8.2.2.4 Calendrier du protocole

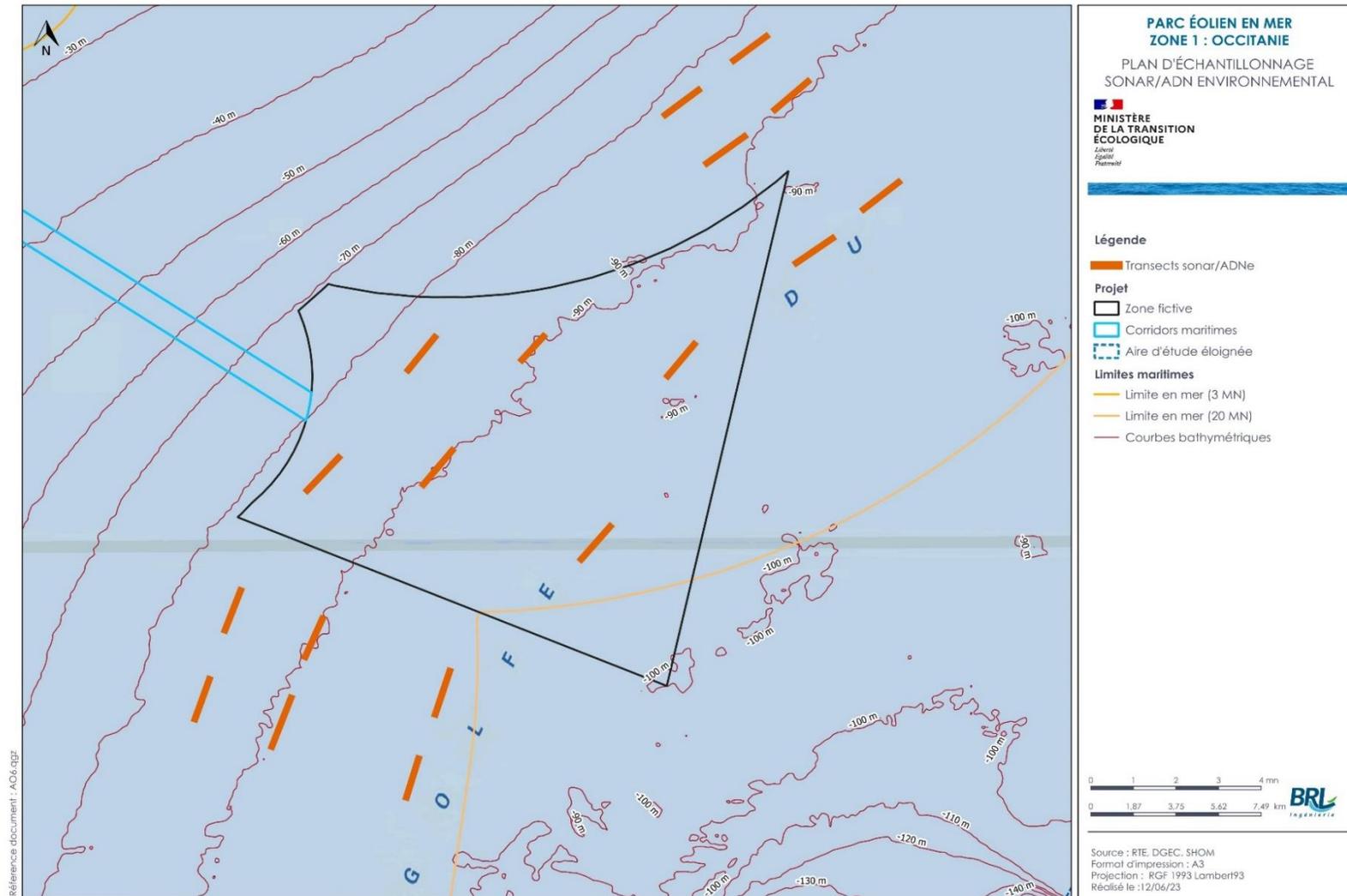
Figure 32 : Planning du protocole

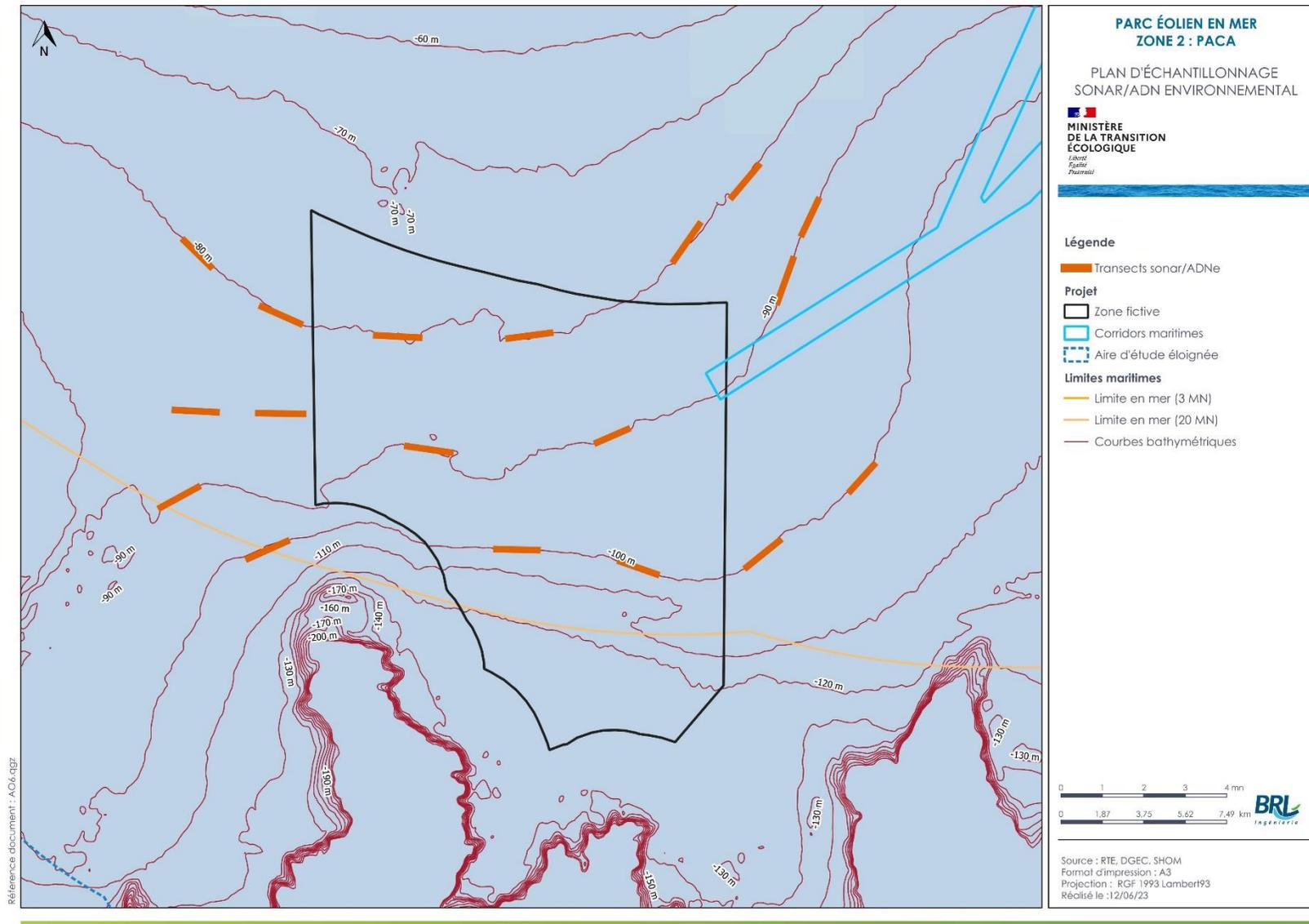
Année 1 (2024)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes	1			1			1			1		
Année 2 (2025)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes	1			1			1			1		



8.2.3 Carte de représentation schématique du protocole

Les cartes suivantes proposent une présentation schématique du plan d'échantillonnage, par région.







8.2.3.1 Moyens matériels employés

Le matériel utilisé est le suivant :

- Electronique embarquée de positionnement DGPS ;
- Sonar Furuno FSS-3BB avec écran, sonde bi-fréquence Furuno CM25LHG de 1 kW et unité centrale de grande capacité 3 TeraOctets;
- PC d'acquisition trajectographique.

8.2.3.2 Personnel mobilisé

- P2A Développement :
 - Responsable : Jean-Yves Jouvenel
 - Suppléant : Adrien Lowenstein

8.2.3.3 Moyens nautiques

P2A Développement utilisera son navire le NEEEXO spécialement équipé pour ces missions : Eau de mer de pont, eau douce de pont, chambre froide, portique pour mise à l'eau des instruments, DGPS de précision, sondeur bi-fréquence, voir fiche technique du NEEEXO (Figure 33). Le plan d'échantillonnage ne comportant pas de station au-delà des 20 milles nautiques, toutes les campagnes pourront être réalisées avec ce navire si nécessaire.

Figure 33 : NEEEXO et son portique de mise à l'eau des instruments (filet à plancton, sonde, benne, etc.)

	
Vedette NEEEXO <i>Vedette inmersible des chantiers De Rovère - support plongée et exploration océanographique</i>	
Statut et capacité d'embarquement	Navire professionnel de recherche Commerce Div. 222 Catégorie 3 Equipage 2 Personnels 8
Equipements disponibles	Source 12, 24 et 230 V DGPS / AIS / Radar / Sondeur / PC navigation Echelle plongée / Remorque / Eau Douce / EDM, 2 couchettes/220V 500W
Motorisation et Autonomie	2 x 250 CV turbo diesel 220 milles / 400 km
Rayon d'action et Zones d'activité	Façade Méditerranée Française Jusqu'à 20 milles



8.2.3.4 Mutualisation éventuelle

Cet échantillonnage est mutualisé avec les campagnes ADN Environnemental. Il est prévu de rester 0,75 heure sur la station, étant donné les distances d'acheminement inter-stations, il est possible de réaliser 6 stations au maximum par journée.

8.2.4 Risques

L'aléa météorologique représente également une forte contrainte. L'équipe mobilisée a une bonne capacité d'analyse des conditions météorologiques favorables (savoir-faire) et une forte capacité de mobilisation en fonction des fenêtres météorologiques.



9 POISSONS ET MEGA-INVERTEBRES : ADN ENVIRONNEMENTAL

9.1 FICHE PROTOCOLE SYNTHETIQUE

Le tableau ci-dessous permet de présenter de manière synthétique l'ensemble des caractéristiques du protocole détaillé dans les pages ci-dessus.

-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --	
	Poissons et méga-invertébrés
ADN environnemental	
OBJECTIFS ET PARAMETRES	
Le metabarcoding de l'ADN environnemental (ADNe) permet d'estimer la biodiversité en vertébrés marins à large échelle sans destruction ni intervention humaine sous-marine. Ces données permettront ensuite d'élaborer des indicateurs standards pour mieux suivre la dynamique des écosystèmes côtiers sous pressions multiples et être intégrés dans des programmes de gestion environnementale.	
DESCRIPTION DU PROTOCOLE	
Stratégie d'échantillonnage :	18 stations par zone d'étude : <ul style="list-style-type: none"> - 18 en Occitanie 6 en zone de parc, et 12 témoins de part et d'autre de la zone de parc sur les stations PSS ; - 18 en PACA 6 en zone de parc, et 12 témoins de part et d'autre de la zone de parc sur les stations PSS. Les stations sont communes entre les protocoles Pêches scientifiques standardisés, Sonar biométrique et ADN environnemental.
Effort d'échantillonnage :	Durée : 24 mois Fréquence : 1 campagne par saison sur 2 ans = 8 campagnes réparties sur 24 mois Chaque station est un transect de 2 km
Paramètres mesurés :	<ul style="list-style-type: none"> - Diversité spécifique ; - Diversité fonctionnelle ; - Indicateur thermique des espèces (préférendum thermique caractéristique du changement global ;
TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNEES	



-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --

Afin de pouvoir assigner un taxon aux séquences génétiques amplifiées dans nos échantillons eDNA, il est nécessaire de construire une base de référence taxonomique au préalable avec les espèces pour lesquelles une séquence d'ADN de 12S contenant l'amorce utilisée est déjà connue. Nous utiliserons pour cela la liste des poissons de la mer Méditerranée de FishBase (<http://fishbase.mnhn.fr>), et les informations taxonomiques trouvées sur NCBI (www.ncbi.nlm.nih.gov), que nous comparons à la liste des séquences du fragment de gène mitochondrial 12S des Actinoptérygiens, Chondrichthyens et mammifères de la base de données European Nucleotide Archive (www.ebi.ac.uk/ena). Nous rajoutons plus de 200 espèces séquencées par nos soins.

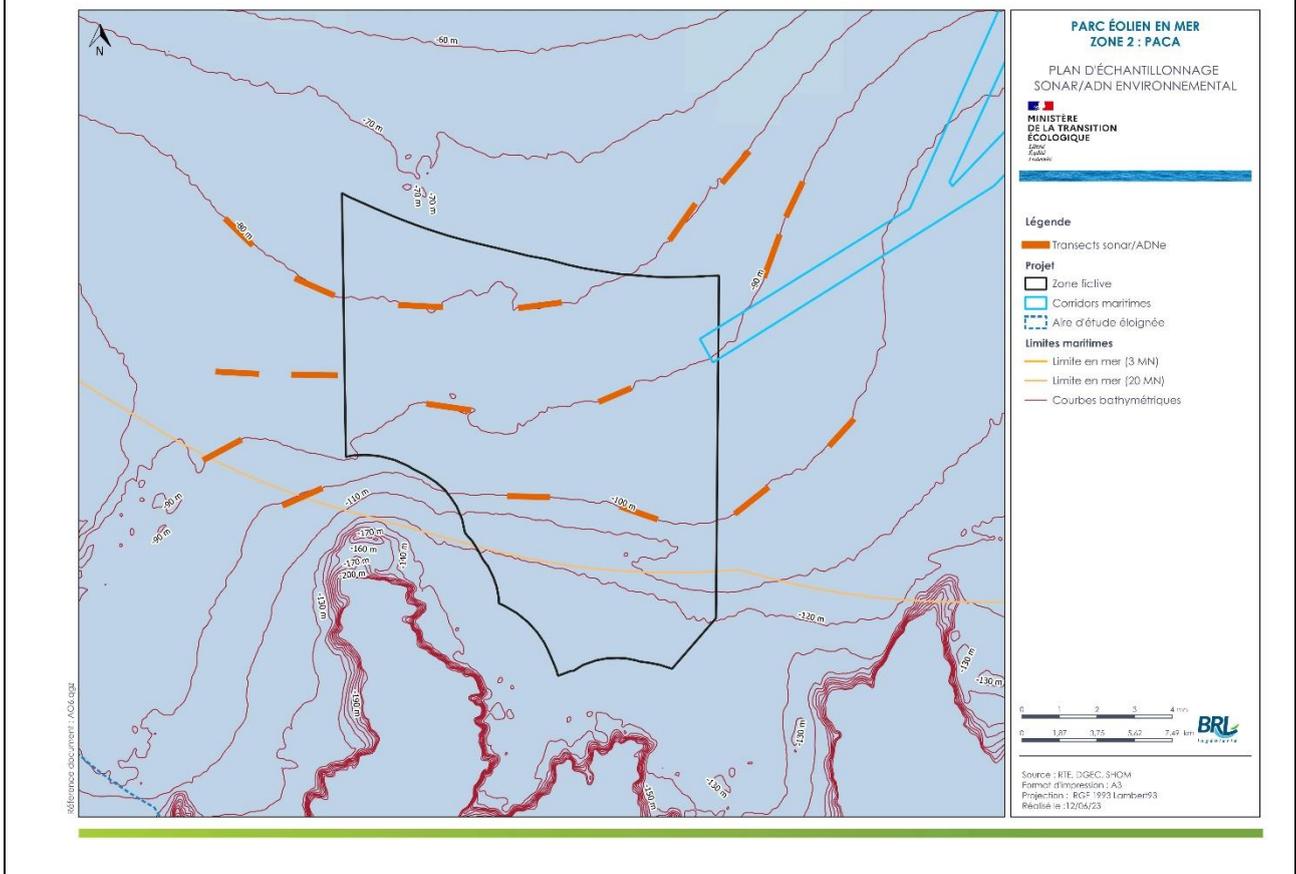
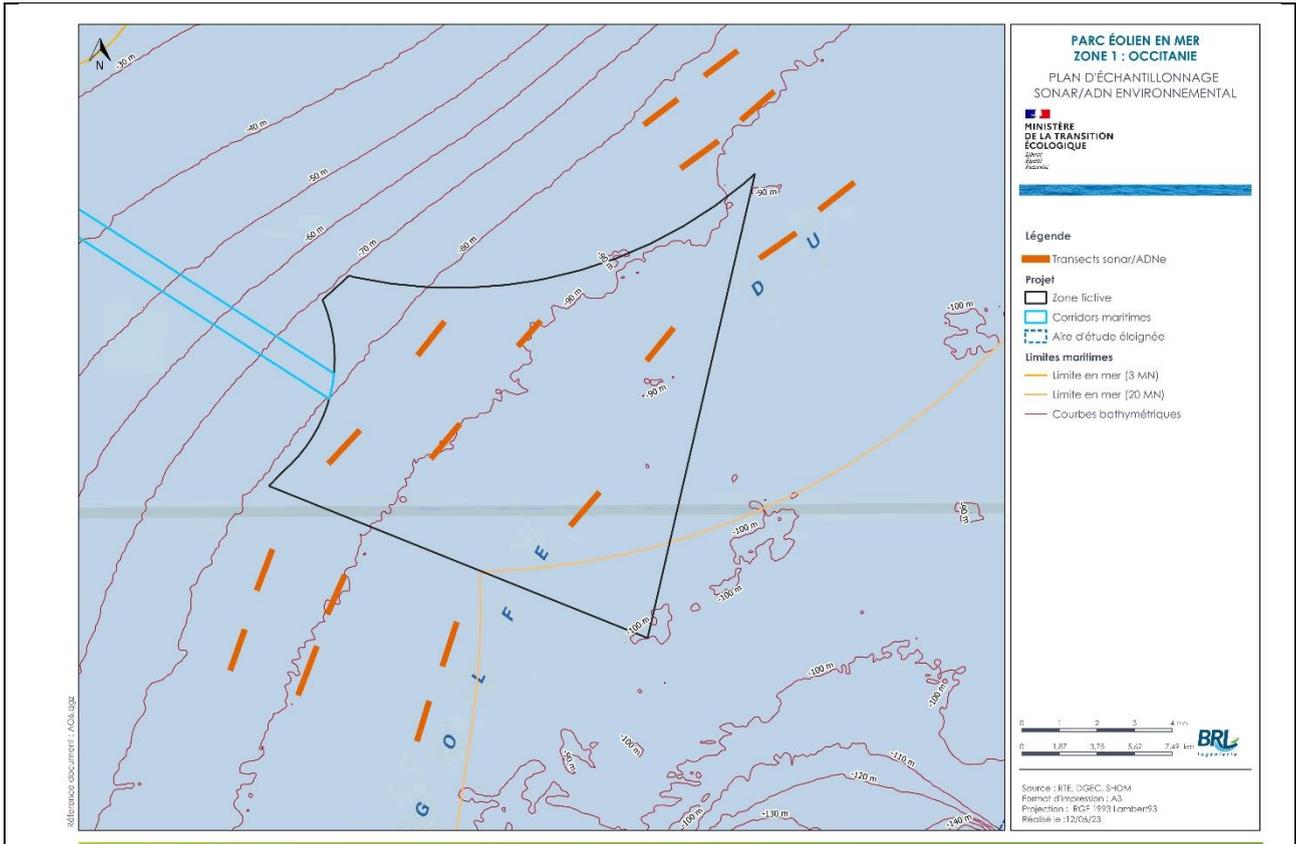
CALENDRIER DE CAMPAGNE

Année 1 (2024)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes	1			1			1			1		
Année 2 (2025)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes	1			1			1			1		

MOYENS

Matériel	AUV Seaber Yuco + consommables Spygen + pompe à ADNe de surface Athena
Moyens nautiques	Vedette NEEEXO de P2A Développement.
Mutualisation éventuelle	La mutualisation optimale est avec le sonar biométrique en termes de compatibilité des équipements mobilisés et des équipages nécessaires.
Responsables et équipes mobilisées	Organisme : P2A Développement Responsable : Jean-Yves JOUVENEL Suppléant : <i>Adrien Lowenstein</i>
Risque :	Aléas météorologiques.

CARTE DE REPRESENTATION SCHEMATIQUE DU PROTOCOLE





9.2 PROTOCOLE DETAILLE

9.2.1 Objectifs

Les études actuelles sont principalement basées sur du recensement par des approches visuels (plongeurs et caméras) et par la pêche, mais elles présentent quelques limites pour la détection de nombreuses espèces et le déploiement de suivis à grande échelle :

- Le recensement visuel sous-marin ou depuis un bateau pour les grandes espèces comme les mammifères près de la surface ont l'avantage de fournir des informations sur la taille, la biomasse ou même le sexe des individus recensés mais elles nécessitent des experts capables d'identifier et de compter les individus et, surtout, la présence de bateaux ou de plongeurs diminue la détectabilité de certaines espèces, souvent les plus menacées ou les plus furtives (requins). Elles sont aussi limitées pour la détection des poissons de petite taille (cryptobenthiques) qui représentent la majorité de la biodiversité en milieu côtiers. Ces méthodes sont de plus coûteuses en temps et moyens financiers, donc difficilement déployables à large échelle spatiale et haute fréquence temporelle. En alternative, les données issues de la pêche fournissent des données sur la structure en taille des populations mais ne couvrent pas tous les groupes de vertébrés sur tous les habitats et sont surtout destructives donc impossible à utiliser dans les réserves.
- Le metabarcoding de l'ADN environnemental (ADNe) permet de lever certains de ces verrous et permet d'estimer la biodiversité en vertébrés marins à large échelle sans destruction ni intervention humaine sous-marine. Ces données permettront ensuite d'élaborer des indicateurs standards pour mieux suivre la dynamique des écosystèmes côtiers sous pressions multiples et être intégrés dans des programmes de gestion environnementale.

Figure 34 : Vue et mise en œuvre de l'AUV Seaber Yuco



L'objectif de ce protocole est donc d'être complémentaire des autres méthodologies par pêche et écho-intégration afin d'apporter un cortège d'informations très représentatives de la biodiversité et donc, de l'état écologique de la masse d'eau.

D'autre part, avec le sonar biométrique, ce sont des techniques d'explorations non destructives du compartiment ressources halieutiques qui pourront être intégralement conservées contrairement au chalutage, voire aux arts dormants. Il convient donc de réaliser un état initial qui soit le plus représentatif possible.



9.2.2 Description du protocole

9.2.2.1 Effort d'échantillonnage

9.2.2.1.1 ADN Environnemental

Concernant la saisonnalité, il est proposé de réaliser une campagne par saison soit 4 campagnes par an.

Pour la distribution spatiale de l'effort d'échantillonnage il est prévu 6 stations pélagiques à l'intérieur des zones de parc et 12 stations témoins réparties de part et d'autre des zones de parc.

L'effort total consenti sera alors au total de 18 stations par an et par parc.

Les stations sont communes entre les protocoles Pêches scientifiques standardisés, Sonar biométrique et ADN environnemental.

Il est possible de réaliser 6 transects par journée embarquée soit un total de 3 journées par campagne.

L'AUV est équipé d'une pompe péristaltique Athéna, alimentée par la batterie de l'AUV. L'échantillonnage se fait par filtration de 30-40 litres d'eau de mer au cours de la navigation de l'AUV. Les transects seront rectangulaires, de 2 km de long et 0,5 km de large. La vitesse de l'AUV doit être de 10 km/h (+/- 2 km/h), afin de filtrer 30-40 L en 30-40 min sur 5 km. L'ADNe est prélevé dans la capsule de filtration.

9.2.2.2 Traitement et analyse de données

9.2.2.2.1 Données génétiques

Nous proposons d'utiliser une technologie unique développée par SPYGEN (<http://www.spygen.com/fr/>) permettant de filtrer une grande quantité d'eau (> 30 litres) et de détecter les espèces rares. Plus précisément, nous utiliserons les kits MW1. Ces kits stérilisés intègrent un sachet "Athena tubing kit MW1" contenant un tuyau d'1m50 et une crépine, un sachet "CL1 buffer kit" contenant un flacon de tampon (30ml) et un entonnoir, ainsi qu'une capsule de filtration contenant un filtre à pores de 0,2µm de diamètre.

L'extraction, l'amplification, le séquençage de l'eDNA et les analyses bio-informatiques seront réalisés par l'entreprise SPYGEN. Une paire d'amorces universelle pour les Téléostéens qui amplifie un fragment d'ADN mitochondrial 12S de 100pb a été créée : 5' ACACCGCCCGTCACTCT 3' CTTCCGGTACTTACCATG. L'extraction d'eDNA se fait en salle blanche pour éviter toute contamination avec de précédentes manipulations. Les échantillons sont centrifugés à 15 000 g durant 15 min, à 6°C, après quoi le surnageant est éliminé et 360 µL de tampon ATL sont ajoutés. L'extraction est réalisée avec le kit d'extraction DNeasy Blood and Tissue (Qiagen). Avant la PCR, un tag est ajouté à chaque échantillon, afin de pouvoir l'identifier. Après l'amplification, les échantillons sont titrés par électrophorèse et purifiés. Le séquençage est réalisé avec un séquenceur Illumina Miseq. 12 PCR sont réalisées sur chaque échantillon pour plus de robustesse, et une PCR de contrôle est réalisée pour évaluer la contamination.

Afin de pouvoir assigner un taxon aux séquences génétiques amplifiées dans nos échantillons eDNA, il est nécessaire de construire une base de référence taxonomique au préalable avec les espèces pour lesquelles une séquence d'ADN de 12S contenant l'amorce utilisée est déjà connue. Nous utiliserons pour cela la liste des poissons de la mer Méditerranée de FishBase (<http://fishbase.mnhn.fr/>), et les informations taxonomiques trouvées sur NCBI (www.ncbi.nlm.nih.gov), que nous comparons à la liste des séquences du fragment de gène mitochondrial 12S des Actinoptérygiens, Chondrichthyens et mammifères de la base de données European Nucleotide Archive (www.ebi.ac.uk/ena). Nous rajoutons plus de 200 espèces séquencées par nos soins.



Les séquences seront alignées avec le logiciel U-GENE. Pour chaque espèce, nous renseignerons également son statut de conservation IUCN, son habitat et sa provenance (native, endémique, introduite). Les séquences de mauvaise qualité seront éliminées. Les séquences identiques seront regroupées en exemplaire unique afin de ne conserver qu'un seul exemplaire de chaque séquence. Nous testerons plusieurs méthodes de bio-informatique afin de déterminer laquelle est la plus précise. La méthode d'assignation sera réalisée avec la fonction *ecotag* du package *ObiTools*. Le programme utilise 3 entrées : les séquences devant être assignées, une base de données taxonomique renseignant les relations entre taxons, et la base de référence des poissons de méditerranée, dont le *taxid* permet de les relier à la taxonomie. *Ecotag* compare chaque séquence à la base de référence et calcule la similarité comme le ratio entre la longueur de la plus longue chaîne commune et la longueur du plus court alignement correspondant. *Ecotag* ne garde ensuite que les séquences qui ont la plus grande similarité et leur assigne le *taxid* du taxon correspondant. Si l'assignation à l'espèce ne peut se faire précisément (>98%), le programme assignera à la séquence le genre (96-98%) ou la famille (90-96%) ou remontera au dernier ancêtre commun selon la base de référence.

9.2.2.2.2 *Calcul des indicateurs*

La plupart des évaluations environnementales sont basées, non pas sur une liste d'espèces, mais sur des indicateurs issus de cette liste. Ainsi, onze descripteurs qualitatifs, communs à tous les Etats membres de l'Union européenne, servent à définir le bon état écologique des masses d'eaux, dont les 11 millions de km² d'espace maritime pour la France. La mise en œuvre de la Directive-Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM) est donc prioritaire avec un Plan d'Action pour le Milieu Marin (PAMM) révisable tous les six ans.

Les listes d'espèces de poissons recensés par ADN environnemental peuvent renseigner 4 de ces 11 indicateurs à savoir :

- D1. La diversité biologique à travers :
 - Le nombre d'espèces recensées.
 - La diversité fonctionnelle des poissons (osseux et cartilagineux) qui se base sur la diversité des traits écologiques (régime alimentaire, croissance, reproduction, taille, etc.).
 - La diversité des espèces vulnérables au sens IUCN (liste rouge).
 - L'indicateur thermique des poissons pour comprendre et anticiper les impacts climatiques. Cet indicateur représente simplement la température "préférée" des espèces de poissons sur un site et fournit une information synthétique sur l'aspect « adaptation aux conditions climatiques existantes » de D1.
- D2. Les espèces non indigènes introduites. Cet indicateur correspond simplement au nombre d'espèces non indigènes ou exotiques d'un site. Cet indicateur bénéficiera pleinement des méthodes ADNe car la colonisation d'espèces non indigènes est progressive, souvent furtive, comme pour le poisson lapin, et la zone mésophotique peut être colonisée en premier (poisson lion). L'ADNe peut donc fournir une méthode de détection précoce pour les espèces non indigènes ce qui permettrait des actions rapides avant une invasion et des dégradations plus importantes.
- D3. Les poissons exploités à des fins commerciales à travers :
 - Le « Large Reef Fish Indicator » ou LRFI qui quantifie le nombre d'espèces de poissons de grande taille (20 cm ou plus à l'âge adulte). Cet indicateur peut être utilisé pour suivre les changements dans la biodiversité en réponse à la pêche ou à l'efficacité des mesures de protection.
 - Le nombre d'espèces visées par chaque type de pêche (artisanale ou plaisancière)
- -D4. Les éléments constituant le réseau trophique marin à travers :



- L'indicateur crypto-benthique qui va quantifier le nombre d'espèces de poissons de petite taille (10 cm ou moins à l'âge adulte). Ces espèces constituent une part importante de la biodiversité, un « maillon » essentiel du réseau trophique et sont rarement comptabilisées par les méthodes classiques d'échantillonnage, car trop petites et cachées.
- L'indicateur de structure trophique qui quantifie le niveau trophique moyen des poissons recensés.
- Le calcul de ces indicateurs sera implémenté de manière automatisée dans un « tableau de bord » à partir des données ADNe et des informations biologiques et écologiques sur les poissons extraits pour la plupart de Fishbase (<https://www.fishbase.se/search.php>). Nous proposons de développer ces calculs automatisés sur Excel avec des Macros ou du langage VBA pour traiter les informations de plusieurs classeurs (site x espèces, traits biologiques, etc.).

La première version de ce tableau de bord avec nos données existantes en Méditerranée sera proposée à l'issue de chaque campagne annuelle (TLR 8). Cet outil sera ensuite déployé online sur Google Sheets en les important d'Excel à l'aide de Google Apps Script. Ainsi, nos partenaires disposeront d'un outil à jour car maintenu par nos soins pour réaliser leurs calculs dans un environnement gratuit, sécurisé et partageable. Cet environnement sera intégré à l'initiative internationale Vigilife portée par SPYGEN (LTR 9 fin 2023).

9.2.2.3 Traitement des données

Le recensement des vertébrés marins et le calcul des indicateurs constituent les éléments de base du diagnostic écologique mais doivent être complétés par une évaluation quantitative par rapport à un état de référence. Dans notre cas, il s'agit des réserves marines du littoral méditerranéen que nous avons échantillonnées en ADNe avant et pendant le confinement en avril-juin 2020, donc sous présence humaine très limitée. Nous aurons aussi des zones témoins à l'extérieur des parcs éoliens qui constituent d'autres états de référence.

En considérant ces états de référence, nous utiliserons des méthodes en Intelligence Artificielle, plus particulièrement des algorithmes de Machine Learning comme les Boosted Regression Trees (BRT), pour définir les conditions (pression humaine) et environnementales (habitat, température de l'eau) qui déterminent la valeur des indicateurs et la composition en espèces. Plus précisément, grâce à plus de 700 échantillons d'ADNe filtrés et analysés par MARBEC depuis 2018 en Méditerranée, nous modéliserons l'effet de différentes variables sur les niveaux de ces indicateurs pour ensuite évaluer l'effet du parc éolien. Nous implémenterons aussi des analyses de type BACI (Before and After Control Impact) pour évaluer l'évolution des communautés de vertébrés pélagiques entre les parcs éoliens et les témoins extérieurs.

9.2.2.3 Calendrier du protocole

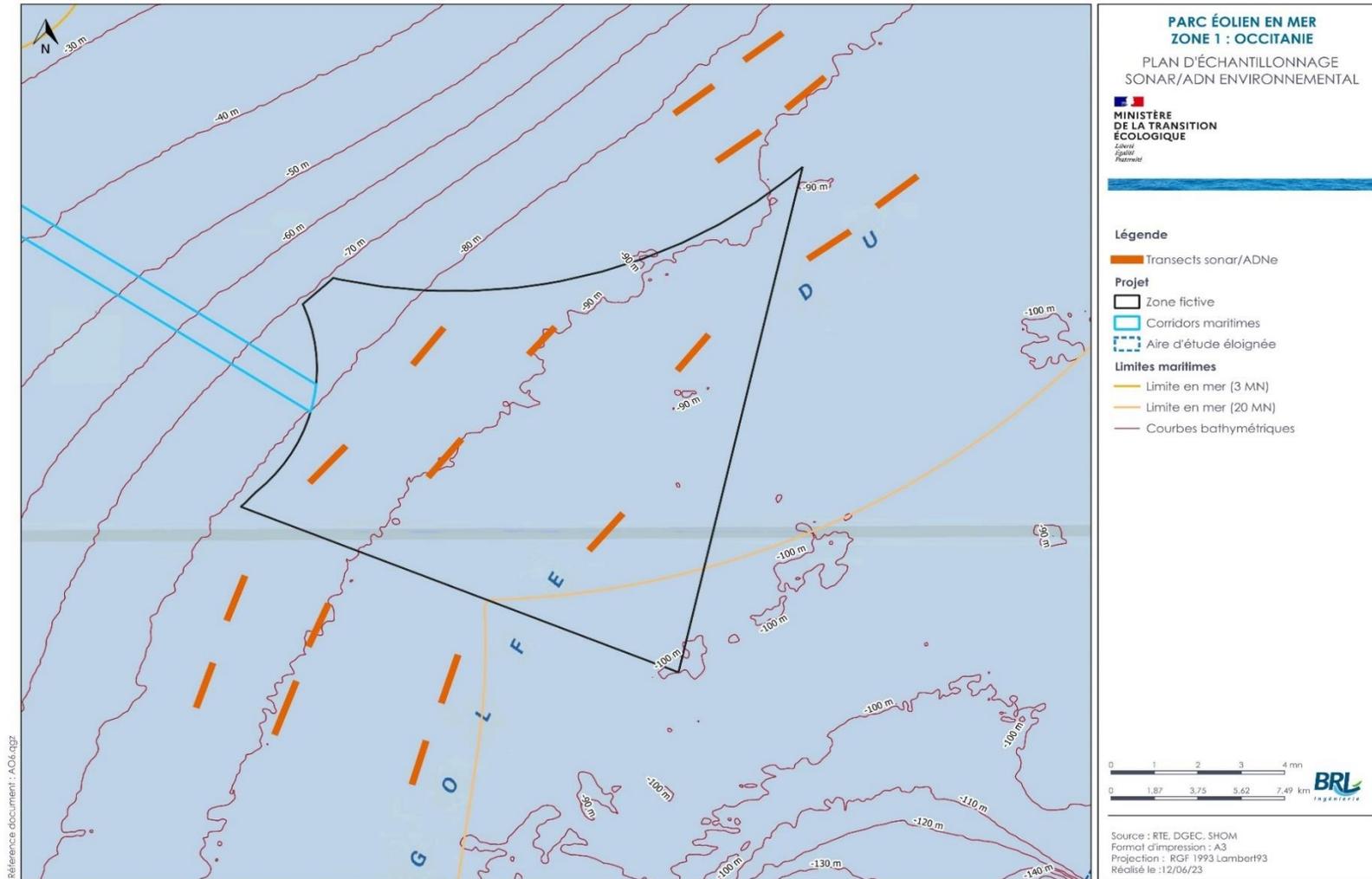
Figure 35 : Planning du protocole

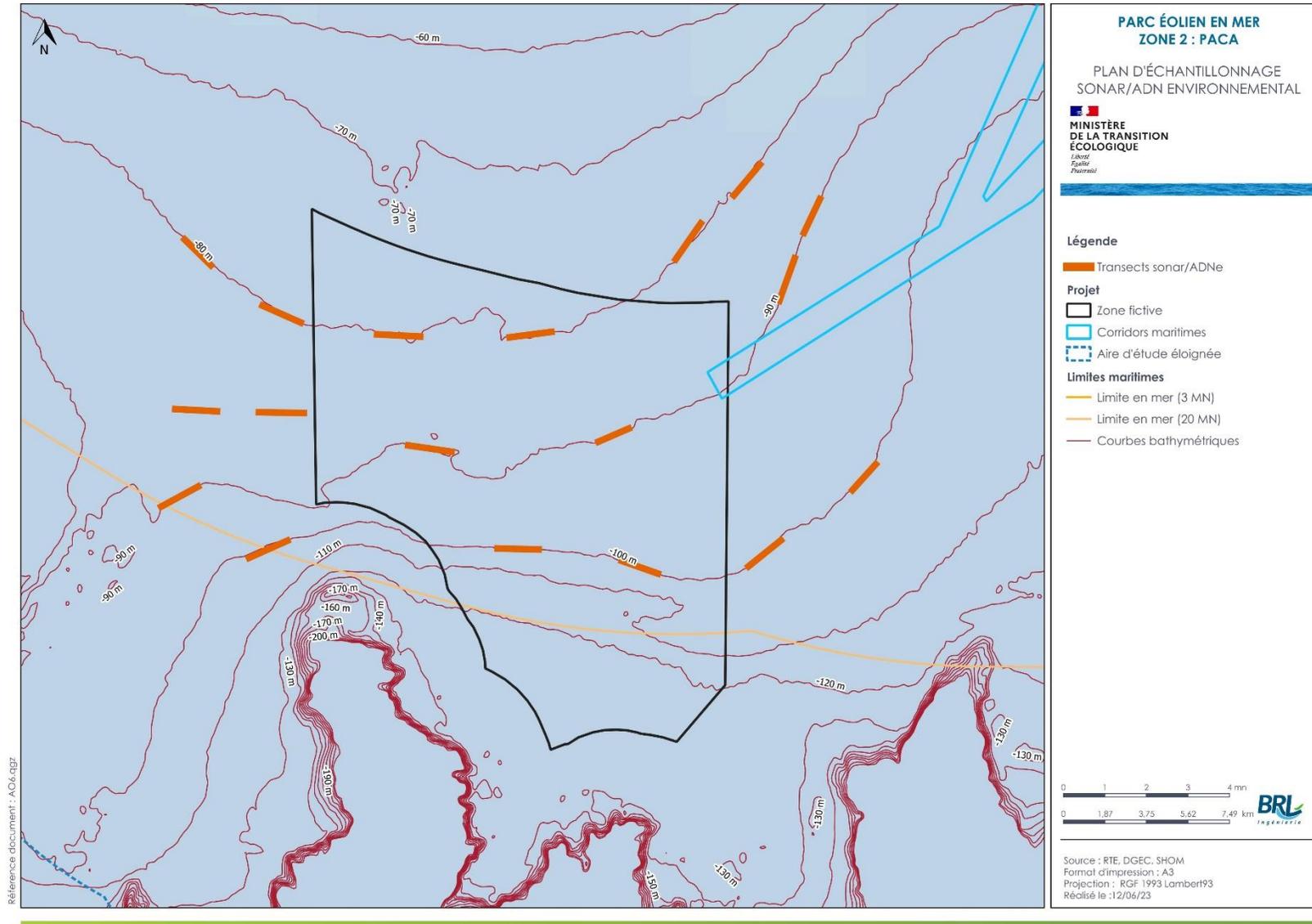
Année 1 (2024)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes	1			1			1			1		
Année 2 (2025)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes	1			1			1			1		



9.2.3 Carte de représentation schématique du protocole

Les cartes suivantes proposent une présentation schématique du plan d'échantillonnage, par région.







9.2.4 Moyens utilisés

9.2.4.1 Moyens matériels employés

Le matériel utilisé est le suivant :

- AUV Seaber Yuco équipé d'une pompe péristaltique immergeable Athéna, avec batteries de rechange ;
- Kits de conditionnements Spygen et accessoires ;
- PC d'acquisition trajectographique.

9.2.4.2 Personnel mobilisé

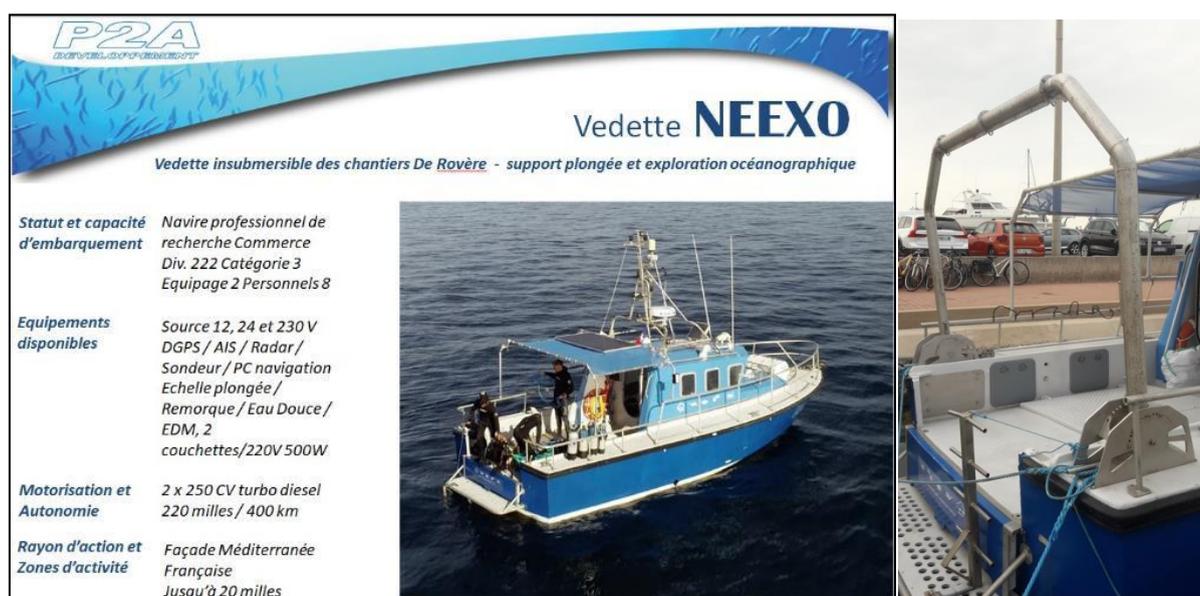
- P2A Développement :
 - Responsable : Jean-Yves Jovenel
 - Suppléant : Adrien Lowenstein
- MARBEC :
 - Responsable : David Mouillot
 - Personnel scientifique

9.2.4.3 Moyens nautiques

P2A Développement utilisera son navire le NEEEXO spécialement équipé pour ces missions :

Eau de mer de pont, eau douce de pont, chambre froide, portique pour mise à l'eau des instruments, DGPS de précision, sondeur bi-fréquence, voir fiche technique du NEEEXO (Figure 33).

Figure 36 : NEEEXO et son portique de mise à l'eau des instruments (filet à plancton, sonde, benne, etc.)



Le plan d'échantillonnage ne comportant pas de station au-delà des 20 milles nautiques, toutes les campagnes pourront être réalisées avec ce navire si nécessaire.



9.2.4.4 Mutualisation éventuelle

Cet échantillonnage est mutualisé avec les campagnes de sondeur biométrique.

Il est prévu de rester 0,75 heure sur la station, étant donné les distances d'acheminement inter-stations, il est possible de réaliser 6 stations au maximum par journée.

9.2.5 Risques

L'aléa météorologique représente également une forte contrainte. L'équipe mobilisée a une bonne capacité d'analyse des conditions météorologiques favorables (savoir-faire) et une forte capacité de mobilisation en fonction des fenêtres météorologiques.



10 SUIVI DE LA MEGAFaUNE (AVIFAUNE MARINE, AVIFAUNE MIGRATRICE, MAMMIFERES MARINS, GRANDS PELAGIQUES) ET DES CHIROPTERES

10.1 INTRODUCTION RELATIVE AUX PROTOCOLES MEGAFaUNE MARINE PROPOSES

10.1.1 Présentation succincte du prestataire et de ses compétences en matière de suivi de la mégafaune

Biotope dispose d'une connaissance fine des zones d'étude proposées. En effet, le bureau d'étude est intervenu sur l'ensemble des fermes pilotes et site essais du golfe du Lion. Il intervient également sur l'ensemble des sites éoliens offshore français.

Les nombreux travaux mis en œuvre (Etat de référence, Volet naturel des études d'impacts, Evaluation des incidences Natura 2000, Demande de dérogation espèces protégées) ont nécessité la réalisation d'études bibliographiques spécifiques aux oiseaux, mammifères, tortues marines et autres grands pélagiques présents notamment dans le golfe du Lion.

Dans le cadre du programme d'acquisition de connaissance MIGRALION porté par l'OFB, le travail réalisé a permis de faire une analyse bibliographique exhaustive des connaissances sur l'avifaune et autres espèces de mégafaune marine dans le golfe du Lion. Ce travail, mené en partenariat avec différentes structures (Tour du Valat, France Energie Marine ainsi que différentes structures partenaires (LPO, Migration, MNHN, Aude Nature), est en cours et sera disponible d'ici fin 2024 et permettra d'alimenter la synthèse bibliographique et les états de référence. Biotope a sollicité, par l'intermédiaire de la DGEC et de la DREAL, la mise à disposition des premiers livrables produits dans le cadre du programme MIGRALION (notamment synthèses bibliographiques) afin d'alimenter à court terme la synthèse bibliographique relative aux composantes avifaune, mégafaune marine et chiroptères.

Enfin, notre investissement dans le cadre des programmes d'acquisition de données en cours dans le golfe du Lion ou encore auprès du GISOM nous permet de suivre en première ligne l'actualité scientifique et l'état des connaissances sur les oiseaux, mammifères, tortues marines et autres grands pélagiques dans le golfe du Lion. Notre partenariat avec EcoOcean Institut ainsi qu'avec le GOR permet d'autre part d'être accompagnés par des scientifiques reconnus dans le domaine de l'écologie des oiseaux et mammifères marins en Méditerranée.

Biotope et ses partenaires possèdent ainsi une grande expérience et expertise dans la réalisation de campagnes d'acquisition de données sur la mégafaune marine par expertises visuelles en bateau et avion ainsi que par expertises aériennes digitales, radar, télémétrie et expertises visuelles à la côte. Ces différentes méthodes d'expertise sont envisageables et répondent à des objectifs d'acquisition de données spécifiques.



10. SUIVI DE LA MÉGAFAUNE (AVIFAUNE MARINE, AVIFAUNE MIGRATRICE, MAMMIFÈRES MARINS, GRANDS PÉLAGIQUES) ET DES CHIROPTÈRES



Expertises visuelles par bateau	Expertises visuelles par avion	Expertises digitales haute altitude	Campagnes MIGRALION
<p>Moyens nautiques: Zone 1 : CTM ou Fos Elev Marine Zone 2: MSM ou Fos Elev Marine</p>  <p>Chef de projet / logistique: Nicolas DELELIS / Valentine ANDRE (suppléante) Responsable HSE: Sabrina CAPON / Florian LECORPS</p> <p>Equipe d'observateurs -- Ornithologue /Mammalogiste: Nicolas DELELIS + 20 ans d'expérience Vincent LIEBAULT + 10 ans d'expérience Alexandre HAMON + 10 ans d'expérience Julie CABRI + 5 ans d'expérience Partenaires associatifs:</p> 	<p>Moyens aériens: Action Air Environnement</p>  <p>Chef de projet / logistique: Jean Philippe GAUTHIER Valentine ANDRE/ Nicolas DELELIS (suppléants) Responsable HSE: Sabrina CAPON / Florian LECORPS</p> <p>Equipe d'observateurs -- Ornithologue /Mammalogiste: Nicolas DELELIS + 20 ans d'expérience Vincent DELCOURT + 20 ans d'expérience Vincent LIEBAULT + 10 ans d'expérience Alexandre HAMON + 10 ans d'expérience Julie CABRI + 5 ans d'expérience</p>	<p>Moyens aériens : Partenavia P68</p>  <p>Chef de projet / logistique: Jean Philippe GAUTHIER Valentine ANDRE/ Nicolas DELELIS (suppléants) Responsable HSE: Sabrina CAPON / Florian LECORPS</p> <p>Partenaires techniques et traitement des informations:</p>  <p>Marjolaine CAILLAT + 20 ans d'expérience Willy RATIERE + 20 ans d'expérience Alexandre HAMON + 10 ans d'expérience Julie CABRI + 5 ans d'expérience</p>	<p>MIGRALION</p> <p>Moyens nautiques: Thonier sennear en lien avec le CRPMEM Occitanie</p> <p>Chef de projet / logistique: Nicolas DELELIS / Vincent DELCOURT (radars embarqués) Responsable HSE: Sabrina CAPON / Florian LECORPS</p> <p>Equipe d'observateurs -- Ornithologue /Mammalogiste : Nicolas DELELIS + 20 ans d'expérience Vincent DELCOURT + 20 ans d'expérience Vincent LIEBAULT + 10 ans d'expérience Alexandre HAMON + 10 ans d'expérience Julie CABRI + 5 ans d'expérience + Partenaires associatifs Analyses données RADAR Vincent DELCOURT Camille ASSALI</p>

Expertises acoustique passive mammifères marins	Chiroptères en mer
<p>Moyens nautiques: Zone 1 et zone 2: Fos Elev Marine ou IXBlue</p>  <p>Chef de projet / logistique: Marjolaine CAILLAT Valentine ANDRE (suppléante) Responsable HSE: Sabrina CAPON / Florian LECORPS</p> <p>Partenaires techniques et traitement des informations: Marjolaine CAILLAT + 20 ans d'expérience Julien RINGELSTEIN + 20 ans d'expérience Valentine ANDRE + 10 ans d'expérience + Partenaires :</p> 	<p>Moyens: Bouée multi-instrumentée ou campagnes MIGRALION</p> <p>Chef de projet / logistique: Julien RINGELSTEIN / Florian LECORPS Valentine ANDRE/ Nicolas DELELIS (suppléants) Responsable HSE: Sabrina CAPON / Florian LECORPS</p> <p>Partenaires techniques et traitement des informations: Thierry DISCA + 25 ans d'expérience Julien MEROT + 20 ans d'expérience + Partenaires :</p> 



10.1.2 Protocoles retenus dans le cadre des état initiaux de l'AO6

Dans le cadre de l'AO6, Biotope propose de cibler les expertises selon l'intérêt que présentent les différents modes d'acquisition de données pour alimenter les états de référence. Les questions de faisabilité technique et possibilité de mutualisation de la récolte d'information sont également prises en considération dans notre approche.

Ainsi, nous développons ci-dessous les intérêts de la mise en œuvre des protocoles de suivis suivants, qui nous semblent prioritaires et pertinents dans le cadre de la réalisation de l'état initial des projets de parcs éoliens en mer AO6 :

- Expertise visuelle par bateau ;
- Expertise visuelle par avion ;
- Expertise digitale par avion ;
- Acoustique mammifères marins ;
- Bouée instrumentée ;
- Campagne par bateau MIGRALION ;

Les autres protocoles (observations depuis la côte, télémétrie, radar à la côte, chiroptères depuis ligne régulière) ont à ce stade été écartés de notre proposition du fait du faible intérêt qu'ils représentent en termes d'acquisition de données pertinentes dans le contexte offshore (distances importantes aux zones de développement rendant leurs résultats non valorisables) et /ou pour des questions de mise en œuvre (coûts de mise en œuvre, disponibilité des moyens logistiques, accessibilité aux sites, etc...).

Nous pourrions toutefois échanger plus largement sur ces protocoles et leur intérêt dans le cadre des échanges à venir avec le conseil scientifique.

Figure 37 : Compartiments traités par le biais des différentes techniques et protocoles de suivi proposés dans le cadre de l'AO6

Protocole	Oiseaux marins	Oiseau x terrestres migrants	Chiroptères en mer	Mammifères marins	Tortues marines	Elasmobranches et grands poissons pélagiques
Suivi visuel par bateau	X	X		X	(X)	X
Suivi visuel par avion	X	(X)		X	X	X
Suivi digital par avion	X	(X)		X	X	X
Acoustique mammifères marins				X		
Bouée instrumentée	X	X	X	X		
Campagne par bateau MIGRALION	X	X	X	X	(X)	X
Observations depuis la cote	(X)	(X)		(X)		
Télémétrie oiseaux	(X)	X				
Radar à la côte	(X)	X				
Acoustique chiroptères et oiseaux depuis ligne régulière		(X)	(X)			
X : Suivi approprié	Suivi préconisé (adéquation avec les besoins)					
(X) : Suivi partiellement approprié	Suivi non privilégié					



Le tableau ci-dessous fournit, sur la base de notre propre expérience et des retours de nos partenaires, une synthèse des principales caractéristiques des deux méthodes classiques d'expertises visuelles (par bateau et avion) ainsi que des deux techniques digitales proposées.

Type d'observation visuelle en mer	Expertises nautiques visuelles	Expertises aériennes visuelles	Expertises aériennes digitales haute altitude (vidéo HiDef GEN 2.5)	Expertises aériennes digitales basse altitude (photo STORMM)
Protocole	Observations selon des parcours linéaires en bateau	Observations selon des parcours linéaires en avion	Enregistrement de données digitales sans observateurs. Analyses ultérieures (bureau)	Enregistrement de données digitales sans observateurs. Analyses ultérieures (bureau)
Zones de prospection	Zone parc éolien et dans certains cas ses abords immédiats	Zone de prospection large	Zone de prospection large	Zone de prospection large
Vitesse de déplacement lors des expertises	Environ 20 km/h (12 nœuds)	Environ 170 km/h (90 nœuds)	220 km/h (avec ou sans comparaison visuel)	Environ 170/180 km/h
Distances maximales couvertes en transects par jour	120 km	600 à 700 km	750 à 800 km	500 à 600 km
Conditions de mise en œuvre	Bonnes conditions météorologiques (pas de pluie, vent inférieur à 4 bft) et bonnes conditions de mer (pas de train de houle marqué, ni vagues > 1m, ni fréquence de vagues trop courtes < 10 s)	Vent inférieur ou égal à 3 Bft. Pas de pluie, pas de brouillard. Plafond nuageux > 600 pieds. Vagues inférieures à 1 voire 1,25m	Vent inférieur ou égal à 4 Bft. Pas de pluie, pas de brouillard. Plafond nuageux > 1500 pieds. Vagues inférieures à 1,25 voire 1,5m	Vent inférieur ou égal à 4 Bft. Pas de pluie, pas de brouillard. Plafond nuageux > 600 pieds. Vagues inférieures à 1 voire 1,25m
Perturbations des oiseaux engendrés par l'expertise	Forte perturbation de certaines espèces d'oiseaux par le bateau : fuite et plongée des oiseaux posés. Possible attraction de certaines espèces d'oiseaux (laridés).	Perturbation limitée d'oiseaux très sensibles (plongeurs, anatidés) lors du passage de l'avion à basse altitude.	Aucune perturbation des oiseaux posés ou en vol	Perturbation limitée d'oiseaux très sensibles (plongeurs, anatidés) lors du passage de l'avion à basse altitude.
Fauchée (bande de détection efficace)	600 m (300m de part et d'autre du bateau)	400 m (200 à 250m de part et d'autre) pour les oiseaux Davantage pour les mammifères marins (500 m max.) (selon conditions météo et état de mer)	544 m (2 bandes de 143m et 2 bandes de 129m de large) avec exploitation des données sur 504 à 544 m de largeur	400 m (4 bandes d'environ 100 m de large)
Détection des oiseaux	Taux de détection décroissant entre la proximité du bateau et 300 m, nécessitant des corrections statistiques (Distance sampling). Bonne par bonnes conditions de mer (pas ou peu de houle et vagues) et pour les oiseaux à fort contraste (oiseaux blancs). Médiocre en cas de mer formée ou forte houle ainsi que	Bonne par bonnes conditions de mer (pas ou peu de houle et vagues) et pour les oiseaux à fort contraste (oiseaux blancs). Médiocre en cas de mer formée ou forte houle ainsi que pour les petits oiseaux (océanites).	Détection homogène des individus dans une bande d'expertise de 500m. Très bonne détection des animaux (modulation du contraste des images, vision en surplomb, plusieurs images séquencées des objets disponibles grâce à la vidéo) Process d'analyse d'images garantissant un haut niveau de détection des objets et de contrôle	Détection homogène des individus dans une bande d'expertise de 400m. Très bonne détection des animaux Process d'analyse d'images intégrant un contrôle partiel des données (double vérification de l'ordre 3% des analyses)



Type d'observation visuelle en mer	Expertises nautiques visuelles	Expertises aériennes visuelles	Expertises aériennes digitales haute altitude (vidéo HiDef GEN 2.5)	Expertises aériennes digitales basse altitude (photo STORMM)
	pour les petits oiseaux à distance.		qualité (double vérification de 20% des analyses)	
Détection à l'espèce des oiseaux	Bonne à médiocre, selon les conditions d'expertise (conditions de mer) et les compétences de l'observateur. Certaines observations d'oiseaux posés, plongeurs, peuvent être très brèves. En pratique, les retours d'expérience donnent des taux de détermination de 50 à 90% selon les groupes d'espèces. Aucune possibilité de préciser / confirmer une détermination <i>a posteriori</i> .	Bonne à médiocre, selon les conditions d'expertise (conditions de mer) et les compétences de l'observateur. Les observations sont toujours très brèves. En pratique, les retours d'expérience donnent des taux de détermination de <10% à 70% selon les groupes d'espèces. Aucune possibilité de préciser / confirmer une détermination <i>a posteriori</i> .	Très bonne détermination à l'espèce, analyse <i>a posteriori</i> des images. Biotope et BioConsult s'engagent à un taux minimum de 80% pour la majorité des groupes d'espèces (identification certaines, probables et possibles). Pas de biais observateur (pas d'effet de la fatigue d'expertise ni de compétences). Possibilité de vérifier autant de fois que nécessaire les enregistrements et les analyser par plusieurs experts. Process d'analyse d'images garantissant un haut niveau de détermination à l'espèce (double vérification de 20% des détections)	Bonne détermination à l'espèce, analyse <i>a posteriori</i> des images. Taux de détermination à l'espèce non connu à date. Pas de biais observateur (pas d'effet de la fatigue d'expertise ni de compétences). Possibilité de vérifier autant de fois que nécessaire les enregistrements et les analyser par plusieurs experts.
Dénombrement et détermination des groupes d'oiseaux	Dénombrement généralement précis pour les oiseaux posés, sauf en cas de train de houle / vagues et/ou très grands groupes. Taux de détermination à l'espèce des groupes généralement faibles (moins de 60%) par absence de bonnes conditions d'observation à l'individu et de temps d'observation suffisant	Très bonne détection des groupes en surplomb. Dénombrement assez précis par observateurs expérimentés. Taux de détermination à l'espèce des groupes généralement faibles (moins de 60/70%) par absence de bonnes conditions d'observation à l'individu et de temps d'observation suffisant.	Très bonnes capacités de dénombrement (comptage à l'individu, en surplomb).	Très bonnes capacités de dénombrement (comptage à l'individu, en surplomb).
Détection des mammifères marins et grands pélagiques	Très variable, selon conditions de mer et comportements des animaux. Marsouin mal détecté, grands groupes de dauphins actifs en surface généralement bien détectés. Dénombrement impossible : nécessité d'appliquer des corrections des données.	Détection généralement bonne pour les animaux en surface.	Très bonnes capacités de détection et de dénombrement, y compris pour des animaux immergés (si eau claire).	Très bonnes capacités de détection et de dénombrement, y compris pour des animaux immergés (si eau claire).
Principaux avantages de la méthode	Temps d'observations longs (identification plus	Couverture surfacique relativement importante.	Couverture géographique importante et rapidité de la couverture surfacique (vision « instantanée »).	Couverture géographique importante et rapidité de la couverture surfacique (vision « instantanée »).



Type d'observation visuelle en mer	Expertises nautiques visuelles	Expertises aériennes visuelles	Expertises aériennes digitales haute altitude (vidéo HiDef GEN 2.5)	Expertises aériennes digitales basse altitude (photo STORMM)
	<p>aisée et étude des comportements) Estimation des hauteurs de vol (mais souvent complexe en mer) Bonne détection de petites espèces (type océanites) mais uniquement par beau temps (bonnes conditions météorologiques et mer calme)</p>	<p>Détection en surplomb facilitant le repérage des mammifères marins et des groupes d'oiseaux Impact limité sur le comportement des oiseaux (vol à plus de 150 m). Coûts modérés (rapportés au km d'expertise).</p>	<p>Détection théoriquement possible de tous les animaux en vol, en surface ou immergés à faible profondeur. Pas de biais observateurs Excellents dénombrements des groupes d'oiseaux posés et mammifères marins. Contrôle des données a posteriori, permanence des enregistrements, possibilité de réexploiter les données Impact nul sur le comportement des oiseaux (vol à plus de 500 m). Très haut niveau de détermination spécifique (80 à 85% voire plus) (moyenne de 6 à 8 images disponibles par objet). Calculs de densités fiables et précis (oiseaux et mammifères marins).</p>	<p>Détection théoriquement possible de tous les animaux en vol, en surface ou immergés à faible profondeur. Pas de biais observateurs Excellents dénombrements des groupes d'oiseaux posés et mammifères marins. Contrôle des données a posteriori, permanence des enregistrements, possibilité de réexploiter les données Haut niveau de détermination spécifique (1 à 2 images disponibles par objet). Calculs de densités fiables et précis (oiseaux et mammifères marins).</p>
Limites de la méthode	<p>Difficultés pour trouver des créneaux de bonnes conditions en hiver. Coûts assez élevés (rapportés au km d'expertise). Qualité des observations très dépendante des conditions météorologiques, des conditions de mer Faible couverture géographique en une journée. Influence du bateau sur le comportement de certaines espèces. Planification complexe des expertises en période automnale, hivernale et printemps. Difficultés pour trouver des créneaux de bonnes conditions en hiver. Forte dépendance aux compétences des observateurs et à leur vigilance (pas de vérification / contrôle des observations) (biais observateur).</p>	<p>Difficultés pour trouver des créneaux de bonnes conditions en hiver. Perturbation possible des oiseaux les plus sensibles (vol basse altitude) Qualité des observations très dépendante des conditions d'observation et de l'expérience des observateurs (biais observateur) Forte dépendance aux compétences des observateurs et à leur vigilance (pas de vérification / contrôle des observations). Taux de détermination à l'espèce pouvant être assez faibles pour des groupes difficiles (alcidés, plongeurs, laridés, sternes). Détection limitée des plus petites espèces (océanites).</p>	<p>Difficultés pour trouver des créneaux de bonnes conditions en hiver. Coûts assez élevés (rapportés au km d'expertise). Temps d'analyse a posteriori relativement importants. Pré-traitement automatique des données avec logiciel d'aide à l'analyse des images et identification. Détection limitée des plus petites espèces (océanites), biais similaire aux expertises aériennes visuelles Dépendant de l'expérience et des compétences des analystes d'images</p>	<p>Difficultés pour trouver des créneaux de bonnes conditions en hiver (encore renforcées dans le cadre de suivis digitaux et visuels mutualisés). Perturbation possible des oiseaux les plus sensibles (vol basse altitude) Coûts assez élevés (rapportés au km d'expertise). Temps d'analyse a posteriori relativement importants Détection limitée des plus petites espèces (océanites), biais similaire aux expertises aériennes visuelles Dépendant de l'expérience et des compétences des analystes d'images</p>



Dans le cas particulier des zones de projet éolien de l'AO6 (zone 1 Occitanie et zone 2 PACA), deux caractéristiques importantes devront être prises en compte dans le choix des protocoles :

- La taille relativement importante des zones propices (environ 295 km² pour la zone 1 à 312 km² pour la zone 2), qui implique des aires d'étude assez vastes, tant pour des expertises par bateau que par avion ;
- L'importante distance à la côte, qui engendre des complexités pour les expertises par bateau (temps de transit de plusieurs heures lors de chaque journée d'expertise en raison des distances aux ports les plus proches : d'environ 88 km aller/retour pour la zone 1 et 101 km aller/retour pour la zone 2).

En ce sens, les expertises aériennes semblent à privilégier, avec des expertises par bateau plus ponctuelles.

10.1.2.1 Effort d'échantillonnage des suivis visuels par bateau dans le cadre des états initiaux AO6 :

Nous préconisons 8 sorties par an avec pression d'échantillonnage homogène tout au long de l'année.

Cet effort d'échantillonnage correspond à une sortie toutes les 6 semaines et se justifie par une planification complexe des expertises en période automnale, hivernale et printanière. Un pas de temps de 6 semaines entre chaque sortie permet ainsi d'assurer la bonne réalisation des sorties au cours de l'année.

10.1.2.2 Choix des technologies de suivis digitaux dans le cadre des états initiaux AO6 :

Pour des questions techniques et opérationnelles, nous proposons de privilégier les suivis digitaux haute altitude. Les arguments en faveur de cette solution sont les suivants :

- La hauteur de vol (500 m) est compatible avec la réalisation des suivis après mise en service des parcs éoliens, anticipant de ce fait les suivis des impacts en phases de construction et d'exploitation, sans intégrer de modifications substantielles des méthodes.
- La largeur de fauchée est plus importante pour les suivis digitaux haute altitude avec 544 mètres contre 400 mètres pour les suivis basse altitude. Ces largeurs de fauchée permettent de réduire les coûts de mise en œuvre et/ou d'élargir la zone tampon et donc la zone d'étude pour un même taux de couverture (10% minimum attendu) ;
- La distance de 20 km de rayon est usuellement proposée par Biotope dans le cadre des études relatives aux parcs éoliens en mer. Elle est supérieure aux distances d'effets observés même pour les espèces d'oiseaux les plus sensibles (jusqu'à 12 / 15 km d'effet déplacement observé pour des espèces comme les plongeurs sur certains parcs du nord-ouest de l'Europe). Par ailleurs, selon les modalités de construction, des effets déplacement peuvent être importants pour les mammifères marins également.
- La mise en œuvre d'image vidéo dans le cadre des suivis digitaux haute altitude (contre des images photo pour la basse altitude) permet de disposer de multiples clichés d'un même objet (oiseaux etc...) permettant d'éliminer les incertitudes d'identification (variation de mouvements d'ailes pour les oiseaux, différentes phases de nage pour la mégafaune etc...). Nous disposerons ainsi de 3 à 8 images par objet (généralement 6 / 7) pour les suivis haute altitude contre 1 à 2 pour les suivis basse altitude ;
- Risque de chevauchement entre les images d'une caméra à l'autre avec le système STORMM



- Enfin, les retours d'expérience en matière de suivi haute altitude sont plus importants dans le cadre de suivis de parcs éoliens en mer. Le système HiDef haute altitude est ainsi plus éprouvé dans le cadre des suivis marins à l'échelle européenne.

Toutes ces raisons nous font privilégier la mise en œuvre de suivi haute altitude dans le cadre des états initiaux de l'AO6.

Au regard des évolutions opérationnelles, il pourrait ainsi être proposé de :

- Réaliser une première année de suivis aériens par technique visuelle, avec par exemple 12 sessions aériennes visuelles ainsi que 4 sessions aériennes digitales haute altitude ;
- Réaliser une seconde année de suivis aériens par technique digitale haute altitude avec 12 sessions aériennes digitales haute altitude.

A noter : le programme OWFSOMM, en cours sous coordination France Energies Marines et OFB, vise à identifier les méthodes d'exploitation des données d'expertises aériennes visuelles et digitales. Dans le cadre de l'AO, nous ne pensons pas nécessaire, ni judicieux de prévoir des sessions d'expertises mutualisées aérien visuel / aérien digital basse altitude / aérien digital haute altitude.

Remarque 2 : la mise en œuvre régulière de suivis aériens visuels + digital basse altitude n'est pas envisageable dans le contexte méditerranéen au regard de nos connaissances sur la situation actuelle de disponibilité des opérateurs aériens et moyens digitaux. La disponibilité des opérateurs aériens pour des suivis aériens visuels est bonne, mais nécessiterait une coordination trop lourde pour coupler le visuel avec le système STORMM-OBS (digital basse altitude + observateurs).

10.1.2.3 Suivi des mammifères marins par expertises acoustiques passives

Il y aura 3 stations par zone. Chaque station est une ligne de mouillage en I avec un FPOD et un enregistreur de données brutes. Les données seront analysées pour détecter les cétacés et étudier le bruit ambiant. Une station est positionnée dans l'aire d'installation des éoliennes, la seconde dans l'aire marine du raccordement et la troisième dans une zone de référence pour permettre une étude BACI. Pour des questions logistiques et opérationnelles, les campagnes d'expertises acoustiques pour les mammifères marins pourront débuter 4 mois après validation DGEC-RTE suite à l'avis du conseil scientifique (acquisition et préparation du matériel, mobilisation des bateau, etc...).

Les changements des hydrophones seront menés avec une périodicité de 2 mois afin de sécuriser les données et d'optimiser le budget relatif aux moyens nautiques.

10.1.2.4 Campagnes d'acquisition de données complémentaires dans le cadre de MIGRALION

Le programme MIGRALION, en cours au niveau du golfe du Lion, intègre différents modes d'acquisition de données en mer : radar vertical et horizontal, observations visuelles, acoustiques oiseaux et chiroptères. Dans le cadre du lot 4 du programme MIGRALION, 4 sessions d'expertises annuelles sont réalisées et prévues lors des années 2022, 2023 et 2024 en mer (expertises visuelles, acoustique oiseaux, acoustique chiroptères et radars depuis un navire de grande dimensions). Ces expertises sont menées au printemps (mars et avril) ainsi qu'à l'automne (septembre et octobre) lors des périodes de migration prénuptiale et postnuptiale.

La zone de suivi par bateau du lot 4 MIGRALION couvre l'ensemble des zones de développement identifiées par l'AO6 et permet d'acquérir des informations à large échelle. Il renforce ainsi l'analyse de l'état initial et les connaissances générales sur l'utilisation du golfe du Lion par les oiseaux marins et migrants mais également par les chiroptères et la mégafaune marine.



L'opportunité de mise en œuvre d'une 5ème session d'expertise en mer a été discutée avec l'OFB depuis fin 2022, sur le mois d'août.

Il nous semble en ce sens pertinent d'envisager le financement d'une session d'expertises en mer par bateau, selon le protocole mis en œuvre dans le cadre de MIGRALION, lors des mois d'août 2023 et d'août 2024. Cette 5ème session d'expertise annuelle en mer permettra de renforcer les collectes de données par radar ainsi que les connaissances sur la distribution à large échelle des oiseaux dans le golfe du Lion.

L'opportunité de poursuivre des acquisitions de données en mer par bateau en 2025 pourra être discutée ultérieurement, en fonction des résultats des suivis menés dans le cadre de MIGRALION.

10.1.2.5 Mise en place d'une bouée multi-instrumentée d'acquisition de données sur les oiseaux, mammifères marins et chiroptères

A ce stade, il nous semblerait pertinent d'étudier l'opportunité de mise en place d'une ou deux bouées multi-instrumentées (acoustique aérienne, acoustique sous-marine, sonar, radar, caméras aériennes) en complément et dans la continuité du programme MIGRALION, soit en 2025. Contrairement à MIGRALION, les bouées multi-instrumentées sont fixes d'un point de vue géographique et permettront d'acquérir des données sur des temps longs.

Le développement technologique de cette solution est en cours de finalisation (tests). La mise en œuvre d'une ou deux de ces bouées nous semblerait envisageable dès 2024 et, de façon plus sécurisée, en 2025.

10.1.3 Synthèse des propositions de protocoles et efforts d'expertise

Le tableau ci-dessous fournit une synthèse macro des principales méthodes d'expertises proposées pour la mégafaune marine, par zone de projet et par année.

PROTOCOLE	GROUPES CIBLES	ZONE 1	ZONE 2	ZONE 1	ZONE 2
		ANNEE 1 (2023/2024)	ANNEE 1 (2023/2024)	ANNEE 2 (2024/2025)	ANNEE 2 (2024/2025)
Expertises visuelles par bateau	Oiseaux, Mammifères marins, (Tortue marine)	8 sessions	8 sessions	8 sessions	8 sessions
Expertises visuelles par avion	Oiseaux, Mammifères marins, (Tortue marine)	4 sessions (1 / trimestre)	4 sessions (1 / trimestre)		
Expertises digitales haute altitude	Oiseaux, Mammifères marins, Tortue marine	12 sessions (1 / mois)	12 sessions (1 / mois)	12 sessions (1 / mois)	12 sessions (1 / mois)
Expertises acoustiques sous-marine	Mammifères marins	Sessions en continu (bruit ambiant + MM)	Sessions en continu (bruit ambiant + MM)	Sessions en continu (MM)	Sessions en continu (MM)



10. SUIVI DE LA MÉGAFAUNE (AVIFAUNE MARINE, AVIFAUNE MIGRATRICE, MAMMIFÈRES MARINS, GRANDS PÉLAGIQUES) ET DES CHIROPTÈRES

PROTOCOLE	GROUPES CIBLES	ZONE 1	ZONE 2	ZONE 1	ZONE 2
		ANNEE 1 (2023/2024)	ANNEE 1 (2023/2024)	ANNEE 2 (2024/2025)	ANNEE 2 (2024/2025)
Expertises radar en mer sur navire (type MIGRALION)	Oiseaux, Mammifères marins, Chiroptères	1 session (août 2023) (Sous réserve de disponibilité du bateau)	1 session (août 2024)	1 session (août 2025) (Si impossibilité de mener la campagne en 2023)	
Bouée multi-instrumentée en mer	Oiseaux, Mammifères marins, chiroptères, poissons	/	/	Année 2025 (1 bouée)	Année 2025 (1 bouée)
Télémetrie oiseaux, radar à la côte, chiroptères à la côte	Oiseaux, chiroptères,	Non proposé (données programme MigraLion)	Non proposé (données programme MigraLion)	Non proposé (données programme MigraLion)	Non proposé (données programme MigraLion)

Les protocoles retenus seront calés à l'issue de la phase préparatoire (bibliographie, fiches protocoles). Ils feront l'objet d'une analyse et d'un avis du conseil scientifique.

Les méthodes d'expertise retenues pour la réalisation de l'état initial et leur mise en œuvre sont explicitées dans les fiches protocoles présentées conjointement.



10.2 EXPERTISES DIGITALES HAUTE ALTITUDE - SYSTEME VIDEO HIDEF GEN 2.5

10.2.1 Fiche protocole synthétique

Le tableau ci-dessous permet de présenter de manière synthétique l'ensemble des caractéristiques du protocole détaillé dans les pages ci-dessus.

-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --	
 MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE	<h1>Expertises digitales haute altitude - système vidéo HiDef GEN 2.5</h1>
Composante avifaune et mégafaune marine	
OBJECTIFS ET PARAMETRES	
<p>Caractériser la diversité spécifique, la distribution, les variations spatio-temporelles, les activités (vol, alimentation, repos), effectifs des oiseaux marins et migrateurs au niveau et à proximité des projets (zone d'influence). Les données collectées viendront renforcer des connaissances générales disponibles ou acquises via d'autres programmes.</p> <p>Caractériser les secteurs à forte fonctionnalité. Estimer les effectifs. Caractériser les enjeux relatifs aux oiseaux et mammifères marins.</p>	
DESCRIPTION DU PROTOCOLE	
Stratégie d'échantillonnage :	<ul style="list-style-type: none"> - Inter distance de 5 km adaptée aux suivis aériens digitaux haute altitude HiDef et très régulièrement mises en œuvre de France en en Europe pour des suivis aériens visuels et digitaux - Espacement inter transects de 5 km permettant de couvrir l'aire d'étude en une journée - Vols à environ 500 m d'altitude et opéré à une vitesse de vol importante (220 km/h, pouvant être réduite). - 544 m de fauchée le long du transect



-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --	
Effort d'échantillonnage :	1 journée par site d'étude avec 12 sessions d'expertises aériennes par an, soit une par mois, de façon à réaliser au moins 2 campagnes par grande saison biologique.
Paramètres mesurés :	<ul style="list-style-type: none"> - Présence / absence (rapportées à l'effort d'inventaire), permettant analyse phénologie et abondance - Identification espèces - Comportements
Principaux avantages de la méthode :	<ul style="list-style-type: none"> - Couverture géographique importante et rapidité de la couverture surfacique (vision « instantanée »). - Détection théoriquement possible de tous les animaux en vol, en surface ou immergés à faible profondeur. - Pas de biais observateurs. - Excellents dénombrements des groupes d'oiseaux posés et mammifères marins. - Contrôle des données a posteriori, permanence des enregistrements, possibilité de réexploiter les données. - Impact nul sur le comportement des oiseaux (vol à plus de 500 m). - Très haut niveau de détermination spécifique (80 à 85% voire plus). - Calculs de densités fiables et précis (oiseaux et mammifères marins).
Limites de la méthode :	<ul style="list-style-type: none"> - Difficultés pour trouver des créneaux de bonnes conditions en hiver. - Coûts assez élevés (rapportés au km d'expertise). - Temps d'analyse a posteriori relativement importants. - Pré-traitement automatique des données avec logiciel d'aide à l'analyse des images et identification. - Détection limitée des plus petites espèces (océanites), biais similaire aux expertises aériennes visuelles. - Dépendant de l'expérience et des compétences des analystes d'images.
TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNEES	
<p>1) « Review » : repérage des objets sur les enregistrements vidéo, en utilisant un logiciel basé sur l'intelligence artificielle et une équipe dédiée (spécialistes IA et reviewers) ;</p> <p>2) Identification des objets : détermination de l'espèce, informations sur les comportements (en vol, posés), prise de mesures, localisation.</p>	



-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --

Puis traitement et analyses des données, méthode commune aux expertises nautiques et aériennes :

- Description de la phénologie de l'abondance des différentes espèces ou groupes d'espèces,
- Description de la répartition spatiale des différentes espèces ou groupes d'espèces.
- Analyse selon différentes méthodes statistiques (Distance sampling, Strip transects,)
- Analyse descriptive des comportements

CALENDRIER DE CAMPAGNE

Sur chaque zone : 1 campagne de 1 jour tous les mois pendant 2 années, à partir de décembre 2023 (selon obtention des autorisations RSM, disponibilité des moyens aériens et conditions météorologiques).

Année 1	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes												X
Année 2	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Année 3	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

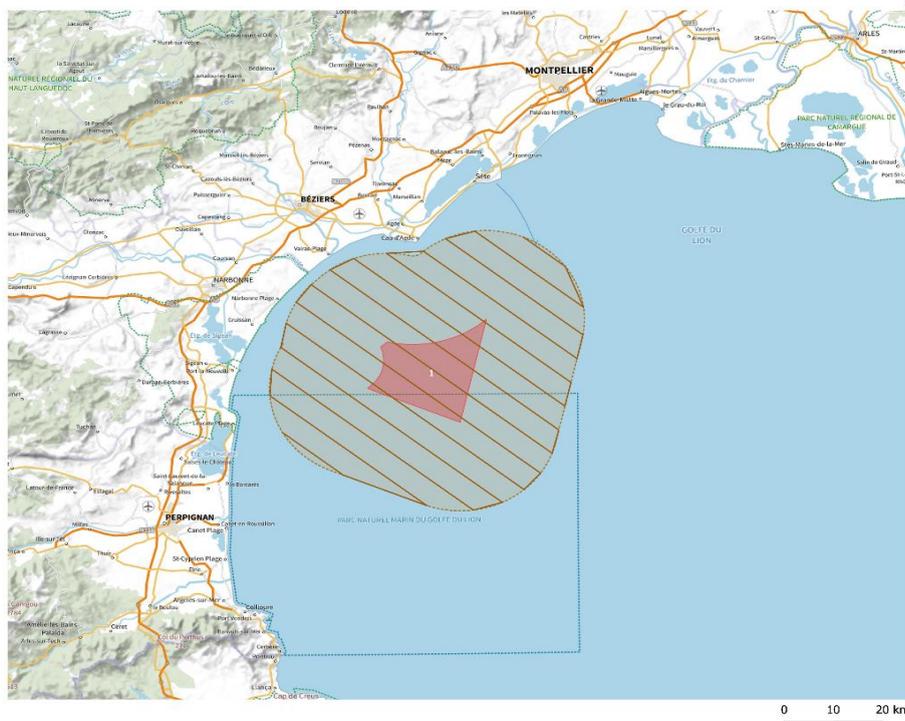
MOYENS

Matériel embarqué	<ul style="list-style-type: none"> - 4 caméras vidéo (31,4 MP) particulièrement sensibles à la lumière et fidèles dans la reproduction des couleurs, offrant une résolution d'au minimum 2 cm sur l'ensemble de la fauchée - Coffret avec serveur, disque SSD et GPS + alimentation électrique et système de contrôle - Ordinateur de bord, utilisé par l'opérateur caméra pour piloter le système caméras - GPS In Reach
Moyens humains	<ul style="list-style-type: none"> - Membres d'équipage de plus de 10 ans d'expérience en aviation et tous les pilotes disposent des capacités professionnelles standard EU-OPS Air Operators Certificate ('AOC'). - Experts naturalistes (analyse bureau) : 7 experts formés Biotope + appui BioConsult SH / HiDef (> 20 experts)
Moyens aériens	<ul style="list-style-type: none"> - Avions Partenavia P68 ou BN2 British Norman Islander selon les techniques mises en œuvre
Mutualisation éventuelle	Mutualisation avifaune avec les mammifères marins, tortues marines et autres grands pélagiques.
Responsables et équipes mobilisées	Organisme : Biotope Responsable : Florian Lecorps Chef de projet : Jean-Philippe Gauthier
	Organisme : BioConsult SH Responsable : Dr Georg Nehls Chef de projet : Monika Dorsh
	Organisme : HiDef aerial surveying Responsable : Martin Scott Chef de projet : Catherine Irwin
Risques et mesures associées	<ul style="list-style-type: none"> - Risques expertises en mer (maîtrisés, nombreux PDP et PPSPS) : les prestataires moyens aériens sont expérimentés et respectent les exigences HSE - Aléas météo-océaniques : fortes capacités de mobilisation des équipes en fonction des fenêtres météorologiques et bonnes capacités d'analyse des conditions météorologiques favorables (savoir-faire) - Aléas techniques - Indisponibilité des moyens aériens (pannes etc...)



-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --

CARTE DE REPRESENTATION SCHEMATIQUE DU PROTOCOLE



MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE
Énergie
Transition
Territoriale

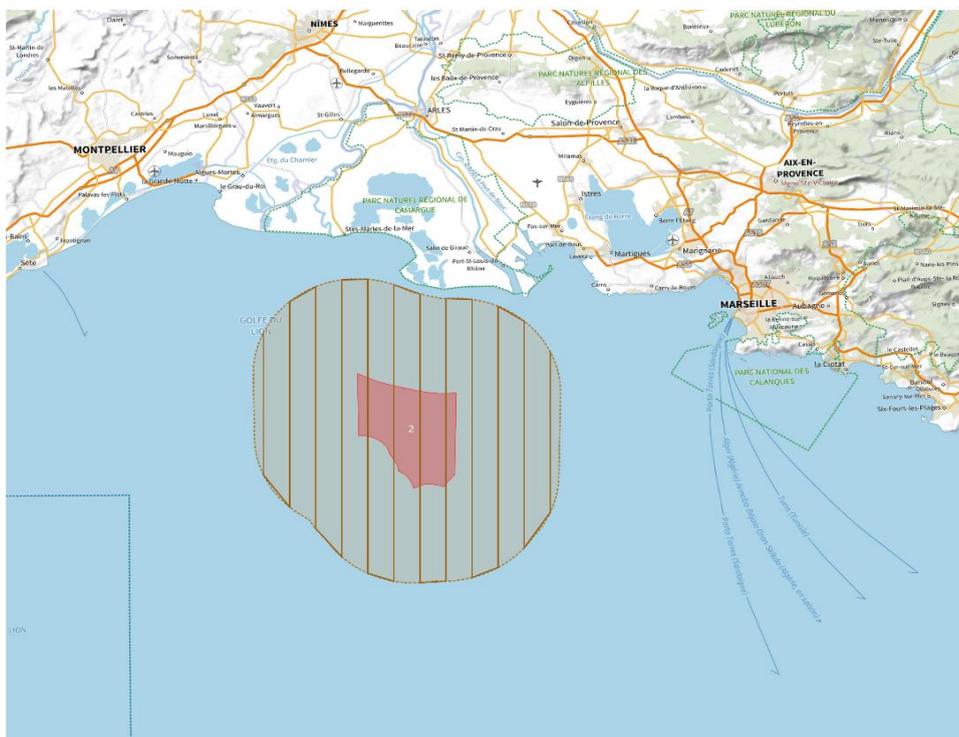
Proposition de protocoles de suivi aérien de la zone 1

Projet éolien Méditerranée (AO5)

- Zone de projet
- Zone Tampon 20km
- Transects aériens

Aire de la zone 1 de projet : 295 km²

- Zone Tampon de 20 km :
- Superficie : 3107 km²
 - Nombre de transects : 14
 - Longueur de transects : 627 km
 - Longueur des intertransects : 92 km
 - Espacement entre transects : 5km



MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE
Énergie
Transition
Territoriale

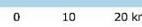
Proposition de protocoles de suivi aérien de la zone 2

Projet éolien Méditerranée (AO5)

- Zone de projet
- Zone Tampon 20km
- Transects aériens

Aire de la zone 2 de projet : 312 km²

- Zone Tampon de 20 km :
- Superficie : 3070 km²
 - Nombre de transects : 12
 - Longueur de transects : 624 km
 - Longueur des intertransects : 68 km
 - Espacement entre transects : 5km





10.2.2 Protocole détaillé

10.2.2.1 Objectifs et principe

Les campagnes aériennes ont pour objectifs de caractériser la fréquentation et l'utilisation de la zone du projet et ses abords (zone d'influence du futur parc éolien en mer) en premier lieu par l'avifaune marine et les autres espèces de mégafaune marine, mais également par l'avifaune migratrice. Les informations collectées permettent de décrire les patterns de phénologie de présence des principales espèces selon les mois et périodes de l'année, de caractériser la distribution des espèces au sein des zones de suivi, d'identifier des secteurs à forte fonctionnalité (repos, stationnement, alimentation...), d'estimer les densités des principales espèces ou groupes d'espèces, la saisonnalité de présence et l'utilisation spatio-temporelle de la zone. Les expertises en mer sont essentielles pour bien caractériser les rôles fonctionnels que joue une aire d'étude pour la mégafaune marine, les états initiaux relatifs aux projets de parcs éoliens en mer amènent généralement à une très forte augmentation du niveau de connaissances sur les sites suivis.

Les expertises aériennes digitales à haute altitude reposent sur une technique d'acquisition par vidéo numérique de haute définition grâce à 4 caméras installées sous un avion volant à environ 500 m d'altitude. A cette altitude, seules les caméras digitales sont capables d'effectuer un tel suivi (impossible à l'œil nu). Plusieurs images d'un même animal (5 à 8 par objet détecté) sont récoltées permettant d'améliorer les probabilités de détection et d'identification des animaux (différents angles de vue), limitent ainsi les biais de détection par rapport aux expertises aériennes visuelles et permettent de mieux caractériser les activités des oiseaux en vol. Les enregistrements vidéo ont l'avantage de pouvoir être stockés et d'être analysés ultérieurement.

Les expertises aériennes permettent de couvrir une surface beaucoup plus importante et plus rapidement que les expertises nautiques visuelles qui sont mises en œuvre à bord de navire dédié. En complément des inventaires par bateau, les inventaires depuis un avion permettent ainsi de rapporter l'intérêt de la zone de projet et de l'aire d'étude rapprochée à un contexte géographique plus large (échelle de l'aire d'étude élargie, zone d'influence).

Remarque : Biotope, BioConsult SH et HiDef Aerial surveying Limited sont engagés par un accord de coopération exclusif en France pour l'utilisation du système digital vidéo HiDef.

10.2.2.2 Description du protocole

10.2.2.2.1 Effort d'échantillonnage

DESIGN DES TRANSECTS PAR ZONE DE PROJET

La méthode Before After Gradient est une méthode d'analyse employée dans de nombreuses études de l'impact de l'exploitation des énergies marines sur la mégafaune marine (fermes offshore de Neart na Gaoithe, Nysted et Horns Rev et Arlow Bank ...). Le terme de « Gradient » vient du fait que les mesures sont effectuées à des distances variables autour du site impacté (Ellis et Schneider, 1997). L'impact est alors mesuré en observant l'évolution des mesures avec la distance jusqu'à leur stabilisation (état de référence dans l'espace). La comparaison « Before-After » permet quant à elle de garantir que l'évolution des mesures qui est observée après l'impact est bien distincte de l'évolution des mesures observées dans un état normal du site (état de référence dans le temps) que nous proposons de retenir dans le cadre du projet pour définir les aires d'étude et méthodes de l'état initial sur les oiseaux en prévision du futur suivi des impacts sur la mégafaune marine, possède plusieurs avantages sur la méthode BACI :



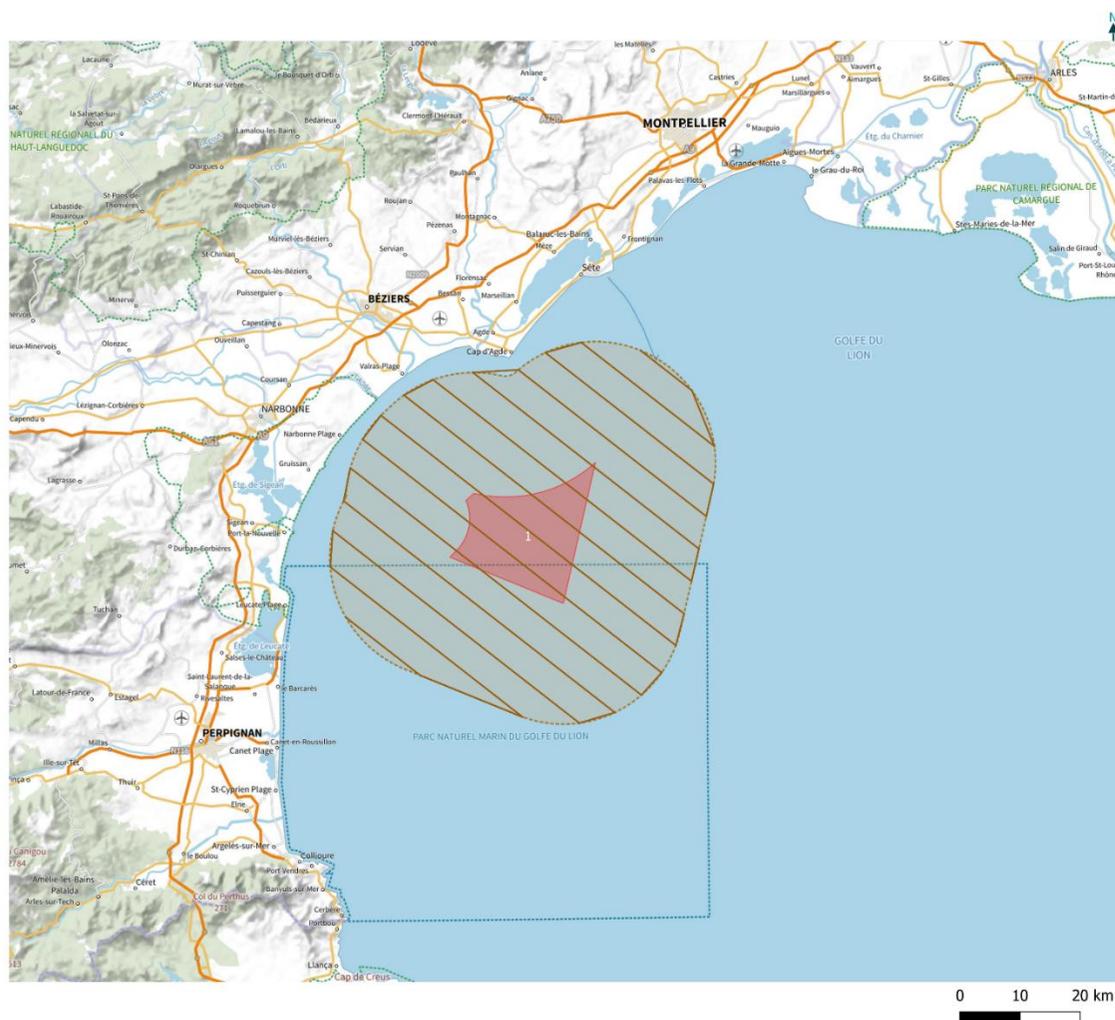
- Elle contourne le problème de la sélection de sites témoins véritablement indépendants, problème particulièrement ardu dans le contexte « mégafaune marine » ;
- Quand l'impact s'atténue graduellement à partir de sa source (ce qui apparaît comme une hypothèse raisonnable) elle permet alors de mesurer l'intensité de l'impact avec plus de précision et sur l'ensemble de sa portée spatiale ;
- L'échelle spatiale à laquelle des impacts peuvent potentiellement être détectés est évidente, c'est la distance couverte par le gradient de distance.
- Les résultats issus de ces analyses ne sont pas particulièrement difficiles à présenter ou à comprendre.

En conséquence, les aires d'étude des expertises aériennes de l'avifaune et de la mégafaune se basent sur l'approche BAG (zones tampon autour des zones de développement).

Des transects par avion sont présentés sur les cartes ci-dessous au sein d'aires d'étude de 15 et 20 km autour de la zone. La distance de 20 km de rayon est usuellement proposée par Biotope dans le cadre des études relatives aux parcs éoliens en mer. Elle est supérieure aux distances d'effets observés même pour les espèces d'oiseaux les plus sensibles (jusqu'à 12 / 15 km d'effet déplacement observé pour des espèces comme les plongeurs sur certains parcs du nord-ouest de l'Europe). Par ailleurs, selon les modalités de construction, des effets déplacement peuvent être importants pour les mammifères marins également.



Carte 1 : Proposition de protocole de suivi digital haute altitude pour la zone 1



MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
*Liberté
Égalité
Fraternité*

**Proposition de
protocoles de suivi
aérien de la zone 1**

Projet éolien Méditerranée (A06)

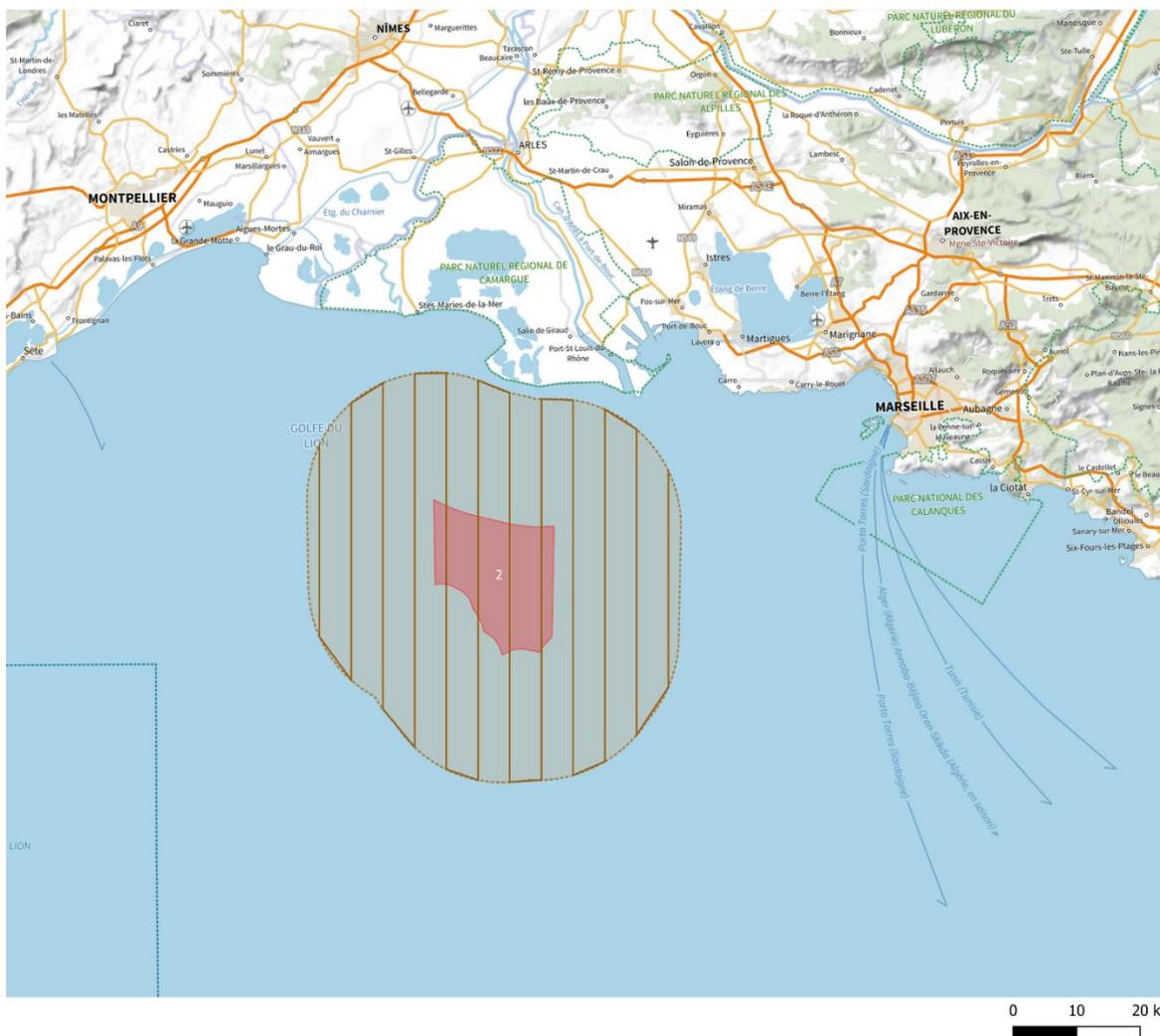
- Zone de projet
- Zone Tampon 20km
- Transects aériens

Aire de la zone 1 de projet : 295 km²

- Zone Tampon de 20 km :
- Superficie : 3107 km²
 - Nombre de transects : 14
 - Longueur de transects : 627 km
 - Longueur des intertransects : 92 km
 - Espacement entre transects : 5km



Carte 2 : Proposition de protocole de suivi digital haute altitude pour la zone 2



MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE
Talent Écillé Futurité

Proposition de protocoles de suivi aérien de la zone 2

Projet éolien Méditerranée (AO6)

- Zone de projet
- Zone Tampon 20km
- Transects aériens

Aire de la zone 2 de projet : 312 km²

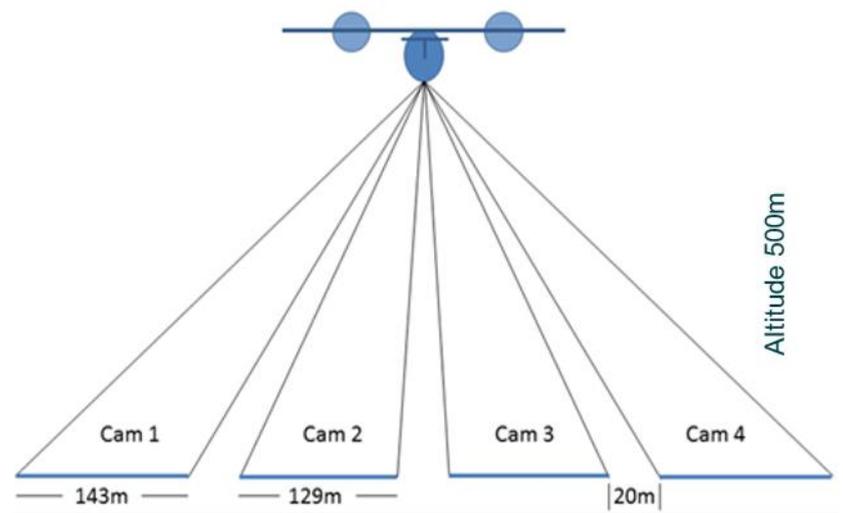
- Zone Tampon de 20 km :
- Superficie : 3070 km²
 - Nombre de transects : 12
 - Longueur de transects : 624 km
 - Longueur des intertransects : 68 km
 - Espacement entre transects : 5km





L'inventaire est réalisé dans un avion volant à environ 500 m d'altitude et habituellement opéré à une vitesse de vol importante (220 km/h, pouvant être réduite). De part et d'autre de l'axe du transect, quatre bandes (2 de 143 m de largeur et 2 de 129 m de largeur) seront suivies avec un espacement de 20 m entre chaque bande. Ce sont ainsi 544m de largeur qui sont suivis (272 m de chaque côté du transect).

Figure 38 : Représentation schématique des distances et aires couvertes (c) BioConsult SH



Pour la zone 1, le taux de couverture en expertises aériennes digitales haute altitude (544m de fauchée) est de 11 % avec une zone tampon de 20 km.

Pour la zone 2, le taux de couverture en expertises aériennes digitales haute altitude (544m de fauchée) est de 11,1 % avec une zone tampon de 20 km.

L'acquisition des données est réalisée grâce à 4 caméras vidéo d'ultra haute résolution (31,4 Mpix). Les images possèdent une précision d'au moins 2 cm à hauteur de l'eau. Lors du survol, un double enregistrement des données est réalisé directement dans l'avion.

La position de l'avion est enregistrée en temps réel à l'aide d'un Garmin InReach SE+ Satellite Communicator associé à plusieurs GPS, offrant une précision d'environ d'1 m en latitude et longitude. Les positions sont enregistrées par intervalles d'une seconde, permettant ainsi un positionnement extrêmement précis des oiseaux et mammifères marins localisés ultérieurement dans les enregistrements.

La technologie HiDef GEN 2.5 permet d'adapter, au cours de la session d'expertise, l'orientation des caméras à chaque transect et en fonction de l'ensoleillement. Ces ajustements, réalisés en temps réel par un opérateur présent au sein de l'avion, permet de limiter drastiquement les phénomènes d'éblouissement sur les enregistrements (meilleure qualité des images et analyses, pas de perte de données).

FREQUENCE DES INVENTAIRES ET VEILLE METEO

Les expertises aériennes digitales sont classiquement réalisées selon des fréquences similaires à celles des expertises aériennes visuelles, généralement entre 8 et 12 sessions par an. Nous proposons 12 sessions d'expertises aériennes haute altitude par an, soit une par mois, pendant les deux années.



La préparation des survols implique une veille météo quotidienne, menée par BIOTOPE, HiDef ainsi que leurs opérateurs aériens, sur la base des données météorologiques les plus fiables.

10.2.2.2 Paramètres mesurés

Le présent protocole permet de mesurer les paramètres suivants :

- Identification des espèces
- Présence / absence (rapportées à l'effort d'inventaire), permettant analyse de la phénologie de présence et des abondance/densité selon jeu de données récoltés
- Comportements

Ces différents paramètres et leurs mesures sont explicités partie 3. Traitement et analyse de données.

10.2.2.3 Traitement et analyse des enregistrements

Pour les expertises aériennes digitales haute altitude, l'intégralité des images enregistrées collectées seront analysées en deux étapes : review (localisation des objets) et identification. L'identification sera menée sur l'ensemble des objets / animaux localisés. Par ailleurs pour ces deux étapes, un processus de double vérification est réalisé sur 20% des séquences.

Les enregistrements collectés feront l'objet de deux étapes d'analyse, menées en partenariat entre Biotope et BioConsult SH :

- Première étape de « Review » (réalisée par BioConsult SH) = repérage des objets sur les enregistrements vidéo, en utilisant un logiciel basé sur l'intelligence artificielle et une équipe dédiée (spécialistes IA et reviewers) ;
- Seconde étape d'identification des objets (réalisée par BIOTOPE et BioConsult SH) : détermination de l'espèce, informations sur les comportements (en vol, posés), prise de mesures, localisation.

Les étapes suivantes de traitement et analyses de données sont explicitées dans le chapitre 5, commun aux expertises nautiques et aériennes.

PREMIERE ETAPE D'ANALYSE DES IMAGES : REVIEW (LOCALISATION DES OBJETS)

Une fois les données rapatriées au bureau, les données vidéo brutes sont converties en un format permettant une analyse plus poussée sur les postes informatiques dédiées à l'analyse des images. Les images du survol sont analysées en partie via un logiciel de traitement basé sur l'Intelligence artificielle et développé par BioConsult SH pour le traitement des données issues des expertises aériennes digitales vidéo du système HiDef.

Ce logiciel, exploité de façon régulière depuis 2022, fait suite à un long processus de développement et de validation. En effet, BioConsult SH et HiDef aerial surveing n'ont souhaité utiliser ce logiciel de review automatisé qu'une fois sa capacité à égaler l'analyse humaine pleinement démontrée, par de nombreux tests.

Bien qu'il en soit capable pour de nombreuses espèces, ce logiciel n'a pas vocation, pour le moment, à identifier des objets mais simplement de pointer les images nécessitant une analyse plus approfondie, ces informations spatiales fournissant un enregistrement précis de la position d'un individu (ou d'un objet).

Cette étape consiste à créer un point sur l'objet dans le logiciel d'analyse des images, créant ainsi un ensemble de données attributaires (localisation en latitude, longitude, type d'objet, etc.).



Conformément à ses procédures habituelles d'assurance qualité, un échantillon de 20% des enregistrements fera l'objet d'une seconde analyse de review par un opérateur (contrôle humain). Aucune information sur la première analyse n'est communiquée à cet opérateur. Les résultats des deux analyses sur cet échantillon de 20 % des enregistrements sont comparés ensemble. Une marge d'erreur maximale de 10% est autorisée dans le cadre de la politique d'assurance qualité d'HiDef aerial surveying. En cas de non-respect de cette marge d'erreur maximale de 10%, les analyses sont reprises.

Les objets ne sont marqués que s'ils traversent une ligne de référence (nommée « ligne rouge »). Cette ligne rouge matérialise sur la séquence d'enregistrement vidéo la largeur réelle de 125 m de chaque caméra. En excluant les objets qui ne traversent pas cette ligne, les biais d'abondance éventuels dus à des mouvements d'oiseaux, sont évités.

SECONDE ETAPE D'ANALYSE DES IMAGES : IDENTIFICATION DES OBJETS

La seconde étape sera menée conjointement par BIOTOPE et BioConsult SH. Elle consistera en l'identification des objets préalablement repérés au cours de la 1ère étape : détermination de l'espèce, informations sur les comportements (en vol, posés), prise de mesures, localisation.

Les images pointées comme nécessitant une analyse plus poussée sont transmises à des ornithologues marins expérimentés, dont la plupart travaillent avec HiDef depuis plusieurs années et ont été formés à l'analyse d'images vidéo haute définition d'oiseaux, de mammifères marins et d'autres vertébrés. Les images peuvent être analysées à l'aide d'un logiciel pour améliorer leur aspect (lumière/contrastes etc.) et faciliter l'identification de l'objet. Dans le cadre de la présente mission, les experts naturalistes identifieront si possible au niveau de l'espèce et enregistreront toute autre information disponible (comportement, direction du vol ou de la nage, âge, etc.).

Figure 39 : Fou de Bassan (source : BioConsult SH / HiDef)



Figure 40 : Mouette tridactyle et Labbe parasite (source : BioConsult SH / HiDef)



Pour tous les mammifères marins et autres pélagiques identifiés, leur comportement est également noté, qu'ils se produisent à la surface ou en subsurface, ainsi que la direction de déplacement entre la première et la dernière image dans laquelle ils apparaissent.



Figure 41 : Phoque gris (source : BioConsult SH / HiDef)



Figure 42 : Requin pèlerin (source: BioConsult SH / HiDef)



Un échantillon d'au moins 20% d'images sélectionnées au hasard est identifié indépendamment par un groupe séparé d'experts, avec pour seuil d'acceptabilité qu'il n'y ait pas plus de 10% de désaccord avec la première identification d'oiseaux et de mammifères marins. Les résultats de ces comparaisons sont ensuite analysés et toute anomalie examinée par un autre groupe d'experts ornithologues. En cas de divergences significatives (c'est-à-dire plus de 10% de désaccord pour l'ensemble de l'audit), les images sont ensuite réexaminées par un troisième ornithologue qui joue le rôle d'arbitre dans le processus pour décider de l'identification retenue. Bien que nous utilisions des outils d'aide à l'identification des objets, nous n'automatisons pas l'identification des espèces.

Toutes les données sont géoréférencées et compilées dans une base de données unique. Les fichiers de données géoréférencés (SIG) pour les observations et le survol sont fournis sous format ArcGIS shapefile, suivant les spécifications du maître d'ouvrage.

Les techniques utilisant la vidéo numérique offrent des taux de détection plus élevés car il est plus facile d'identifier des objets lorsqu'il existe plusieurs images du même objet, qui apparaissent statiques dans l'environnement visuel des vagues. Pour la mégafaune marine, la présence de plusieurs prises de vues augmente également la probabilité que ces animaux apparaissent plus près de la surface ou brisent la surface au cours de l'une de ces prises de vue, alors que dans les images fixes, il n'existe qu'au maximum une seule image dans laquelle l'animal peut être présent (même si une image est prise toutes les 2 à 3 secondes) - cela implique que des animaux peuvent ne pas être vus parce qu'ils ne sont pas à la surface, à cause de l'état de mer, ou à cause des reflets du soleil. L'utilisation de la vidéo numérique permet de disposer de jusqu'à 8 images distinctes de chaque objet identifié, maximisant ainsi les chances d'aboutir à leur identification.

JUSTIFICATION DE LA METHODE ET POINTS FORTS DES SUIVIS AERIENS DIGITAUX VIDEOS

Cette technique est validée et utilisée depuis années dans le cadre des états initiaux ou des suivis de parcs en mer mais aussi dans le cadre d'acquisition de connaissance (Royaume-Uni, Allemagne, Danemark, USA...). En France, des études utilisant cette technologie sont en cours dans le cadre des suivis des parcs éoliens en mer de Saint-Brieuc, De Saint-Nazaire, de Fécamp, de Dieppe / Le Tréport, des îles d'Yeu et de Noirmoutier ainsi que sur le site de développement éolien en mer Centre Manche.

Plusieurs images d'un même animal (5 à 8 par objet détecté) sont récoltées permettant d'améliorer les probabilités de détection et d'identification des animaux (différents angles de vue), limitent ainsi les biais de détection par rapport aux expertises aériennes visuelles et permettent de mieux caractériser les activités des oiseaux en vol (vitesse de vol, hauteur de vol, direction).



Les techniques de suivis aériens digitaux ont considérablement évolué en comparaison des premiers survols menés (Mellor and Maher, 2008) et leur efficacité et performance ont été clairement démontrées dans de nombreuses publications, dont Buckland et al. (2012), Thaxter et al. (2015), Weiss et al. (2016), Mendel et al. (2018), Webb & Nehls (2019) ou encore Zyedelis et al. (2019).

Les suivis aériens digitaux ont dorénavant complètement remplacé les méthodes de suivis aériens visuels décrites par Camphuysen et al. (2004) en tant que standards des suivis aériens pour les parcs éoliens en mer au Royaume-Uni et en Allemagne. Les suivis aériens digitaux ont par ailleurs assez largement remplacé les suivis visuels par bateau des oiseaux et de la mégafaune marine pour les nouveaux projets éoliens en mer, ou sont mis en œuvre de façon complémentaire à ceux-ci.

Depuis 2015, les suivis aériens digitaux sont obligatoires pour les suivis aériens des parcs éoliens en mer en Allemagne. Par ailleurs, l'Agence fédérale de la mer et de l'eau ('BSH') a récemment commandé la mise en œuvre de suivis aériens digitaux pour lesquels seuls les suivis aériens digitaux vidéos (technique proposée dans le cadre de la présente réponse) ont été jugés acceptables dans les réponses à l'appel d'offres.

Dans des études comparatives menées récemment en Allemagne entre trois fournisseurs de solutions de suivis aériens digitaux, le système digital vidéo HiDef, exploité par Bioconsult SH, a été considéré comme le plus fiable et utilisé comme standard de comparaison pour les autres techniques (Mendel et al. 2018).

10.2.2.2.4 Calendrier du protocole

Sur chacune des zones, il est prévu une campagne de un jour par mois pendant deux années, à partir de décembre 2023 (selon obtention des autorisations RSM, disponibilité des moyens aériens et conditions météorologiques).

Tableau 13 : Planning du protocole d'expertises digitales haute altitude par avion

Année 1	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes												X
Année 2	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Année 3	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

10.2.2.3 Moyens utilisés

10.2.2.3.1 Moyens matériels employés

Les expertises digitales sont réalisées avec le dispositif HiDef GEN 2.5.

- Ce système comprend 4 caméras vidéo (31,4 MP) particulièrement sensibles à la lumière et fidèles dans la reproduction des couleurs, offrant une résolution d'au minimum 2 cm sur l'ensemble de la fauchée, montées sur un support spécifiquement conçu par les développeurs d'HiDef *aerial surveying* pour permettre l'orientation des caméras afin de limiter l'éblouissement ;
- Un coffre contenant un serveur haute performance, des disques SSD, deux GPS redondants, un système d'enregistrement AIS, des connexions avec l'ordinateur de bord, l'alimentation électrique et le système de contrôle du dispositif caméras ;



- Un ordinateur de bord, utilisé par l'opérateur caméra pour piloter le système caméras, s'assurer de la bonne orientation des caméras et valider l'acquisition des données ;
- Un GPS de positionnement satellitaire.

Figure 43 : Coffret intégrant l'ensemble des équipements informatiques, serveur, disques SSD installé dans un P68 (HiDef)

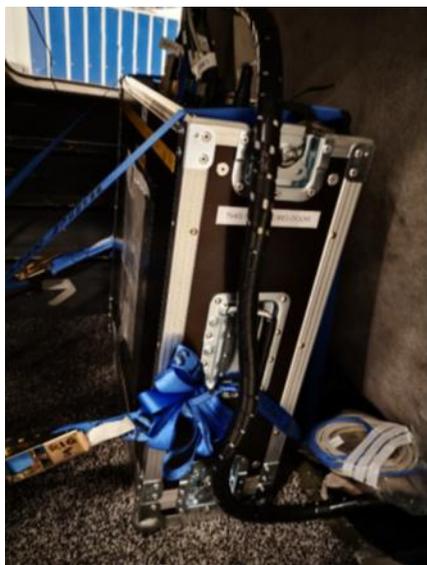


Figure 44 : Ordinateur de contrôle du système caméra (source : HiDef aerial surveying)

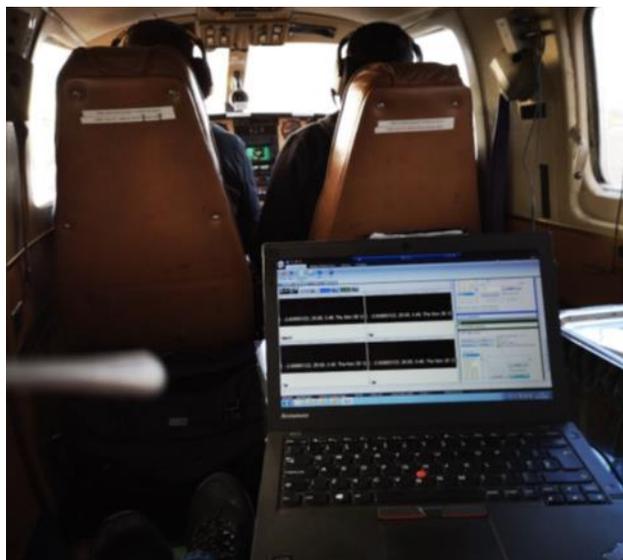


Figure 45 : Système caméras HiDef GEN 2.5 au sein de son coffre de protection et câbles de connexion vers le serveur

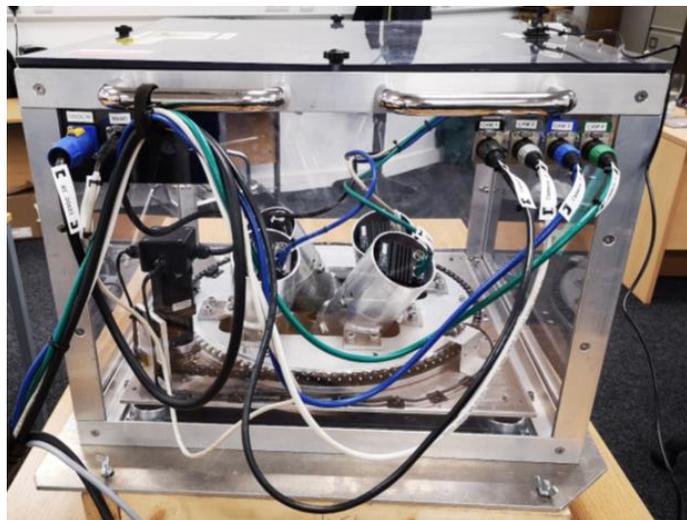


Figure 46 : Vue caméras sous l'avion (source: HiDef aerial surveying)





10.2.2.3.2 Moyens aériens

Les avions mobilisés seront des avions Partenavia P68.

La société en charge de la collecte des données sera Action air environnement, basée à Cuers, et avec qui Biotope a engagé un partenariat pour la réalisation des suivis aériens digitaux avec la technologie HiDef GEN 2.5 en France. Leurs avions sont équipés d'une trappe photo permettant de positionner le système caméras.

En cas de besoin d'autres opérateurs aériens pourront être mobilisés, notamment Flight calibration service, avec qui BIOTOPE, BioConsult SH et HiDef aerial surveying collaborent régulièrement en France, Royaume-Uni, Irlande et Espagne. Flight calibration service dispose également de plusieurs avions Partenavia P68.

Les opérateurs aériens mettront uniquement à disposition des équipes expérimentées dans la collecte de données de suivis aériens digitaux vidéo. Les avions utilisés disposent de 2 moteurs pour accroître la sécurité des opérations de survol en mer et sont équipés du dispositif caméras en partie inférieure du fuselage pour faciliter les survols. Des réservoirs grande capacité adaptés à la longueur des transects parcourus équipent ces avions.

Biotope assure qu'aucun frais ne sera demandé au maître d'ouvrage en cas d'annulation de survol pour raisons météorologiques ou techniques. Les procédures professionnelles mises en œuvre permettent de limiter au strict minimum ces risques et nous en assumerons la responsabilité.

10.2.2.3.3 Sécurité et habilitations

Une procédure de vérification régulière du matériel d'enregistrement, caméras, équipement informatique et de l'avion est scrupuleusement respectée par les prestataires en charge des moyens aériens, selon des procédures qualité établies.

Les membres d'équipage disposent de plus de 10 ans d'expérience en aviation et tous les pilotes disposent des capacités professionnelles standards EU-OPS Air Operators Certificate ('AOC').

10.2.2.3.4 Autorisations

Action air environnement est rôlé dans les demandes d'autorisations de vol et en assumeront l'entière responsabilité. Classiquement, un délai d'environ 2 à 3 semaines est nécessaire entre la demande d'autorisation et le premier survol. Par la suite, les procédures sont simplifiées (réplication du même plan de vol).

Action Air Environnement dispose d'un Manuel d'exploitation (Manex SPO) conforme au règlement Européen UE 965-2012. Air-ops partie SPO, déposé auprès de l'Aviation Civile, qui comprend une section relative à ce type d'activités aériennes. La société est dûment habilitée par l'Aviation civile pour exécuter ce type de mission.

Action Air Environnement dispose des autorisations nécessaires pour effectuer des missions d'aéro-surveillance en Europe et prises de vue photographiques dans les domaines infrarouge et visible. AAE possède les certificats permettant d'effectuer des prises de vues IR, dans :

- Les domaines : VNIR, PIR, SWIR, MWIR et LWIR,
- Prises de vue photos RGB,
- Levés géophysiques et scientifiques.



10.2.2.3.5 Mutualisation éventuelle

Une mutualisation des expertises sera réalisée pour collecter et traiter les données sur l'avifaune, en même temps que celles sur les mammifères marins, tortues marines et autres grands pélagiques.

10.2.2.4 Données collectées lors des expertises aériennes digitales Haute altitude

Les principales informations suivantes sont notées :

Tableau 14 : Données collectées lors des expertises aériennes digitales pour les observations de la mégafaune marine.

Informations	Description
Point GPS	Localisation (latitude et longitude)
Transect	Numéro de transect
Date et heure	Date et heure de l'observation
Espèce	Le nom de l'espèce identifiée (les codes espèces listés en annexe 2 seront rajoutés dans la base de données)
Famille	Laridés, Alcidés, Sternidés par exemple
Groupe taxonomique	Oiseaux, Mammifères marins, Tortues marines, Grands pélagiques (requins, thon, poisson-lune) par exemple
Confiance	Niveau de confiance de l'identification de l'espèce (possible, probable, certain)
Code BTO	Code espèce du British Trust for Ornithology
Code espèce	Code espèce
Taille de pixel	La taille de pixel afin d'aider à l'estimation de la hauteur de vol
Nombre	Le nombre d'individus observés
Immergé	Immersion de l'individu ou non (uniquement pour mammifères marins et autres espèces marines)
Direction de déplacement	Direction de déplacement : N, NW, S, etc...
Comportement	Le comportement : alimentation, repos, lien avec bateau de pêche...
Sexe	Sexe de l'individu (si possibilité)
Age	Classe d'âge de l'individu si possible

Les données d'effort et de conditions d'observations / conditions météo-océaniques sont également scrupuleusement compilées dans une base de données dédiée. Tout changement de condition météo-océanique est notée lors du vol puis vérifié et amendé lors de la phase d'identification des cibles.

La base de données sera conforme aux éléments attendus.

Lors des expertises aériennes digitales, une description des données environnementales est systématiquement réalisée à partir des images collectées.

Les différents paramètres météorologiques et de conditions d'expertises sont notés à chaque début de transect et dès qu'il y a un changement significatif des conditions.

Ces paramètres sont par suite rattachés à chaque observation.

10.2.2.5 Compilation des données collectées et préparation aux traitements ultérieurs

La donnée brute issue de l'analyse de nos experts ornithologue est renseignée dans une base de données qui détaille à la fois les données d'effort de collecte et les résultats d'identification.



Elle est constituée de 3 tables : les informations de campagne, les informations relatives aux images analysées, les informations résultant du travail d'identification des espèces. Chaque champ de la table est renseigné avec la plus grande précision possible. Lorsqu'une information est incertaine, elle sera traitée avec la plus grande prudence. Le tableau ci-dessous explicite la structure de nos tables brutes avant traitement.

Tableau 15 : Base de données compilant des données collectées lors des expertises digitales

INFORMATIONS CONCERNANT LA CAMPAGNE	INFORMATIONS CONCERNANT LES IMAGES ISSUES DE L'ENREGISTREMENT VIDEO	INFORMATIONS CONCERNANT LES OBJETS IDENTIFIES
Numéro du vol	Identifiant unique de l'image	Identifiant unique de l'image
Type d'avion	Numéro de la caméra	Latitude de l'objet
Système utilisé	Numéro du transect	Longitude de l'objet
Date	Date	Structure abiotique (bateau, bouée etc)
Altitude	Heure-Minute-Seconde	Observation abiotique (pollution, etc)
Largeur de bande	Latitude de l'image	Observation espèce animale
Vitesse	Longitude de l'image	Nom anglais
Heure de début	Altitude de l'avion	Comportement
Latitude de départ	Superficie de l'empreinte de l'image	Activité
Longitude de départ	Eblouissement	Appartenance à un groupe
Heure de fin	Etat de la mer	Famille de groupe
Latitude de fin	Turbidité	Association
Longitude de fin	Clarté de l'air	Direction de vol
Référence géographique	Qualité de l'air	Submersion
Nombre d'images relevées		Classe d'âge
		Sexe (selon espèces)
		Longueur
		Tranche de hauteur de vol
		Note

Une table descriptive des données précises de vol pourra également être produite. Elle permet de suivre la progression de l'avion au cours des transects et renseigne ce que l'opérateur caméra note lors d'un survol, (notamment les variations de conditions météorologiques ou les réglages adaptatifs résultant d'un changement de luminosité.



10. SUIVI DE LA MÉGAFAUNE (AVIFAUNE MARINE, AVIFAUNE MIGRATRICE, MAMMIFÈRES MARINS, GRANDS PÉLAGIQUES) ET DES CHIROPTÈRES

Figure 47 : Exemple de table descriptive des données collectées en temps réel

Survey Log - Page 1							
Survey Information				Flight Information			
Survey Area	150	IMPORTANT Working files must be named in the format "Zone###_M###_S###_D###_C#_###" All digits must be present.			Aircraft	EC-MFY	
Month	02				Planned altitude	1650	
Survey	01				Hard drive set	03	
Day	01				Rig number	06	
Date	06/02/2022						
Transect	Start time	End time	Exposure / gain for each camera	Windspeed & direction at aircraft	Camera direction (F / B)	Sequence Name	Issues / Comments
Example	12:15	12:27	C1=199/0,C2=299/0,C3=399/0,C4=499/0	12 / 120	F	12-15	
Ground	11:52	11:53	C1=973/0/2,C2=743/0/2,C3=991/8/2,C4=991/7/2	0	B	11-52	
Air	12:08	12:09	C1=193/0/2,C2=219/0/2,C3=291/0/3,C4=293/0/3	36/270	B	12-08	
1A	12:44	12:48	C1=402/0/2,C2=421/0/2,C3=411/0/2,C4=354/0/2	47/290	F	12-44	Light clouds 2-19
2A	12:51	13:01	C1=327/0/2,C2=353/0/2,C3=396/0/2,C4=340/0/2	40/270	B	12-51	
3A	13:04	13:14	C1=376/0/2,C2=349/0/2,C3=304/0/2,C4=250/0/2	41/290	F	13-04	
4A	13:16	13:30	C1=110/0/2,C2=231/0/2,C3=255/0/2,C4=241/0/2	41/260	B	13-16	
5A	13:32	13:41	C1=376/0/2,C2=455/0/2,C3=470/0/2,C4=403/0/2	40/280	F	13-32	
6A	13:44	13:57	C1=170/0/2,C2=173/0/2,C3=176/0/2,C4=145/0/2	43/270	B	13-44	
7A	13:59	14:09	C1=455/0/2,C2=437/0/2,C3=446/0/2,C4=338/0/2	40/290	F	13-59	
8A	14:12	14:25	C1=120/0/2,C2=142/0/2,C3=157/0/2,C4=120/0/2	42/280	B	14-12	
9A	14:27	14:36	C1=436/0/2,C2=421/0/2,C3=463/0/2,C4=442/0/2	41/280	F	14-27	
10A	14:39	14:48	C1=231/0/2,C2=238/0/2,C3=264/0/2,C4=232/0/2	43/270	B	14-39	
Air	14:59	15:00	C1=225/0/2,C2=196/0/2,C3=338/0/2,C4=186/0/2	46/280	F	14-59	

Une première analyse est effectuée sous R afin de préparer les tables à notre analyse statistique.

Figure 48 : Pré-analyse des données collectées sous R

À l'issue de chaque survol, une note succincte de réalisation sera rédigée et transmise sous 7 jours après la mission. Elle fournira les informations sur la date, les horaires d'expertise (par transects), les conditions météorologiques, l'état de la mer et tous éléments notables.

Le volume de données compilées sera indiqué et la complétude des enregistrements sera confirmée.



Figure 49 : Exemple de bilan de sortie après campagne par avion (suivis aériens digitaux)

Fieldwork Completion Report

Client: Biotope
 Client lead: Florian Le Corps
 HiDef lead: Felix Weiß
 Project: St. Brieuc
 Project reference: Zone45_M04_S01_D01_20
 Survey date: 04.04.2020

DISTRIBUTION LIST

Name	Company	E-mail address
Florian Le Corps	Biotope	flecrops@biotope.fr
Willy Raitiere	Biotope	wraitiere@biotope.fr

HEALTH & SAFETY INCIDENT LOG

	This survey / deployment	To date
No. of recordable incidents:	0	0
No. of near misses:	0	0
No. of proactive observations:	0	0
Details (if applicable):	0	0
No. of safety briefings:	1/2	3

DETAILS OF OPERATIONS

	This survey / deployment	To date
Operations	1/1	3

SURVEY EFFORT

Survey mobilisation	Survey demobilisation	Hours in flight	Souls On Board (SOB)	Survey effort (hours x SOB)
07:14 04/04/2020	17:50 04/04/2020	8:35	2	17:10

WEATHER DURING SURVEY

Meteorological conditions	Wind Speed: 10 kts at survey altitude Cloud: no clouds below 1760 ft.
---------------------------	--

Fieldwork Completion Report

COMMENTS AND REMARKS

A summary report with observations will follow as a separate deliverable.
 All ten scheduled transects were flown.
 The average altitude on this survey was 1744 ft which is very close to the target altitude of 1760 ft. The average speed was 119 kts.
 The overall conditions were good with calm sea, no glare on the footage, no clouds and ok focus.
 We are confident that all parts of the survey can be analysed.

ACTIVITY LOG

Date	Time	Activity	Daily survey effort (hrs:min)
04.04.2020	07:14	Engine Start Liverpool – Transfer to Jersey	2:10
04.04.2020	09:26	Engine Stop Jersey	
04.04.2020	10:13	Engine Start Jersey – Transfer	0:42
04.04.2020	10:55	On-survey	2:52
04.04.2020	13:47	Off-survey - Transfer	1:21
04.04.2020	15:08	Engine Stop London Biggin Hill Airport	
04.04.2020	16:20	Engine Start London Biggin Hill Airport – Transfer to Liverpool	1:30
04.04.2020	17:50	Engine Stop Liverpool	
Total Survey Effort:			8:35

AUTHORISATIONS

Report completed by:	Dirk Ranner	Date:	09.04.2020
Report approved by:	Felix Weiß	Date:	09.04.2020

(Signatures confirm that works have been conducted in accordance with Health, Safety and Environment plan and that this document is a correct record of works undertaken.)

Remarque : chaque note de campagne pourra, une fois les étapes de review et d'identification réalisées, être complétée par des informations descriptives (nombre de contacts par espèces d'oiseaux, de mammifères marins ou de grands pélagiques). Les notes de campagne n'intégreront pas de traitements des données, qui alimenteront le rapport annuel.

10.2.2.6 Risques

Les risques en termes de sécurité pour les expertises aériennes en mer sont maîtrisés (nombreux PDP et PPSPS) : nos prestataires en moyens aériens sont expérimentés et respectent les exigences HSE.

Les autres risques attendus concernent le risque de décaler les expertises mensuelles pour diverses raisons :

- Aléas météorologiques
- Aléas techniques
- Indisponibilité des moyens aériens (pannes etc...)



10.3 EXPERTISES VISUELLES PAR BATEAU

10.3.1 Fiche protocole synthétique

Le tableau ci-dessous permet de présenter de manière synthétique l'ensemble des caractéristiques du protocole détaillé dans les pages ci-dessus.

Tableau 16 : Fiche protocole synthétique des expertises nautiques visuelles

-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --	
 MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE	<h1>Expertises visuelles par bateau</h1>
Composante avifaune et mégafaune marine	
OBJECTIFS ET PARAMETRES	
<p>Caractériser la diversité spécifique, la distribution, les variations spatio-temporelles, les activités (vol, alimentation, repos), effectifs des oiseaux marins et migrateurs, mammifères marins, tortues marines et autres grands pélagiques au niveau et à proximité des projets (zone d'influence).</p> <p>Les données collectées viendront renforcer des connaissances générales disponibles ou acquises via d'autres programmes.</p> <p>Caractériser les secteurs à forte fonctionnalité.</p> <p>Estimer les effectifs/ densités.</p> <p>Caractériser les enjeux relatifs aux oiseaux et mammifères marins.</p>	
DESCRIPTION DU PROTOCOLE	
Stratégie d'échantillonnage :	<ul style="list-style-type: none"> - Expertises par transects linéaires (entre 7 et 8 transects selon les zones) - Limitée par durée maximum journalière (luminosité) - Vitesse 12 nœuds afin de couvrir l'intégralité de la zone d'étude - 3 observateurs - Observations en continu par méthode des distance sampling - Bande de détection efficace (fauchée) : 600 m (300 m de part et d'autre du bateau) - Longueur des transects : 105 km pour la zone 1 et 115 km pour la zone 2 - 3 km de distance intertransect - Taux de couverture : environ 20% - Réalisation de Snapshot et relevé des comportements et hauteurs de vol des oiseaux - Conditions de mise en œuvre : bonnes conditions météorologiques (pas de pluie, vent inférieur à 4 bft) et bonnes conditions de mer (pas de train de houle marqué, ni de vagues > 1 m, ni de fréquence de vagues trop courtes < 10 s)
Effort d'échantillonnage :	<p>8 sorties par an avec répartition homogène tout au long de l'année.</p> <p><u>Détection des oiseaux :</u> Taux de détection décroissante entre la proximité du bateau et 300 m, nécessitant des corrections statistiques (Distance sampling). Déteçtabilité bonne par bonnes conditions de mer (pas ou peu de houle et vagues) et pour les oiseaux à fort contraste (oiseaux blancs). Médiocre en cas de mer formée ou forte houle ainsi que pour les petits oiseaux à distance (océanites à plus de 100 m, alcidés posés à plus de 150 m).</p> <p><u>Détection à l'espèce des oiseaux :</u></p>

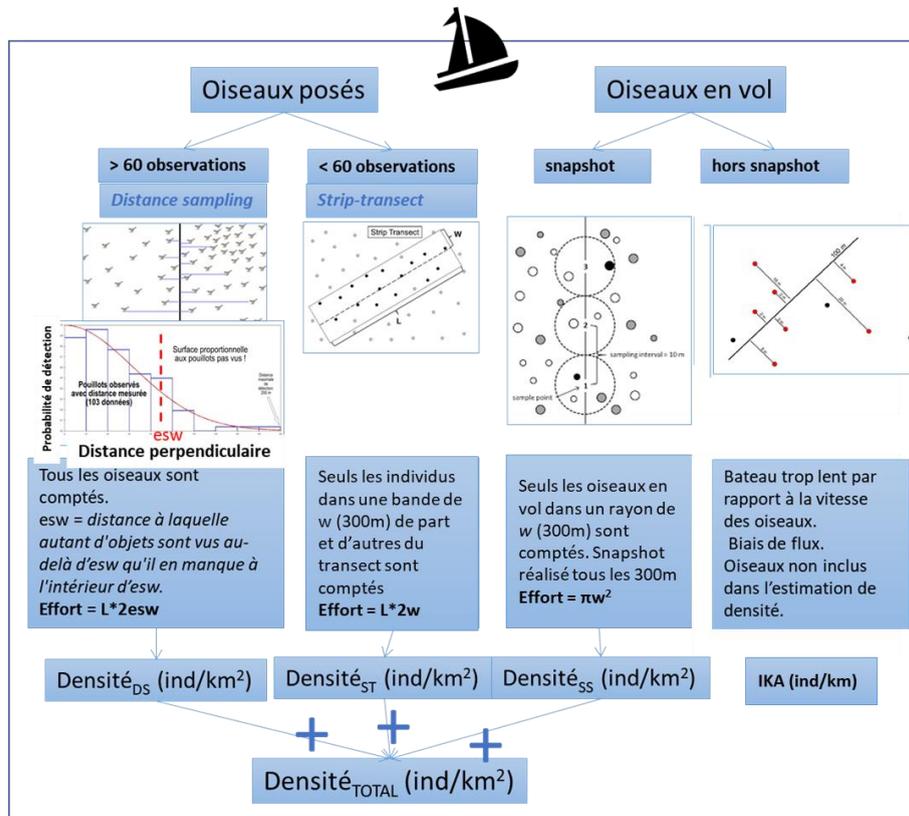


-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --

	<p>Bonne à médiocre, selon les conditions d'expertise (conditions de mer) et les compétences de l'observateur.</p> <p>Certaines observations d'oiseaux posés, plongeurs, peuvent être très brèves.</p> <p>Les meilleurs observateurs peuvent, avec des plateformes à 5 m, dépasser 90% de détermination à l'espèce. En pratique, les retours d'expérience donnent des taux de détermination de 50 à 90% selon les groupes d'espèces. En cas d'impossibilité d'identification, les espèces seront regroupés par groupe (ex. Puffin des Baléares/Puffin yelkouan)</p> <p>Aucune possibilité de préciser / confirmer une détermination <i>a posteriori</i>.</p> <p><u>Détection des mammifères marins et grands pélagiques :</u></p> <p>Très variable, selon conditions de mer et comportements des animaux.</p> <p>Grands groupes de dauphins actifs en surface généralement bien détectés.</p> <p>Dénombrement impossible : nécessité d'appliquer des corrections des données.</p>
<p>Paramètres mesurés :</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Identification des espèces - Présence / absence (rapportées à l'effort d'inventaire), permettant analyse de la phénologie de présence et des abondance/densité selon jeu de données récoltés - Comportements et hauteurs de vol
<p>Principaux avantages de la méthode :</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Temps d'observations longs (identification plus aisée et étude des comportements). - Estimation des hauteurs de vol (mais souvent complexe en mer). - Bonne détection de petites espèces (type océanites) mais uniquement par beau temps (bonnes conditions météorologiques et mer calme).
<p>Limites de la méthode :</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Coûts assez élevés (rapportés au km d'expertise). - Qualité des observations très dépendante des conditions météorologiques, des conditions de mer. - Faible couverture géographique en une journée. - Influence du bateau sur le comportement de certaines espèces. - Planification complexe des expertises en période automnale, hivernale et printemps. - Difficultés pour trouver des créneaux de deux jours consécutifs de bonnes conditions (grands transects). - Forte dépendance aux compétences des observateurs et à leur vigilance (pas de vérification / contrôle des observations) (biais observateur).
<p align="center">TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNEES</p>	
<ul style="list-style-type: none"> - Description de la phénologie de l'abondance des différentes espèces ou groupes d'espèces, - Description de la répartition spatiale des différentes espèces ou groupes d'espèces. - Analyse selon différentes méthodes statistiques (Distance sampling, Strip transects, Snapshot selon effectifs considérés et nature des observations (oiseaux posés ou en vol) - Analyse descriptive des comportements et des hauteurs de vol 	



-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --



CALENDRIER DE CAMPAGNE

Sur chaque zone : 8 campagnes par an pendant 2 ans soit 1 campagne de 1j toutes les 6 semaines environ, à partir de janvier 2024 (selon obtention des autorisations RSM, disponibilité des moyens nautiques et conditions météorologiques).

Année 1	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes												
Année 2	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes	1 campagne (1j) toutes les 6 semaines à partir de janvier 2024											
Année 3	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes	1 campagne (1j) toutes les 6 semaines											

MOYENS

Matériel	<ul style="list-style-type: none"> - Jumelles d'observations pro et jumelles télémétriques - GPS In Reach - Tablettes pour saisie des données (avec formulaire QFIELD spécifique développé par Biotope) - Gilets auto-gonflants SOLAS 275 N
Moyens humains	<ul style="list-style-type: none"> - Expertises réalisées par des experts ornithologues / mammalogistes - 10 personnes expérimentées disponibles – formés BOSIET - Forte capacité de mobilisation selon besoins et conditions météorologiques

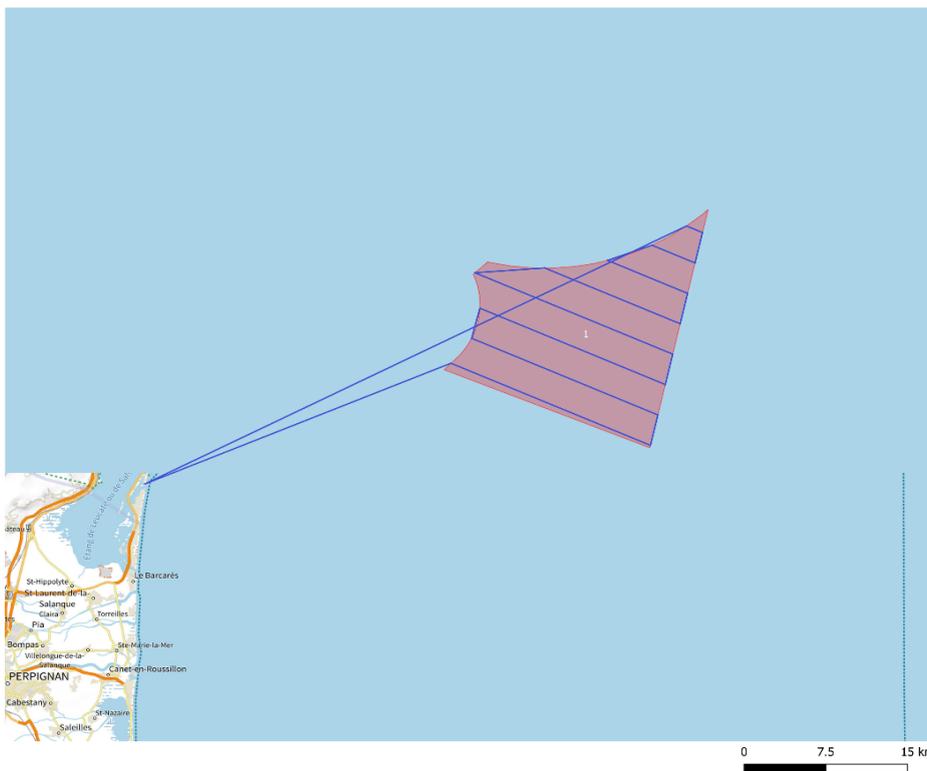


-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --

Moyens nautiques	2 prestataires identifiés avec des habitudes de travail (EFGL, PGL ...) et habilitation HSE dont - CTM : CATALOGNE DE TRANSPORT MARITIME (Saint Cyprien) : navire Le Marilou - FOS ELEV MARINE (Fos sur mer et Leucate) : navires Agate, Topaze ou Onyx Navires d'environ 18 m avec plateforme (entre 3 et 6 m selon le bateau retenu et disponible) Ces compagnies sont en cours d'homologation 2eme catégorie et pourront donc intervenir à plus de 20 MN
Mutualisation éventuelle	Mutualisation avifaune avec les mammifères marins, tortues marines et autres grands pélagiques
Responsables et équipes mobilisées	<p>Organisme : Biotope Responsable : Florian LECORPS Chef de projet : Nicolas DELELIS Suppléant : Valentine ANDRE Equipe d'observateurs/ornithologues de Biotope : 10 personnes formés et opérationnels</p> <p>Organisme : EcoOcean Institut Observateurs – ornithologues : Nathalie DI MEGLIO / Léa DAVID</p> <p>Organisme : Groupe Ornithologique du Roussillon Observateurs – ornithologues : Florian OLIVIER</p>
Risques et mesures associées :	<ul style="list-style-type: none"> - Risques expertises en mer (maîtrisés, nombreux PDP et PPSPS) : les prestataires moyens nautiques sont expérimentés et respectent les exigences HSE - Aléas météo-océaniques : fortes capacités de mobilisation des équipes en fonction des fenêtres météorologiques et bonnes capacités d'analyse des conditions météorologiques favorables (savoir-faire) - Impossibilité de réalisation des suivis en mer par bateau : risque en période hivernale mais dimensionnement des équipes et des sous-traitants moyens nautiques permettant une forte adaptabilité et capacité de mobilisation.
CARTE DE REPRESENTATION SCHEMATIQUE DU PROTOCOLE	



-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --



MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE
Léon Jaurès
Catherine Leterrier

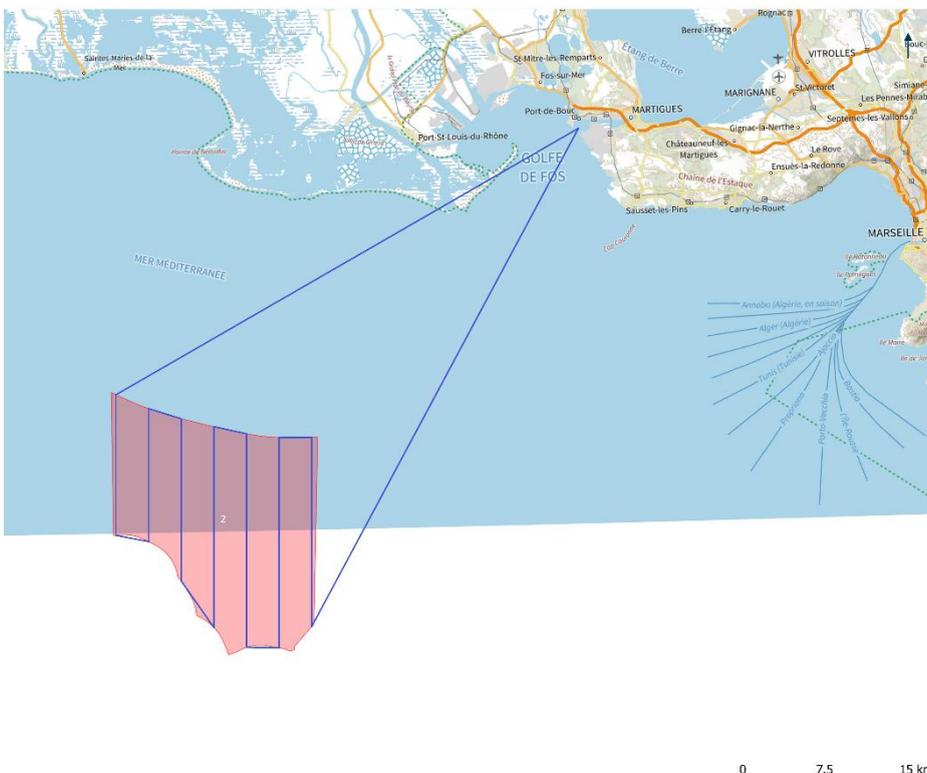
Proposition de protocoles de suivi nautique de la zone 1

Projet éolien Méditerranée (AO6)

Zone de projet
Transects nautiques

Aire de la zone 1 de projet : 295 km²

- Nombre de transects : 8
- Longueur de transects : 105 km
- Longueur des intertransects : 26 km
- Aller retour Port : 86 km
- Espacement entre transects : 3 km



MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE
Léon Jaurès
Catherine Leterrier

Proposition de protocoles de suivi nautique de la zone 2

Projet éolien Méditerranée (AO6)

Zone de projet
Transects nautiques

Aire de la zone 2 de projet : 312 km²

- Nombre de transects : 7
- Longueur de transects : 115 km
- Longueur des intertransects : 20 km
- Aller retour Port : 101 km
- Espacement entre transects : 3 km





10.3.2 Protocole détaillé

10.3.2.1 Objectifs et principe

Les campagnes nautiques ont pour objectifs de caractériser la fréquentation et l'utilisation des zones du projet et de leurs abords (zones d'influence des futurs parcs éoliens en mer) en premier lieu par l'avifaune marine et les mammifères marins mais également par l'avifaune migratrice. Les informations collectées permettent de décrire les patterns de phénologie de présence des principales espèces selon les mois et périodes de l'année, de caractériser la distribution des espèces au sein des zones de suivi, d'identifier des secteurs à forte fonctionnalité (repos, stationnement, alimentation...), d'estimer les densités des principales espèces ou groupes d'espèces, la saisonnalité de présence et l'utilisation spatio-temporelle des zones. Les expertises en mer sont essentielles pour bien caractériser les rôles fonctionnels que joue une aire d'étude pour la mégafaune marine, les états initiaux relatifs aux projets de parcs éoliens en mer amènent généralement à une très forte augmentation du niveau de connaissances sur les sites suivis.

Le principe de ces campagnes nautiques repose sur la technique d'observation le long de transects linéaires préalablement définis. Ces expertises permettent généralement une caractérisation fine des espèces présentes mais sont limitées en termes de couverture spatiale. La zone d'étude par bateau est idéalement centrée sur la zone de projet et présente des transects perpendiculaires au principal front de houle.

Le protocole mis en œuvre est conforme aux recommandations issues du protocole ESAS (JNCC, Royaume-Uni²), des recommandations du MNHN (Valéry, 2010³) ainsi que des recommandations du guide « Eolien en mer » (MEEM, 2017⁴).

10.3.2.2 Description du protocole

10.3.2.2.1 Effort d'échantillonnage

DESIGN DES TRANSECTS PAR ZONE DE PROJET

Concernant les expertises par bateau, seule les zones propices sont couvertes ; il ne nous semble pas possible de couvrir des superficies de dimensions supérieures à ces zones ou des sites témoins (hypothèses de travail, à discuter).

Les transects par bateau présentés sur les cartes ci-dessous couvrent les zones de développement, avec des transects parallèles et inter-distants de 3 km.

Pour la zone 1, la longueur des transects (sans les inter-transects) est de 105 km.

Pour la zone 2, la longueur des transects (sans les inter-transects) est de 115 km.

Il s'agit des distances maximales pouvant être couvertes en une journée eu égard aux distances aller/retour aux ports (Le Barcarès, Leucate, Port-la-Nouvelle et Port-de-Bouc). De telles distances impliquent des navires rapides, pouvant se déplacer à près de 20 nœuds en transit, et entre 12 et 14 nœuds en effort. Pour réduire les vitesses en observation, il faudra réduire les distances parcourues.

² <https://jncc.gov.uk/our-work/monitoring-seabirds-at-sea/>

³ http://spn.mnhn.fr/spn_rapports/archivage_rapports/2010/SPN%202010%20-%208%20-%20SPN_Protocole%20oiseaux%20pour%20le%20programme%20de%20connaissances%20NATURA%202000.pdf

⁴ https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/guide_etude_impact_eolien_mer_2017_complet.pdf



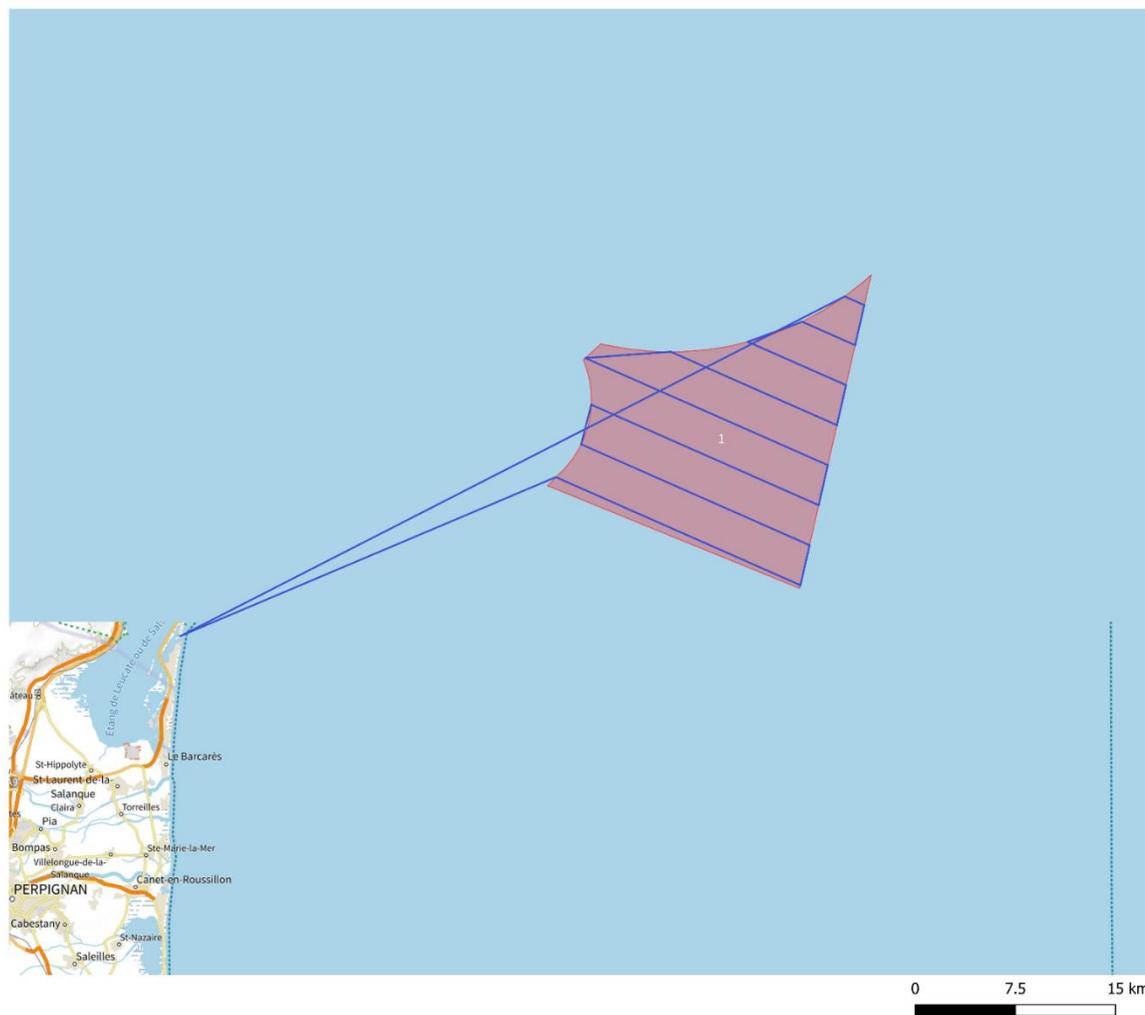
10. SUIVI DE LA MÉGAFAUNE (AVIFAUNE MARINE, AVIFAUNE MIGRATRICE, MAMMIFÈRES MARINS, GRANDS PÉLAGIQUES) ET DES CHIROPTÈRES

Le taux de couverture en expertises (se basant sur une distance de détection de 300 m de part et d'autre du navire) est de :

- Pour la zone 1, 21,4% ;
- Pour la zone 2, 22,1%.



Carte 3 : Proposition de protocole de suivis nautiques visuels pour la zone




**MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE**
*Liberté
Égalité
Fraternité*

**Proposition de
protocoles de suivi
nautique de la zone 1**

Projet éolien Méditerranée (AO6)

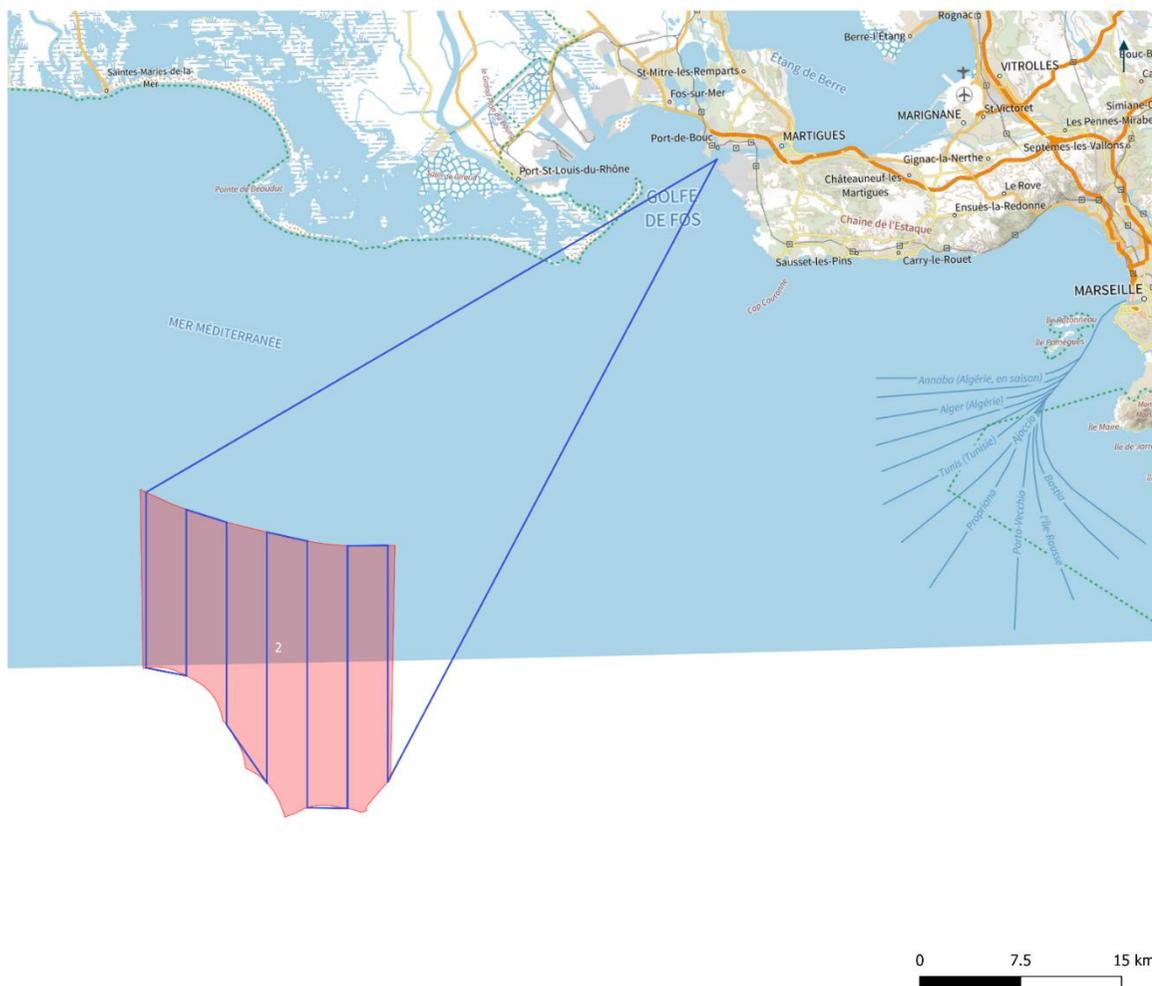
- Zone de projet
- Transects nautiques

Aire de la zone 1 de projet : 295 km²

- Nombre de transects : 8
- Longueur de transects : 105 km
- Longueur des intertransects : 26 km
- Aller retour Port : 86 km
- Espacement entre transects : 3 km



Carte 4 : Proposition de protocole de suivis nautiques visuels pour la zone 2



Proposition de protocoles de suivi nautique de la zone 2

Projet éolien Méditerranée (AO6)

- Zone de projet
- Transects nautiques

Aire de la zone 2 de projet : 312 km²

- Nombre de transects : 7
- Longueur de transects : 115 km
- Longueur des intertransects : 20 km
- Aller retour Port : 101 km
- Espacement entre transects : 3 km





FREQUENCE DES INVENTAIRES ET VEILLE METEO

Classiquement, les états initiaux de projets de parcs éoliens en mer réalisés en France à ce jour se sont basés sur une session d'expertises toutes les 6 semaines, lors d'un à deux cycles annuels soit 8 sorties/an.

Les campagnes seront préférentiellement réalisées en début de quinzaine, pour laisser la place à un repli à l'intérieur de la même quinzaine le cas échéant. Les campagnes d'expertises visuelles par bateau sont cependant très dépendantes des conditions d'observation (état de la mer, conditions météorologiques).

Une veille météo sera mise en œuvre, avec contact quotidien entre le chef de mission expertises en mer et le capitaine à compter de 10 jours avant la date prévisionnelle d'une sortie en mer. La date prévisionnelle est préservée 5 jours avant, avec confirmation définitive 2 jours auparavant, voire la veille en cas de conditions incertaines. Lors des périodes météorologiquement instables, le premier créneau météo favorable est retenu pour la sortie à compter de 7 jours (voire 10 jours) avant la date prévisionnelle de sortie en mer.

La planification des sorties sera ajustée lors d'échanges réguliers entre Biotope et le capitaine, sur la base d'un calendrier estimatif des sorties et des situations météo.

Le nombre de sorties nautiques par an sera à caler avec le maître d'ouvrage et le comité technique / scientifique.

En première approche, Biotope recommande 8 à 12 sessions d'expertise par bateau (soit une sortie toute les 4 à 6 semaines). Etant donné les contraintes de mobilisation de navires adaptés et le nombre de créneaux météorologiques favorables, il ne semble pas raisonnable d'envisager une fréquence supérieure à 1 sortie par mois.

10.3.2.2.2 Paramètres mesurés

Le présent protocole permet de mesurer les paramètres suivants :

- Présence / absence (rapportées à l'effort d'inventaire), permettant analyse de la phénologie de présence et des abondance/densité selon jeu de données récoltés
- Identification espèces
- Comportements et hauteurs de vol
- Effort réalisé : conditions environnementales pour chaque leg

Ces différents paramètres et leurs mesures sont explicités partie 3. Traitement et analyse de données.



10.3.2.2.3 Calendrier du protocole

Sur chacune des zones, il est prévu 8 campagnes par an pendant deux années, soit environ une campagne de un jour toutes les 6 semaines à partir de janvier 2024 (selon obtention des autorisations RSM, disponibilité des moyens nautiques et conditions météorologiques).

Tableau 17 : Planning du protocole d'expertises visuelles par bateau

Année 1	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes												
Année 2	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes	1 campagne de 1j toutes les 6 semaines, sur chaque zone, à partir de janvier 2024											
Année 3	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes	1 campagne de 1j toutes les 6 semaines, sur chaque zone											

10.3.2.3 Moyens utilisés

10.3.2.3.1 Moyens matériels employés

Le matériel pour les expertises visuelles par bateau est limité et très spécifique :

- Jumelles d'observations professionnelles (bateau principalement) : grossissement 8x32, 8x4 ; marques LEICA, SWAROVSKI, KITE ;
- Jumelles télémétriques pour mesure des distances (bateau) : modèles SWAROVSKI EL RANGE 10X42 et Bushnell Fusion 1 Mile Arc 10x42 ;
- GPS de navigation en mer (bateau) ;
- Tablettes numériques pour compilation des observations en mer ;
- Gilets autogonflants nautiques 275 N : 6 (2 équipes de 3 personnes) ;
- Vêtements adaptés pour éviter l'exposition au froid, au soleil et à l'humidité.

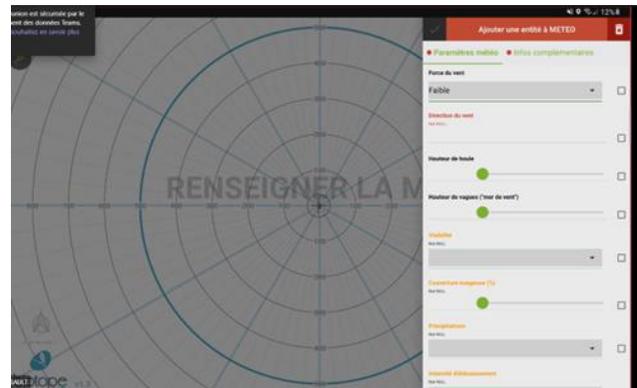
Toutes les données (météorologiques et observations) sont saisies sur une tablette de terrain grâce à un formulaire spécialement conçu par BIOTOPE pour l'application QField (basée sur le logiciel QGis). Les observateurs noteront à chaque début de transect, ou dès lors que les conditions changent, les données météorologiques, le nom de l'observateur et le côté scruté (bâbord ou tribord).



Figure 50 : Tablette de terrain



Figure 51 : Formulaire de la tablette au moment de renseigner les conditions météorologiques



10.3.2.3.2 Personnel mobilisé

Déjà mobilisé sur des missions similaires, le personnel navigant est aguerri à la mise en œuvre d'un protocole de suivi par transects.

Aux moyens nautiques nombreux et positionnés localement décrits ci-dessous, Biotope associera des équipes d'experts naturalistes expérimentés et basés à proximité des ports de départ (Hérault, Bouches-du-Rhône). Les principaux observateurs prévus pour les missions d'expertises nautiques sont les suivants : Vincent Liebault, Julie Cabri, Alexandre Hamon, Fintan Le Tarnec, Sylvain Davrout, Nicolas Delelis, Vincent Delcourt, Louis Hébert, Fanny Ramognino, Valentine André, Florian Olivier (GOR), Léa David (EcoOcéan), Nathalie di Meglio (EcoOcéan). Les observateurs envisagés sont tous des ornithologues chevronnés.

Biotope dispose donc de la capacité à assurer les suivis sur les zones d'études même lors des périodes fortement contraintes (nombre faible de fenêtres météorologiques en hiver) et/ou en cas de mobilisation sur plusieurs zones d'étude en simultané.

10.3.2.3.3 Moyens nautiques

Tous les navires proposés dans le cadre de ce marché se basent sur une analyse approfondie de l'offre (plus de 30 navires étudiés en 2021 et 2022). Ils ont déjà été utilisés par Biotope lors de missions similaires d'observation de la mégafaune marine. Ces navires ont été audités dans le cadre de suivis sur des fermes pilotes (EFGL, PGL).

Nous disposons ainsi d'habitude de travail et de mise en œuvre des protocoles nautiques avec les équipages proposés.

MOYENS NAUTIQUES POUR LE SECTEUR OCCITANIE (ZONE 1)

Navire principal : Le Marilou (CTM)

Pour la zone 1, le prestataire principal envisagé pour les missions d'expertise visuelle nautique est la compagnie CTM (CATALOGNE TRANSPORTS MARITIMES), basée à Saint Cyprien (66), et qui possède le navire LE MARILOU.





Actuellement utilisé dans le cadre des suivis du projet EFGL, ce moyen nautique est également envisagé pour la réalisation des missions sur la zone 1.

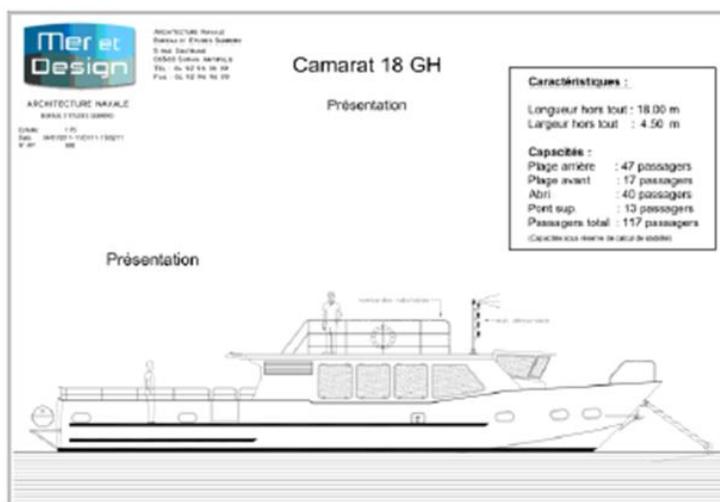
D'autre part, la compagnie CTM dispose d'autres navires en cours d'homologation pour la catégorie 2 et qui pourront faire l'objet d'une mobilisation en cas de besoin.

Figure 52 : Photographie du Marilou, navire de la société Catalogne Transports Maritimes



Caractéristiques du navire :

Figure 53 : Caractéristiques du navire Le Marilou (CTM)



- Port d'embarquement : Leucate, Port Barcarès, Saint Cyprien
- IMO/MMSI : - / 227133270
- Dimensions : 18 M x 4,50 M
- Catégorie : 117 passagers en 4ème – 100 passagers en 3ème – Demande 2eme catégorie en cours
- Contact : Guilhem HUBERT – Gérant – 06 20 73 71 06 - direction@ctm-croisieres.com



Navires secondaires : l'Agate, le Topaze ou l'Onyx (Foselev marine)

La société varoise Foselev Marine, qui a fait l'acquisition en 2022 de deux nouveaux navires de type CTV (Crew Transfer Vessel) afin de développer ses activités d'armateur sur le marché de l'éolien en mer en Méditerranée.

Ces navires datant de 2014 sont l'Agate et le Topaze basés entre la Seyne (83) et Leucate (11), selon les missions.

Ces deux navires jumeaux interviennent sur les projets de fermes pilotes en Méditerranée et disposent de toutes les habilitations et audits nécessaires.

Biotope s'est assuré auprès de Foselev de la mobilisation possible de ces navires et de leur disponibilité pour les missions d'expertise à la journée. Ces deux navires viennent renforcer les capacités de suivis sur les secteurs Occitanie et PACA.

Figure 54 : Photographie du Topaze et de l'Agate, navires de la société Foselev Marine



Caractéristiques du navire (exemple du Topaze) :

Figure 55 : Caractéristiques du navire le Topaze (Foselev Marine)



- Nom du navire : le Topaze
- Port d'embarquement : Fos sur Mer puis à confirmer
- MMSI : 228428900
- Dimensions : 19 M x 7.25 M
- Catégorie : 2eme catégorie (60 MN)
- Contact : Sandrine ROBIN –
Chargée d'affaires – 06 09 75
70 84 -
sandrine.robin@foselevmarine.com

MOYENS NAUTIQUES POUR LE SECTEUR PACA (ZONE 2)

Navire principal : l'Agate (Foselev marine)

Pour la zone 2, le prestataire principal envisagé pour les missions d'expertise visuelle nautique est la compagnie Foselev marine. L'Agate est un des deux CTV similaires acquis par Foselev en 2022. Ce navire a été positionné récemment à Fos-sur-Mer (13).

Biotope s'est assuré auprès de Foselev de la mobilisation possible de ce navire et de sa disponibilité pour les missions de survey à la journée sur le secteur PACA.



Caractéristiques du navire :

Figure 56 : Caractéristiques du navire l'Agate (Foselev Marine)



- Nom du navire : l'Agate
- Port d'embarquement : Leucate
- MMSI : 228428800
- Dimensions : 19 M x 7.25 M
- Catégorie : 2eme catégorie (60 MN)
- Contact : Sandrine ROBIN –
Chargée d'affaires – 06 09 75
70 84 -
sandrine.robin@foselevmarine.com

Navires secondaires : le Topaze et l'Onyx (Foselev marine)

Voir le descriptif du Topaze ci-dessus.



Figure 57 : Photographie du navire l'Onyx (compagnie Foselev Marine)

D'autres navires similaires appartenant à nos compagnies partenaires pourront, en cas d'indisponibilité des moyens nautiques présentés ci-dessus, venir en remplacement. La mise à disposition d'une flotte de navires permettra de disposer de solutions alternatives et garantie ainsi les possibilités de mener à bien les missions attendues dans les délais impartis.



10.3.2.3.4 Sécurité et habilitations

Les bateaux utilisés pour les inventaires en mer disposent de toutes les habilitations et assurances nécessaires. Ils sont équipés des postes d'observation sécurisés en hauteur (hauteur des yeux entre 4,5 et 5 m). Tous les opérateurs seront équipés de gilet de sauvetage hauturiers autogonflant 275N, à déclenchement automatique et équipés de sifflet et lumière.

Les équipages professionnels disposent des habilitations et formations suivantes :

- Livret maritime professionnel.
- Capitaine 200
- Certificat d'enseignement à la sécurité
- Enseignement médical
- Formation à l'encadrement des passagers et à la sécurité des passagers
- Formation « Gestion des situations de crise et de comportement humain à bord des navires à passagers » (conforme à la convention STCW 95)

L'ensemble des observateurs BIOTOPE qui réaliseront les suivis en mer sont titulaires de certificats à jour BOSIET (Basic Offshore Safety Induction and Emergency Training) comprenant le module HUET (Helicopter Underwater Escape Training). Les observateurs sont donc formés et compétents aux situations d'abandon de navire en mer ou à une éventuelle évacuation par hélicoptère. Tous les observateurs sont formés à la saisie des observations sur le formulaire de la tablette et un tutoriel écrit est également disponible. Les observateurs de EcoOcéan Institut et du GOR seront formés à l'automne 2023.

Au vu des actions prévues, les habilitations sont suffisantes pour assurer la sécurité des intervenants, en rappelant que la priorité sera évidemment donnée à l'anticipation des conditions météorologiques et à la préparation du navire, afin d'éviter au maximum tout risque.

Un plan de prévention des risques sera établi avant le lancement des missions et décrira précisément l'ensemble des risques associés aux expertises en mer, les moyens mis en œuvre pour répondre à ces risques, les équipements de sécurité individuels (gilets de sauvetage, lampes, casque, équipements de protection...) et collectifs (canot, matériel d'assistance, etc.) ainsi que les procédures en cas d'incident (secours, mise en sécurité de personnel).

L'ensemble des observateurs suivra une formation sécurité spécifique dispensée par l'équipage du navire.

10.3.2.3.5 Autorisations

Le capitaine se chargera de contacter les affaires maritimes afin de préciser les modalités d'information des affaires maritimes et un éventuel signalement systématique au CROSS.

Une demande d'autorisation au titre du décret n°2017-956 du 10 mai 2017 relatif à la recherche scientifique en mer n'est habituellement pas requise pour ces missions d'expertises en mer par bateau par la PREMAR Méditerranée. Si vous souhaitez cependant solliciter une telle demande, Biotope se chargera de rédiger le dossier de demande dont l'instruction prendra 4 à 6 semaines.

10.3.2.3.6 Mutualisation

Une mutualisation des expertises sera réalisée pour collecter et traiter les données sur l'avifaune, en même temps que celles sur les mammifères marins, tortues marines et autres grands pélagiques.



10.3.2.4 Réalisation des expertises en mer

L'équipe présente sur le bateau sera composée de 5 personnes *a minima* à chaque campagne :

- Un capitaine ;
- Un membre d'équipage ; et
- Trois experts ornithologue / mégafaune marine (observateurs de BIOTOPE, d'EcoOcéan Institut et du GOR).

Les inventaires par bateau sont réalisés sous réserve de conditions de mer favorables (généralement moins de 3/4 Beaufort, train de houle inférieur à 1m - mer peu agitée « niveau 3 sur l'échelle de Douglas » ; conditions de lumière satisfaisante, pas de brouillard, pas de pluie).

10.3.2.5 Avant la sortie

Le responsable de l'organisation des campagnes d'inventaire en mer a la charge l'envoi de toutes notifications par mail demandées (AVURNAV, etc...) en amont et le jour de la campagne. Il fixera l'heure et le lieu du départ avec le skipper et en informera les autres observateurs.

Il s'assurera également que tout le matériel nécessaire (jumelles, GPS, batteries, tablettes de terrain...) pour la campagne soient présents.

Le départ se fera principalement des ports au droit des zones d'étude : Barcarès, Leucate, Port-la-Nouvelle pour la zone 1 - Occitanie et Fos sur mer, Port de Bouc, Carro pour la zone 2 - PACA.

Une feuille d'embarquement du personnel embarqué sera remplie à chaque campagne en mer. Un briefing préalable sera adressé à l'ensemble du personnel par le chef de projet afin de rappeler les objectifs de la mission, le rôle de chacun, les risques et les mesures de prévention associées.

10.3.2.6 Pendant la sortie

Le bateau suit un parcours prédéfini (les transects) à vitesse limitée (moyenne de 12 / 13 nœuds). Le capitaine annonce le début, la fin ainsi que le numéro de chaque transect. Il maintient le cap et la vitesse constante, ne s'écartant du trajet défini uniquement pour des raisons de sécurité (trafic maritime...). Les transects sont entrés dans un GPS de bord servant uniquement à la navigation. Cette expérience garantit la bonne réalisation des transects et des suivis par bateau.

Toutes les données (météorologiques et observations) sont saisies sur une tablette de terrain grâce à un formulaire spécialement conçu pour l'application QField (basée sur le logiciel QGis). Les observateurs noteront à chaque début de transect, ou dès lors que les conditions changent, les données météorologiques, le nom de l'observateur et le côté scruté (bâbord ou tribord).

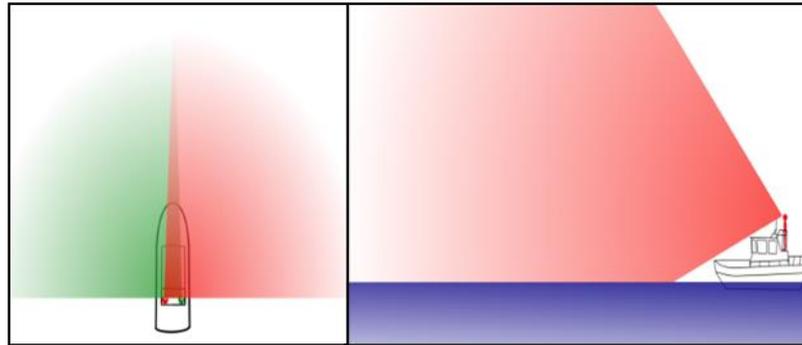
Au départ du port, le chef de mission déclenchera le GPS afin d'avoir une trace de la position du navire lors de la campagne. En doublon, cette trace peut également être activée sur le formulaire de saisie sur la tablette de terrain.

Deux observateurs, experts oiseaux / mégafaune marine et formés aux exigences du protocole, couvrent chacun un champ visuel complémentaire de 90° sur le quart avant du bateau en mouvement (Komdeur et al., 1992⁵).

⁵ Komdeur, J., Bertelsen, J., Cracknell, G., 1992. Manual for aeroplane and ship surveys of waterfowl and seabirds. IWRB, Slimbridge.



Figure 58 : Principe de l'observation en mer sur la zone d'échantillonnage (Source : Bretagne vivante & Biotope, 2018)



Les oiseaux sont détectés visuellement à l'œil nu ou auditivement et sont ensuite identifiés si nécessaire à l'aide de jumelles (Camphuysen et al., 2004⁶). Aucune limite de distance de détection n'est fixée mais l'attention est principalement portée sur une bande de 0 à 300 mètres. Cette distance de 300 mètres est la valeur protocolée recommandée dans les études internationales (Banks et al., 2006,⁷ Camphuysen et al., 2004).

Les individus observés sont précisément localisés sur le cadran de la tablette de terrain. Le cadran permet de localiser l'individu observé en fonction de la distance et de l'angle au bateau. Plusieurs informations sont automatiquement consignées avec l'observation (distance, angle, cap du bateau, vitesse du bateau, sens (côte ou large), coordonnées, numéro de transect...). Un formulaire s'affiche ensuite sur la droite pour renseigner les informations de l'individu observé (espèce, effectif, en vol ou posé, etc...).

Figure 59 : Cadran géoréférencé du formulaire de saisie sur tablette de terrain. Le point noir au centre est la localisation du navire en navigation. Des cercles gris sont schématisés tous les 100 m à distance du navire.

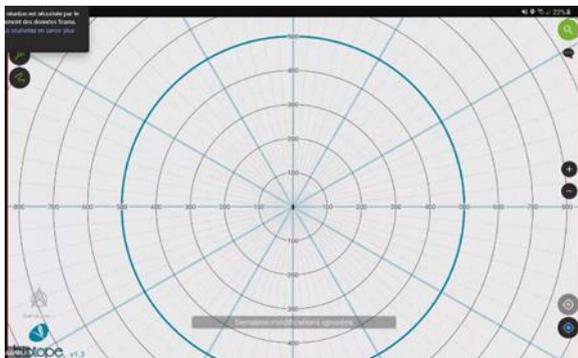
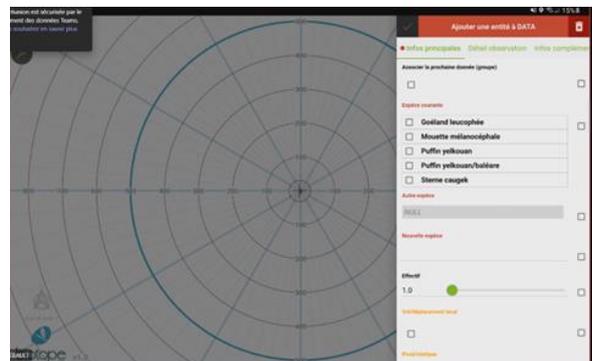


Figure 60 : Formulaire de saisie d'une observation, qui s'affiche à droite de l'interface de la tablette, après avoir positionnée l'observation sur le cadran.



Les oiseaux posés et en vol sont comptés en permanence durant les transects. En complément, les oiseaux en vol seront comptés en utilisant la technique du « Snapshot » ou comptage instantané (Camphuysen et al., 2004) qui consiste à comptabiliser tous les individus à intervalles réguliers (minutes ou mètres) dans un rayon de 300 m à 360°. Une alarme, paramétrée au départ du port, est déclenchée automatiquement depuis la tablette aux intervalles choisis. Une case est à cocher dans le formulaire pour les observations spécifiquement réalisées durant cette technique.

⁶ <https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/Camphuysen-et-al-2004-COWRIE.pdf>

⁷ Banks, A.N., Maclean, I.M.D., Burton, N.H.K., Austin, G.E., Carter, N., Chamberlain, D.E., Holt, C., Rehfish, M.M., 2006. The Potential Effects on Birds of the Greater Gabbard Offshore Wind Farm Report for February 2004 to April 2006



La technique du snapshot permet de s'affranchir du biais de détectabilité des individus en fonction de leur axe et leur vitesse de vol relative au bateau. Les oiseaux en vol observés entre les snapshot sont également comptabilisés pour caractériser le flux d'oiseaux. Ces comptages dédiés des oiseaux en vol sont particulièrement importants pour détecter les oiseaux en altitude.

Une rotation des observateurs sera assurée tous les transects afin de garantir une attention optimale durant toute la période d'échantillonnage. Ceci est d'autant plus important que les comptages visuels auront lieu en continu en période diurne, sur les transects et inter-transects.

10.3.2.7 Données collectées lors des inventaires

Au cours des transects, les observations et les conditions météorologiques sont saisies instantanément dans le formulaire QField. Les informations collectées sur la mégafaune marine (mammifères marins, oiseaux, requins, grands poissons, tortues) et les activités humaines (bateaux, déchets, etc.) suivent les recommandations des protocoles préalablement cités.

Les informations suivantes sont notées (certaines informations sont dédiées à l'avifaune ou aux mammifères marins uniquement).

Tableau 18 : Données collectées pour les observations de la mégafaune marine (formulaire QField BIOTOPE).

Informations	Description
Région	Zone d'étude (ex : NEA = Atlantique Nord-Est)
Campagne	Nom de la campagne ou projet
Sous-région	Sous-région (ATL, MAN, MED)
Cycle	Cycle de la ca : pagne
Session	Numéro de campagne
Navire	Nom du navire
Plateforme	Type de plateforme d'observation (intérieur, extérieur, etc...)
Hauteur de la plateforme	Hauteur de la plateforme
Strate	Catégorie de la strate (N= néritique, O= océanique, P= pente)
Mode de saisie	Quadrant tablette ou formulaire papier
Point GPS du bateau	Coordonnées GPS du bateau au moment de l'observation en degrés décimaux – WGS 84 (complétée de manière automatisée sur le formulaire)
Point GPS de l'observation	Coordonnées GPS projetées du point d'observation en degrés décimaux – WGS 84 (complétée de manière automatisée sur le formulaire)
Transect	Numéro de transect (complétée de manière automatisée sur le formulaire)
Sens	Vers la côte ou vers le large (complétée de manière automatisée sur le formulaire)
Date	JJ/MM/AAAA (complétée de manière automatisée sur le formulaire)
Heure	HH :MM : SS (complétée de manière automatisée sur le formulaire)
Nombre de tablettes utilisées	Nombre de tablettes utilisées (à remplir au début de la campagne)
Observateur	Le nom de l'observateur
Bord suivi par l'observateur	Bâbord ou tribord
Vitesse du bateau	En nœuds. Donnée complétée de manière automatisée sur le formulaire
Cap du bateau	En degrés. Donnée complétée de manière automatisée sur le formulaire
Espèce	Le nom commun de l'espèce identifiée
Code espèce	Le code espèce associé listé en annexe 2 sera rajouté dans la base de données a posteriori



Informations	Description
Famille	La famille associée au code espèce listé en annexe 2 sera rajouté dans la base de données a posteriori
Groupe taxonomique	Le groupe taxonomique associé au code espèce listé en annexe 2 sera rajouté dans la base de données a posteriori
Nom latin	Le nom latin associé au code espèce listé en annexe 2 sera rajouté dans la base de données a posteriori
Nombre	Le nombre d'individus observés
Angle d'observation	Angle d'observation de l'oiseau en degré (complétée de manière automatisée sur le formulaire)
Distance	L'estimation de la distance de l'individu en mètres (complétée de manière automatisée sur le formulaire)
Gisement	Donnée complétée de manière automatisée sur le formulaire
Distance télémètre	L'estimation de la distance de l'individu en mètres à l'aide d'un télémètre
Comportement	Le comportement de l'oiseau (en vol, posé, sur un reposoir ou suivant un bateau) ou du mammifère marin
Alimentation	L'activité de pêche de l'oiseau : en recherche alimentaire ou non
Réaction au bateau	La réaction de l'oiseau au bateau d'observation : neutre, attraction, répulsion, fuite ou suit le bateau
Age	L'âge de l'individu observé si possible : juvénile, immature, adulte ou le code d'âge recommandé par le CRBPO (centre de recherche par le baguage des populations d'oiseaux)
Plumage	Le stade du plumage si possible : nuptial ou inter-nuptial
Mue	Le stade de mue si celui-ci est observé
Hauteur de vol	La hauteur de vol moyenne estimée de l'individu en mètre
Hauteur télémètre	L'estimation de la hauteur de vol de l'individu en mètres à l'aide d'un télémètre (dans la mesure du possible)
Direction de déplacement	L'axe de vol de l'individu exprimé en degrés (complétée de manière automatisée sur le formulaire)
Snapshot	Individu observé pendant un snapshot ou non

NB : concernant les mesures des distances, elles seront réalisées « à l'estime » pour les oiseaux en vol (distance estimée en mètre) et les oiseaux posés avec utilisation ponctuelle de jumelles télémétriques. Les distances ne seront pas estimées par classe, afin de permettre une exploitation maximale des données (notamment estimations des effectifs par Distance sampling).

Les hauteurs de vol lors des expertises par bateau sont estimées à dire d'expert, le plus précisément possible ou à l'aide de jumelles télémétriques. Les champs "distance télémètre" et "hauteur télémètre" sont uniquement renseignés lors de l'utilisation de jumelles télémétriques. Lors du pointage d'une observation sur le cadran de l'application de saisie des données, une donnée de distance précise est associée à l'observation et non pas une classe de distance. En l'absence d'utilisation de télémètre, les distances sont estimées le plus précisément possible, sans rattachement a priori à une classe de distance. A l'usage, cette approche nous semble apporter plus de flexibilité dans le traitement des données (il est possible de les rattacher à posteriori à des classes de distances, ou non selon l'usage).

Les estimations visuelles des hauteurs de vol lors des expertises par bateau sont fiabilisées par la réalisation de snapshot (expertise dédiée des oiseaux en vol), mais restent soumises à des biais d'observation importants (pas de structure haute en mer permettant de servir de repère).

Un taux de détermination maximal sera visé lors des expertises.



Tableau 19 : Données récoltées sur les conditions météorologiques

Information	Description				
Vitesse du vent / Vitesse du vent	Notation QField	Equivalence en Beaufort	Description	Aspect de la mer	Vent (vitesse en nœuds et direction)
	Nul	0	Calme	Mer lisse comme un miroir	>1
	Nul à faible	1	Très légère brise	Quelques rides ressemblant à des écailles de poissons, mais sans aucune écume	1 à 3
	Faible	2	Légère brise	Petites vaguelettes ne déferlant pas, toujours d'apparence lisses	4 à 6
	Faible à modéré	3	Petite brise	Grandes vaguelettes. Les crêtes commencent à déferler. Ecume d'aspect vitreux. Parfois quelques moutons épars	7 à 10
	Modéré	4	Jolie brise	Petites vagues devenant plus longues, moutons assez fréquents	11 à 15
	Fort	5	Bonne brise	Vagues modérées longues, moutons et éventuellement embruns	16 à 21
Remarque : aucune mission n'est engagée pour des vitesses de vent établies supérieure à 4 Bft. Classiquement, les vitesses de vent recherchées sont inférieures ou égales à 3 Bft.					
Direction du vent	En degrés. Angle horaire par rapport au cap du bateau.				
Hauteur de houle	En mètres				
Direction de la houle	En degrés.				
Hauteur de vague	En mètres				
Détectabilité	Brume ; Mauvaise ; Moyenne ; Bonne ; Très bonne ; Illimité				
Visibilité	En classes de distance				
Réflexion des nuages	Angle horaire par rapport au cap du bateau				
Couverture nuageuse	De 0 à 100% (couverture nuageuse maximale)				
Précipitations	Absente ; Très faible ; Faible ; Modérée ; Forte				
Intensité d'éblouissement	Nul - aucun éblouissement Faible - réverbération peu gênante Moyen - réverbération pouvant gêner partiellement la détection Fort - réverbération marquée très handicapante				
Zone d'éblouissement	Exprimée en heures (plusieurs choix sont sélectionnables en même temps)				
Commentaires	Informations complémentaires si besoin				
Synthèse des conditions d'observation	Très favorable ; Favorable ; Moyennement favorable ; Peu favorable ; Défavorable				

Les paramètres météorologiques sont systématiquement relevés en début de transects ainsi qu'à chaque changement de conditions observés. Afin de garantir la bonne prise en compte des informations météorologiques en cas de changement, une alerte de mise à jour des informations météorologiques peut être programmée par l'application utilisée par Biotope (entre 0 et 60 min pour les suivis nautiques).



10.3.2.8 Compilation des données collectées et compte-rendu de campagne

10.3.2.8.1 Après la sortie

Après chaque sortie, le responsable terrain téléchargera immédiatement les tables d'attributs du formulaire Qfield sur la base de données dédiée (spécialement conçue pour intégrer les résultats du formulaire). Le fichier waypoint du GPS sera également téléchargé pour garder une trace de la position du navire lors de la campagne.

Une vérification des données dans la base sera effectuée après chaque campagne.

10.3.2.8.2 Compte-rendu de campagne

Après chaque campagne, un compte-rendu sera envoyé contenant un ou plusieurs tableaux de synthèse des bilans d'observation, des cartes d'observations et des figures de hauteurs de vol par exemple.

Une synthèse rédigée sur les conditions météorologiques et les principaux traits marquants des inventaires seront également présents.

Figure 61 : Exemple de tableaux de synthèse présents dans le compte rendu d'une campagne nautique

Conditions météorologiques observées :

N° de transect	Date	Hauteur houle (m)	Hauteur vagues (m)	Vent	Visibilité	Couverture nuageuse	Précipitations	Synthèse des conditions d'observations
T1	06/05/2022	0	0,25	Nul à faible	Illimité	10	Absentes	Très favorables
T2	06/05/2022	0	0,25	Nul à faible	Illimité	10	Absentes	Favorables
T3	06/05/2022	0	0,25	Nul à faible	Illimité	10	Absentes	Favorables
T4	06/05/2022	0	0,25	Nul à faible	Illimité	10	Absentes	Favorables
T5	06/05/2022	0	0,25	Nul à faible	Illimité	10	Absentes	Favorables
T6	06/05/2022	0	0,25	Faible à modéré	Illimité	10	Absentes	Favorables

Commentaires : RAS.

2.3 Espèces observées et effectifs associés

Nom vernaculaire	Nombre de contacts (% ^{est})	Effectifs cumulés (% ^{est})
Fou de Bassan	97 (56.4%)	1039 (57.72%)
Goéland argenté	32 (18.6%)	98 (5.44%)
Mouette tridactyle	11 (6.4%)	18 (1%)
Fulmar boréal	11 (6.4%)	11 (0.61%)
Goéland sp.	9 (5.23%)	611 (33.95%)
Guillemot de Troil	5 (2.91%)	10 (0.56%)
Grand cormoran	2 (1.16%)	3 (0.17%)
Goéland marin	2 (1.16%)	2 (0.11%)
Macreuse noire	2 (1.16%)	7 (0.39%)
Plongeon calmarin	1 (0.58%)	1 (0.06%)
Total général	172 (100%)	1800 (100%)

10.3.2.9 Risques

Les bateaux utilisés pour les inventaires en mer disposent de toutes les habilitations et assurances nécessaires. Ils sont équipés des postes d'observation sécurisés en hauteur (hauteur des yeux entre 4,5 et 5 m). Tous les opérateurs seront équipés de gilet de sauvetage hauturiers autogonflant 275N, à déclenchement automatique et équipés de sifflet et lumière.

Les équipages professionnels disposent des habilitations et formations suivantes :

- Livret maritime professionnel.
- Capitaine 200
- Certificat d'enseignement à la sécurité
- Enseignement médical
- Formation à l'encadrement des passagers et à la sécurité des passagers



- Formation « Gestion des situations de crise et de comportement humain à bord des navires à passagers » (conforme à la convention STCW 95)

L'ensemble des observateurs BIOTOPE qui réaliseront les suivis en mer sont titulaires de certificats à jour BOSIET (*Basic Offshore Safety Induction and Emergency Training*) comprenant le module HUET (*Helicopter Underwater Escape Training*). Les observateurs sont donc formés et compétents aux situations d'abandon de navire en mer ou à une éventuelle évacuation par hélicoptère. Tous les observateurs sont formés à la saisie des observations sur le formulaire de la tablette et un tutoriel écrit est également disponible. Les observateurs de EcoOcéan Institut et du GOR seront formés à l'automne 2022.

Au vu des actions prévues, les habilitations sont suffisantes pour assurer la sécurité des intervenants, en rappelant que la priorité sera évidemment donnée à l'anticipation des conditions météorologiques et à la préparation du navire, afin d'éviter au maximum tout risque.

Un **plan de prévention des risques** sera établi avant le lancement des missions et décrira précisément l'ensemble des risques associés aux expertises en mer, les moyens mis en œuvre pour répondre à ces risques, les équipements de sécurité individuels (gilets de sauvetage, lampes, casque, équipements de protection...) et collectifs (canot, matériel d'assistance, etc.) ainsi que les procédures en cas d'incident (secours, mise en sécurité de personnel).

L'ensemble des observateurs suivra une formation sécurité spécifique dispensée par l'équipage du navire.

Du point de vue opérationnel, la réalisation des expertises en mer est fortement contrainte par les conditions météo-océaniques. Les périodes hivernales et l'inter-saisons (fin d'automne, début du printemps) sont souvent très contraintes et des reports de missions sont parfois nécessaires afin d'assurer la sécurité du personnel et de respecter le protocole d'acquisition des données en mer. Certaines sessions pourront ainsi faire l'objet de report.

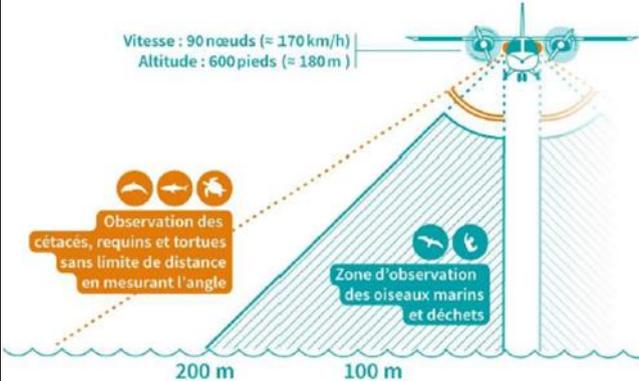


10.4 EXPERTISES VISUELLES PAR AVIONS

10.4.1 Fiche protocole synthétique

Le tableau ci-dessous permet de présenter de manière synthétique l'ensemble des caractéristiques du protocole détaillé dans les pages ci-dessus.

Tableau 20 : Fiche protocole synthétique des expertises visuelles par avion

-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --	
 MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE	<h1>Expertises visuelles par avion</h1>
Composante avifaune et mégafaune marine	
OBJECTIFS ET PARAMETRES	
<p>Cette expertise s'inspire du protocole mis en œuvre dans le cadre des campagnes SAMM et élaboré par l'observatoire PELAGIS.</p> <p>Caractériser la diversité spécifique, la distribution, les variations spatio-temporelles, les activités (vol, alimentation, repos), effectifs des oiseaux marins et migrateurs au niveau et à proximité des projets (zone d'influence).</p> <p>Les données collectées viendront renforcer des connaissances générales disponibles ou acquises via d'autres programmes.</p> <p>Caractériser les secteurs à forte fonctionnalité.</p> <p>Estimer les effectifs.</p> <p>Caractériser les enjeux relatifs aux oiseaux et mammifères marins.</p>	
DESCRIPTION DU PROTOCOLE	
Stratégie d'échantillonnage :	<ul style="list-style-type: none"> - Expertises par transects linéaires - Propositions d'espacement inter transects : 5 km - Propositions de zones tampons : 20 km - 627 km de transects (zone 1) et 624 km de transects (zone 2) - Taux de couverture : environ 10 % (détails dans le protocole détaillé) - Possibilité d'ajuster les interdistances et les aires d'étude selon exigences du comité de suivi (implique une modification des couts et/ou taux de couverture) 
Effort d'échantillonnage :	<p>4 sessions d'expertises aériennes réparties la première année, menées en simultanément avec les expertises digitales des mois correspondants, afin de calibrer les deux méthodes.</p>



-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --												
Paramètres mesurés :	<ul style="list-style-type: none"> - Identification des espèces - Présences rapportées à l'effort d'inventaire, permettant analyse de la phénologie de présence et des abondance/densité selon jeu de données récoltés - Comportements et hauteurs de vol 											
Principaux avantages de la méthode :	<ul style="list-style-type: none"> - Couverture surfacique relativement importante. - Détection en surplomb facilitant le repérage des mammifères marins et des groupes d'oiseaux. - Impact limité sur le comportement des oiseaux (vol à 180 m). - Coûts modérés (rapportés au km d'expertise). 											
Limites de la méthode :	<ul style="list-style-type: none"> - Difficultés pour trouver des créneaux de bonnes conditions en hiver. - Perturbation possible des oiseaux les plus sensibles (vol basse altitude). - Qualité des observations très dépendante des conditions d'observation et de l'expérience des observateurs (biais observateur). - Forte dépendance aux compétences des observateurs et à leur vigilance (pas de vérification / contrôle des observations). - Taux de détermination à l'espèce pouvant être assez faibles pour des groupes difficiles (alcidés, plongeurs, laridés, sternes). - Détection limitée des plus petites espèces (océanites). 											
TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNEES												
<ul style="list-style-type: none"> - Description de la phénologie de l'abondance des différentes espèces ou groupes d'espèces, - Description de la répartition spatiale des différentes espèces ou groupes d'espèces. - Analyse selon différentes méthodes statistiques (Distance sampling, Strip transects,) - Analyse descriptive des comportements et des hauteurs de vol 												
CALENDRIER DE CAMPAGNE												
Sur chaque zone, 4 campagnes de 1j sur la première année : début prévisionnel en janvier 2024 (selon obtention des autorisations RSM, disponibilité des moyens aériens et conditions météorologiques).												
Année 1	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes												
Année 2	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes	X			X			X			X		
Année 3	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes												
MOYENS												
Matériel	<ul style="list-style-type: none"> - Ordinateurs de saisie avec logiciel SAMMOA - GPS In Reach - Clinomètres SUUNTO PM5-360° - Gilets aéronautiques - Canots de survie comportant entre autres un nécessaire de survie ainsi qu'une balise de détresse 											
Moyens humains	<ul style="list-style-type: none"> - Expertises réalisées par des experts ornithologues / mammalogistes - 8 personnes expérimentées disponibles – formés BOSIET et logiciel SAMMOA - Forte capacité de mobilisation selon besoins et conditions météorologiques 											

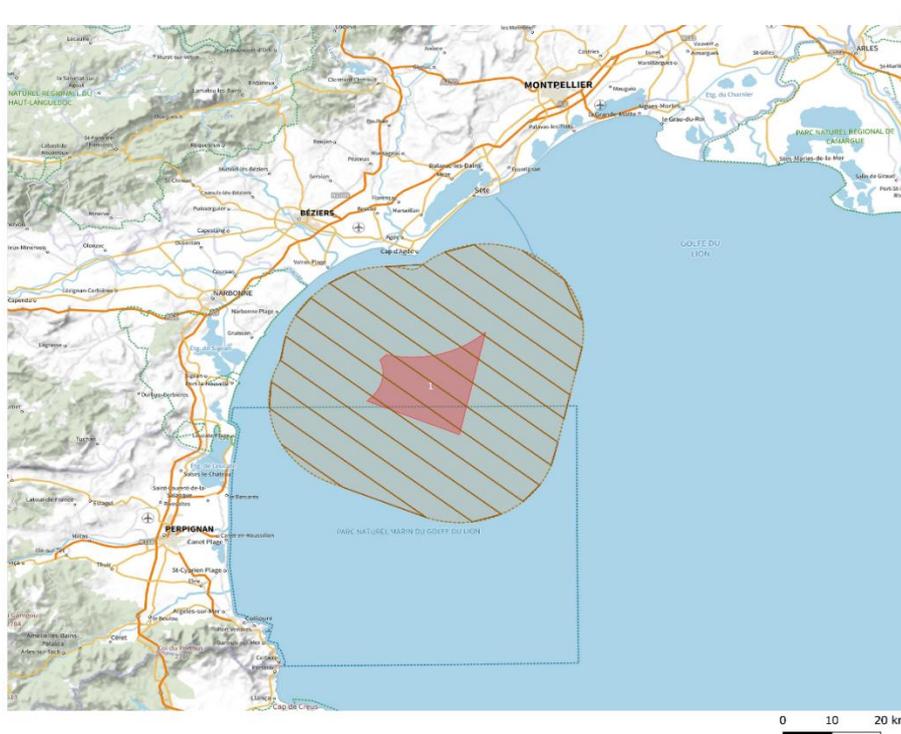


-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --	
Moyens aériens	<ul style="list-style-type: none"> - Avions type Partenavia P68 - bimoteurs, ailes hautes avec hublots bulles, spécialisés dans la surveillance aérienne et disposant d'une autonomie de plus de 900 km de transects - CESSNA 337 Skymaster « Push-Pull » - F 337 G special survey - Avions bimoteurs en ligne, à ailes hautes, hublots bulle et spécialisés dans la surveillance en mer
Mutualisation éventuelle	Mutualisation avifaune avec les mammifères marins, tortues marines et autres grands pélagiques
Responsables et équipes mobilisées	Organisme : Biotope Responsable : Florian LECORPS Chef de projet : Nicolas DELELIS Suppléant : Valentine ANDRE
	Organisme : EcoOcean Institut Observateurs – ornithologues : Nathalie Di Meglio / Léa DAVID
	Organisme : Groupe Ornithologique du Roussillon Observateurs – ornithologues : Florian OLIVIER
Risque et mesures associées :	<ul style="list-style-type: none"> - Risques expertises en mer (maîtrisés, nombreux PDP et PPSPS) : les prestataires moyens aériens sont expérimentés et respectent les exigences HSE - Aléas météo-océaniques : fortes capacités de mobilisation des équipes en fonction des fenêtres météorologiques et bonnes capacités d'analyse des conditions météorologiques favorables (savoir-faire) - Aléas techniques - Indisponibilité des moyens aériens (pannes etc...)
CARTE DE REPRESENTATION SCHEMATIQUE DU PROTOCOLE	
Ci-dessous des cartes réalisées avec des exemples de transects espacés de 4km, pour les zones 1 et 2. Le protocole détaillé ci-dessous fournit d'autres exemples d'espacement entre transects.	



10. SUIVI DE LA MÉGAFAUNE (AVIFAUNE MARINE, AVIFAUNE MIGRATRICE, MAMMIFÈRES MARINS, GRANDS PÉLAGIQUES) ET DES CHIROPTÈRES

-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --



MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE
Léonard
Laurin
Flechner

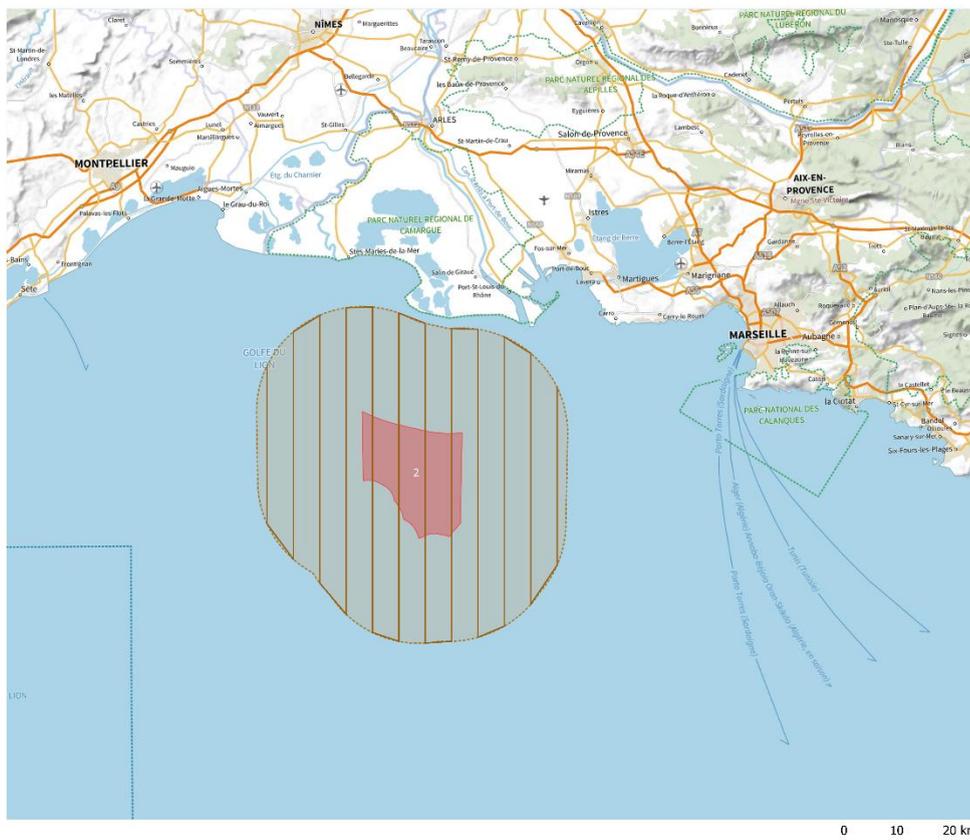
Proposition de protocoles de suivi aérien de la zone 1

Projet éolien Méditerranée (ADE)

- Zone de projet
- Zone Tampon 20km
- Transects aériens

Aire de la zone 1 de projet : 295 km²

- Zone Tampon de 20 km :
- Superficie : 3107 km²
 - Nombre de transects : 14
 - Longueur de transects : 627 km
 - Longueur des intertransects : 92 km
 - Espacement entre transects : 5km



MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE
Léonard
Laurin
Flechner

Proposition de protocoles de suivi aérien de la zone 2

Projet éolien Méditerranée (AO6)

- Zone de projet
- Zone Tampon 20km
- Transects aériens

Aire de la zone 2 de projet : 312 km²

- Zone Tampon de 20 km :
- Superficie : 3070 km²
 - Nombre de transects : 12
 - Longueur de transects : 624 km
 - Longueur des intertransects : 68 km
 - Espacement entre transects : 5km





10.4.2 Protocole détaillé

10.4.2.1 Objectifs et principe

Les campagnes aériennes ont pour objectifs de caractériser la fréquentation et l'utilisation de la zone du projet et ses abords (zone d'influence du futur parc éolien en mer) en premier lieu par l'avifaune marine et les mammifères marins mais également par l'avifaune migratrice. Les informations collectées permettent de décrire les patterns de phénologie de présence des principales espèces selon les mois et périodes de l'année, de caractériser la distribution des espèces au sein des zones de suivi, d'identifier des secteurs à forte fonctionnalité (repos, alimentation...), d'estimer les densités des principales espèces ou groupes d'espèces, la saisonnalité de présence et l'utilisation spatio-temporelle de la zone. Les expertises en mer sont essentielles pour bien caractériser les rôles fonctionnels que joue une aire d'étude pour la mégafaune marine, les états initiaux relatifs aux projets de parcs éoliens en mer amènent généralement à une très forte augmentation du niveau de connaissances sur les sites suivis.

Les expertises aériennes permettent de couvrir une surface beaucoup plus importante et plus rapidement que les expertises nautiques visuelles qui sont mises en œuvre à bord de navire dédié. En complément des inventaires par bateau, les inventaires depuis un avion permettent ainsi de rapporter l'intérêt de la zone de projet et de l'aire d'étude rapprochée à un contexte géographique plus large (échelle de l'aire d'étude éloignée, zone d'influence).

Dans le cas particulier des zones de projet éolien de l'AO6 (zone 1 Occitanie et zone 2 PACA), deux caractéristiques importantes devront être prises en compte dans le choix des protocoles :

- La taille relativement importante des zones propices (environ 295 km pour la zone 1 et 312 km pour la zone 2), qui implique des aires d'étude assez vastes, tant pour des expertises par bateau que par avion ;

En ce sens, les expertises aériennes semblent à privilégier, avec des expertises par bateau plus ponctuelles.

Le principe des campagnes aériennes repose sur l'observation depuis un avion à ailes hautes équipé de hublots-bulle, le long de transects linéaires préalablement définis. Cette méthode permet de couvrir une surface beaucoup plus importante et plus rapidement (de l'ordre de 1500 à 2000 km² / jour, en moyenne 500 à 700 km de transects), et avec un coût moindre que les expertises nautiques visuelles qui sont mises en œuvre à bord de navire dédié.

En complément des inventaires par bateau, les inventaires depuis un avion permettent ainsi de rapporter l'intérêt de la zone de projet et de l'aire d'étude rapprochée à un contexte géographique plus large (échelle de l'aire d'étude éloignée, zone d'influence).

Certains groupes d'espèces sont plus difficiles à détecter ou à identifier en avion mais les résultats sont globalement très satisfaisants.

10.4.2.2 Description du protocole

Le protocole présenté s'inspire du cahier technique de l'observatoire PELAGIS relatif à la méthodologie de mise en œuvre des campagnes d'observation aérienne de la mégafaune marine :

Dorémus G., Laran S., Van Canneyt O. 2020.

Guide méthodologique des campagnes d'observation aérienne de la mégafaune marine. Cahier technique de l'observatoire PELAGIS sur le suivi de la mégafaune marine. La Rochelle Université et CNRS, 59 pages.



10.4.2.2.1 Effort d'échantillonnage

DESIGN DES TRANSECTS

La méthode Before After Gradient est une méthode d'analyse employée dans de nombreuses études de l'impact de l'exploitation des énergies marines sur la mégafaune marine (fermes offshore de Neart na Gaoithe, Nysted et Horns Rev et Arlow Bank ...). Le terme de « Gradient » vient du fait que les mesures sont effectuées à des distances variables autour du site impacté (Ellis et Schneider, 1997). L'impact est alors mesuré en observant l'évolution des mesures avec la distance jusqu'à leur stabilisation (état de référence dans l'espace). La comparaison « Before-After » permet quant à elle de garantir que l'évolution des mesures qui est observée après l'impact est bien distincte de l'évolution des mesures observées dans un état normal du site (état de référence dans le temps) que nous proposons de retenir dans le cadre du projet pour définir les aires d'étude et méthodes de l'état initial sur les oiseaux en prévision du futur suivi des impacts sur la mégafaune marine, possède plusieurs avantages sur la méthode BACI :

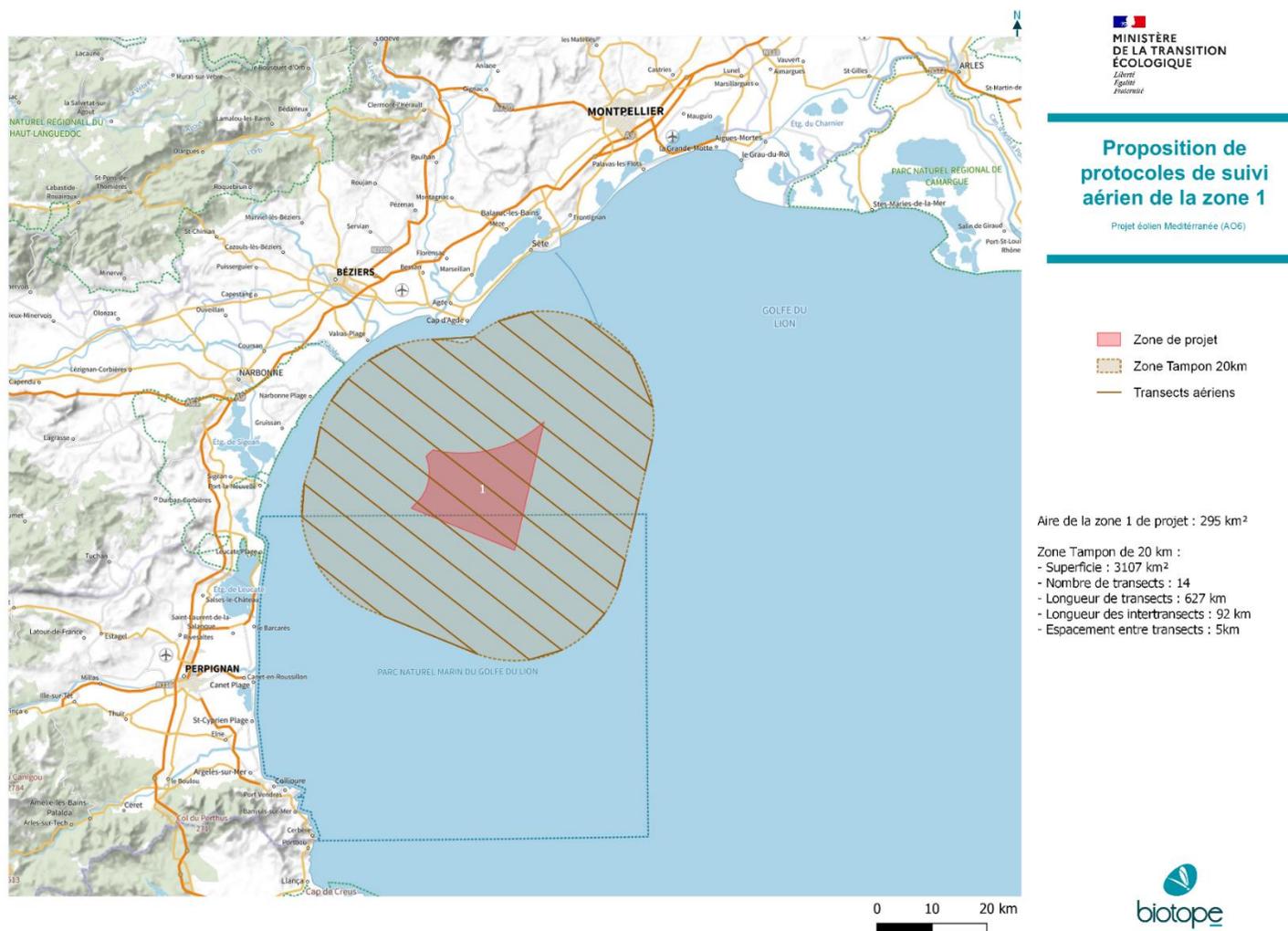
- Elle contourne le problème de la sélection de sites témoins véritablement indépendants, problème particulièrement ardu dans le contexte « mégafaune marine » ;
- Quand l'impact s'atténue graduellement à partir de sa source (ce qui apparaît comme une hypothèse raisonnable) elle permet alors de mesurer l'intensité de l'impact avec plus de précision et sur l'ensemble de sa portée spatiale ;
- L'échelle spatiale à laquelle des impacts peuvent potentiellement être détectés est évidente, c'est la distance couverte par le gradient de distance.
- Les résultats issus de ces analyses ne sont pas particulièrement difficiles à présenter ou à comprendre.

En conséquence, les aires d'étude des expertises aériennes de l'avifaune et de la mégafaune se basent sur l'approche BAG (zones tampon autour des zones de développement).

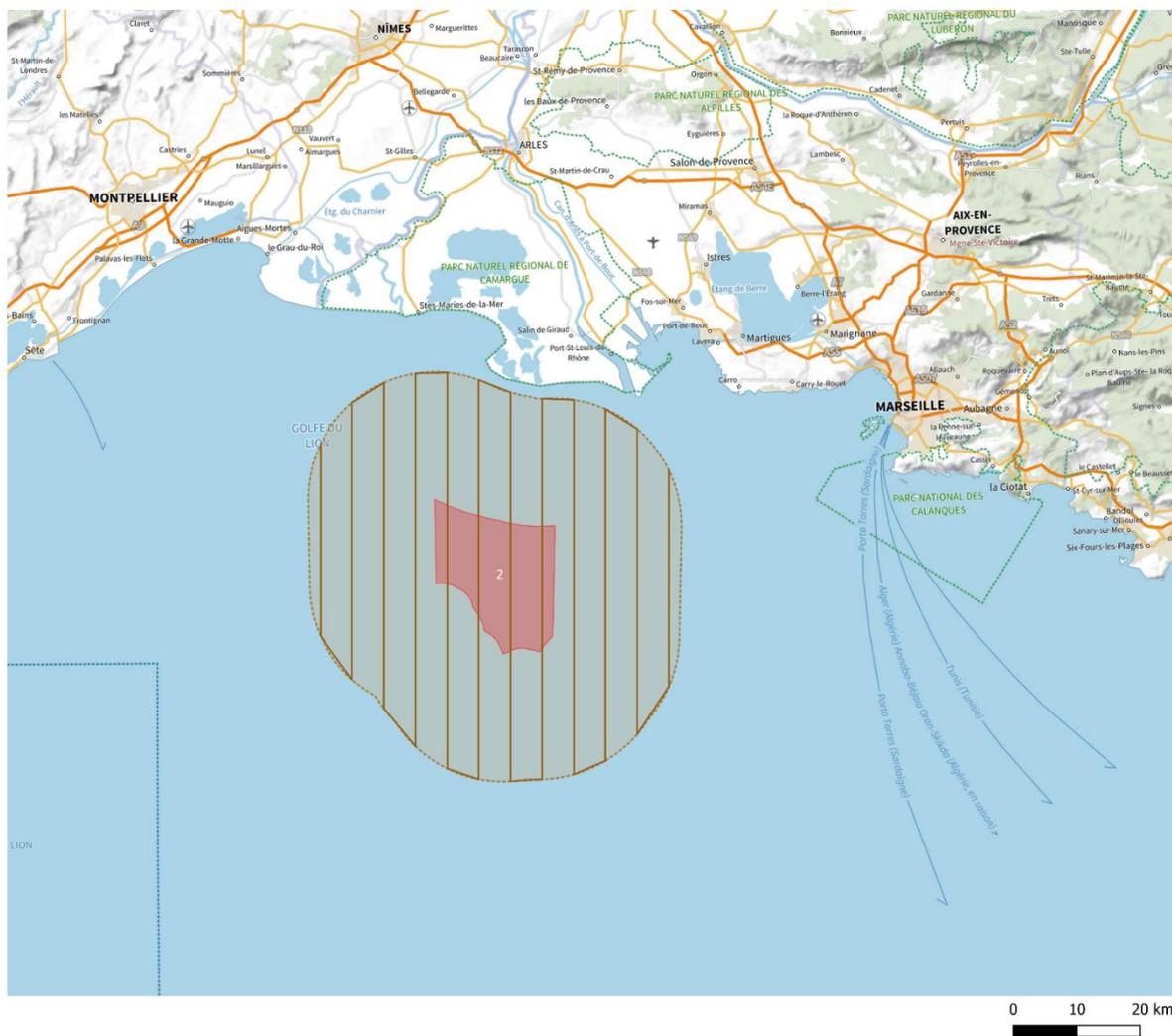
Des transects par avion sont présentés sur les cartes ci-dessous au sein d'aires d'étude de 15 et 20 km autour de la zone. Les distances d'effets observés même pour les espèces d'oiseaux les plus sensibles vont jusqu'à 12 / 15 km d'effet déplacement observé pour des espèces comme les plongeurs sur certains parcs du nord-ouest de l'Europe. Par ailleurs, selon les modalités de construction, des effets déplacement peuvent être importants pour les mammifères marins également.



Carte 5 : Proposition de protocole de suivis visuels par avion pour la zone 1 avec des transects espacés de 4 km



Carte 6 : Proposition de protocole de suivis visuels par avion pour la zone 1 avec des transects espacés de 4 km



MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE
 Littoral
 Pêche
 Pisciculture

Proposition de protocoles de suivi aérien de la zone 2

Projet éolien Méditerranée (AO6)

- Zone de projet
- Zone Tampon 20km
- Transects aériens

Aire de la zone 2 de projet : 312 km²

- Zone Tampon de 20 km :
- Superficie : 3070 km²
 - Nombre de transects : 12
 - Longueur de transects : 624 km
 - Longueur des intertransects : 68 km
 - Espacement entre transects : 5km





Remarque importante : ces cartes constituent des illustrations de ce que pourraient être les aires d'étude par avion ainsi que les transects. Ceux-ci seront bien entendu décidés à l'issue d'un travail de réflexion et de décision, sur la base des éléments suivants.

ZONES	DISTANCES INTERTRANSECTS (IT)	ZONES TAMPONS (ZT)	LONGUEUR TRANSECTS + IT	Taux de COUVERTURE
1	4 km	15 km	613	10 %
		20 km	849	9,9 %
	5 km	15 km	518	8,1 %
		20 km	719	8,1 %
2	4 km	15 km	588	10,0 %
		20 km	815	9,8 %
	5 km	15 km	492	8,2 %
		20 km	692	8,1 %

Avec des distances entre transects de 5 km, le taux de couverture en expertises aériennes visuelles (en se basant sur une largeur de détection de 200 m de part et d'autre) est inférieur à 10% pour des zones tampons de 15 à 20 km. Le choix de réduire les distances entre transects augmente le taux de couverture, mais également les distances totales et donc les durées de vol et coûts.

FREQUENCE DES INVENTAIRES ET VEILLE METEO

Nous préconisons 4 sessions d'expertises aériennes visuelles la première année, soit une par trimestre, afin de calibrer les suivis avec les expertises aériennes haute altitude.

Les conditions de réalisation des expertises aériennes sont différentes de celles des expertises par bateau.

Les expertises aériennes sont contraintes par les conditions de vol (pas de pluie, pas de brouillard, plafond nuageux au-dessus de la hauteur de vol de l'avion) et un peu moins par l'état de mer (visibilité, détection des animaux ; maximum état de mer 3).

Nous calons préférentiellement les campagnes en début de quinzaine, pour laisser la place à un repli à l'intérieur de la même quinzaine le cas échéant.

Nous prêterons bien évidemment une attention forte aux conditions météorologiques lors de la planification des sorties en mer.

10.4.2.2.2 Paramètres mesurés

Le présent protocole s'inspire du programme SAMM mis en œuvre par l'observatoire PELAGIS. Il permet de mesurer les paramètres suivants :

- Identification des espèces
- Présence / absence (rapportées à l'effort d'inventaire), permettant analyse de la phénologie de présence et des abondance/densité selon jeu de données récoltés
- Comportements et hauteurs de vol

Ces différents paramètres et leurs mesures sont explicités partie 3. Traitement et analyse de données.



10.4.2.2.3 Calendrier du protocole

Sur chaque zone, il est prévu 4 campagnes de un jour réparties sur la première année uniquement, à partir du mois de janvier 2024 (selon obtention des autorisations RSM, disponibilité des moyens aériens et conditions météorologiques). Ces campagnes permettront de calibrer ce protocole avec les expertises digitales haute altitude.

Tableau 21 : Planning du protocole d'expertises visuelles par avion

Année 1	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes												
Année 2	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes	X			X			X			X		
Année 3	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes												

10.4.2.3 Moyens utilisés

10.4.2.3.1 Moyens matériels employés

Le matériel pour les expertises visuelles par avion est limité et très spécifique :

- Ordinateur pour la saisie des données sur le logiciel SAMMOA 1.1.2 (Observatoire PELAGIS);
- Clinomètres SUUNTO PM5-360° : 4 disponibles en région Occitanie / PACA ;
- GPS de navigation avion compatibles système SAMMOA ;
- Casques pour communication avion et enregistrement (compatibles SAMMOA) ;
- Gilets aéronautiques : 6 (fournis par opérateur aériens ; 2 équipes simultanées possibles) ;
- Vêtements adaptés pour éviter l'exposition au froid, au soleil et à l'humidité.

Les observations se font à l'œil nu. Cependant, les observateurs emmènent généralement des jumelles d'observations professionnelles.

10.4.2.3.2 Personnel mobilisé

Déjà mobilisé sur des missions similaires, le personnel est aguerri à la mise en œuvre d'un protocole de suivi par transects.

- Expertises réalisées par des experts ornithologues / mammalogistes ;
- 8 personnes expérimentées disponibles – formés BOSIET et logiciel SAMMOA ;
- Forte capacité de mobilisation selon besoins et conditions météorologiques.

10.4.2.3.3 Sécurité et habilitations

L'ensemble des observateurs BIOTOPE qui réaliseront les suivis visuels par avion sont titulaires de certificats à jour BOSIET (Basic Offshore Safety Induction and Emergency Training) et HUET (Helicopter Underwater Escape Training). Les observateurs de EcoOcéan Institut et du GOR seront formés à l'automne 2023

L'équipement de survie présent à bord de l'avion est le suivant :



- Gilets de sauvetage en nombre au moins égal au nombre d'occupants à bord de l'avion. Chaque gilet dispose d'une balise de détresse individuelle, d'une bouteille CO2 pour le gonflage ainsi que d'un tube pour gonfler ou dégonfler le gilet manuellement, d'un sifflet de secours, de bandes réfléchissantes et d'une lampe de signalisation avec pile à eau de mer ;
- Canots de survie comportant entre autres un nécessaire de survie ainsi qu'une balise de détresse ;
- 1 trousse de premier secours ;
- 1 lampe de poche.

10.4.2.3.4 Autorisations

Les inventaires par avion en mer requièrent des autorisations particulières (vol hors des zones de détection radar) ainsi qu'une expérience importante (hauteur et vitesse de vol minimales). La société Action air environnement dispose des autorisations nécessaires pour effectuer ces vols.

Action Air Environnement dispose d'un Manuel d'exploitation (Manex SPO) conforme au règlement Européen UE 965-2012. Air-ops partie SPO, déposé auprès de l'Aviation Civile, qui comprend une section relative à ce type d'activités aériennes. La société est dûment habilitée par l'Aviation civile pour exécuter ce type de mission. Action Air Environnement dispose des autorisations nécessaires pour effectuer des missions d'aéro-surveillance en Europe et prises de vue photographiques dans les domaines infrarouge et visible.

AAE est par ailleurs titulaire d'une habilitation de niveau « Confidentiel Défense » délivrée par le Secrétariat Général à la Défense et à la Sécurité Nationale, dans le cadre de ses autres activités aériennes.

Une demande d'autorisation au titre du décret n°2017-956 du 10 mai 2017 relatif à la recherche scientifique en mer n'est habituellement pas requise par la PREMAR pour ces missions d'expertises en mer par bateau. Si vous souhaitez cependant solliciter une telle demande, Biotope pourra se charger de monter le dossier de demande dont l'instruction prendra 4 à 6 semaines.

10.4.2.3.5 Moyens aériens

Dans le cadre de la réponse à la présente consultation, Biotope s'associe à la société Action air environnement, basée à Cuers (83). Action Air Environnement (AAE) est une PME 100% française, dont le siège est sur l'aérodrome de Cuers/Pierrefeu (83) sur la façade méditerranéenne, qui a ouvert base au Touquet en 2022, dispose de bases secondaires à La Baule et Angers. Innovante et dynamique, AAE est spécialisée dans l'acquisition aérienne et le traitement de données environnementales pour la transition énergétique, la protection de la biodiversité et la gestion des ressources naturelles maritimes et terrestres.

Membre du GIPAG (Groupement des Industriels et Professionnels de l'Aviation Générale), la PME, forte d'une longue expérience dans le travail aérien, est bien connue pour son sérieux et sa compétence par la DGAC (Direction Générale de l'Aviation Civile), et a obtenue toutes les autorisations de vol nécessaires afin d'effectuer ses missions précédentes.

AAE est titulaire d'une habilitation de niveau « Confidentiel Défense » délivrée par le Secrétariat Général à la Défense et à la Sécurité Nationale, dans le cadre de ses autres activités aériennes. Cela assurera d'une part la maîtrise complète du transfert des données brutes et traitées et de manière sécurisée pour BIOTOPE, mais d'autre part l'accès à certains espaces réglementés interdits aux aéronefs civils. AAE prévoit de mettre à la disposition de BIOTOPE de plusieurs avions bimoteurs de deux types :



- Avions type Partenavia P68 (bimoteurs, ailes hautes avec hublots bulles, spécialisés dans la surveillance aérienne et disposant d'une autonomie de plus de 900 km de transects)
- CESSNA 337 Skymaster « Push-Pull » - F 337 G special survey - Avions bimoteurs en ligne, à ailes hautes, hublots bulle et spécialisés dans la surveillance en mer

Figure 62 : Moyens aériens envisagés pour les expertises visuelles en avion



Les Partenavia P68 seront systématiquement privilégiés car c'est le type d'avion qui représente le meilleur compromis coût/confort. Selon la disponibilité des P68 et afin de ne pas laisser passer de créneaux favorables, nous pourrions être amenés à mobiliser des Cessna 337; ce type d'avion réalise régulièrement des opérations de surveillance maritime et d'expertises à basse altitude, et est souvent privilégié pour des questions de sécurité (deux moteurs en ligne et train d'atterrissage rétractable).

Nous serons en mesure de mobiliser jusqu'à 2 Partenavia P68 et 1 Cessna 337 Pushpull.

Bien que la société Action air environnement dispose d'une importante flotte basée dans le secteur Méditerranée, Biotope a poursuivi ses discussions avec d'autres fournisseurs de moyens aériens permettant de disposer de solutions de renforcement / appui locales en cas de besoin.

Les sociétés Delta 2 (basée à Montpellier) et Air marine (basée à Bordeaux, avec avions mobilisables dans le secteur Méditerranée) ont été contactées. Des avions aux caractéristiques similaires à ceux d'Action air environnement (Partenavia P68) seront mobilisables en cas de besoin.

Les équipements sont les suivants :

- Radio : 2 VHF aéronautiques indépendantes (118.000 – 136.975 Mhz)
- Navigation : VOR, GPS,
- Transpondeur mode S et C (report altitude)
- Avions équipés de « Hublots bulles »
- Sécurité : gilets de sauvetage, canot de survie, fusées, balise de localisation COSPAS-SARSAT 406 MHZ

10.4.2.3.6 Mutualisation

Une mutualisation des expertises sera réalisée pour collecter et traiter les données sur l'avifaune, en même temps que celles sur les mammifères marins, tortues marines et autres grands pélagiques.

10.4.2.4 Réalisation des expertises en mer

Pour les expertises aériennes visuelles, les équipes embarquées sont généralement constituées de quatre personnes :

- Le pilote suit les transects définis et assure la navigation (sécurité, autorités) ;



- 2 observateurs prennent place à l'arrière de l'appareil et réalisent les observations de chaque côté de l'avion (un observateur à gauche et un observateur à droite) et les annoncent au secrétaire ;
- 1 secrétaire s'occupe de la navigation, annonce le début et la fin de chaque transect, il saisit sous le logiciel SAMMOA les observations annoncées par les 2 observateurs, ainsi que les conditions d'effort, et qui suit le plan de vol.

Régulièrement au cours de la mission, toutes les 1,5 heures environ, le secrétaire change de poste et les observateurs tournent (pour limiter la fatigue des yeux et augmenter les capacités de détection).

N.B. : La vitesse de l'avion oblige les observateurs d'être très attentifs et aguerris à ce type de relevés. Biotope a déjà réalisé plus de 300 journées homme d'observations par avion ces dernières années. Nos observateurs sont donc habitués à ce type de relevés.

10.4.2.4.1 Avant la sortie

Le pilote a la charge l'envoi de toutes notifications par mail demandées et vérifications nécessaires (aviation civile, vérifications des NOTAM, absence d'activités militaires, etc...) en amont et le jour de la campagne. Il fixera l'heure et le lieu du départ avec le pilote et en informera les observateurs.

Le chef de mission s'assurera que tout le matériel nécessaire (GPS, batteries, ordinateurs, inclinomètre...) pour la campagne soit présent.

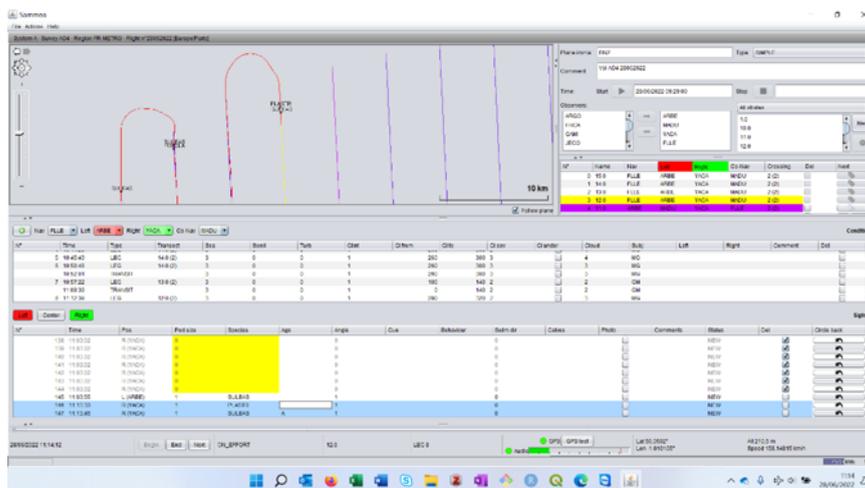
Une feuille d'émargement du personnel embarqué sera remplie à chaque campagne. Un briefing préalable sera adressé à l'ensemble du personnel par le chef de projet afin de rappeler les objectifs de la mission, le rôle de chacun, les risques et les mesures de prévention associées.

10.4.2.4.2 Pendant la sortie

Les informations sont saisies grâce à une interface spécialement conçue pour les campagnes d'observations aériennes visuelles de la mégafaune marine : le logiciel SAMMOA développé par l'Observatoire Pelagis (Université de la Rochelle – CNRS). Un enregistrement sonore des observations est réalisé pendant le vol, il permettra la validation des données une fois le suivi terminé.



Figure 63 : Interface du logiciel SAMMOA lors d'une campagne aérienne.

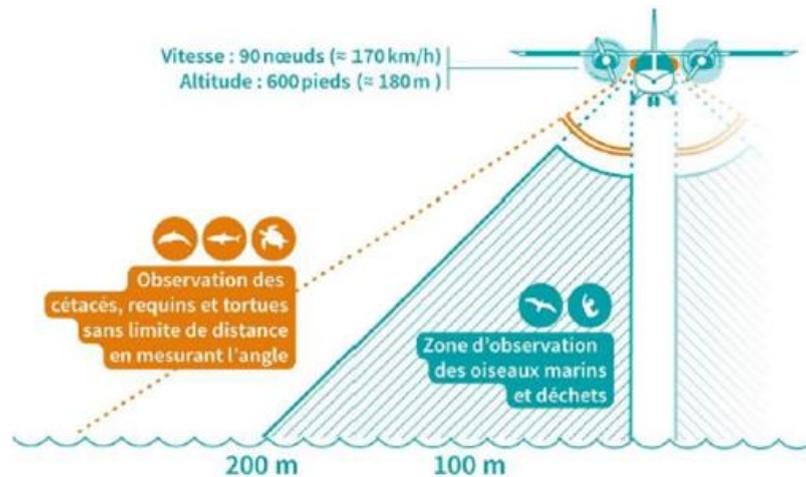


Les observations sont réalisées à l'œil nu. Les observateurs sont munis d'un inclinomètre (détermination de l'angle d'observation des mammifères marins) et d'une rose des vents permettant de déterminer les angles d'éblouissement. Les conditions d'observations (ou météorologiques) sont relevées par les observateurs à chaque début de transect et à chaque fois que les conditions changent au cours du transect.

L'effort d'observation est concentré dans une bande de 200 m (sous l'avion) pour les oiseaux marins (protocole de transect en bande ou strip transect) et dans une bande de 500 m pour les mammifères marins et les grands poissons pélagiques (protocole d'échantillonnage par distance de détection). Les stationnements sur l'estran et les milieux terrestres ne sont pas comptabilisés. En cas d'observation particulière (e.g. rassemblement important de macreuses, mammifères marins, etc.), les observateurs peuvent demander si besoin au pilote de réaliser une manœuvre de « circle-back » (l'altitude et la vitesse restent constantes). Les observations remarquables sont photographiées, dans la mesure du possible.

Si possible, les observateurs indiquent également les hauteurs de vol approximatives (3 classes) des oiseaux marins observés : « posé », « de 5 à 180 m » (i.e. hauteur de l'avion), « > 180 m » (i.e. au-dessus de l'avion).

Les positions des bateaux ainsi que leur activité (pêche, plaisance, transit, etc.) sont également notées dans une bande de 500 m de part et d'autre de l'avion. Les positions des déchets, pollutions et bouées de pêche seront quant à elles notées dans une bande de 200 m de part et d'autre de l'avion.



10.4.2.4.3 Données collectées lors des inventaires

Au cours des transects, les observations et les conditions météorologiques sont saisies instantanément par le secrétaire dans le logiciel SAMMOA. Les informations collectées sur la mégafaune marine (mammifères marins, oiseaux, requins, grands poissons, tortues) et les activités humaines (bateaux, déchets, etc.) suivent les recommandations du guide méthodologique des campagnes d'observation aérienne de la mégafaune marine (cahier technique de l'observatoire Pelagis).

Les informations suivantes sont notées (certaines informations sont dédiées à l'avifaune ou aux mammifères marins uniquement) :

Tableau 22 : Données collectées pour les observations de la mégafaune marine.

Informations	Description
Point GPS	Donnée complétée de manière automatisée sur le logiciel SAMMOA
Transect	Donnée complétée de manière automatisée sur le logiciel SAMMOA
Date	Donnée complétée de manière automatisée sur le logiciel SAMMOA
Espèce	Le nom latin de l'espèce identifiée ou le code du taxon (cf. liste en annexe 2)
Famille	Laridés, Alcidés, Sternidés par exemple
Groupe taxonomique	Oiseaux, Mammifères marins, Tortues marines, Grands pélagiques (requins, thon, poisson-lune) par exemple
Nombre	Le nombre d'individus observés
Observateur	Le nom de l'observateur
Distance ou angle	Pour les oiseaux marins, estimation de la distance de l'individu en deux classes (0 à 200 ; au-delà de 200m lorsque les densités sont faibles) ; lorsqu'il est dans la bande, en vol ou posé Pour l'angle, cf. annexe 1. Pour les mammifères marins, les tortues et les grands pélagiques : angle relevé à l'aide d'un inclinomètre dans la bande des 500m
Comportement	Le comportement de l'oiseau (suivant un bateau, en alimentation, réactions à l'avion) ou du mammifère marin (direction de nage (champ Swim dir) si en déplacement, alimentation etc..., cf. : annexe 1)
Alimentation	L'activité de pêche de l'oiseau : en recherche alimentaire ou non (champ Behaviour)
Réaction	La réaction de l'oiseau à l'avion : répulsion, fuite si observée (champ Behaviour)



10. SUIVI DE LA MÉGAFAUNE (AVIFAUNE MARINE, AVIFAUNE MIGRATRICE, MAMMIFÈRES MARINS, GRANDS PÉLAGIQUES) ET DES CHIROPTÈRES

Informations	Description
Age	L'âge de l'individu observé si possible : juvénile, immature, adulte ou le code d'âge recommandé par le CRBPO (centre de recherche par le baguage des populations d'oiseaux, cf annexe 1)
Présence de jeune	Ne concerne que les mammifères marins, sert à préciser alors le nombre de jeunes figurant dans un groupe
Signal de détection	Concerne les mammifères marins. Il traduit l'évènement qui a permis de détecter les animaux en premier lieu (cf annexe 1)
Plumage	Le stade du plumage si possible : nuptial ou inter-nuptial (Commentaire)
Mue	Le stade de mue si celui-ci est observé
Hauteur de vol	La hauteur de vol en trois classes (détailler les 3 classes) L'altitude de vol ne peut pas être précisément exprimée lors d'inventaires par avion
Direction de vol/direction de nage	Direction de vol de l'individu (rose des vents en 8), direction de nage pour les cétacés (4 directions) Certains paramètres peuvent ne pas être notés selon la densité d'oiseaux en présence – commentaire à rajouter de façon générales
Status et Circle-back	À n'utiliser que pour les opérations de Circle-Back afin de préciser s'il y a eu recapture visuelle ou non
Observations complémentaires	Activités humaines : bateaux de pêche, bouées, casiers, bateaux de plaisance à moteur ou à voile, bateaux commerciaux, déchets, pollutions, etc. (rajouter aussi la bande : 500m pour les bateaux / 200 m pour les déchets)

Tableau 23 : Données récoltées sur les conditions météorologiques.

Information	Description			
Etat de la mer / Vitesse du vent	Beaufort	Description	Aspect de la mer	Vent (vitesse en nœuds et direction)
	0	Calme	Mer lisse comme un miroir	>1
	1	Très légère brise	Quelques rides ressemblant à des écailles de poissons, mais sans aucune écume	1 à 3
	2	Légère brise	Petites vaguelettes ne déferlant pas, toujours d'apparence lisses	4 à 6
	3	Petite brise	Grandes vaguelettes. Les crêtes commencent à déferler. Ecume d'aspect vitreux. Parfois quelques moutons épars	7 à 10
	4	Jolie brise	Petites vagues devenant plus longues, moutons assez fréquents	11 à 15
	5	Bonne brise	Vagues modérées longues, moutons et éventuellement embruns	16 à 21
	Remarque : aucune mission n'est engagée pour des vitesses de vent étabes supérieure à 4 Bft. Classiquement, les vitesses de vent recherchées sont inférieures ou égales à 3 Bft.			
Houle	0 pas de houle ; 1 présence de houle ; 2 houle gênante			
Turbidité/transparence	0 - eau claire : objets/animaux visibles à plusieurs mètres sous la surface 1 - eau moyennement claire : objets/animaux visibles juste sous la surface 2 - eau turbide : objets/animaux visibles seulement en surface 9 - turbidité inconnue			
Réflexion des nuages	0 - réflexion inexistante 1 - réflexion présente			
Eblouissement de../à..	Utiliser les degrés (NB le nez de l'avion à 0°) avec l'éblouissement de..°/à..° ex. de 0° à 180° signifie que le côté droit est gêné par l'éblouissement ; de 330° à 30° signifie que la partie avant est gênée par l'éblouissement			
Intensité d'éblouissement	A relever dans les 500 m de chaque côté sous l'avion 0 - aucun éblouissement 1 - léger : réverbération peu gênante 2 - moyen : réverbération pouvant gêner partiellement la détection 3 - fort : réverbération marquée très handicapante			



Information	Description
Eblouissement dessous	Présence de soleil sous l'avion (entre 70 et 90° de chaque côté), correspond souvent à une gêne lorsque le soleil est au zénith
Couverture nuageuse	Utiliser le système des octas (<i>i.e.</i> complètement couvert = 8 ; dégagé = 0)
Conditions subjectives	Ceci revient aux observateurs qui estiment ensemble en fonction des paramètres relevés auparavant si leurs conditions générales d'observations par côtés sont : - Excellentes (E) : mer à 0 ou 1 et très bonne visibilité - Good, bonnes (G) : les paramètres sont bons pour détecter tous les animaux. - Moyennes (M) : pas très bons mais suffisamment corrects pour la détection. - Pauvres (P) : quand il paraît impossible de voir un petit cétacé sauf s'il est bien démonstratif ou très proche. Exemple par côté : EE, GG, MM ou PP, chaque côté peut avoir une qualité d'observation différente : EG, GM, MG, PM... On indique également : Land (LL) : lorsque l'on survole la terre (ex. une île !) et Exceptionnel (X) : circonstances exceptionnelles, lorsqu'un observateur ne peut pas suivre son effort d'observation (ex. malade) – Il sera aussi utilisé quand on stoppe l'effort en cas de brouillard ou pluie. <u>Note</u> : Le navigateur doit remettre les conditions dès que l'effort d'observation est repris après avoir passé la terre ou un nuage de pluie.
Commentaires	rentrera sans s'étaler : RAIN, FOG, CLOUD (si bas), passage sur une île donnée, problèmes...

10.4.2.5 Compilation des données collectées

10.4.2.5.1 Après la sortie

Une fois collectées, les données sont copiées sur un support externe afin de les sauvegarder. Après chaque campagne, les fichiers générés par le logiciel SAMMOA sont vérifiés grâce à l'enregistrement audio. Ce processus permet de s'assurer de la qualité des données produites et de les standardiser pour des analyses ultérieures. Les données sont ensuite stockées dans la base de données dédiée aux expertises aériennes visuelles.

10.4.2.5.2 Compte-rendu de campagne

Après chaque campagne, un compte-rendu sera envoyé contenant un ou plusieurs tableaux de synthèse des bilans d'observation et des cartes d'observations par exemple.

Une synthèse rédigée sur les conditions météorologiques et les principaux traits marquants des inventaires seront également présents.

10.4.2.6 Risques

Les risques en termes de sécurité pour les expertises aériennes en mer sont maîtrisés (nombreux PDP et PPSPS) : nos prestataires en moyens aériens sont expérimentés et respectent les exigences HSE.

Les autres risques attendus concernent le risque de décaler les expertises mensuelles pour diverses raisons :

- Aléas météorologiques : fortes capacités de mobilisation des équipes en fonction des fenêtres météorologiques et bonnes capacités d'analyse des conditions météorologiques favorables (savoir-faire) ;
- Aléas techniques ;
- Indisponibilité des moyens aériens (pannes etc...).



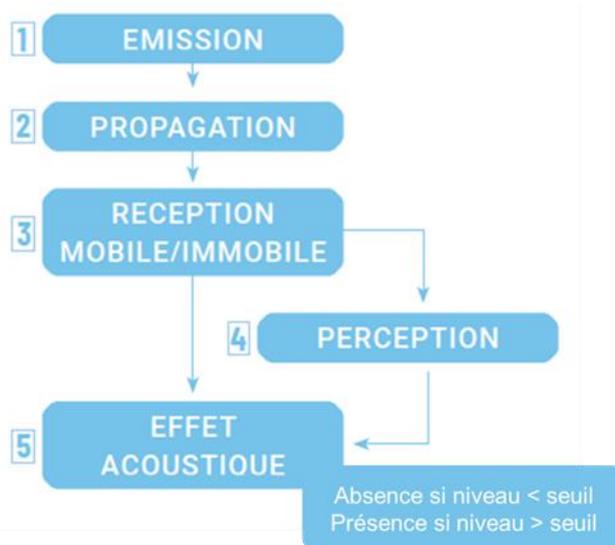
10.5 EXPERTISES ACOUSTIQUES PASSIVES MAMMIFÈRES MARINS

10.5.1 Généralités sur l'acoustique sous-marine

10.5.1.1 Les étapes pour comprendre les effets du bruit sur la faune marine

Pour bien étudier les effets du bruit anthropique sur la faune marine, il faut dans un premier temps décrire les émissions sonores anthropiques, puis comprendre comment ces bruits se propagent de la zone d'activité vers les animaux récepteurs potentiellement impactés, qu'ils soient fixes ou mobiles. D'une part, l'amplitude de l'onde sonore incidente à l'animal est comparée directement à des seuils pour les effets mécaniques qu'elle peut engendrer sur les tissus, et d'autre part, cette onde est propagée à travers l'appareil auditif pour calculer l'amplitude de l'onde perçue par l'animal et la comparer à des seuils pour les effets liés à la perception d'un son gênant induisant une dégradation temporaire ou permanente de l'audition à cause de la dose d'énergie sonore reçue pendant une période de référence, un dérangement comportemental ou des réactions de stress.

Figure 64 : Les différentes étapes pour comprendre les effets du bruit sur la faune marine



Durant le cycle de développement des projets en mer, cette étude des effets du bruit anthropique a lieu deux fois :

- Avant la réalisation des projets, elle est prédictive et basée sur des modélisations. Ses résultats sont intégrés à l'étude d'impact transmise aux autorités devant délivrer l'autorisation ;
- Durant la réalisation du projet, elle est basée sur la mesure in situ des niveaux de bruit émis au plus proche de l'activité, des niveaux propagés vers des zones naturellement sensibles et sur l'observation et le suivi des animaux marins.

10.5.1.2 Niveaux sonores et gamme fréquentielle d'un large panel d'activités anthropiques

De nombreuses activités humaines en mer sont génératrices de bruit.

Les émissions sonores peuvent être volontaires lorsque les hommes ont recours à des émissions pour appréhender l'environnement marin, à l'image de l'échographie utilisée en médecine.



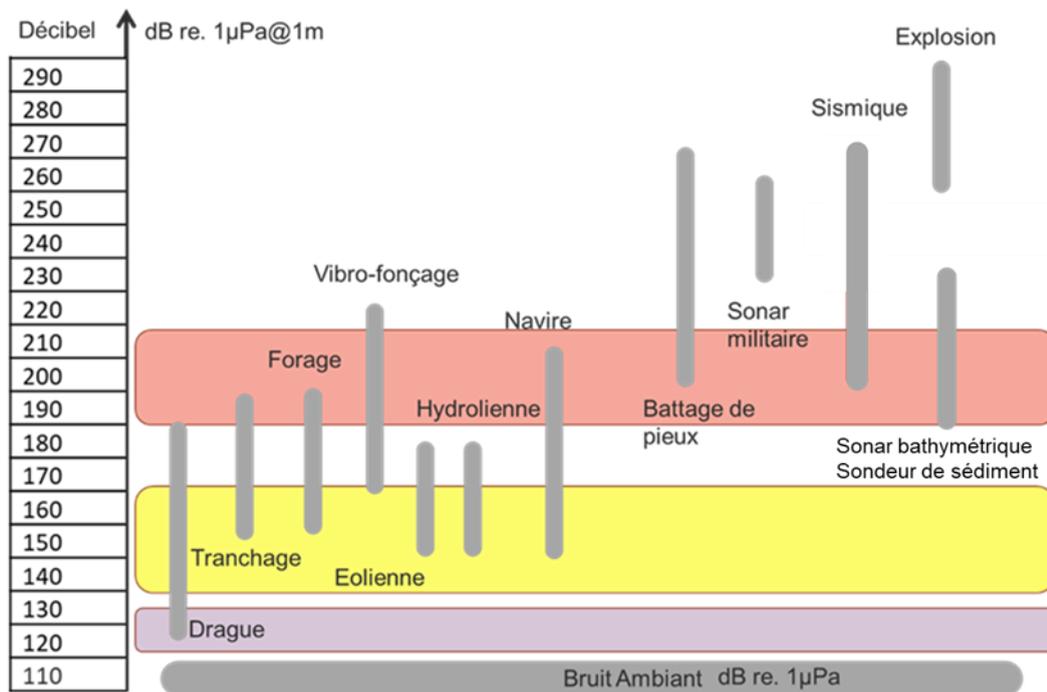
Ces émissions permettent d’imager l’intérieur de la croûte terrestre à la recherche de réservoirs de pétrole ou de gaz (géophysique), de caractériser les premières couches de sédiments constituant les fonds marins (géophysique légère), la forme et la profondeur du fond (sonars bathymétriques), ou encore de rechercher des cibles évoluant dans la colonne d’eau (sonar de pêche, sonar militaire).

Les bruits peuvent être involontaires et collatéraux à une activité principale. Ainsi les navires génèrent du bruit principalement à cause de la cavitation de l’hélice et aux bruits et vibrations des machineries transmises dans l’eau par la coque. De nombreuses activités liées aux travaux en mer sont génératrices de bruit : déroctage, dragage, forage, battage et vibrofonçage de pieux, de palplanches, etc.

Les émissions sonores anthropiques liées à un type d’activité peuvent être continues (e.g. bruit d’un navire), impulsives (courtes & fortes) émises une fois (e.g. explosion) ou impulsives mais émises régulièrement (e.g. battage de pieux).

Les bruits émis par les activités anthropiques présentent une grande variabilité de niveaux sonores (dB) selon le type d’activités considéré, mais également au sein du même type d’activités. Par ailleurs, d’une manière générale et à l’exception des activités sonores volontaires liées à l’utilisation des sonars, les activités humaines génèrent plutôt des fréquences basses ou moyennes entre 20 Hz et 5 000 Hz (Hildebrand, 2009).

Figure 65 : Niveaux sonores des bruits émis par les activités humaines en mer



10.5.1.3 Gammes fréquentielles de l’audition animale et des bruits anthropiques

Pour percevoir les sons, les invertébrés (Breithaupt, 2002 ; Kaifu et al, 2008) et les poissons (Putland et al, 2019) font usage in fine de corps calcaires (statolithes, otolithes) qui vibrent avec l’onde acoustique. La mise en mouvement de cette masse est plus efficace dans les fréquences basses ($f < 1\ 000\ \text{Hz}$) alors qu’elle est plus difficile voire impossible pour les hautes fréquences ($f > 5\ 000\ \text{Hz}$). Ainsi, les invertébrés et les poissons ont une audition adaptée aux basses fréquences, constat valable pour les tortues marines également (Popper et al, 2014).

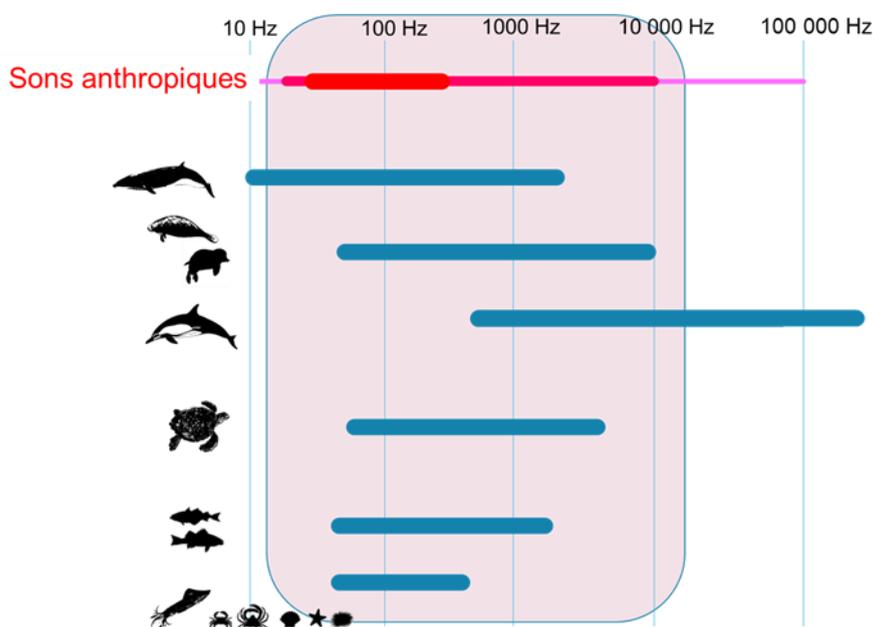


Concernant les cétacés, les capacités auditives dépendent des groupes d'espèces :

- Les mysticètes (baleines à fanon, e.g. rorqual commun) sont adaptés à l'écoute des basses fréquences ($f < 1\ 000\ \text{Hz}$) ;
- Les odontocètes (baleines à dent, e.g. grand dauphin) sont adaptés aux moyennes fréquences ($1\ 000\ \text{Hz} < f < 30\ 000\ \text{Hz}$) pour la réception des vocalises et des sifflements, ainsi qu'aux hautes fréquences ($f > 30\ 000\ \text{Hz}$) pour la réception des clics d'écholocation.

La communauté scientifique est capable de quantifier les capacités auditives des animaux en mesurant leurs audiogrammes (Nedwell et al, 2004) ; cependant, les informations relatives aux capacités auditives des animaux marins sont peu nombreuses du fait, notamment, de la difficulté à les tester. Par conséquent, les valeurs citées sont à considérer avec précaution.

Figure 66 : Bandes fréquentielles d'écoute privilégiées pour différents groupes d'animaux superposées aux fréquences des sons anthropiques



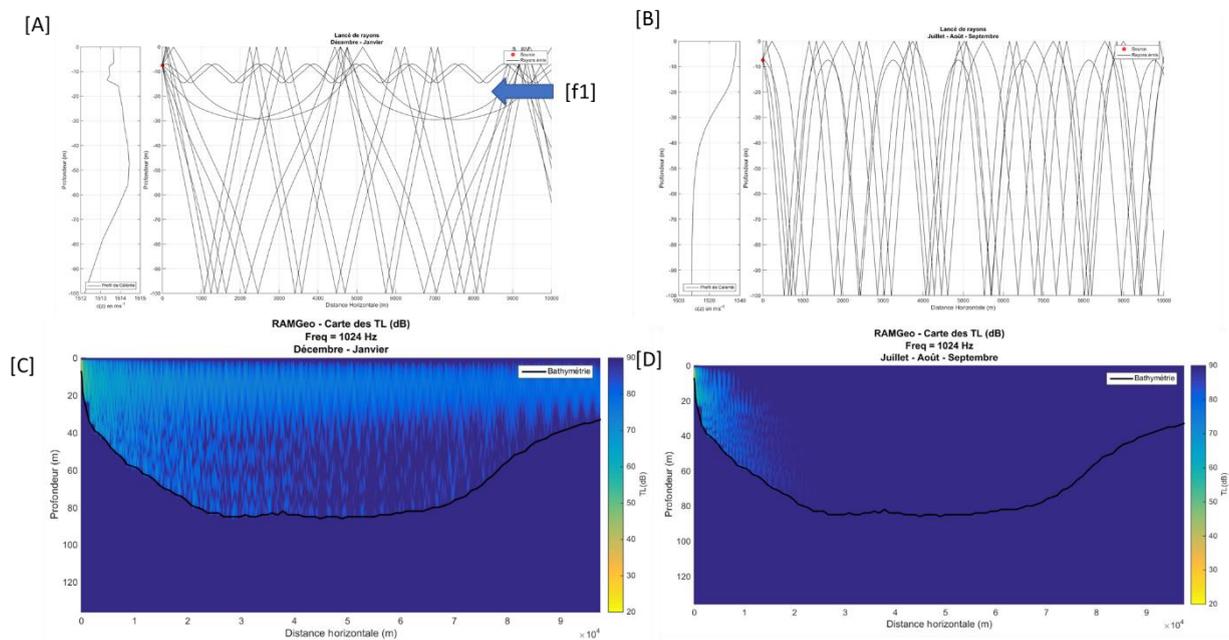
10.5.1.4 Méthode générale d'élaboration d'un état sonore initial

Tout aménagement en mer, tant dans sa phase 'chantier' que dans sa phase de 'production', peut générer des bruits qui peuvent avoir des effets négatifs sur la faune marine. Ces bruits anthropiques spécifiques au projet viennent s'ajouter à une situation initiale qui n'est pas silencieuse puisque le site de projet possède son propre bruit ambiant avant-projet produit par les activités humaines présentes sur la zone (anthropophonie, trafic maritime, pêche, etc.), les phénomènes météorologiques (géophonie, pluie, vent) et les animaux marins (biophonie, invertébrés, poissons, cétacés) (Pijanowski et al, 2011). La connaissance de ce bruit ambiant initial tant dans sa dimension 'niveaux sonores que fréquentiel, quels sont les niveaux de bruit en fonction de la fréquence ?' que dans sa dimension 'nature des contributeurs – qui crée le bruit et dans quelle gamme de fréquences ?' est nécessaire pour comprendre les effets acoustiques du projet. Ainsi cette connaissance permet de déterminer l'emprise acoustique du projet, définie comme la zone géographique autour du projet où le bruit du projet est supérieur au bruit ambiant. A l'extérieur de cette emprise, il n'y a pas d'effets du projet alors qu'à l'intérieur un large panel d'effets peut potentiellement exister.



L'état initial sonore de la zone d'étude dépend de l'existence des sources et des conditions de propagation. Sources et propagation varient au cours d'un cycle annuel et peuvent présenter des tendances saisonnières importantes (Buscaino et al, 2016) (Figure 67), il doit être élaboré sur au moins un cycle annuel en suivant les dernières recommandations internationales pour l'éolien offshore (Van Paris et al, 2021 : Van Parijs, S. M., Baker, K., Carduner, J., Daly, J., Davis, G. E., Esch, C., ... & Staaterman, E. (2021). NOAA and BOEM Minimum Recommendations for Use of Passive Acoustic Listening Systems in Offshore Wind Energy Development Monitoring and Mitigation Programs. *Frontiers in Marine Science*, 1575).

Figure 67 : Illustration de la variabilité saisonnière de la propagation le long d'un transect de 100 km de long dans le golfe du Lion [A] lancer de rayon décembre-janvier, [B] lancer de rayon juin-juillet-août, [C,D] pertes en transmission à 512 Hz , en hivers la propagation est favorisée par un canal de propagation de subsurface (flèche f1) qui disparaît en été



Il existe 2 voies complémentaires pour élaborer un état sonore initial : la modélisation et la mesure.

On peut tout d'abord faire appel au modèle empirique de Wenz (Wenz, 1962) qui définit un bruit médian pour l'océan global en fonction de la vitesse du vent et d'un indice de densité de trafic. Alors que le modèle de Wenz donne un ordre de grandeur général, il ne prend pas en compte les phénomènes locaux (trafic maritime proche, bruit biologique) et doit être corrigé site par site si la profondeur est inférieure à 150 m. Il est difficilement utilisable localement pour les études de sites mais il reste une référence à laquelle se comparer.

Le modèle de Wenz peut être raffiné par une modélisation locale, cette modélisation permet une description spatiale et temporelle du bruit ambiant initial mais elle n'aborde que les phénomènes prédictibles et modélisables. Les modélisations abordent essentiellement le bruit créé par le trafic maritime. Elles sont alimentées par des données de fréquentation issues de l'AIS qui pour les environnements côtiers peuvent représenter qu'une faible partie du trafic réel (Magnier et Gervaise, 2020). Les modélisations n'abordent pas les sources biologiques ainsi que les sources météorologiques et la précision médiane des simulations est de l'ordre de 6 dB (Le Courtois et al, 2018). Il existe depuis maintenant une décennie plusieurs ressources matures et validées par la communauté scientifique pour mener à bien ces modélisations (SHOM-CABAT Le Courtois et al, 2016, Quiet-Océans Qonops Folegot et al, 2011, CHORUS-Pêches et Océans, Canada RAMDAM Gervaise et al, 2015).



La mesure permet d'accéder à la vérité mais uniquement valable autour du point d'immersion de l'enregistreur. En effet les caractéristiques métrologiques des systèmes d'acquisition (hydrophone, enregistreur) (Sousa-Lima et al, 2013) permettent de capter simultanément les sons anthropiques, météorologiques et biologiques. L'autonomie des systèmes d'acquisition récents de l'ordre de 4 mois permet d'envisager une caractérisation sur un cycle annuel pour un coût de mise en œuvre raisonné. Les données recueillies doivent être analysées par des suites logicielles adaptées (Van Paris et al, 2021). Les mesures caractérisent localement l'ambiance sonore pour un disque de rayon variant entre 5 km et 10 km pour les environnements côtiers (Lossent et al, 2017, Di Iorio et al, 2021, Raick et al, 2021) puisque la distance de captation des navires est de l'ordre de 10 km, des cétacés de 5 km, des invertébrés de l'ordre de 2 km et des poissons de l'ordre de 500 m. La mesure ne s'improvise pas, elle nécessite des compétences poussées en conception de mouillages silencieux et en analyse de données.

La mesure et la modélisation sont complémentaires, la mesure prend en compte tous les phénomènes, les variabilités temporelles mais communiquent une information locale autour du point d'enregistrement alors que la modélisation s'intéresse uniquement au bruit des sources anthropiques dotées d'AIS mais permet de cartographier le bruit sur des zones plus larges que 10 km. Afin de tirer le meilleur des deux approches, il a été récemment proposé par le SHOM, chef de fil national pour le descripteur 11 (énergie sonore) de la directive cadre 'stratégie pour le milieu marin' de réaliser une calibration de la modélisation avec les mesures (i.e ajustement de certains degrés de liberté de la simulation pour que les résultats de la simulation collent aux mesures pour les positions d'immersion) (Le courtois et al, 2018). Cette approche de calibration de modèles a été adoptée par plusieurs acteurs en France dont CHORUS (Aulanier et al, 2016).

Les mesures des enregistreurs acoustiques utilisés pour élaborer l'état initial sonore des sites d'étude peuvent être valorisées pour l'étude de fréquentation du site par les cétacés en détectant les sons qu'ils émettent. Cette approche est particulièrement efficace puisque :

- les capteurs sont présents en permanence et écoutent 24h/24h indépendamment des conditions de visibilité ou d'état de mer,
- les cétacés passent une portion significative de leur vie sous la surface (~ 70 %, Calambokidis et al, 2007 pour les mysticètes, Martin et al, 2001 pour les odontocètes).

Ce constat a récemment été confirmé par une cartographie par acoustique passive simultanée à des observations visuelles (120 stations de mesure) des futurs sites d'installations des fermes éoliennes du Golfe du Lion où l'acoustique a révélé la présence de dauphin sur 60 sites et l'observation visuelle a révélé leur présence sur uniquement 8 stations) (Gervaise et al, 2022). Un capteur acoustique déployé pour la DCSMM par le SHOM, l'OFB et CHORUS entre 4 avril 2022 et le 16 mai 2022 au milieu du golfe du Lion (lat. = 31° 46'05"N, long. = 28° 58' 49" W, Figure 124) a permis de détecter des émissions au moins une fois par jour pendant 27 jours sur les 39 jours de déploiement (Gervaise et al, 2022-a).

10.5.2 Données bibliographiques acoustique sous-marine

10.5.2.1 Connaissances disponibles pour le Golfe de Lion

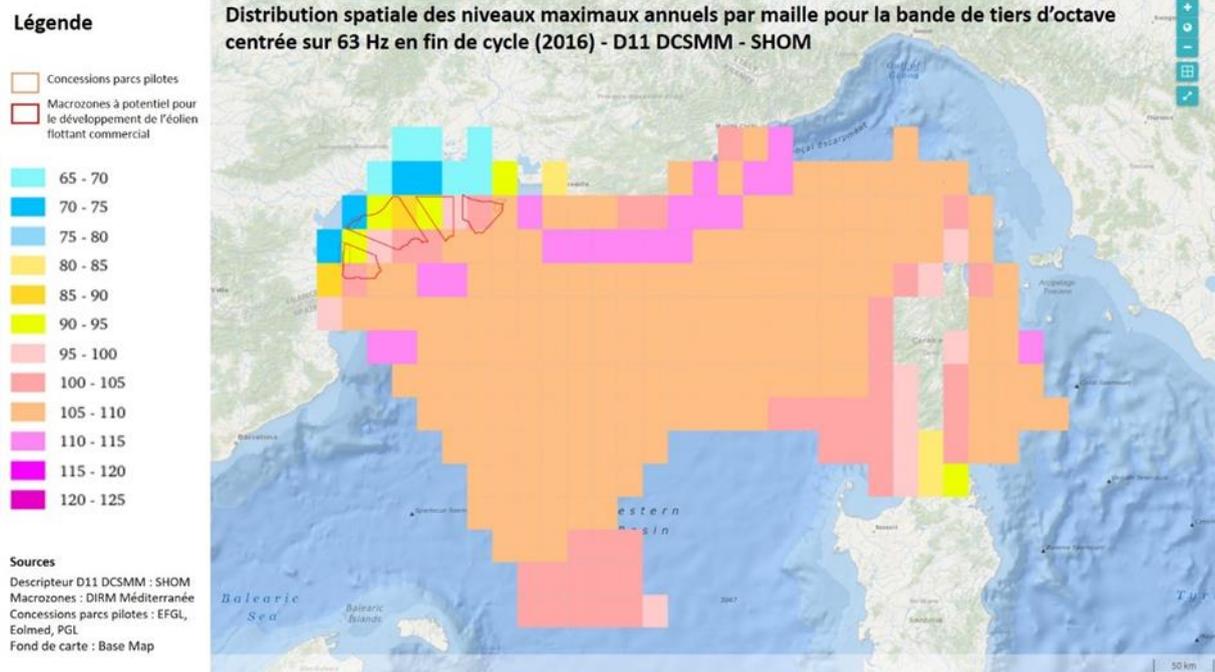
Il existe des connaissances disponibles pour le golfe du Lion.

A l'échelle régionale de la méditerranée Nord Occidentale, la directive cadre 'stratégie pour le milieu marin' a été le moteur d'un travail réalisé par le SHOM depuis 2010 (Le courtois et al, 2016, 2017, 2018 a, b), le SHOM a élaboré une modélisation du bruit moyen à une échelle du quart de degrés (30 km x 20 km) en prenant en compte le trafic maritime extrait de la Lloyds et son modèle CABAT.

La modélisation n'est pas calibrée par des données contemporaines.



Carte 7 : Cartographie du bruit ambiant obtenue par simulation par le SHOM pour renseigner le descripteur D11 DCSMM



Pour compléter ces données simulées, CHORUS œuvre depuis 2021 et jusqu'en 2025 avec l'Office Français de la Biodiversité, la DREAL Occitanie et le SHOM pour élaborer des cartes de bruit, de distribution des cétacés et des séries temporelles du bruit ambiant (projet dB Lion, projet DCSMM). Ainsi CHORUS a produit les premières cartes de bruit ambiant mesurés et de distribution des dauphins dans le golfe du Lion (120 positions en septembre 2021, Gervaise et al, 2022).



Carte 8 : Cartographie du bruit ambiant du Golfe du Lion réalisée par CHORUS en septembre 2021, chaque station de mesure correspondant à 1 heure d'écoute



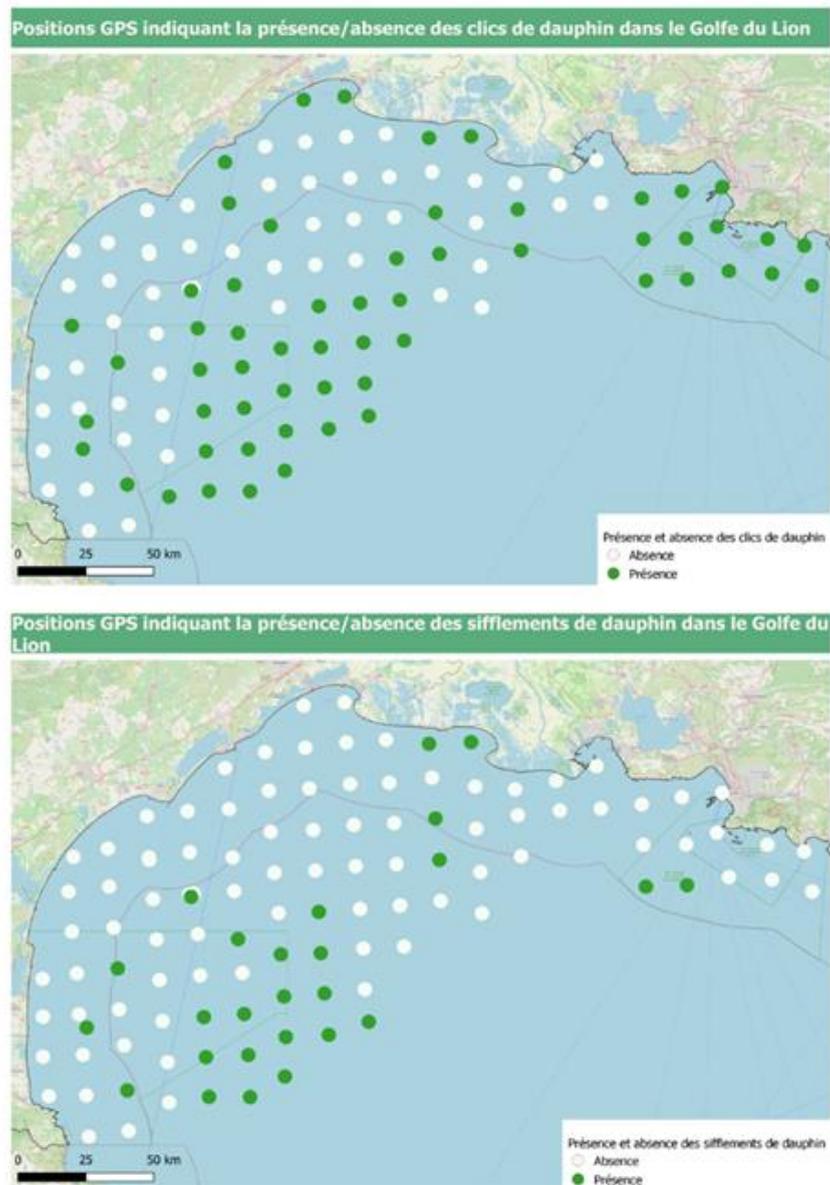
CHORUS a mesuré des niveaux de bruits ambiants compris entre 83 dB et 125 dB en septembre 2021 autour du site d'étude PEOPL, ces mesures sont en ligne avec la carte modélisée du SHOM et pourraient permettre la calibration de cette carte pour en améliorer la précision.

Avec les mêmes données, CHORUS a évalué la distribution des delphinidés (grand dauphin, dauphin bleu et blanc) en parallèle d'observations visuelles :

- Des dauphins ont été détectés sur 63 stations (/114 stations) montrant que le golfe de Lion est une aire importante et pratiquée régulièrement pour ces deux espèces,
- Pour les 63 détections, 45 ont été réalisées grâce à l'acoustique uniquement, 12 avec l'acoustique et les observations visuelles simultanément et 6 uniquement avec les observations visuelles, ce constat consolide l'intérêt du suivi acoustique,
- Pour les 57 détections acoustiques, toutes contenaient des clics et uniquement 26 contenaient des sifflements, il est donc nécessaire d'inclure dans le suivi par acoustique passive des solutions efficaces pour les clics et pour les sifflements.



Figure 68 : Cartographie de la distribution de signaux bioacoustiques de dauphins (grand dauphin, dauphin bleu et blanc) du Golfe du Lion réalisée par CHORUS en septembre 2021, chaque station de mesure correspondant à 1 heure d'écoute, en haut détection de clics, en bas détection de sifflements.



Fort des complémentarités entre ses travaux et ceux du SHOM, l'équipe de CHORUS collabore avec le SHOM et l'OFB depuis début 2022 et jusqu'en 2026 pour déployer une ligne d'écoute à deux hydrophones dans le golfe du Lion entre le 4 avril 2022 et le 16 mai 2022 (Gervaise et al, 2023). Les données ont été analysées et ont permis d'établir les histogrammes de bruit ambiant au point de mesures sur 2 bandes fréquentielles (Tableau 42) et détecter 3077 vocalisations de dauphins (27 jours avec au moins une détection sur 39 jours). La campagne de mesure au point fixe SHOM/OFB/DCSMM et la campagne de mesure de cartographie dB Lion donnent des résultats cohérents en termes de bruit et des distributions/fréquentation des dauphins.



- Quels sont les connaissances pour le golfe du Lion en termes de distribution des cétacés par acoustiques et quels y sont les niveaux de bruit ? pour cela nous effectuerons une mise à jour de nos connaissances bibliographiques, des rapports d'études d'impact et nous effectuerons une synthèse des différents projets antérieurs que nous avons menés (voir listes et cartes ci-dessous).

Figure 70 : Carte des sites de suivis environnementaux par acoustique passive opérés par CHORUS



Tableau 25 : Liste des programmes de suivis environnementaux à partir d'écoutes longues

PROGRAMME	PERIODE DUREE	PARTENAIRES	OBJECTIFS
Saint Florent	2021-2022 12 mois	Parc naturel marin des Agriates et du cap Corse Stareso	Suivi sur un cycle annuel de la biophonie des invertébrés, des poissons et des dauphins, du bruit ambiant et de la contribution des bateaux notamment de plaisance, Evaluation des effets du bruit estival sur la faune
Calvi	2017-2021 60 mois	Stareso Agence de l'Eau RMC	Etablissement de références 'sites en bon état' pour la biophonie des invertébrés et des poissons des herbiers de posidonie et des massifs de coralligènes
Parc National des Calanques	2020-2024 48 mois	Projet Life PIAQUO Parc National des Calanques	Etablissement par acoustique de la présence de deux espèces de poissons protégées (corb, mérrou) Mesure du bruit ambiant créé par le trafic maritime Etude des effets du bruit sur les corbs et les mérours et proposition d'action de mitigation



PROGRAMME	PÉRIODE DUREE	PARTENAIRES	OBJECTIFS
Parc Marin de la Côte Bleue	2017-2019 36 mois	Agence de l'Eau RMC Parc Marin de la Côte Bleue	Suivi du bruit généré par le trafic maritime du port de Fos-sur-Mer, Suivi de peuplement de la population de corbs dans le parc et de la fonctionnalité de frayère pour les loups et les daurades Etude des effets du bruit sur ces fonctionnalités
Agde	2020-2022 48 mois	Aire marine de la côte agathoise	Observatoire acoustique de la présence des cétacés dans l'aire marine de la côte agathoise Observatoire acoustique de la présence de poissons remarquables (corb, mérou) Evaluation de l'efficacité de la création d'une réserve au sein de l'AMP
DCSMM	2022-2025 48 mois	SHOM OFB Parc naturel marin du Golfe du Lion	Mesures des descripteurs du bruit continu de la directive cadre européenne stratégie pour le milieu marin, Etude du bruit ambiant en lien avec l'acquisition de connaissance
OCG DATA	2022-2023 12 mois	Ocergies ADEME Université de Perpignan (CEFREM)	Mise en place et opération d'un observatoire acoustique multidisciplinaire (réseau de 8 capteurs, invertébrés, poissons, cétacés, bruit ambiant, bruit des machines) au sein de la bouée OCG-DATA dédiée à l'acquisition de données environnementales pour l'éolien marin
BoB	2022-2023 24 mois	Ecocean Université de Perpignan (CEFREM)	Mise en place et opération d'un observatoire acoustique multidisciplinaire (réseau de 4 capteurs, invertébrés, poissons, cétacés, bruit ambiant, bruit des machines) au sein de la bouée d'observation de la biodiversité BoB de la société Ecocean
Leucate	2022 12 mois	Arcelor Mital Ecocean Région Occitanie Université de Perpignan (CEFREM)	Observation par acoustique passive de l'efficacité de récifs artificiels innovants en LAC (Laitiers d'ACieries)
Réserve Naturelle Marine de Cerbère Banyuls Parc naturel marin du Golfe du Lion	2020-2024 48 mois	Projet Life PIAQUO Réserve Naturelle Marine de Cerbère Banyuls Parc naturel marin du Golfe du Lion	Etablissement par acoustique de la présence de deux espèces de poissons protégées (corb, mérou) Mesure du bruit ambiant créé par le trafic maritime Etude des effets du bruit sur les corbs et les mérours et proposition d'action de mitigation



Figure 71 : Programmes de cartographie acoustique opérés par la structure

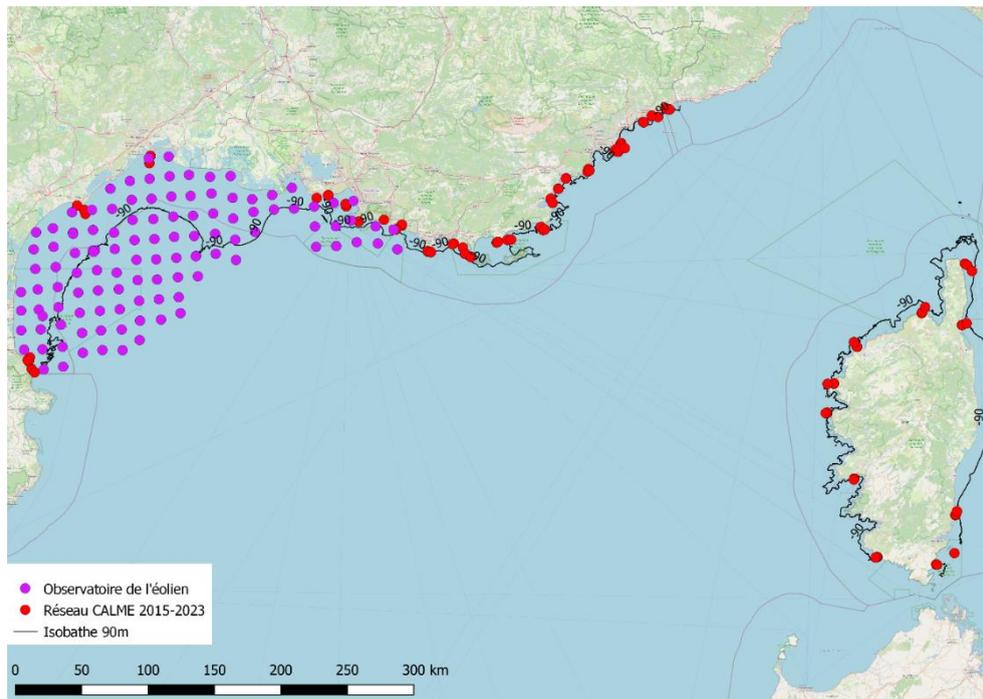


Tableau 26 : Liste des programmes de cartographies acoustiques

PROGRAMME	PERIODE - ECHANTILLONNAGE	PARTENAIRES	OBJECTIFS
Réseau CALME (caractérisation acoustique du littoral méditerranéen et de ses écosystèmes)	2016 – 2023 120 points le long de la façade (herbier et coralligène) 40 points par an 1 nuit par point	Agence de l'Eau RMC	Cartographie de l'état écologique des herbiers de posidonie et des massifs de coralligène à partir des sons émis par les poissons et les invertébrés, Cartographie des descripteurs DCSMM liés au bruit continu le long de la façade
Cartographie acoustique du Golfe du Lion	2021-2022 2023-2025 125 points dans le golfe du Lion 1 heure d'écoute par point 1 mois de mission en septembre	OFB DREAL Occitanie Eco-Oceans Institut	Cartographie de la distribution des grands dauphins du Golfe du Lion, Cartographie des descripteurs DCSMM liés au bruit continu le long de la façade Cartographie des effets du bruit sur le grand dauphin



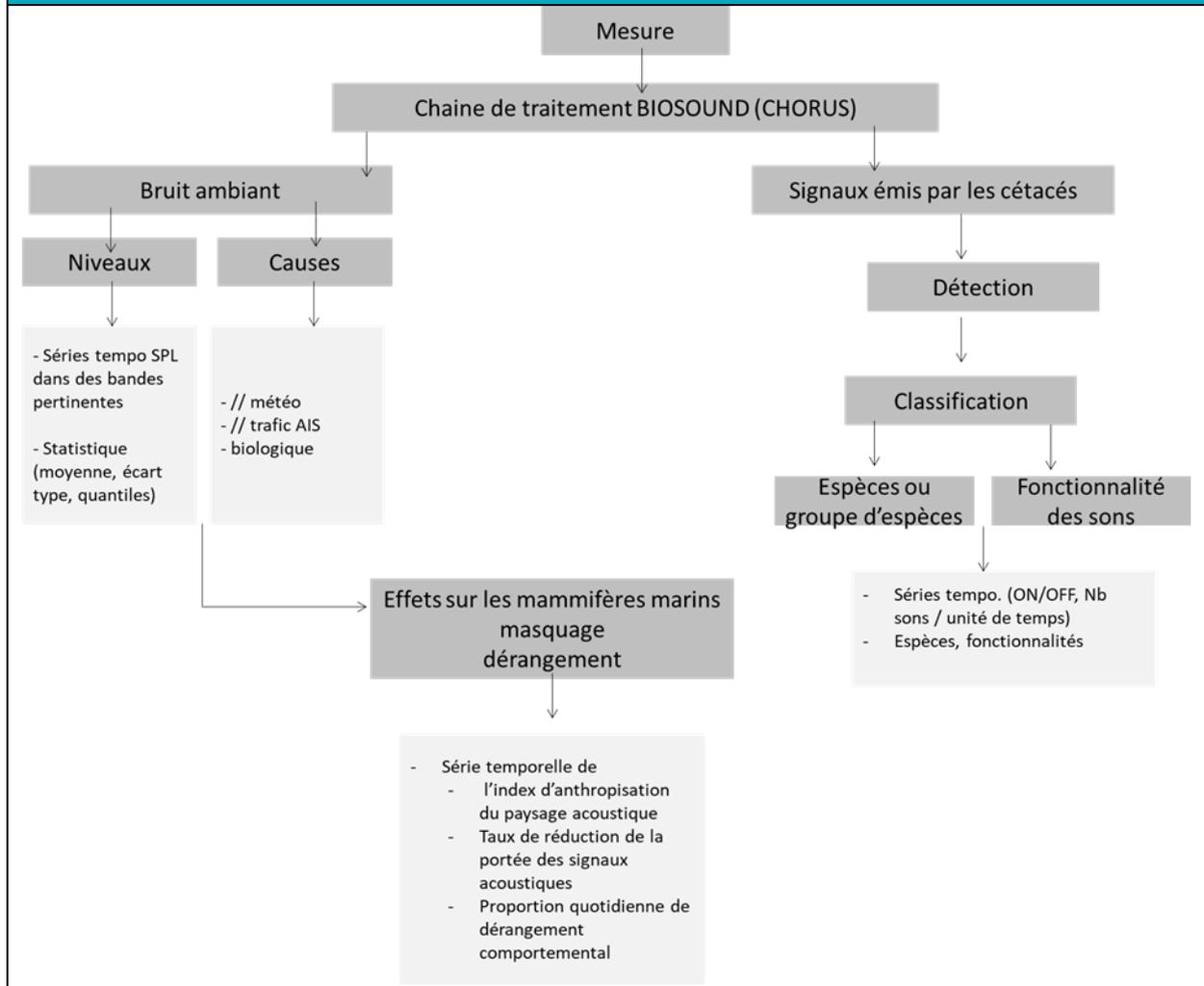
10.5.4 Fiche protocole synthétique

Le tableau ci-dessous permet de présenter de manière synthétique l'ensemble des caractéristiques du protocole détaillé dans les pages ci-dessous.

-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE--	
 MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE	<h1>Mammifères marins</h1>
Expertise acoustique passive	
OBJECTIFS ET PARAMETRES	
<p>1 : Définir l'état initial du bruit ambiant par mesure et analyse du bruit ambiant sous-marin dans les zones du futur parc, de raccordement par rapport à une zone control,</p> <p>2 : Monitoring des cétacés par acoustique passives pour déterminer la distribution spatio-temporelle</p> <p>3 : Etude d'impact acoustique sous-marin</p>	
DESCRIPTION DU PROTOCOLE	
Stratégie d'échantillonnage :	<p>Protocole BACI avec, sur chaque zone d'étude, les stations acoustiques suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2 dans la zone du parc (dont une commune avec le poste en mer) - 2 (Occ) ou 3 (PACA) dans la zone de raccordement - 1 point contrôle en dehors de ces zones avec bathymétrie et trafic similaires <p>Cette description de protocole acoustique s'applique à l'ensemble du dispositif mis en œuvre dans le cadre de l'AO6 : la prise en charge est répartie entre la DGEC et RTE.</p>
Effort d'échantillonnage :	<ul style="list-style-type: none"> • Continue 24/24 pendant 1 an → Bruit ambiant • Continue 24/24 pendant 2 ans → Mammifères marins • Relève et reconditionnement du matériel tous les 2 mois
Paramètres mesurés :	<ul style="list-style-type: none"> - Bruits ambiants : A partir des données calibrées, mesures de niveaux sonores (en SPLrms, SPL peak, SEL 24h) : <ul style="list-style-type: none"> o à partir un segment de 1 minute, par pas de 30 s, et pas de 12h pour le SEL o Dans les bandes fréquentielles : DCSMM, [10Hz -1000Hz], [1000Hz-20kHz], [20kHz-120kHz], - Mammifères Marins : Séries temporelles pour chaque station acoustique exprimant : <ul style="list-style-type: none"> ▪ La présence / l'absence de signaux émis par les cétacés ▪ Le nombre de captations par unité de temps ▪ Le niveau de bruit et le rayon de détection relatif, <ul style="list-style-type: none"> o Les échelles de temps des séries temporelles varieront de l'heure au mois pour bien rendre compte de toutes les dynamiques possibles (nuit/jour, saisonnières) - Niveaux d'enjeux sonores sous-marins des activités des activités du projet vis-à-vis des espèces sensibles identifiées
TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNEES	
<p><i>[Les données seront analysées par la chaîne d'analyse BIOSOUND de CHORUS qui permettra de décrire les niveaux sonores, d'identifier la nature des sources à l'origine du bruit et de détecter les cétacés.]</i></p>	



-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE--



CALENDRIER DE CAMPAGNE

- Les campagnes peuvent débuter 4 mois après validation DGEC-RTE suite à l'avis du conseil scientifique (acquisition et préparation du matériel, mobilisation des bateau, etc...), et une fois les autorisations AOT et RSM délivrées : début prévu en janvier 2024 (selon conditions météo et disponibilité des navires).
- Changement des hydrophones avec une périodicité de 2 mois (sécurisation des données et optimisation du budget relatif aux moyens nautiques)

Année 1	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes												
Année 2	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes	Pose		R 1		R 2		R 3		R 4		R 5	
Année 3	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes	R 6		R 7		R 8		R 9		R 10		R 11	
Année 4	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes	Récup											

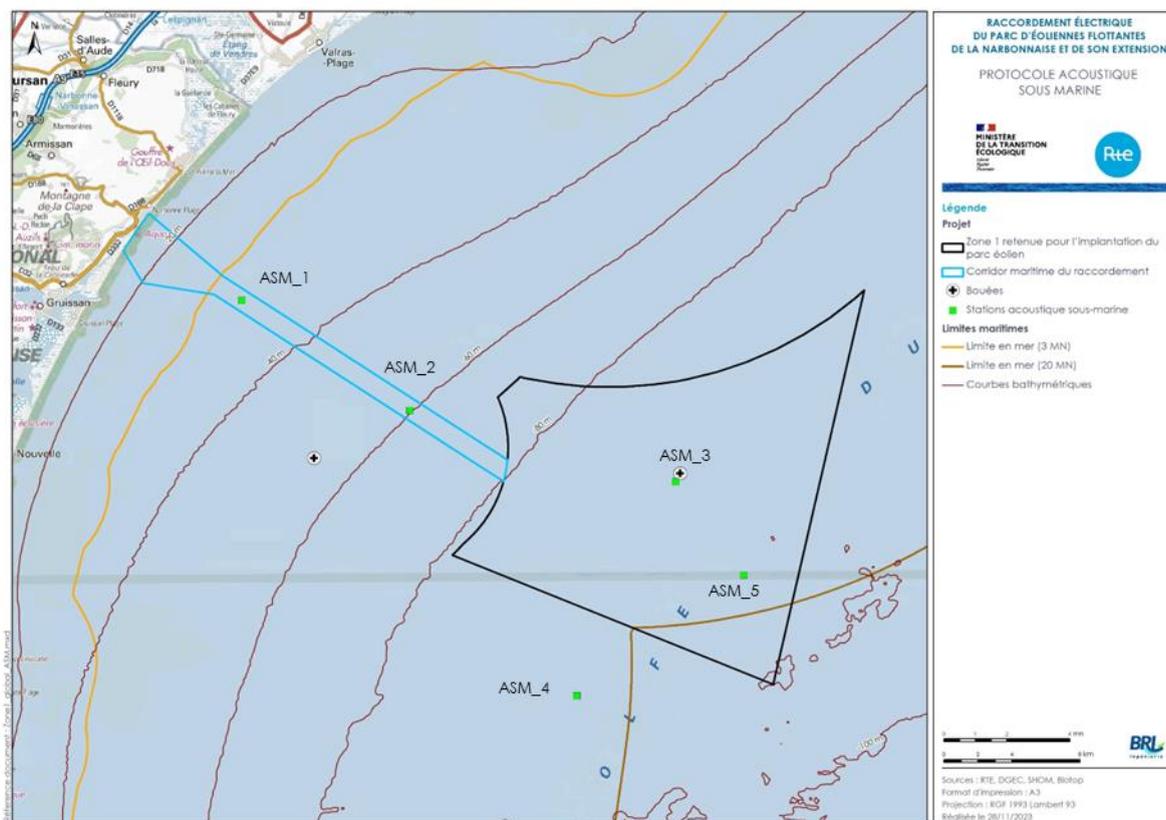


-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE--

MOYENS

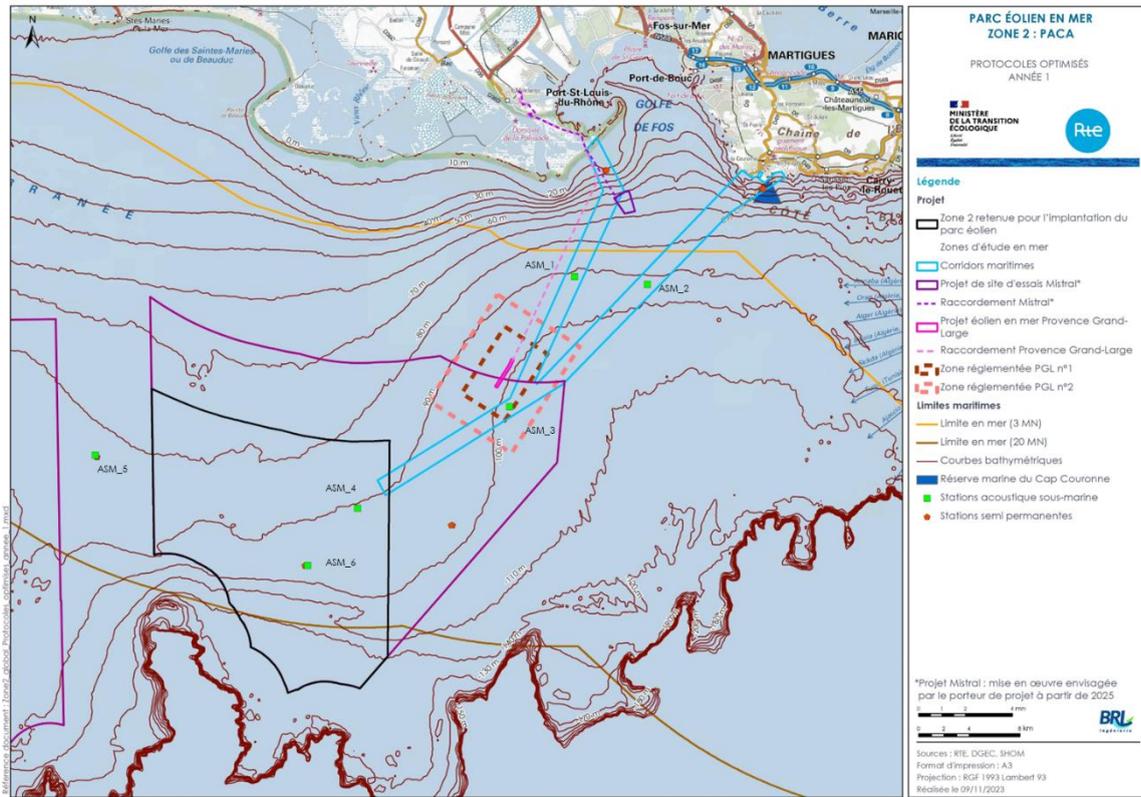
Matériel	<ul style="list-style-type: none"> - 9 hydrophones COLMAR GP1190 (5Hz à 170kHz)+ 9 F-PODs (optionnel°) associés à leurs systèmes de mouillages, 9 enregistreurs LP440 - Logiciels Quonops (prédiction du bruit anthropique dans une zone), BIOSOUND et RAMDAM (analyse des signaux d'acoustique passive et modélisation acoustique)
Moyens nautiques	<ul style="list-style-type: none"> - Foselev marine : navire ONYX - Navire secondaire possible : le NEEEXO de P2A
Mutualisation éventuelle	<ul style="list-style-type: none"> - Même matériel en mer pour répondre aux 3 objectifs - Mutualisations possibles avec collecte d'échantillonnage ADNE - Mutualisation possible bouée-multi-instrumentée
Responsables et équipes mobilisées	<p>Organisme : CHORUS Responsable : Julie LOSSENT Suppléant : Cédric GERVAISE</p>
Risque :	<p>Le déploiement et la récupération des mouillages présentent</p> <ul style="list-style-type: none"> - les risques usuels liés à la manutention d'objets pesants ou volumineux ; - les risques usuels au travail sur le pont d'un bateau ; - des risques particuliers au déploiement ou au relevage d'une ligne de mouillage.

CARTE DE REPRESENTATION SCHEMATIQUE DU PROTOCOLE





-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE--



Nous proposons :

- Pour la zone 1, 5 sites d'écoute : 2 en zone de parc, 2 sur le raccordement, 1 station témoin ;
- Pour la zone 2, 6 sites d'écoute : 2 en zone de parc, 3 sur le raccordement, 1 station témoin.

10.5.5 Protocole détaillé

10.5.5.1 Objectifs

Les objectifs du présent protocole sont de :

- 1 : Définir l'état initial du bruit ambiant par mesure et analyse du bruit ambiant sous-marin dans les zones du futur parc, de raccordement par rapport à une zone control,
- 2 : Monitoring des cétacés par acoustique passives pour déterminer la distribution spatio-temporelle

10.5.5.2 Description du protocole

10.5.5.2.1 Effort d'échantillonnage

L'échantillonnage doit être élaboré sur au moins un cycle annuel en suivant :



- Les dernières recommandations internationales pour l'éolien offshore (Van Paris et al, 2021 : Van Parijs, S. M., Baker, K., Carduner, J., Daly, J., Davis, G. E., Esch, C., ... & Staaterman, E. (2021). NOAA and BOEM Minimum Recommendations for Use of Passive Acoustic Listening Systems in Offshore Wind Energy Development Monitoring and Mitigation Programs. *Frontiers in Marine Science*, 1575).
- Les demandes du CCTP.

Grâce aux avancées récentes en instrumentation et en outils de traitement automatique des données, il est possible de mesurer pendant de longues périodes et analyser de grandes bases de données à un coût réduit devant le coût des moyens à la mer, nous proposons donc la réalisation de mesure continu sur un cycle annuel avec un relevage tous les 2 mois afin de sécuriser les données et fluidifier le traitement des données :

- Deux années de mesure en continu nécessitent entre 7 et 9 sorties en mer alors qu'une mesure ponctuelle à deux saisons nécessite 8 sorties en mer,
- La mesure en continu permet d'annuler toutes les incertitudes et biais liés au choix de la période de mesures ponctuelles.

Comme indiqué précédemment, les zones d'effet acoustiques des éoliennes sont limitées à 5 km autour des installations lors des travaux et moins de 500 m dans la phase de production. En outre, le bruit ambiant mesuré par un hydrophone rend compte des activités se réalisant 10 km autour de l'hydrophone. Le rayon de captation des signaux biologiques est de l'ordre de 20 km pour les rorquals communs, 4 km pour les cachalots, 1,5 km pour les clics et les sifflements d'odontocètes.

Ainsi, si le trafic maritime et la fréquentation des cétacés est homogène au sein des aires d'installation des éoliennes et des aires de raccordement, un point d'écoute positionné approximativement au centre des aires donneront une image fidèle de l'aire et sera acoustiquement isolé de tout point distant de 10 km. Pour la position du point de contrôle, il s'agit de choisir un point proche à la dynamique naturelle similaire des points potentiellement impactés mais isolé acoustiquement de ces points soit distant d'au moins 10 km.

Concernant les cétacés, 18 espèces de cétacés fréquentent la Méditerranée Nord-Occidentale (MNO), dont huit sont considérées comme communes, l'aire de distribution de ces espèces est large et s'étend sur l'intégralité du golfe du Lion avec potentiellement des points de concentration aux niveaux des épaves, des récifs coralligènes, des canyons marins et du talus continental. Ces dernières sont présentées ci-dessous par ordre décroissant d'observations :

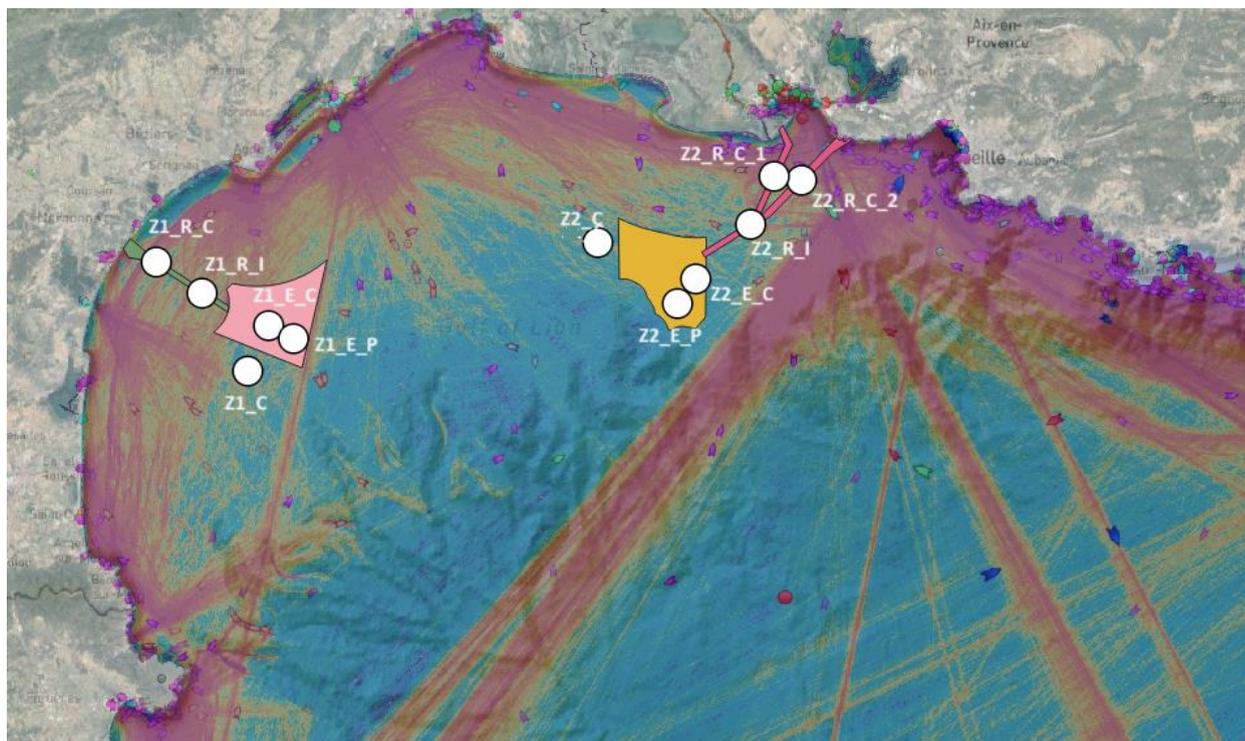
- Le dauphin bleu et blanc (*Stenella coeruleoalba*) est une espèce protégée considérée en Préoccupation Mineur sur la liste rouge nationale de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN). Cette espèce fréquente généralement des zones de faible profondeur (<200 m) et est l'espèce de cétacés la plus observée en MNO, et ce, tout au long de l'année. Peu présent dans le golfe du Lion, le dauphin bleu et blanc fait néanmoins parti des espèces susceptibles de fréquenter la zone d'implantation du parc.
- Le grand dauphin (*Tursiops truncatus*) est la 2ème espèce de cétacés la plus observée en MNO. Classée en Préoccupation Mineure sur la liste rouge nationale de l'UICN, son état de conservation est considéré défavorable en Méditerranée. Cette espèce protégée est présente toute l'année dans le golfe du Lion, avec toutefois un nombre d'observations plus important l'été. Le grand dauphin est une espèce côtière qui fréquente des zones dont la bathymétrie est inférieure à 500 m, et fait donc parti des espèces susceptibles de fréquenter les zones d'étude.



- Le dauphin de Risso (*Grampus griseus*) est une espèce protégée classée Vulnérable sur la liste rouge nationale de l'UICN en raison de sa petite population comportant notamment un faible nombre d'individus matures. Se nourrissant exclusivement de céphalopodes (seiches et calmar), cette espèce fréquente le talus, mais aussi la côte et la zone pélagique tout au long de l'année, avec un nombre d'observations légèrement plus important l'été. Le dauphin de Risso fait donc parti des espèces susceptibles de fréquenter les zones d'étude.
- Le rorqual commun (*Balaenoptera physalus*) est une espèce protégée classée Quasi Menacée sur la liste rouge nationale de l'UICN mais Vulnérable sur la liste rouge mondiale. Cette espèce est régulièrement observées dans le golfe du Lion, d'avantage en saison estivale, et fréquente les zones pélagiques dont la profondeur est supérieure à 2000 m. Le rorqual commun n'est donc peu susceptible de fréquenter régulièrement les zones d'étude.
- Le dauphin commun (*Delphinus delphis*) est une espèce protégée de Préoccupation Mineure sur la liste rouge nationale de l'UICN. Espèce côtière se nourrissant notamment de sardines et d'anchois, le nombre d'observation de cette espèce reste faible en MNO, mais elle est toutefois susceptible de fréquenter de fréquenter les zones d'étude tout au long de l'année.
- Le globicéphale noir (*Globicephala melas*) est une espèce protégée de Préoccupation Mineure sur la liste rouge nationale de l'UICN. Régulièrement observée en MNO et surtout en été, cette espèce fréquente les zones pélagiques de profondeur supérieure à 2000 m. Le globicéphale noir ne fait pas parti des espèces susceptibles de fréquenter régulièrement les zones d'étude.
- Le cachalot commun (*Physeter macrocephalus*) est une espèce protégée classée Vulnérable sur la liste rouge nationale de l'UICN. Préférant les grands fonds d'environ 1500 m jusqu'à presque 3000 m de profondeur, le cachalot commun est observé régulièrement au niveau du talus ou plus au large, généralement en hiver et printemps lors de la saison de reproduction, mais aussi en été et automne au nord du bassin. Le cachalot commun n'est pas susceptible de de fréquenter régulièrement les zones d'étude.
- La baleine à bec de Cuvier (*Ziphius cavirostris*) est une espèce protégée qui n'est pas classée sur la liste rouge nationale de l'UICN (données insuffisantes). Peu, mais régulièrement observée en Méditerranée, cette espèce préfère les zones pélagiques profondes et n'est donc pas susceptible de fréquenter régulièrement de fréquenter les zones d'étude.

Pour l'acoustique sous-marine, la connaissance scientifique indique que pour l'éolien flottant, les niveaux sonores émis lors des phases travaux et d'exploitation sont limités par comparaison avec ceux connus dans l'éolien posé. Les effets acoustiques sont supposés être circonscrits à l'aire du parc élargie de 5 km en phase de travaux et élargie à 1 ou 2 km en phase d'exploitation. Ainsi, la situation serait plutôt binaire (absence d'effets acoustiques à l'extérieur du parc, présence possible d'effets à l'intérieur), ce qui se prête bien à une approche BACI mais moins bien à une approche BAG. Le choix de la position témoin (ou de contrôle) est essentiel. Pour l'acoustique :

- Concernant les cétacés puisque leur répartition est homogène sur une large aire comparée à celles des zones d'étude, la position de la station témoin devra être à l'extérieur des aires potentiellement impactées à une distance d'au moins 10 km (afin d'assurer que la station témoin n'écoute pas les sites des fermes et de raccordement) mais sans s'éloigner plus. La position finale de l'installation devra éviter les points de concentration (épaves, récifs coralligènes, tête de canyons marins, talus continental) pour éviter les biais.
- Pour le bruit ambiant, le trafic maritime et le vent sont les principaux phénomènes qui pilotent les niveaux sonores du bruit. Il convient donc d'inspecter si les aires d'étude sont homogènes en termes de trafic et choisir des sites témoins similaires en termes de trafic. La Figure ci-dessous montre que le trafic maritime est sensiblement similaire au sein des aires d'installation et leurs aires de raccordement respectives et qu'il est possible de trouver une zone de contrôle proche avec un trafic similaire.



Carte 9: Localisation des sites de mesures acoustiques pour la zone 1 et la zone 2

Le plan d'échantillonnage pour chaque zone est constitué d'un tronc commun constituant des mesures qui vont se dérouler sur 2 ans :

- Les points Z1_E_C et Z2_E_C dédiés à l'étude du centre des zones d'installation des éoliennes tant pour le bruit ambiant que pour les cétacés. Etant donné l'uniformité de la zone d'installation, les conclusions tirées de ces points de mesure seront valables pour les points d'installation des postes de raccordement,
- Les points Z1_C et Z2_C dédiés à l'étude d'un point de comparaison/référence tant pour le bruit ambiant que pour les cétacés, les positions ont été choisies pour être comparables aux points centraux des zones d'installation. Ils sont à la même profondeur, le trafic maritime y est similaire. Les points de comparaison et centraux des zones d'installation sont proches pour avoir la même situation environnementale initiale tout en étant séparés acoustiquement (au sens où un son capté en un point n'est pas capté à l'autre),
- Les points Z1_R_I et Z2_R_I sont situés sur le faisceau du raccordement au 2/3 de la distance entre la côte et la zone des éoliennes. Ils apportent des informations sur l'état initial au sein du raccordement d'une part et d'autre part permettent de décrire l'état initial le long du gradient côte-zone d'installation tant pour le bruit que pour les cétacés.
- Les points Z1_E_P et Z2_E_C_P sont des points d'écoute disposés à la frontière profonde des zones d'installation des éoliennes. Ils sont dédiés à l'étude de connexion acoustique de la zone des éoliennes vers les canyons et le talus continental tant pour le bruit que pour les cétacés.



Ce tronç commun est complété par des points d'écoute déployés sur une année pour répondre à des questions spécifiques :

- Les points Z1_R_C et Z2_R_C_1 et Z2_R_C_2 sont des points d'écoute disposés le long du faisceau de raccordement au 1/3 de la distance entre la côte et la zone des éoliennes, Ils apportent des informations sur l'état initial au sein du raccordement d'une part et d'autre part permettent de décrire l'état initial le long du gradient côte-zone d'installation tant pour le bruit que pour les cétacés. Ces deux points seront échantillonnés la première année.

Nous proposons donc au total, pour la première année, 5 sites d'écoute sur la zone 1 et 6 sites d'écoute sur la zone 2 :

- Z1_R_C, Z1_R_I, Z1_E_C, Z1_E_P, Z1_C pour la zone 1 ;
- Z2_R_C1, Z2_R_C_2, Z2-R_I, Z2_E_C, Z2_E_P, Z2_C pour la zone 2.
- Les coordonnées géographiques et cartes d taill es sont pr sent es ci-dessous :

Les coordonnées géographiques et cartes d taill es sont pr sent es ci-dessous :

Tableau 27 : Localisation des sites d'écoute pour la zone 1 (en Lambert 93)

NOM	ZONES	LONGITUDE (X_L93)	LATITUDE (Y_L93)	PERIODES
ASM_1	Raccordement	719061,274	6223406,848	Année 1
ASM_2	Raccordement	728971,776	6216900,976	Années 1 et 2
ASM_3	Parc / Poste	744626,512	6212677,456	Années 1 et 2
ASM_4	Témoin	738810,277	6200014,204	Années 1 et 2
ASM_5	Parc	748623,9	6207156,052	Années 1 et 2



Carte 10 : Localisation des sites d'écoute pour la zone 1

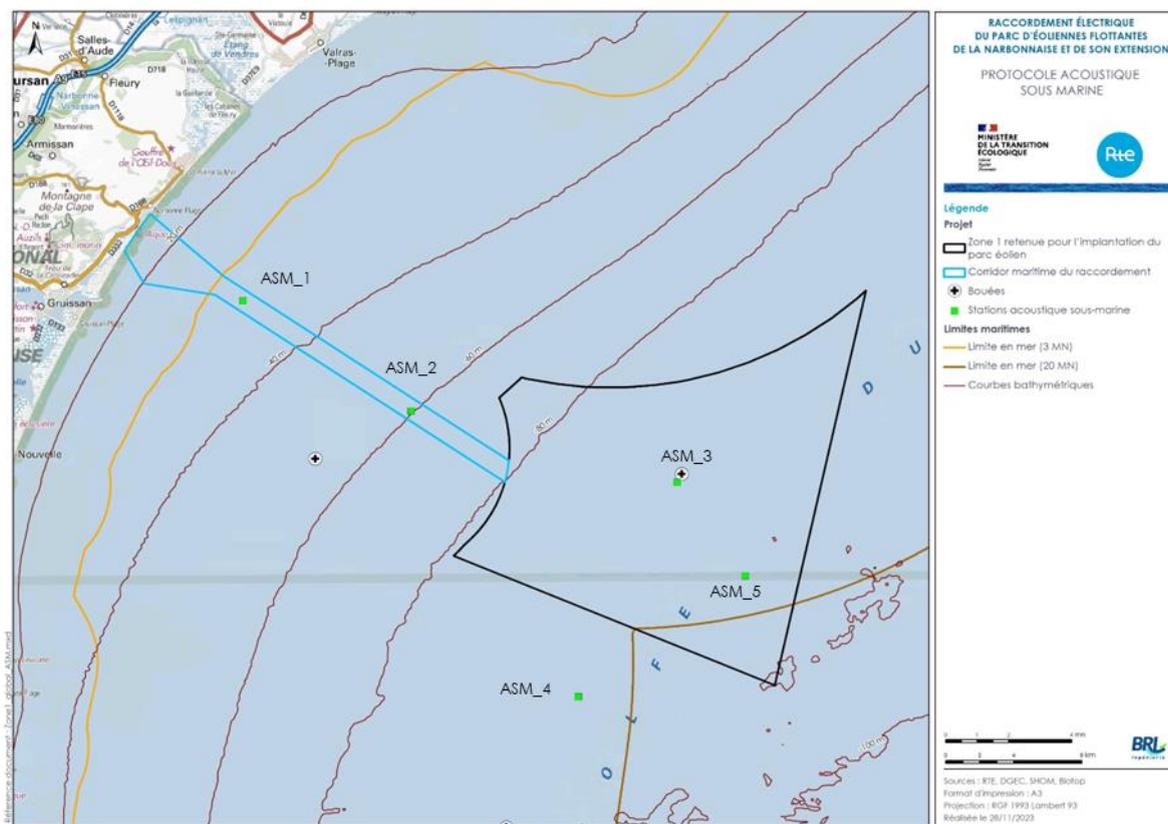
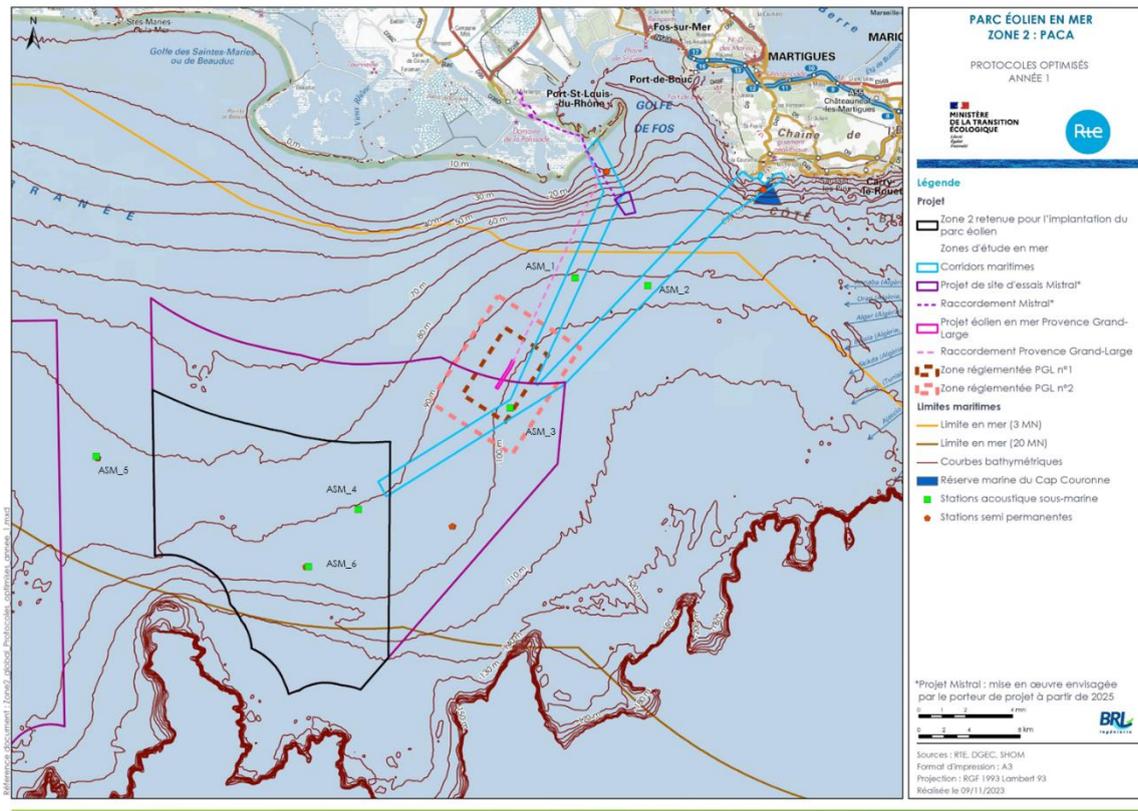


Tableau 28: Localisation des sites d'écoute pour la zone 2

NOM	ZONES	LONGITUDE (X_L93)	LATITUDE (Y_L93)	PERIODES
ASM_1	Raccordement	857351,286	6241263,696	Année 1
ASM_2	Raccordement	851586,159	6241870,015	Année 1
ASM_3	Raccordement	843077,473	6229746,237	Année 1 et 2
ASM_4	Parc / Poste	834429,616	6223442,523	Année 1 et 2
ASM_5	Temoin	813694,813	6227674,707	Année 1 et 2
ASM_6	Parc	833144,983	6214001,886	Année 1 et 2



Carte 11 : Localisation des sites d'écoute pour la zone 2



Pour chaque point, on évitera les spécificités locales qui pourraient biaiser le bruit ou la présence de cétacés et il faudra s'éloigner des sources de bruit parasites : bouées de balisage, houlographe, ADCP, etc.

Une concertation sera conduite avec les acteurs de la pêche pour valider et sécuriser avec eux les mouillages en limitant les interactions avec les engins de pêches.

DETAILS SUR LE PROTOCOLE D'ÉCHANTILLONNAGE ENVISAGÉ

Pour l'échantillonnage présenté dans les figures précédentes, nous aurons obligatoirement sur chaque station d'écoute un enregistreur de données brutes et nous recommandons d'y ajouter systématiquement un FPOD.

Pour le suivi en Méditerranée, il n'est pas nécessaire d'échantillonner à 180 kHz mais à 128 kHz car :

- Pour les cétacés du golfe du Lion, les signaux acoustiques présentant les plus hautes fréquences sont les clics de delphinidés dont plus de 80 % de l'énergie se situent à moins de 60 kHz puisqu'il n'y a pas de marsouins en Méditerranée (dans ce cas, nous aurions eu à capter des fréquences allant jusqu'à 160 kHz au moins).
- Pour le bruit généré par les travaux de construction puis lors de l'exploitation des éoliennes flottantes du golfe du Lion sera concentré sur les basses et moyennes fréquences inférieures à 20 kHz.
- Pour ne pas perdre d'informations dans les signaux acoustiques, il faut que la fréquence d'échantillonnage soit 2 fois supérieure à la fréquence maximale utile à mesurer (soit 60 kHz),
- Nous proposons donc d'échantillonner les données à 128 kHz,



- Dans ce cas, l'autonomie de nos systèmes est 6 mois et nous prévoyons un relevage tous les 4 mois, ce qui nous permet un enregistrement en continu 24h/24.

PERIODICITE DE RELEVÉ ET RECONDITIONNEMENT DES HYDROPHONES

Il existe deux facteurs limitants pour l'autonomie et la périodicité du changement des hydrophones. Il s'agit de la taille de la mémoire pour stocker les données et la puissance des piles :

- Pour un fonctionnement à 100 % du temps, la puissance des piles permet une acquisition pendant 4 mois,
- Pour la taille de la mémoire pour stocker les données celle-ci est égale à 4 TO. L'acquisition des données à 250 kHz sur 3 octets nécessite 64 GO par jour. La durée d'acquisition à 100 % du temps est donc de deux mois.

Nous recommandons donc un relevage tous les deux mois pour sécuriser les données et permettre une acquisition à plein temps. Un relevage tous les 3 mois reste acceptable et dans ce cas nous enregistrerons 40 minutes par heure.

10.5.5.2.2 Paramètres mesurés

Les enregistreurs acoustiques fournissent des données brutes (sons en fonction du temps) qui sont ensuite traitées par la chaîne logicielle de BIOSOUND pour fournir :

- Bruits ambiants : A partir des données calibrées, mesures de niveaux sonores (en SPLrms, SPL peak, SEL 24h) :
 - À partir un segment de 1 minute, par pas de 30 s, et pas de 12h pour le SEL
 - Dans les bandes fréquentielles : DCSMM, [10Hz -1000Hz], [1000Hz-20kHz], [20kHz-120kHz]
- Mammifères Marins :
 - Séries temporelles pour chaque station acoustique exprimant :
 - La présence / l'absence de signaux émis par les cétacés
 - Le nombre de captations par unité de temps
 - Le niveau de bruit et le rayon de détection relatif,
 - Les échelles de temps des séries temporelles varieront de l'heure au mois pour bien rendre compte de toutes les dynamiques possibles (nuit/jour, saisonnières)
- Niveaux d'enjeux sonores sous-marins des activités des activités du projet vis-à-vis des espèces sensibles identifiées.

10.5.5.2.3 Acquisition des données en mer

DESCRIPTION DES LIGNES DES MOUILLAGES ACOUSTIQUES

Pour mesurer l'état sonore initial du site, nous proposons une ligne de mouillage décrite à la figure Figure 72 et avec la liste des composants dans le tableau Tableau 1.



Figure 72: Ligne d'amarrage et instrumentation proposées

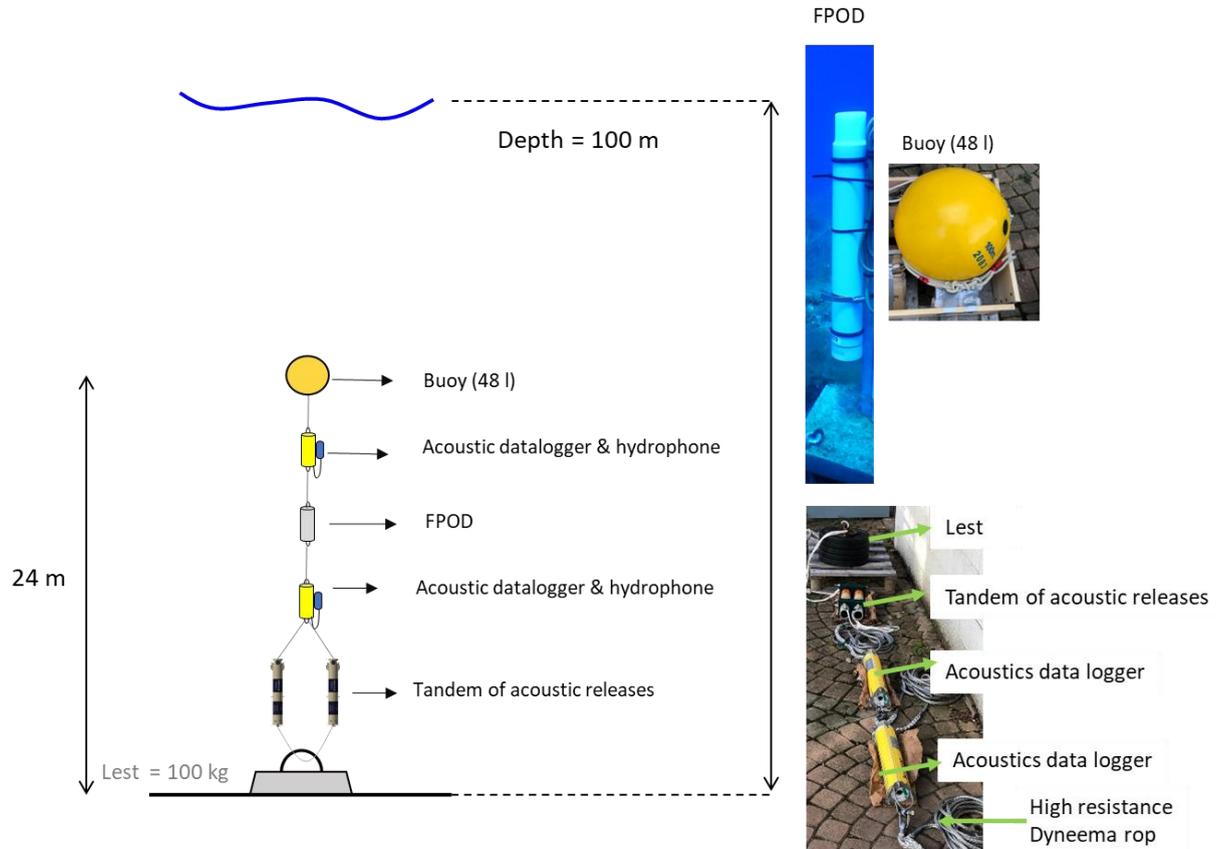


Tableau 1: Composants de la ligne de mouillage

REFERENCE	NOMBRE	MODELE	COMMENTAIRES
Enregistreur de données acoustique	2	RTSYS LP440 Ou équivalent permettant la même bande fréquentielle de captation	Bien connu de CHORUS Autonomie 4 mois Bande passante et sensibilité adaptées à la captation des sons humains et biologiques (invertébrés, poissons, cétacés) Faible bruit propre 1 enregistreur équipé d'un hydrophone COLMAR GP1516 (toutes les captures sauf marsouin) 1 enregistreur équipé d'un hydrophone COLMAR GP1190 (toute capture y compris marsouin)
Détecteur acoustique	1	FPOD Chelonia	Système automatique de détection des clics de cétacés Boîte noire au fonctionnement controversé Son utilisation est parfois demandée par les autorités environnementales
Largueurs acoustiques	2	Sonardyne RT6-1000	Bien connu de CHORUS Facile à utiliser Utilisation d'un tandem pour assurer la défaillance d'une largeur
Bout	20 m	Câble métallique ou Dyneema F = 10 mm	Bien connu de CHORUS Très haute résistance
Lest	1	Métallique	100 kg Dimensionné pour être relevable facilement mais permettre un volume suffisant de la bouée de subsurface pour garder la ligne verticale



En plus de ses qualités métrologiques, la ligne de mouillage présente les points forts suivants :

- Conçu pour maximiser les chances de succès de la récupération des données
- Redondance des systèmes de mesure acoustique
- Redondance des versions acoustiques
- Succès lors des précédentes expérimentations de CHORUS

La géométrie de la ligne d'amarrage (hauteur, lest, etc.) sera affinée dès le début du projet au premier CS pour tenir compte des spécificités du site et des contraintes opérationnelles.

POURQUOI UN FPOD ?

Un FPOD est un système acoustique à faible coût. Il est dédié uniquement à la capture des clics de cétacés et n'enregistre pas les sons bruts mais uniquement les dates et les caractéristiques des clics détectés. Au retour de mission, un logiciel permet une mise en forme rapide et facile des résultats. Le FPOD agit comme une boîte noire d'utilisation facile pour un non-spécialiste. La performance du FPOD est parfois controversée dans la communauté scientifique mais l'utilisation du FPOD permet une redondance entre les capteurs malgré tout.

PROTOCOLE DE MISE A L'EAU / DEPLOIEMENT

Avant la mise à l'eau, le bon fonctionnement des enregistreurs et des FPOD sera testé en bassin en insonifiant les enregistreurs et FPOD par des playbacks de sifflements et de clics de cétacés pendant une période de 24 heures. Un rapport de test sera établi.

Au bureau, la mission de chaque enregistreur sera configurée (fréquence d'échantillonnage, cycle de mesures).

Les lignes de mouillages seront conditionnées dans des bacs de transport et les hydrophones seront protégés par des mousses antichocs.

Elles seront transportées en utilitaires par nos soins.

Avant embarquement sur le pont du navire support, les lignes de mouillage seront déroulées sur le quai et l'intégrité de tous les câbles et éléments sensibles sera vérifiées (Phase 1 ci-dessous).

Les enregistreurs et les FPOD seront mis en route et leur bon démarrage sera vérifié à partir des leds lumineuses des instruments.



Figure 73: Indicateur de bon démarrage des enregistreurs par led lumineuse

La mise à l'eau de la ligne de mouillage est réalisée en 7 phases décrites dans le Tableau ci-dessous :



Tableau 29: Phasage du déploiement de la ligne de mouillage

Phase	Lieu	Contenu
Phase 1	Sur le quai	Préparation de la ligne de mouillage sur le quai avant chargement sur l'ONYX
Phase 2	Sur le quai	Chargement de la ligne de mouillage du quai sur l'ONYX
Phase 3	Sur le pont de l'ONYX lors de la route vers le point de mouillage, 30 minutes avant l'arrivée au point d'immersion	Assemblage de la ligne de mouillage sur le pont de l'ONYX et vérification du bon fonctionnement des capteurs
Phase 4	A 1 nautique du point d'immersion	Installation du lest et prise de ligne adaptée à la météo
Phase 5	A 500 mètres du point de mouillage	Mise à l'eau de la bouée de subsurface et déroulement de la ligne de mouillage en phase de prise de ligne
Phase 6	A point de mouillage	Large du lest
Phase 7	4 points cardinaux situés à 300 m du point de mouillage	Triangulation du mouillage par mesure de la distance entre la position vraie du mouillage et les 4 points cardinaux

Phase 1 : Préparation de la ligne de mouillage

Avant son chargement sur l'ONYX, les composantes de la ligne de mouillage sont préparées :

- Le lest est sanglé sur une palette,
- La corde 1 (C2) est lovée dans un bac spécifique,
- La cage et ses enregistreurs (C3) sont installés dans un bac spécifique,
- La corde 2 (C4) est lovée dans un bac spécifique,
- Le tandem de largueurs et de dérouleurs (C5) est installé dans un banc spécifique.

Les bacs et la palette de lest sont déposés sur le quai à proximité immédiate de l'ONYX.

Phase 2 : Chargement de la ligne de mouillage

- Le lest est chargé sur le pont sur l'ONYX grâce à la grue de l'ONYX et il est arrimé immédiatement par l'équipage,
- Les bacs sont chargés sur le pont de l'ONYX puis conditionnés dans un espace réservé au sec dans la cabine.

Une fois la ligne chargée l'ONYX quitte le port et fait route vers le point d'immersion.



Figure 74: Illustration des opérations – phase 2 du déploiement

Phase 3 : Assemblage de la ligne de mouillage et vérifications

Trente minutes avant l'arrivée du point d'immersion :

- les bacs sont sortis sur le pont et positionnés dans l'ordre d'assemblage,
- les différentes composantes sont attachées entre elles par les manilles ou les émerillons :
 - les manilles et les émerillons sont sécurisés par un collier plastique,



- Chaque point d'attache est vérifié,
- Les enregistreurs acoustiques sont lancés et le bon fonctionnement est vérifié pour ceux le permettant (souvent via une led clignotant à un rythme prédéfini).



Figure 75 : Illustration des opérations – phase 3 du déploiement

Phase 4 : Installation du lest et prise de ligne

A 1800 mètres du point de mouillage,

- L'ONYX choisit un alignement vers le point d'immersion adapté en fonction des conditions locales météorologiques et de courant,
- L'ONYX fait route vers le point d'immersion à une vitesse réduite (2 à 4 nœuds),
- Le lest est levé sur le bras de la grue,
- Les bacs sont disposés sur le pont dans l'ordre largueur – corde 2 – cage et enregistreurs – corde 1
- Les largueurs, cages et enregistreurs sont sortis de leur bac. Ils sont déposés doucement sur des tapis antichoc préalablement disposés sur le pont. Les bacs sont rentrés dans la cabine.

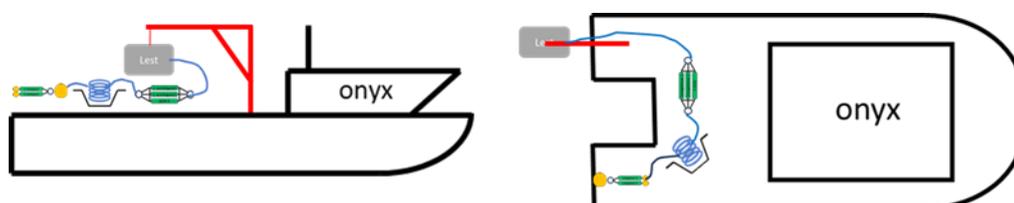


Figure 76 : Illustration des opérations – phase 4 du déploiement

Phase 5 : Mise à l'eau de la bouée de subsurface et déroulement de la ligne de mouillage en phase de prise de ligne

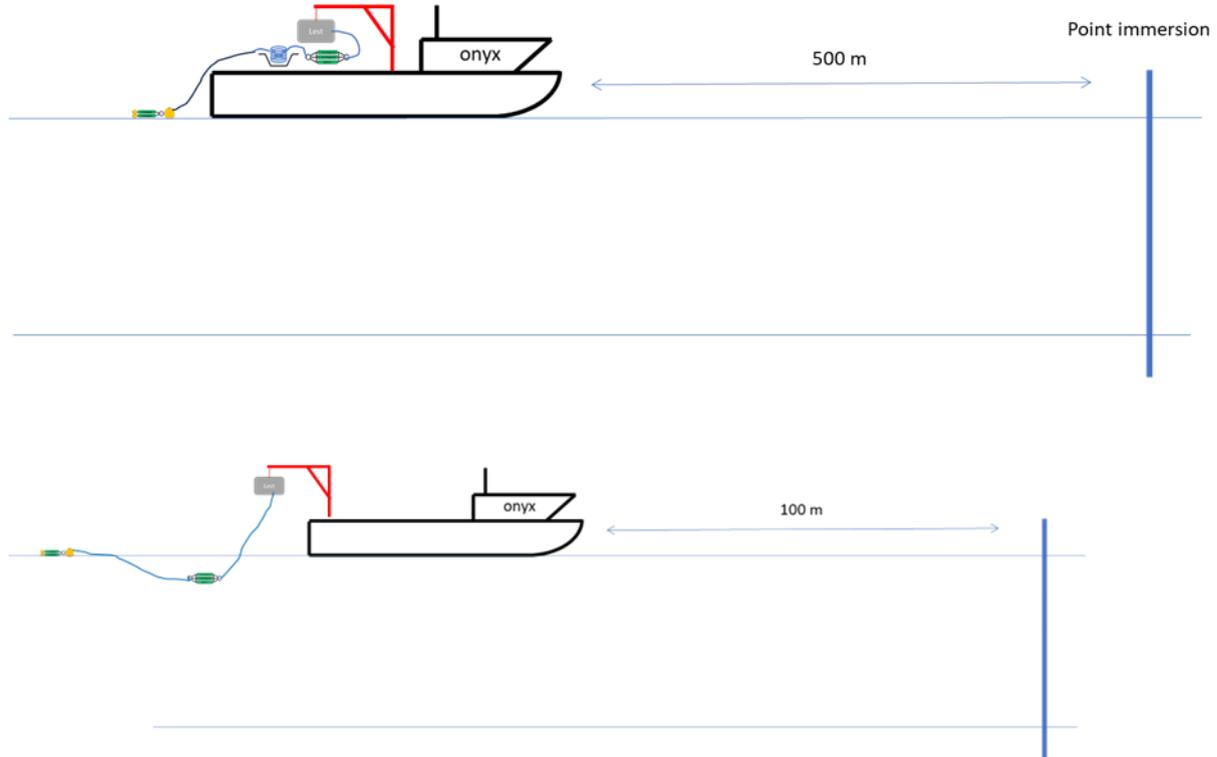
A 500 mètres du point de mouillage,

- Un opérateur jette à l'eau les largueurs et la bouée de flottaison,
- L'ONYX fait route vers le point d'immersion à une vitesse très réduite (1 à 2 nœuds),

La traction naturelle exercée par l'ONYX sur la ligne de mouillage permet de dérouler la ligne de mouillage sans intervention humaine.



Figure 77: Illustration des opérations – phase 5 du déploiement



Phase 6 : Largage du lest

Lorsque l'ONYX arrive à 100 mètres du point de mouillage, la grue descend le lest vers la surface de l'eau à une hauteur comprise entre 50 cm et 1 mètre.

Lorsque l'ONYX passe au-dessus du point de largage :

- Le lest est libéré de la grue et il entraîne l'antenne vers le fond,
- La position GPS du point de largage est notée.

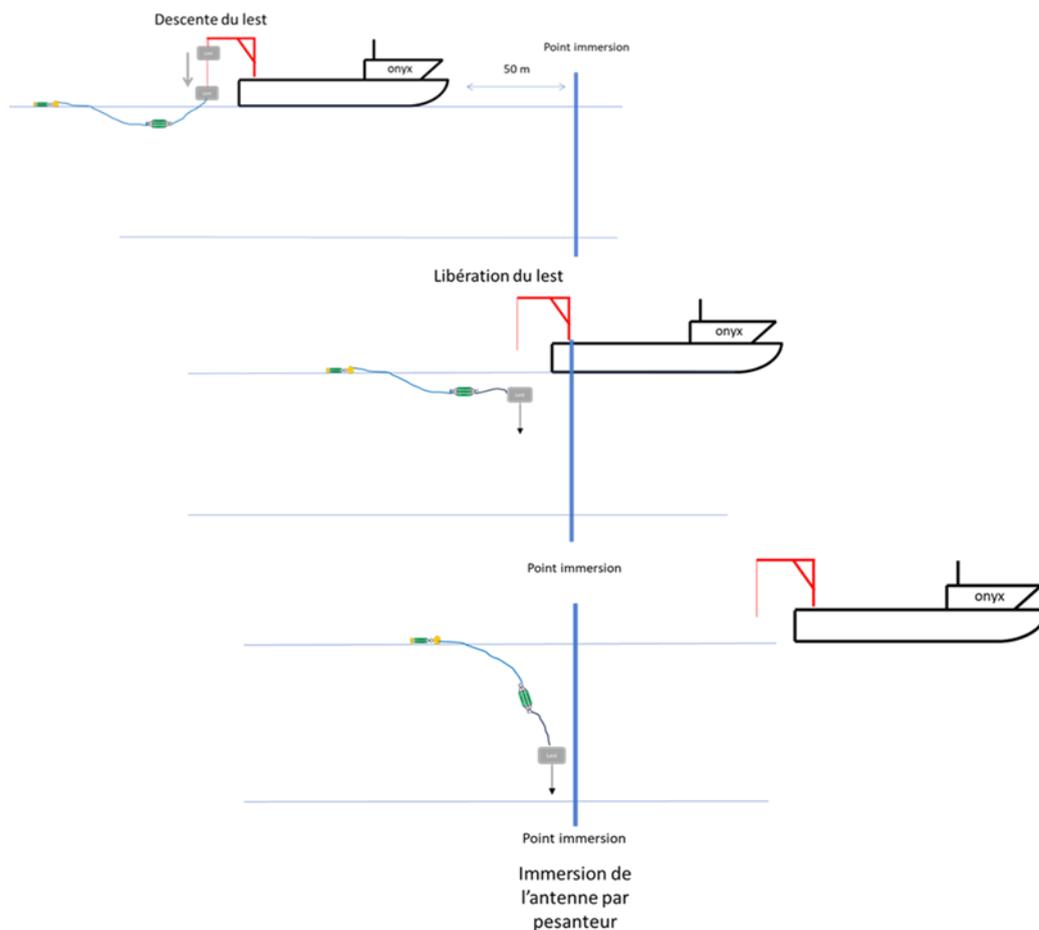


Figure 78: Illustration des opérations – phase 6 du déploiement

Phase 7 : Triangulation du mouillage immergé et vérification du fonctionnement des largueurs

Même si la position d'immersion a été notée lors du largage, celle-ci peut être affinée/confirmée grâce aux largueurs acoustiques. Ceux-ci peuvent être interrogés et ils fournissent la distance avec l'interrogateur.

Lorsque l'ONYX a libéré le mouillage, il se rendra aux quatre points cardinaux à 300 mètres du point d'immersion théorique :

- Notera sa position GPS,
- Interrogera le largueur pour connaître sa distance, cette distance sera notée.

Ces mesures permettront de trianguler le mouillage dans sa position réelle et permettront de vérifier le bon fonctionnement des largueurs après immersion.

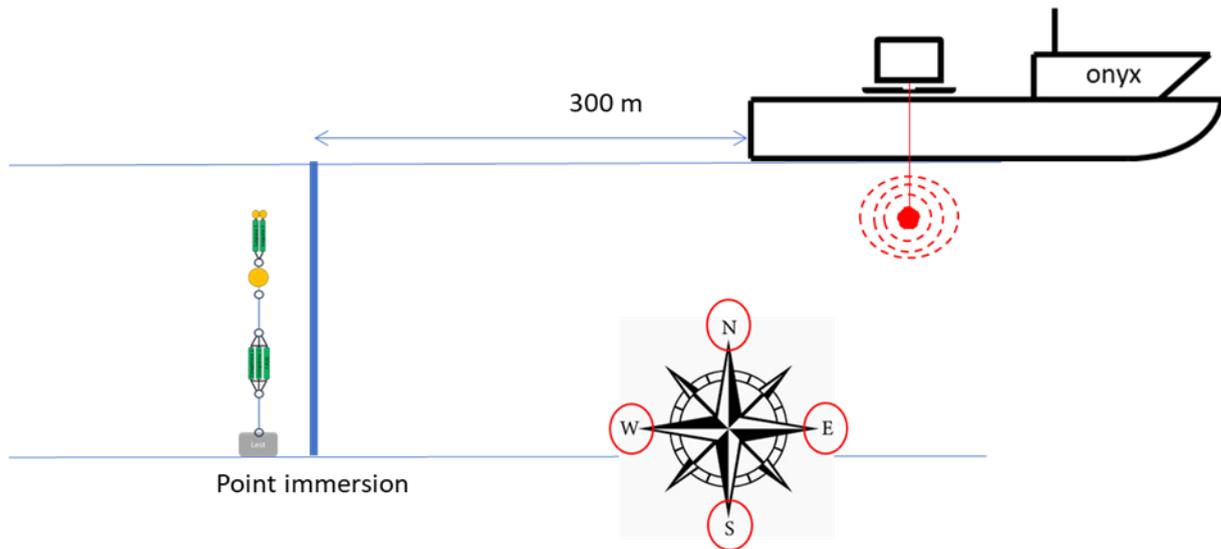


Figure 79 : Illustration des opérations – phase 7 du déploiement

PROTOCOLE DE RECUPERATION

La récupération de la ligne de mouillage est réalisée en 7 phases décrites dans le Tableau ci-dessous :

Phase	Lieu	Contenu
Phase 1	A proximité (50 mètres) de la position d'immersion	Interrogation du largueur, détermination de la distance du mouillage et approche
Phase 2	A proximité de la position d'immersion entre 30 m et 50 m	Ordre de largage, attente de la remontée de la bouée et repérage
Phase 3	A proximité de la bouée	Les bacs de rangement sont disposés sur le pont et la bouée est gaffée
Phase 4	Sur le pont de l'ONYX	La ligne de mouillage est remontée au treuil, les cordes sont lovées dans leurs bacs et les composantes déposées dans leur bac,
Phase 5	Sur le pont de l'ONYX	Le lest est fixé sur le pont et la ligne est désassemblée
Phase 6	Sur le pont et dans la cabine de l'ONYX	Rangement des bacs dans la cabine
Phase 7	Au quai	Débarquement de la ligne de mouillage

Figure 80 : Phasage de récupération de la ligne de mouillage

Phase 1 : Approche et interrogation du largueur

L'ONYX se rend à 50 mètres du point d'immersion déterminé lors du déploiement. Il stoppe ces moteurs. Un opérateur CHORUS :

- Déploie le transducteur acoustique
- Interroge les largueurs pour connaître leurs états de fonctionnement et la distance du mouillage à l'ONYX.

L'ONYX réajuste sa position pour être entre 30 mètres et 50 mètres du mouillage afin de bien voir la bouée de flottaison du larguer lorsque celle-ci remontera mais sans toutefois que celle-ci se retrouve coincée sous l'ONYX.

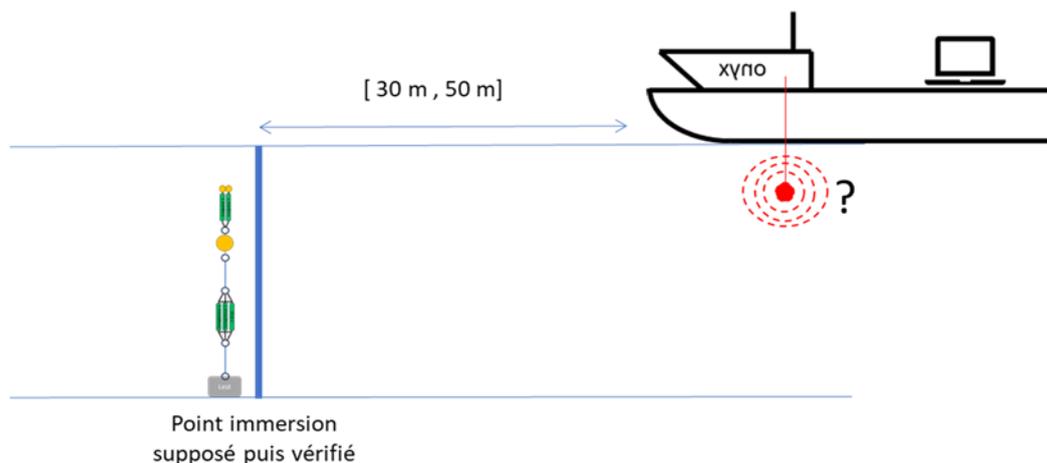


Figure 81 : Illustration des opérations – phase 1 de la récupération

Phase 2 : Largage

L'ONYX reste stationnaire à 30 mètres du point d'immersion supposé. Un opérateur CHORUS :

- Donne l'ordre au largueur de s'ouvrir,
- Attend la remontée de la bouée,
- La repère à la surface.

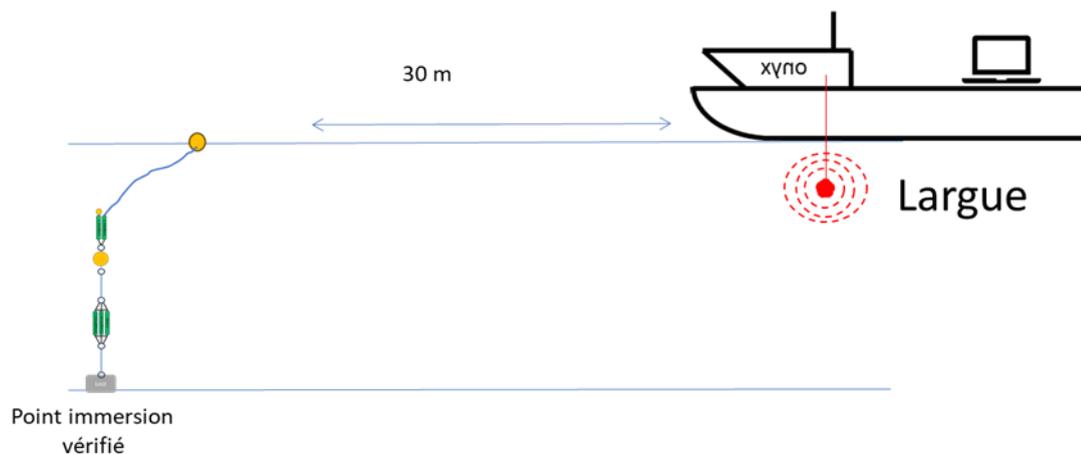


Figure 82 : Illustration des opérations – phase 2 de la récupération

Phase 3 : Préparation du pont et gaffage de la bouée du largueur

Dès que l'opérateur repère la bouée de surface :

- Les bacs de rangement des cordes sont installés sur le pont,
- L'ONYX se rapproche doucement de la bouée de surface,
- La bouée est gaffée et apportée proche du treuil.

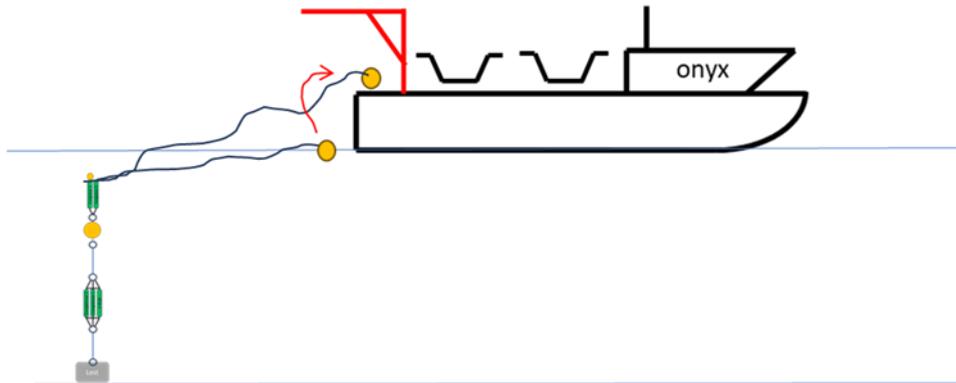


Figure 83 : Illustration des opérations – phase 3 de la récupération

Phase 4 : Treuillage de la ligne de mouillage

- Le bout de corde gaffé avec la bouée est passé dans le treuil,
- Le treuil remonte la corde qui est lovée au fur à mesure dans son bac
- Les largueurs et la cage sont déposés doucement sur le pont préalablement équipé de tapis antichoc
- Le treuil remonte le reste de corde,
- Le treuil dépose le lest sur le pont sur un support adapté pour limiter ses mouvements.

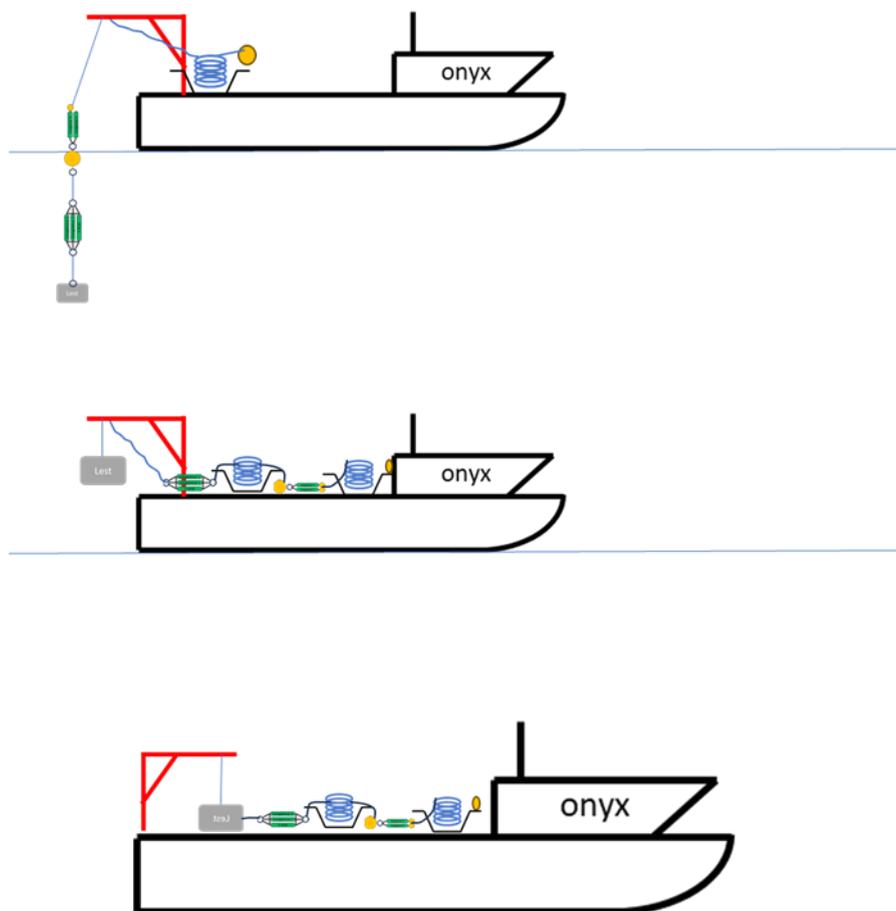


Figure 84 : Illustration des opérations – phase 4 de la récupération

Phase 5 : Fixation du lest et démontage de la ligne

- Dès la dépose du lest sur le pont, le lest est arrimé solidement sur le pont,
- La ligne de mouillage est dégréée en détachant toutes les manilles,
- Les manilles sont rangées et les composants libérés sont rangés dans leurs bacs respectifs.

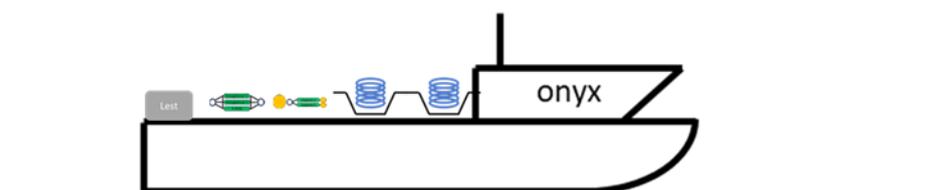
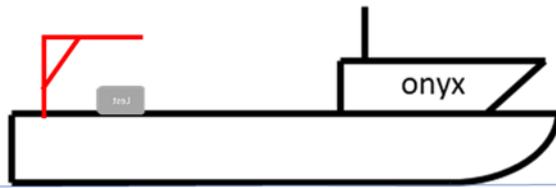


Figure 85 : Illustration des opérations – phase 6 de la récupération

Figure 86 : Illustration des opérations – phase 5 de la récupération

Phase 6 : Rangement des bacs dans la cabine

- Les bacs et les composants sont rangés dans la cabine.



Phase 7 : Débarquement de la ligne de mouillage

- L'ONYX rentre au port et se met à quai,
- Les bacs avec les composantes sont sortis sur le pont,
- Les bacs, composantes et le lest sont grutés sur le quai.

DISPOSITIONS ADOPTEES POUR ASSURER LA CONTINUITE DU PLAN D'ECHANTILLONNAGE

Pour chaque campagne, la continuité du plan et des techniques d'échantillonnage dépend de la capacité d'opérateurs à mettre à l'eau les mouillages et la disponibilité des instruments de mesure durant le projet :

- Pour les opérateurs, les sites et les distances à la côte des points d'échantillonnage sont classiques et il sera possible de trouver des opérateurs pour remplacer Ixsea ou FOSELEV en cas de défaillance,
- Pour les instruments, nous nous fournissons auprès de RTSYS, société française solide (plus de 10 années d'expérience) et nous achèterons du matériel neuf dont la durée de vie est au moins 5 ans
- En début de projet, nous réserverons un enregistreur du parc de CHORUS afin qu'il puisse être mobilisé sans délai pour le suivi,
- En cas de défaillance ou perte d'un système nous pourrions immédiatement après la perte en utiliser l'enregistreur de réserve puis en racheter à l'identique chez RTSYS,
- En cas de défaillance de RTSYS, nous disposons de notre propre parc d'enregistreurs compatibles (23 enregistreurs RTSYS dont 11 enregistreurs LP 440),
- Les mêmes remarques peuvent être faites pour les FPOD sauf pour la société qui est anglaise.

La réalisation du plan d'échantillonnage et des analyses repose sur CHORUS. Le groupement possède 3 spécialistes de l'acoustique (CHORUS, Quiet-Oceans, Biotope), CHORUS en charge des mesures de la Méditerranée et Quiet-Oceans en charge des modélisations. CHORUS, Quiet-Oceans et Biotope collaborent depuis plus de 10 ans et partagent les mêmes méthodes. Ce partenariat est également un gage de solidité et réactivité pour la continuité des missions.

TRAITEMENT ET ANALYSE DE DONNEES

Traitement et interprétation « bruit ambiant » et « mammifères marins » (Chorus)

CHORUS dispose d'une chaîne logicielle brevetée pour l'analyse des signaux d'acoustique passive (BIOSOUND) et une architecture logicielle de modélisation acoustique (RAMDAM). Les composantes de BIOSOUND et RAMDAM ont toutes été évaluées par la communauté scientifique lors de publications dans des journaux internationaux à comité d'évaluation. BIOSOUND et RAMDAM se placent au meilleur de l'état de l'art. BIOSOUND adresse les signaux biologiques variés (invertébrés, poissons, cétacés) et réalise la détection, la classification, le dénombrement et la localisation des signaux biologiques. Les détections et classifications effectuées par nos algorithmes sont ensuite validées par des personnels expérimentés.



Tableau 30 : Références scientifiques relatives à BIOSOUND et RAMDAM

Publications scientifiques (Revue internationale à comité de lecture) et brevets – chaîne de traitement (détection, classification, localisation) des sons bioacoustiques (cétacés, poissons, invertébrés) , des sons anthropiques et de leurs effets sur la faune marine
GERVAISE, Cédric. Method and device for automatically detecting marine animals. U.S. Patent No 9,429,666, 30 août 2016.
Gervaise, Y. Simard, F. Aulancier, and N. Roy (2021) Optimizing passive acoustic systems for marine mammal detection and localization: Application to real-time monitoring North Atlantic right whales in Gulf of St. Lawrence, <i>Applied Acoustics</i>
J. F. Laplante, M. A. Akhloufi, and C. Gervaise (2021), Fish recognition in underwater environments using deep learning and audio data, <i>Ocean Sensing and Monitoring XIII</i> , 11752, 2021
C. Magnin and C. Gervaise (2020), Acoustic and photographic monitoring of coastal maritime traffic: Influence on the soundscape, <i>The Journal of the Acoustical Society of America</i> , 147(6), 3749-3757
Gervaise, C., Simard, Y., Aulancier, F., & Roy, N. (2019). Performance study of passive acoustic systems for detecting North Atlantic right whales in seaways: the Honguedo strait in the Gulf of St. Lawrence. Department of Fisheries and Oceans.
C. Gervaise, J. Lossent, C. A. Valentini-Poirier, P. Boissery, C. Noel, and L. D. Iorio (2019) Three-dimensional mapping of the benthic invertebrates biophony with a compact four-hydrophones array, <i>Applied Acoustics</i> , 148, 175-193
J. Lossent, M. Lejart, T. Folegot, D. Clorennec, L. D. Iorio, and C. Gervaise (2018) Underwater operational noise level emitted by a tidal current turbine and its potential impact on marine fauna, <i>Marine Pollution Bulletin</i> , 131, 323-334
M. Malfante, J. I. Mars, M. D. Mura, and C. Gervaise (2018), Automatic fish sounds classification, <i>The Journal of the Acoustical Society of America</i> , 143(5), 2834-2846
F. Aulancier, Y. Simard, N. Roy, C. Gervaise, and M. Bandet (2017), Effects of shipping on marine acoustic habitats in Canadian Arctic estimated via probabilistic modelling and mapping. <i>Marine Pollution Bulletin</i> , 125(12), 115-131
Le Bot, O ; Simard, Y ; Roy, N ; Mars, J ; Gervaise, C. (2016). Whistle source levels of free-ranging beluga whales in Saguenay-St Lawrence marine park. <i>The Journal of the Acoustical Society of America</i> , 140(1), EL89-EL93.
D. Mathias, C. Gervaise, and L. D. Iorio (2016) Wind dependence of ambient noise in a biologically rich coastal area, <i>The Journal of the Acoustical Society of America</i> , 139(2), 839-850
Le Bot O, Gervaise C ; Mars J I, Simard, Y. (2015). Rhythmic analysis for click train detection and source separation with examples on beluga whales. <i>Applied acoustics</i> , 95, 37-49.
C. Gervaise, F. Aulancier, Y. Simard, and N. Roy (2015) Mapping probability of shipping sound exposure level, <i>The Journal of the Acoustical Society of America</i> , 137(6), EL429-EL435
Dadouchi, F., Gervaise, C., Ioana, C., Huillery, J., & Mars, J. I. (2013). Automated segmentation of linear time-frequency representations of marine-mammal sounds. <i>J. Acoust. Soc. Am.</i> 134(3), 2546-2555.
C. Gervaise, Y. Simard, N. Roy, B. Kinda, and N. Ménard, (2012) Shipping noise in whale habitat: Characteristics, sources, budget, and impact on belugas in Saguenay–St. Lawrence Marine Park hub, <i>The Journal of the Acoustical Society of America</i> , 132(1), 76-89
Gervaise, C., Barazzutti, A., Busson, S., Simard, Y., & Roy, N. (2010). Automatic detection of bioacoustics impulses based on kurtosis under weak signal to noise ratio. <i>Applied Acoustics</i> , 71(11), 1020-1026.
Zaugg, S., Van Der Schaar, M., Houégnigan, L., Gervaise, C., & André, M. (2010). Real-time acoustic classification of sperm whale clicks and shipping impulses from deep-sea observatories. <i>Applied Acoustics</i> , 71(11), 1011-1019.
Simard, Y., Roy, N., Giard, S., Gervaise, C., Conversano, M., & Ménard, N. (2010). Estimating whale density from their whistling activity: Example with St. Lawrence beluga. <i>Applied Acoustics</i> , 71(11), 1081-1086.
N. Roy, Y. Simard, and C. Gervaise (2010) 3D tracking of foraging belugas from their clicks: Experiment from a coastal hydrophone array, <i>Applied Acoustics</i> , 71(11), 1050-1056
Y. Simard, R. Lepage, and C. Gervaise (2010), Anthropogenic sound exposure of marine mammals from seaways: Estimates for Lower St. Lawrence Seaway, eastern Canada , <i>Acoustics</i> , 71(11), 1093-1098



A partir de la chaîne de traitement BIOSOUND, la figure ci-dessous présente comment nous allons analyser les mesures acoustiques et identifier les résultats des analyses :

- Les données seront analysées pour décrire le bruit ambiant et extraire les signaux émis par les cétacés ;
- Pour le bruit ambiant :
 - La chaîne de mesure acoustique est entièrement calibrée, les données seront corrigées de la courbe de sensibilité de l'hydrophone en fonction de la fréquence avant tout traitement. Un suivi précis des numéros de série des enregistreurs et des hydrophones déployés sera effectué et la courbe de correction appliquée aux données sera systématiquement reportée en annexe des rapports d'analyse par position et sessions de mesure.
 - Nous décrirons les niveaux sonores du bruit en fonction de la fréquence puis dans des bandes fréquentielles pertinentes (bande DCSMM, bande d'audition des rorquals communs, bande d'audition et émissions des sifflements de delphinidés et bande d'audition et émissions des clics de delphinidés et des cachalots), nous fournirons la série temporelle du bruit avec un pas fin puis la distribution (centiles, moyenne, médiane, écart-type),
 - Bandes fréquentielles proposées et affinées avec le donneur d'ordre
 - DCSMM : Tiers d'octave 63 Hz, 125 Hz,
 - Bande d'écoute estimée des poissons et des mysticètes : [10 Hz , 1000 Hz],
 - Bande d'écoute et des émissions sonores de communication des odontocètes : [1000 Hz, 20 kHz],
 - Bande d'écoute et des émissions sonores des clics des odontocètes : [20 kHz, 120 kHz]
 - Descripteurs acoustiques calculés pour chaque bande visée
 - SPL rms calculé sur un segment de 1 minute, par pas de 30 s
 - SPL peak calculé sur un segment de 1 minute, par pas de 30 s
 - SEL 24 heures calculé par pas de 12 heures
 - Les propriétés statistiques des descripteurs acoustiques seront calculées à partir des séries temporelles (moyenne, écart-type, histogramme-densité de probabilité, centiles)
 - Nous identifierons les causes de ce bruit ambiant notamment en termes de trafic maritime via les données AIS qui seront collectées par nos 3 stations et en termes d'événements météorologiques, nous rechercherons aussi la présence de sons biologiques émis par les invertébrés,
 - Nous analyserons ensuite les effets du bruit ambiant sur les cétacés en déterminant la série temporelle de degrés d'anthropisation du paysage acoustique (% de temps sur 24 heures durant lequel le bruit ambiant causé par les activités anthropiques est supérieur au bruit naturel « sans homme » référence de Wenz) puis nous évaluerons les effets sur la faune en termes de masquage et en termes de dérangement.
- Pour les cétacés ;
 - Nous détecterons les présences de sons émis par les cétacés dans le disque de captation des hydrophones (~ 20 km pour les rorquals communs, ~ 5 km pour les cachalots, ~ 1.5 km pour les clics de delphinidés, ~ 1 km pour les sifflements de delphinidés), 4 détecteurs seront appliqués : vocalises de rorquals communs, sifflements de delphinidés, clics de delphinidés, clics de cachalots. En parallèle de ces détecteurs, nous évaluerons la portée de détection. Chaque détection sera validée par un expert de l'équipe,
 - Nos détecteurs sont basés sur l'Intelligence Artificielle, réseaux de neurones appliqués aux spectrogrammes des données,



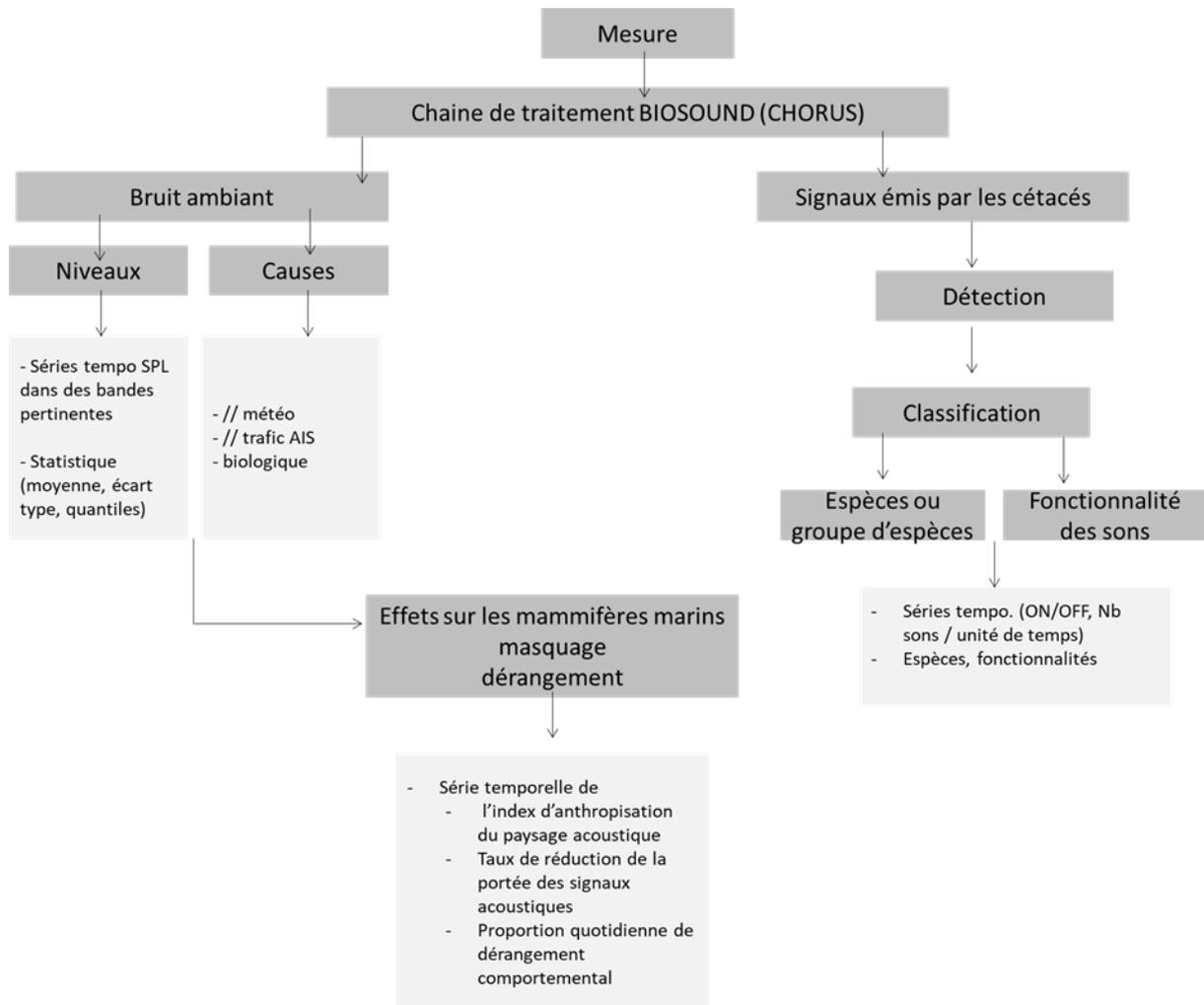
- Pour chaque détecteur, une note méthodologique décrira les caractéristiques du spectrogramme, les performances de détection (Probabilité de détection, probabilité de fausse alarme), performances qui seront illustrées et suivies dans le temps à partir de bases de test issues de chaque campagne de l'AO6 et construites par nos experts.
- L'annotation des détections sera utile pour la classification des sons biologiques qui abordera 2 points de vue :
 - La fonctionnalité (transit, nutrition, socialisation, reproduction, mise bas etc.)
 - L'espèce émettrice : Rorqual commun, Grand dauphin, Cachalot, Dauphin de Risso ou globicéphale noir, Autres delphinidés (commun, bleu et blanc ...)
- Les séries temporelles de présence/absence, du nombre de sons captés par unité de temps, du rayon de captation, de fonctionnalité et de présence des espèces classifiées seront élaborées et comparées à nos données.

Chaque détection d'un signal bioacoustique de cétacés sera analysée par une analyste confirmée pour assurer la classification des espèces suivant les familles :

- Rorqual commun,
- Cachalot
- Dauphin de Risso ou Globicéphale noir,
- Grand dauphin,
- Dauphin bleu et blanc ou dauphins communs,
- Baleines à bec,
- Autres delphinidés.



Figure 87 : Méthodologie de traitement



Les résultats du traitement des données acoustique prendront la forme des séries temporelles exprimant :

- La présence / l'absence de signaux émis par les cétacés (clics de géolocalisation, clics de chasse, signaux de communication)
- Le nombre de captations par unité de temps (clics de géolocalisation, clics de chasse, signaux de communication),
- Le niveau de bruit et le rayon de détection relatif,
- Les échelles de temps des séries temporelles varieront de l'heure au mois pour bien rendre compte de toutes les dynamiques possibles (nuit/jour ... saisonnières),
- Les séries couvriront plusieurs niveaux de description spécifique (clics ou signaux de communication globalement, jusqu'à signaux émis par les espèces).

D'après notre retour d'expérience sur plus de 10 projets où nous avons pu comparer détection acoustique et observation visuelle de cétacés, l'acoustique s'est révélée très performante pour la détection. En effet en moyenne pour les delphinidés en mettant en œuvre en parallèles des observations visuelles et acoustique, sur 100 détections :

- 10 proviennent uniquement du visuel,
- 20 proviennent de l'acoustique et du visuel,



- 70 proviennent uniquement de l'acoustique.

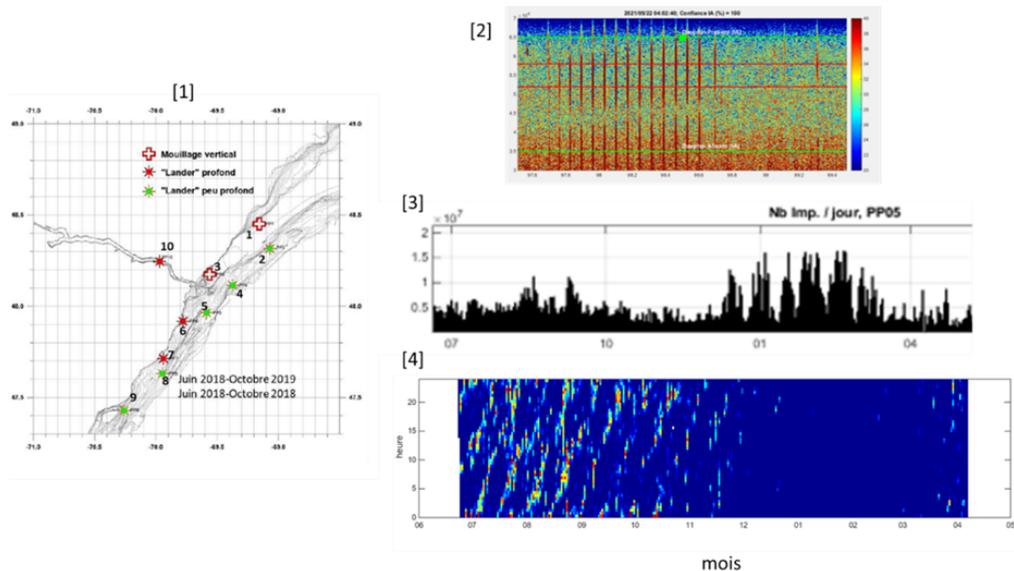
Cependant les données d'acoustique passive restent complémentaires des données extraites des observations visuelles qui permettent d'identifier la taille des groupes, la constitution des groupes (mâles, femelles, veaux), les activités voire les individus par

Ces séries temporelles seront alors expliquées et transmises aux experts de BIOTOPE pour être intégrées aux résultats des autres suivis et données environnementales. Suivant les efforts et le nombre global d'observations réalisées, l'analyse ira de simples constats de corrélation à une analyse statistique poussée pour établir les tendances spatio-temporelles et identifier les pilotes de la présence/absence/abondance des animaux.

La chaîne d'analyse répond intégralement aux attentes du CCTP notamment :

- Signaux acoustiques d'origine biologique
- Nombre de détection par espèce ou groupe d'espèces (taux d'activité acoustique ; nombre de détections par unité d'effort, variabilité jour/nuit, selon la marée, la météo, les activités humaines...);
- Nature des signaux biologiques et possible signification comportementale (chasse, sociabilisation, etc.) ;
- Variabilité saisonnière et spatiale de ces paramètres.

Figure 88 : Illustration de nos capacités de traitement de longues séries de données, projet BDACLIC avec Pêches et Océans, Canada, [1] 10 positions de mesure pendant 16 mois dans le Saint Laurent pour décrire la fréquentation des bélugas, [2] exemples de détection d'un train de clics de béluga par Intelligence Artificielle, [3] série temporelle du nombre de clics par jour sur 1 année d'observation, [4] Analyse de la fréquentation, les lignes obliques montrent que la fréquentation est pilotée par la marée.





Présentation de la plateforme de modélisation Quonops®

Une plateforme reconnue et utilisée par des acteurs majeurs

Issue de la recherche de défense, la plateforme de modélisation Quonops® est l'une des plus validées au monde, militaires et civiles confondues, avec environ 20.000 jours de calibration par mesures in situ. C'est aussi l'une des plus utilisées au monde avec plus de 2 millions de cartes produites.

Bénéficiant d'un brevet international, elle est utilisée depuis 2010 par des acteurs majeurs publics et privés (Figure 11) pour la recherche, le développement de la connaissance, la définition de réglementations et des études d'impact environnementaux dans le monde entier, notamment la Commission Européenne et des services gouvernementaux en charge du bruit sous-marin en France, Allemagne, Suède, Danemark, Pays-Bas, Canada... et des industriels comme Bouygues Construction, Vinci, EdF, ENGIE, Total, CMA CGM, Bureau Veritas, Suez...

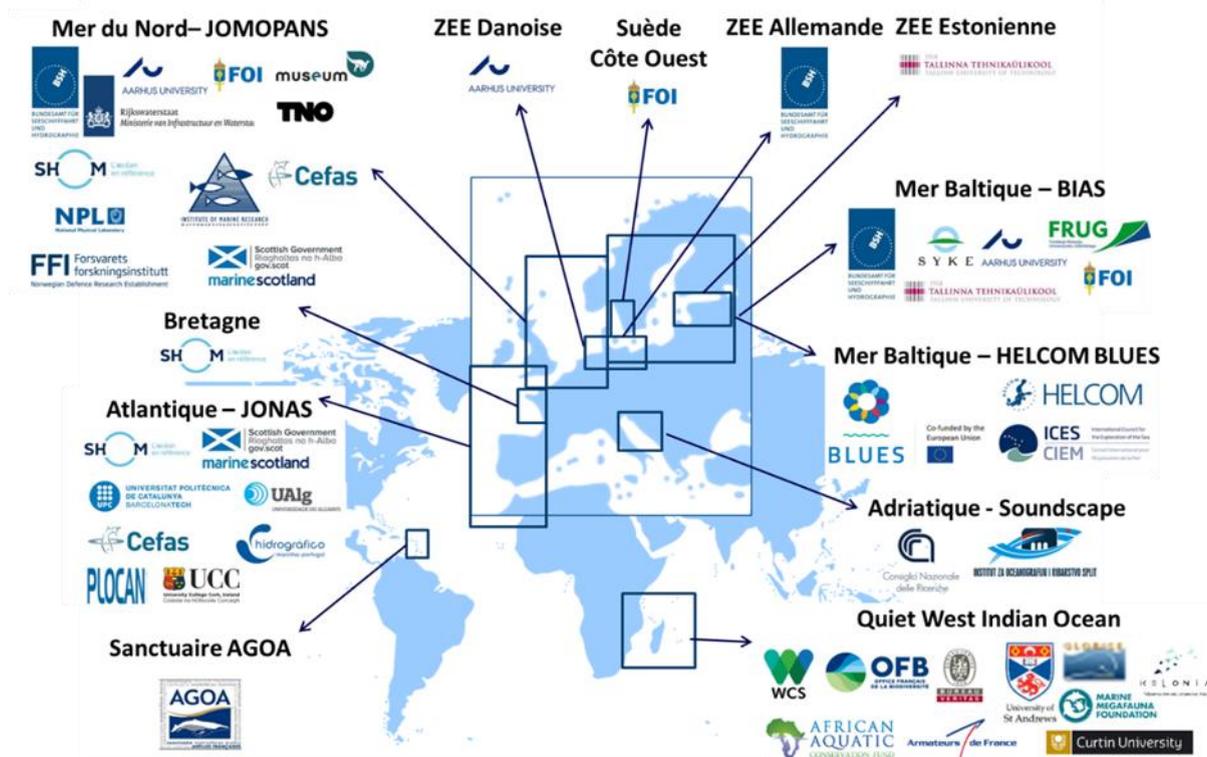
Elle est utilisée par des services en charge de la mise en œuvre dans leur pays de la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM) de la Commission Européenne, quotidiennement au Danemark et en Estonie et ponctuellement par un grand nombre de pays européens.

Figure 89 : Utilisateurs de la plateforme de modélisation Quonops®





Figure 90 : Création d'atlas acoustiques du bruit ambiant de bassins maritimes avec Quonops©



Une plateforme primée

Quonops© a reçu le soutien financier de l'agence européenne Copernicus – Mercator Ocean et a reçu le trophée d'Innovation pour l'océan remis à l'Institut Océanographique de Paris en septembre 2018 pour sa version accessible en ligne.



Une plateforme validée par les études scientifiques sur les modèles acoustiques

Quonops© est un système largement reconnu par les études de comparaison avec d'autres modèles. Quonops© est ainsi validé par les trois principales études d'inter-comparaison de modèles acoustiques utilisés en acoustique sous-marine :

- dans le cadre du projet européen AQUO (Achieve QUIeter Oceans) (Audoly, et al., 2016), Quiet-Oceans a organisé et participé à une initiative internationale d'inter-comparaison de huit modèles acoustiques utilisés en acoustique sous-marine, dont ceux mis en œuvre dans Quonops©. Ce travail a consisté à définir plusieurs scénarios-tests de propagation théoriques et réalistes, et à évaluer/comparer les résultats des différents modèles de propagation acoustique des différents instituts de recherche européens. Les résultats, rendus publics dans une publication scientifique commune (Collin, et al., 2015), ont démontré que les modèles mis en œuvre par Quonops© font partie de l'état de l'art international ;



- dans le cadre du projet JOMOPANS, une étude internationale d'inter-comparaison de modèles acoustiques utilisés en acoustique sous-marine a été réalisée (de Jong et al. 2019) afin de vérifier et valider les modèles acoustiques et garantir une homogénéité des résultats à l'échelle européenne. JOMOPANS est un projet européen INTERREG North Sea 2018-21 visant à produire la cartographie acoustique de la Mer du Nord et dont Quiet-Oceans est partenaire ;
- dans son ouvrage "Underwater Acoustic Modeling and Simulation" (Etter, 2018), Paul C. Etter compare les principaux modèles et systèmes acoustiques sous-marines reconnus au niveau international et dit de Quonops© :

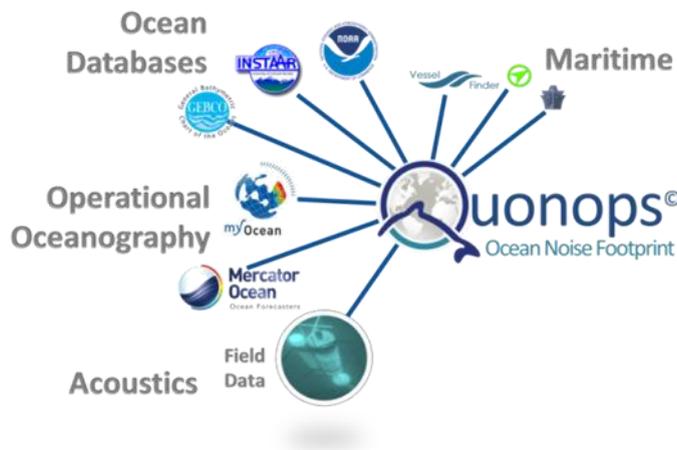
« Quonops© is a forecasting system for anthropological noise developed by Quiet-Oceans (Guelton et al., 2013). It relies on the oceanic propagation model RAM and Bellhop. Starting from a given environmental situation which summarizes oceanographic and meteorological information, Quonops© computes the acoustic field induced by the given anthropological sources such as cargos, windmills or pilling ships, for the given area of interest. The accumulated acoustic pressure in a 3-D mesh is then obtained for the selected area. The computation may involve very large area and several hundreds of acoustic sources. Fields are generated offline for case studies, or online for area monitoring. Offline studies require huge amount of computations involving thousands of simulations due to the use of a Monte-Carlo model. Online studies are less computational-intensive but require tight scheduling. In both cases, High Performance Computing (HPC) is the key to deliver comprehensive reports or real time monitoring. Quonops© use three layers of parallelism via distributed computing employing Caparmor III, a cluster hosted at French Research Institute for Exploitation of the Sea (Ifremer), to handle multiple simultaneous simulations. By using multi-threading, the time constraint for online simulations becomes achievable. Moreover, the manual vectorization of the computation kernels yields additional speedups that benefit both situations. »

La technologie : Quonops©, un système de prédiction sous-marine breveté internationalement

Afin de répondre à la question du contrôle du bruit ambiant, notamment pour la mise en œuvre de la Directive Cadre Stratégie du Milieu Marin, un système opérationnel global de prédiction du bruit anthropique appelé Quonops© a été conçu à l'image des systèmes de prévision météorologique. Quonops© combine des données environnementales en temps-réel à des informations humaines en temps-réel et intègre des mesures acoustiques en temps-réel pour produire, en fonction du temps, les champs acoustiques sous-marins tridimensionnels en résultant. Quiet-Oceans a en effet démontré que, mises ensemble, des technologies matures et émergentes (comme le calcul parallèle, la modélisation sous-marine, les communications satellites...) permettent d'envisager le développement d'une plateforme opérationnelle, en temps réel et globale de monitoring et de prédiction acoustique anthropogénique. Le système a été pensé pour couvrir la plupart des bassins et activités. La version actuelle du système vise à livrer un service de cartographie à la pointe des possibilités techniques et scientifiques. Les bases de données utilisées sont indiquées dans la figure ci-dessous.



Figure 91 : Principe de Quonops©, système opérationnel global de prédiction du bruit anthropique



Quonops© réunit des informations et données pertinentes au sein d'une plateforme de prédiction du bruit pour livrer une gamme de services géoréférencés comme :

- Les environnements sonores selon des scénarios océano-météorologiques et humains donnés ;
- Des statistiques et occurrences du bruit saisonnier à l'échelle des bassins ;
- Le gain des mesures d'atténuation ;
- Aide à la décision.

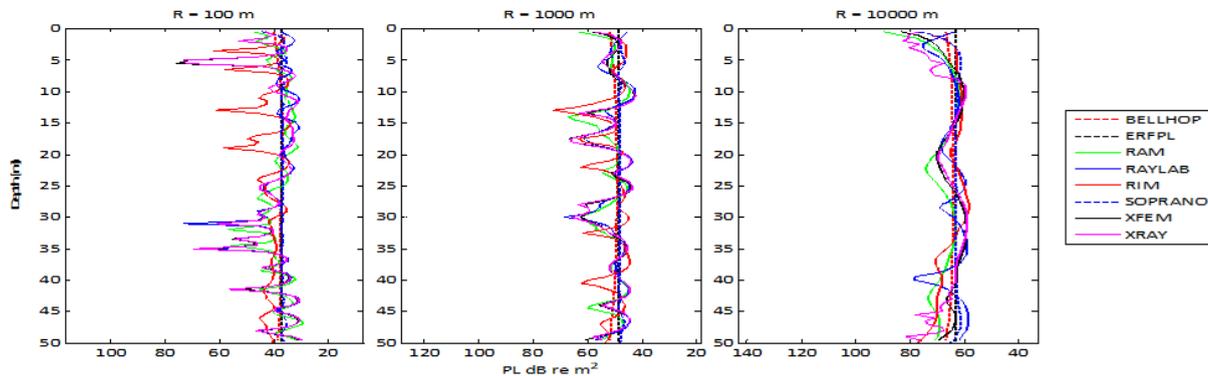
Quonops© a déjà été mis en œuvre pour prédire le bruit réel et l'empreinte sonore induits par plusieurs parcs éoliens en mer, projets d'énergie marémotrice et de projets de constructions en mer en France, dans l'Océan Indien, les Antilles et en Europe. Les zones de projets étaient déjà soumises à la pression du bruit anthropique, notamment par la navigation maritime, la pêche et la plaisance. La description statistique des structures globales de bruit océanique initial et perturbé a permis d'améliorer les décisions de management. Un tel outil est une aide à la décision pour le management car il permet d'évaluer, quantifier et prioriser les pressions anthropiques directes et indirectes sur la vie marine selon les réglementations en développement.

Quonops© intègre différentes stratégies de modélisation du bruit en mer, allant des modèles d'équation parabolique (particulièrement bien adaptés aux eaux peu profondes à basses fréquences) à la modélisation de rayonnement de faisceaux gaussiens (bien adaptée pour les fréquences hautes). La physique de propagation des ondes acoustiques, son interaction avec les interfaces (rugosité de surface, propriétés du fond, bathymétrie...) et les propriétés de la colonne d'eau (température, salinité...) sont pris en compte pour la prédiction de bruit fournie par Quonops ©.

Quonops © fait partie des outils de modélisation de pointe. Dans le cadre du projet AQUO, financé par la Commission Européenne, Quiet-Oceans a organisé et contribué à un atelier interne visant à valider les outils de modélisation de plusieurs organismes de recherche européens. En complément, une conférence internationale sur la modélisation du bruit sous-marin a été organisée à Madrid en 2014. L'objectif de cette conférence était d'évaluer la justesse des différentes approches de modélisation. Une série de 5 cas tests ont été définis pour la mise en œuvre de chaque modèle. La comparaison des résultats de cette gamme large de modèles a démontré la grande précision de la modélisation fournie par Quonops©.



Figure 92 : Comparaison de 8 modèles de propagation du bruit sous-marin dans le cadre des projets européens AQUO et SONIC. Quonops© utilise RAM (Collins, 1994) et Bellhop



ANALYSE DE SYNTHESE SUR LES MAMMIFERES MARINS

Une interprétation conjointe des résultats des expertises acoustiques et des données d'observations des mammifères marins sera réalisée.

Les résultats du traitement des données acoustique prendront la forme des séries temporelles exprimant :

- La présence / l'absence de signaux émis par les cétacés,
- Le nombre de captations par unité de temps (clics, signaux de communication),
- Le niveau de bruit et le rayon de détection relatif,
- Les échelles de temps des séries temporelles varieront de l'heure au mois pour bien rendre compte de toutes les dynamiques possibles (nuit/jour saisonnières),
- Les séries couvriront plusieurs niveaux de description spécifique (clics ou signaux de communication globalement, jusqu'à signaux émis par les familles ciblées).

Une analyse spécifique des données collectées lors de périodes temporelles proches (une semaine autour des expertises par avion) sera réalisée pour les expertises par acoustique afin de d'analyser les cohérences spatio-temporelles des identifications acoustiques et visuelles / digitales. De plus, une recherche de détections acoustiques lorsque les avions et bateaux passeront dans la zone de 1.5km des stations acoustiques sera également effectuée pour comparer les méthodologies. Par ailleurs, une analyse comparative des tendances de détection / observation des différentes espèces sera menée sur la base de données d'expertises par acoustique et par détection aérienne / bateau. Les données acoustiques apportent généralement des compléments sur les comportements et activité nyctémérale, alors que les données d'observation offrent une vision plus ponctuelle de la distribution et des densités et une confiance plus grande dans l'identification à l'espèce.



ETUDE D'IMPACT ACOUSTIQUE SOUS-MARIN POUR LE RACCORDEMENT ELECTRIQUE (QUIET-OCEANS)

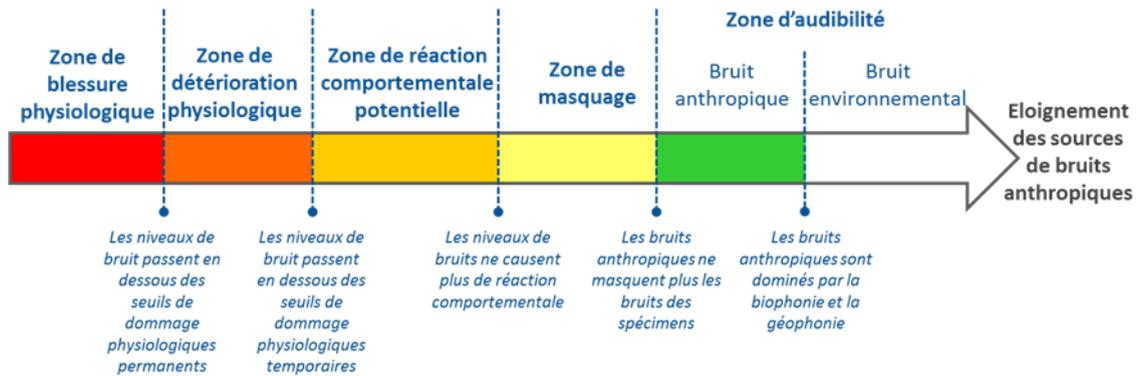
Quels sont les risques biologiques ?

Les risques potentiels sont d'autant plus importants que les individus se trouvent à proximité d'une ou plusieurs sources de bruit et sont exposés à un bruit intense. Notre méthodologie prévoit une hiérarchisation des risques sur un axe de niveau de bruit décroissant établie à partir de la littérature et des capacités scientifiques et techniques actuelles à quantifier les distances de risques pour des projets offshore. Au fur et à mesure que les niveaux de bruit se réduisent, les zones de risques changent de nature. Le passage d'une zone de risque à l'autre correspond au franchissement d'un seuil biologique fournit, le cas échéant, par la recherche et par la littérature (Dooling & Blumenrath, 2013) :

- une zone de blessure physiologique qui correspond à une zone dans laquelle les niveaux de bruit dépassent les seuils de dommage physiologiques permanents, provoquant des lésions irréversibles ;
- une zone de détérioration physiologique qui correspond à une zone dans laquelle les niveaux de bruit sont susceptibles de provoquer des dommages physiologiques temporaires se traduisant en des lésions réversibles. Les cellules retrouvent leur état initial après un certain temps hors d'une exposition importante au bruit ;
- une zone de réaction comportementale qui correspond à une zone dans laquelle les niveaux de bruit sont susceptibles de provoquer une gêne suffisante pour que les individus interrompent leur activité normale pour fuir la zone. Les conséquences ne sont pas directes, mais provoquent une augmentation de la consommation d'énergie individuelle, d'autant plus critique que l'individu est jeune, une interruption dans leurs activités de chasse ou de socialisation, un changement forcé d'habitat. In-fine, les impacts peuvent se faire ressentir à l'échelle des individus et de la population ;
- une zone de masquage qui intervient lorsque les sons émis et reçus par les spécimens, sons essentiels dans leurs activités de chasse, de socialisation, de reproduction, ou d'évitement des prédateurs, sont couverts par les bruits anthropiques. Ce type d'effet est pertinent pour les bruits continus ou les bruits impulsionsnels ayant une forte cadence et se prolongeant dans le temps. Dans cette zone, le rayon d'interaction des spécimens est réduit, ayant des impacts potentiel à l'échelle des individus et de la population ;
- une zone d'audibilité, zone sans risque, qui correspond à une zone dans laquelle les bruits anthropiques, biologiques et naturels sont perçus par les individus, sans pour autant causer d'effet particulier connu.



Figure 93 : Graduation des risques biologiques en fonction de l'éloignement à la ou les sources de bruit anthropique



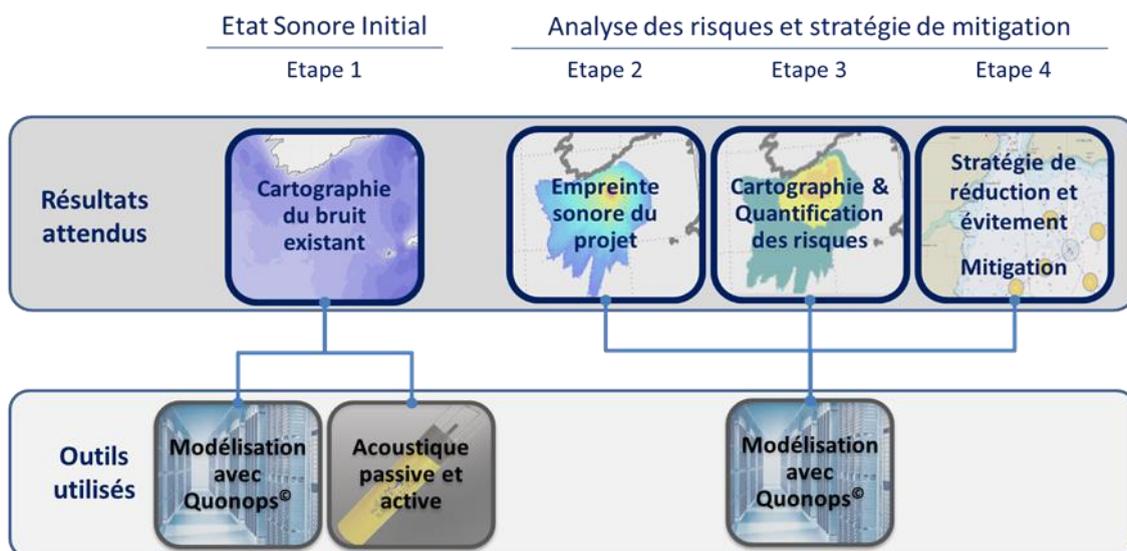
Méthodologie

La méthodologie proposée repose sur quatre étapes :

- L'état initial constitue la première étape, qui comprend l'acquisition de données in situ pour calibrer le modèle et la modélisation de l'état sonore (ou bruit ambiant) initial. Cette étape est traitée lors des campagnes in situ et du traitement des données acquises (phases 2 et 3).
- La deuxième étape est celle de la modélisation de l'empreinte sonore initiale des bruits des travaux du projet à partir des données d'entrée du ou des scénarios d'activités bruyantes. Cette empreinte est insérée dans le bruit ambiant pour cartographier l'émergence sonore du projet au-dessus de ce bruit ambiant.
- La troisième étape consiste en la quantification et l'analyse des risques du projet par l'établissement des champs sonores des bruits dans chaque gamme de sensibilité des espèces et sa comparaison aux seuils de dommages physiologiques permanents (PTS), temporaires (TTS), comportementaux et masquage.
- Enfin, en quatrième étape, une stratégie ERC et un plan de suivi sont définis à la mesure des risques identifiés.



Figure 94 : Méthodologie proposée pour la réalisation de la prestation



Mise en œuvre de la plateforme de modélisation Quonops®

Les modélisations acoustiques sont réalisées par le système de prévision du bruit sous-marin Quonops® qui est mis en œuvre sur une zone large autour du projet.

Une présentation succincte est donnée ci-dessous.

Quonops® : le service de prévision opérationnelle du bruit sous-marin proposé

Quiet-Oceans développe et opère Quonops®, un système opérationnel de surveillance et de prédiction du bruit anthropique en mer. Le système opérationnel de prévision du bruit sous-marin Quonops® est construit selon la même philosophie que les systèmes de prévision océanographique ou météorologique (Jensen, et al., 2000) (Folegot, et al., 2015). En effet, à l'instar des systèmes de prévision océanographique ou météorologique, cette plateforme puissante et brevetée (Folegot, 2009) produit une estimation de la distribution spatio-temporelle des niveaux de bruit générés par l'ensemble des activités humaines en mer. Les activités maritimes couvertes sont nombreuses parmi lesquelles le trafic maritime, les opérations de prospection pétrolière, les exercices militaires de lutte sous-marine, la construction et les opérations en mer d'extraction des énergies fossiles, la construction et l'exploitation des éoliennes en mer, les forages et dynamitages sous-marins, etc. La donnée produite par Quonops® couvre les besoins tels que définis dans les réglementations nationales et internationales, existantes et émergentes, concernant les niveaux de pollution et la préservation des habitats, des écosystèmes marins et la protection des espèces marines (Folegot & Clorennec, 2015). Elle offre une connaissance nouvelle des pollutions sonores par l'intermédiaire d'une cartographie des distributions et permet d'appréhender à la fois les volets acoustiques des études d'incidences, et les besoins de la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM) de l'Union Européenne. La plateforme est validée par plus de 30 campagnes de mesures réalisées dans des environnements variés.



Modèles acoustiques intégrés à Quonops©

Quiet-Oceans propose une modélisation par équations paraboliques (Collins, 1994), (Collins, et al., 1996) pour les fréquences les plus basses et, pour les fréquences les plus hautes, par rayons à distribution énergétique Gaussienne (Jensen, et al., 2000) qui traduit fidèlement la distribution géométrique du bruit dans la colonne d'eau, tout en offrant des performances de calcul intéressantes pour une analyse statistique. Les profils de célérité du son dans l'eau sont tridimensionnels et dérivés de la température de l'eau, la salinité et la pression (ou profondeur). Le principal effet de ces non-homogénéités dans les distributions de vitesse du son est de courber les rayons de propagation et de créer des chenaux de propagation. Ces phénomènes complexes sont toutefois prédictibles par simulation numérique. La modélisation de la propagation du son se fera par une succession de modélisations dans des plans verticaux interpolés de façon cylindrique (Nx2D).

La physique de propagation des ondes acoustiques, son interaction avec les interfaces (rugosité de surface, propriétés du sédiment, bathymétrie...) et les propriétés de la colonne d'eau (température, salinité...), ainsi que leurs variabilité spatiale et temporelle (saisons) sont pris en compte pour la prédiction de bruit fournie par Quonops ©.

Comment sont modélisés les bruits introduits par les activités anthropiques ?

Les bruits émis par les activités maritimes sont issus d'un catalogue de sources de bruit développé par Quiet-Oceans dans le cadre de ses activités de R&D. La plupart des bruits des activités sont issus :

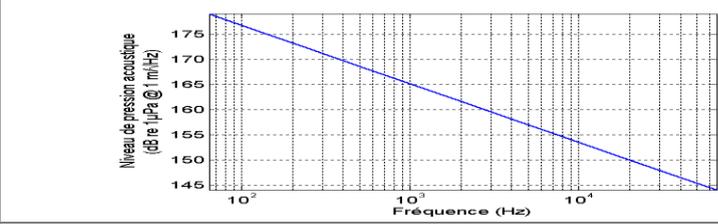
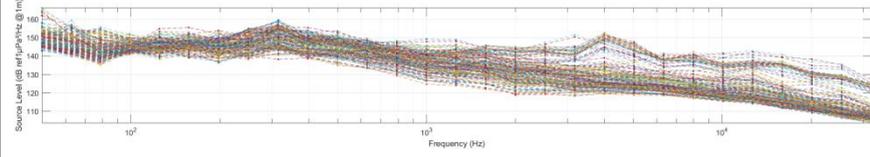
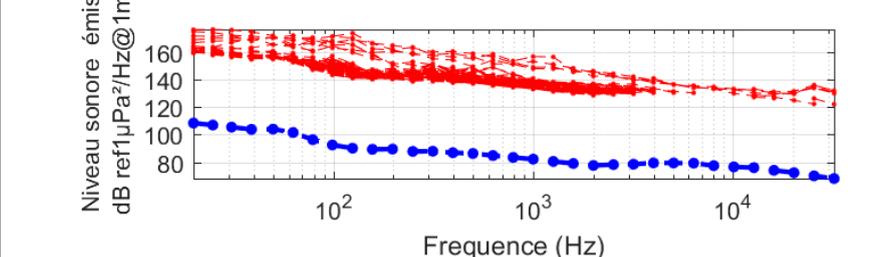
- de recueils bibliographiques rapportant les résultats de mesures en mer ;
- et/ou de mesures réalisées directement par les équipes de Quiet-Oceans.

230

A titre d'exemple, les figures ci-dessous illustrent les niveaux de bruit par fréquence d'opérations d'ateliers qui pourraient être mis en œuvre pour ce projet : opérations de forage et de dragage.

Spectre	Légende
<p>Opérations de forage</p>	<p>Figure 95 : Gabarit de source sonore permettant de modéliser le bruit généré par l'opération de forage pour une tête de 91cm (Nedwell, Jeremy; Langworthy, John; Howell, 2004; Nedwell & Brooker, 2008). Ce spectre sera adapté aux caractéristiques propres de l'atelier.</p>
<p>Opérations de dragage</p>	



Spectre	Légende
	Figure 96 : Gabarit théorique de source sonore localisée près du fond permettant de modéliser le bruit généré par l'opération de dragage.
	Figure 97 : Grand nombre de mesures du niveau sonore émis par une drague aspiratrice en marche en fonction de la fréquence. Source : Quiet-Oceans.
	Figure 98 : Grand nombre de mesures du niveau sonore émis par une drague à pelle sur barge en fonction de la fréquence. Source : Quiet-Oceans.

Un travail d'expertise est ensuite réalisé afin de d'extrapoler les mesures obtenues par bibliographie ou par mesure directe, afin qu'elles soient réutilisables dans d'autres contextes et d'autres projets. Ce travail consiste à :

- Spatialiser la géométrie des sources de bruit : chaque activité est décrite par un ensemble de sources ponctuelles qui permet de traduire ses caractéristiques spatiales. Par exemple, un battage de pieu est modélisé par un ensemble de sources distribuées le long de la colonne d'eau (ou du pieu), un dragage est modélisé par une source en surface pour le navire et une source près du fond pour la tête d'aspiration, une explosion est modélisée par une source ponctuelle, etc. ;
- Déterminer des gabarits de bruits émis en fonction des caractéristiques de l'opération (diamètre d'un pieu, énergie déposée par du battage, charge explosive, diamètre d'un pieu foré, vitesse et taille du navire, etc.

Cartographie

Les projets marins recouvrent un grand nombre d'effets dont ceux provoqués par les émissions sonores sous-marines. Les spécificités des phénomènes acoustiques induisent de grandes dynamiques en termes de niveau de sources émis, de conditions de propagation de la source vers le récepteur et d'effets induits sur le récepteur. Pour prendre la mesure de ces dynamiques, l'étude des effets acoustiques d'un projet doit recourir à plus de 320 scénarii de simulations par hypothèse industrielle si elle aborde les effets sur les cétacés, les poissons et les invertébrés benthiques [Gervaise et Lossent, 2017, Gervaise et al, 2018]. La représentation par percentiles est donc la seule représentation qui ait du sens pour traduire les impacts du bruit sous-marin sur la faune marine.

Format de la cartographie

La cartographie comprend des cartes de niveau d'exposition sonore statistiques aux quantiles adaptés à l'analyse et représentatifs de trois gammes d'immersions : une couche de surface allant de -15m à la surface, -30m au fond et toute la hauteur d'eau. Dans le cas de ce projet, une seule couche sera traitée.

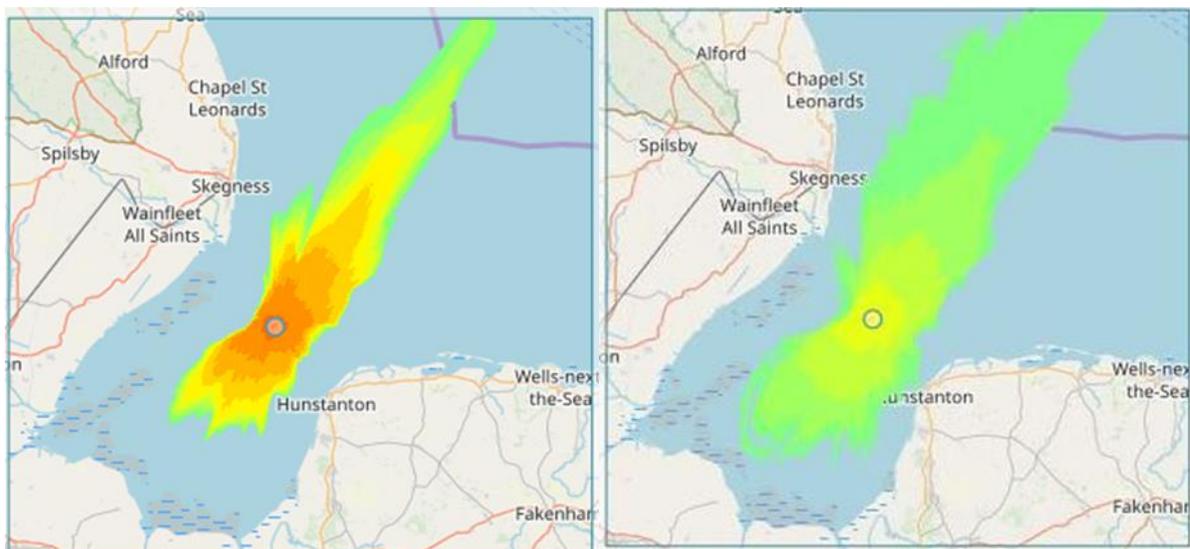


Cartographie des empreintes sonores

Le modèle proposé repose sur l'établissement de cartes d'émergence sonore des opérations du projet au-dessus du bruit naturel et du bruit préexistant, en particulier celui généré par le trafic maritime et par la pêche. Un exemple de réalisation est fourni ci-dessous. La carte représente uniquement la zone dans laquelle les bruits du projet seront perceptibles. Au-delà, le bruit existant domine les bruits du projet qui y sont masqués.

La cartographie saisonnière est réalisée en large bande et dans les bandes de sensibilité des espèces sensibles potentiellement exposées.

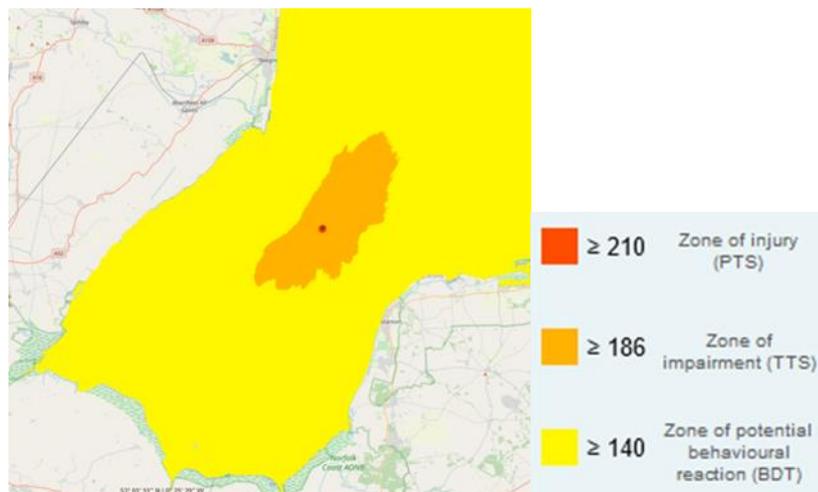
Carte 12 : Exemple d'empreinte (ou émergence) sonore du bruit d'une activité de battage de pieu au-dessus du bruit initial déjà existant. La cartographie est réalisée en large bande à gauche et dans la bande de sensibilité des cétacés moyennes fréquences à droite



Pour chaque espèce, l'émergence sonore au-dessus du bruit ambiant dans sa gamme d'audition est comparée avec ses seuils de sensibilité pour les risques acoustiques de dommage physiologique permanent (PTS) et temporaire (TTS), ainsi que de changement de comportement (ou dérangement). Une carte précise des risques est ensuite établie.



Carte 13 : Exemple de cartographie du risque acoustique. Source : Quiet-Oceans



Quantification et analyse des risques sur les espèces marines

La cartographie des dépassements des seuils est réalisée par comparaison entre les champs sonores du projet et les seuils de sensibilités des espèces. Les distances de risques sont précisées.

Les seuils de sensibilité et les gammes fréquentielles de sensibilités adoptées pour cette étude sont issus de (NOAA, 2018) et (Southall, et al., 2019) pour les mammifères marins et de (Popper, et al., 2014) pour les poissons et tortues marines. Ces références constituent à ce jour les standards internationaux.

Ces références précisent :

- Les catégories acoustiques d'espèces à considérer : les cétacés hautes, moyennes et basses fréquences, les pinnipèdes, les poissons avec vessie natatoire, les poissons sans vessies natatoires mais avec cils sensitifs, les poissons sans vessies natatoires et sans cils sensitifs ;
- Les modèles de bandes de sensibilités pour chaque catégorie ;
- Les seuils de sensibilité pour chaque bande de chaque catégorie en fonction du type de signal (impulsif ou non-impulsif).



Figure 99 : Fonction de sensibilité auditive des différentes catégories de mammifères marins selon (NOAA, 2018) et (Southall, et al., 2019) et de poissons et tortues selon (Popper, et al., 2014)

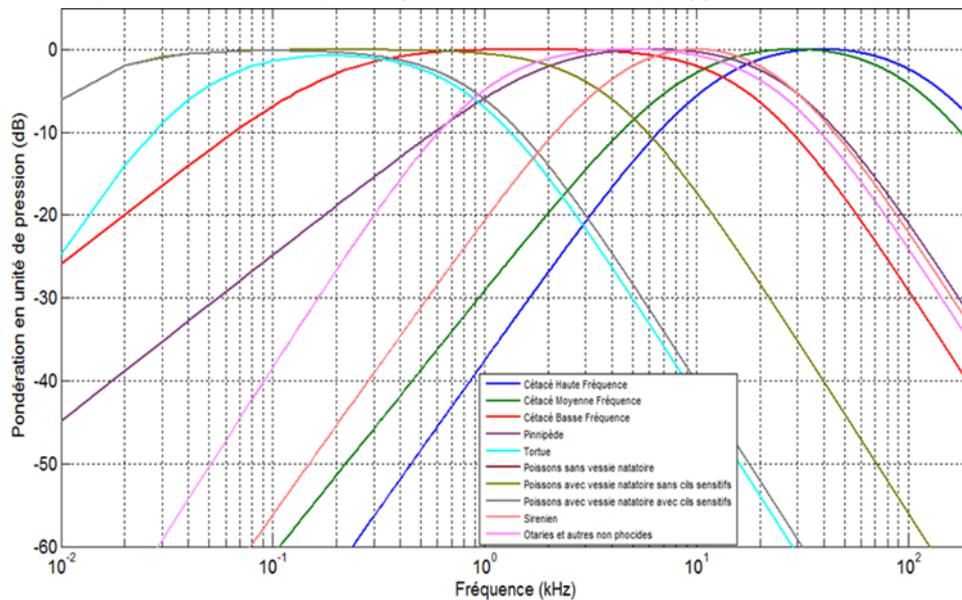


Tableau 31 : Groupes d'espèces considérés dans l'étude et seuils de sensibilité associés (sources : (Southall et al., 2019), (NOAA, 2018) (Popper, et al., 2014)) – NA : non disponible dans le consensus scientifique international

Groupe d'espèces selon (NOAA, 2018) et (Popper et al., 2014)	Gamme de fréquences de perception pondérée (kHz)	Bruits impulsifs		Bruits continus	
		SEL (dB réf. 1µPa²s)		SEL (Unité dB réf. 1µPa²s)	
		TTS	PTS	TTS	PTS
Cétacés basses fréquences (LF)	0.2-19	168	183	179	199
Cétacés moyennes fréquences (MF) (dits hautes fréquences (HF) par (Southall et al., 2019))	8.8-110	170	185	178	198
Cétacés hautes fréquences (HF) (dits très hautes fréquences (VHF) par (Southall et al., 2019))	12-140	140	155	153	173
Siréniens (SI)	4.2-25	175	190	186	206
Pinnipèdes (PW)	1.9-30	170	185	181	201
Otariidés (OW)	0.94-25	188	203	199	219
Tortues marines	< 0.9	175	210	NC	NC
Poissons sans vessie natatoire	< 1.0	186	219	NC	NC
Poissons ayant une vessie natatoire sans cils sensitifs	< 4.0	186	207	158	NC
Poissons ayant une vessie natatoire avec cils sensitifs	< 1.0	186	210	NC	NC
Œufs et larves de poissons	< 1.0	NC	210	NC	NC



Analyse des enjeux, effets et impacts potentiels

L'analyse proposée vise à évaluer les niveaux d'enjeux sonores sous-marins des activités des activités du projet vis-à-vis des espèces sensibles identifiées précédemment et des plongeurs humains. Les critères suivants sont pris en considération : direct, indirect, étendue, permanent, temporaire, statuts de conservation, réglementation locale. Les niveaux d'impact sont estimés selon quatre niveaux : Fort, Modéré, Faible et Neutre par la considération des enjeux, de la sensibilité et de la caractérisation des effets en partenariat avec les experts du client. Ce travail permet de :

- traduire les effets à l'échelle individuelle en termes de conséquences populationnelles,
- traduire les effets acoustiques en impacts,
- rédiger au sein du dossier réglementaire une synthèse des résultats acoustiques en suivant le vocabulaire, la méthodologie et l'organisation appliqués par le bureau intégrateur.

Définition d'une stratégie de réduction et d'évitement et d'un plan de gestion

La principale préoccupation dans la définition de la stratégie de réduction et d'évitement est de fournir au client les éléments décisionnels permettant le déroulement des opérations tout en minimisant les impacts. Le plan de gestion du bruit proposera la mise en œuvre de mesures proportionnées permettant de réduire les impacts identifiés.

LIVRABLES

Les livrables sont les suivants :

- Etablissement de rapports intermédiaires et finaux (Chorus - 7.5 mois, 17 mois, 30 mois).
- Etude d'impact acoustique sous-marin des travaux de raccordement électrique (Quiet-Oceans)

CALENDRIER DU PROTOCOLE

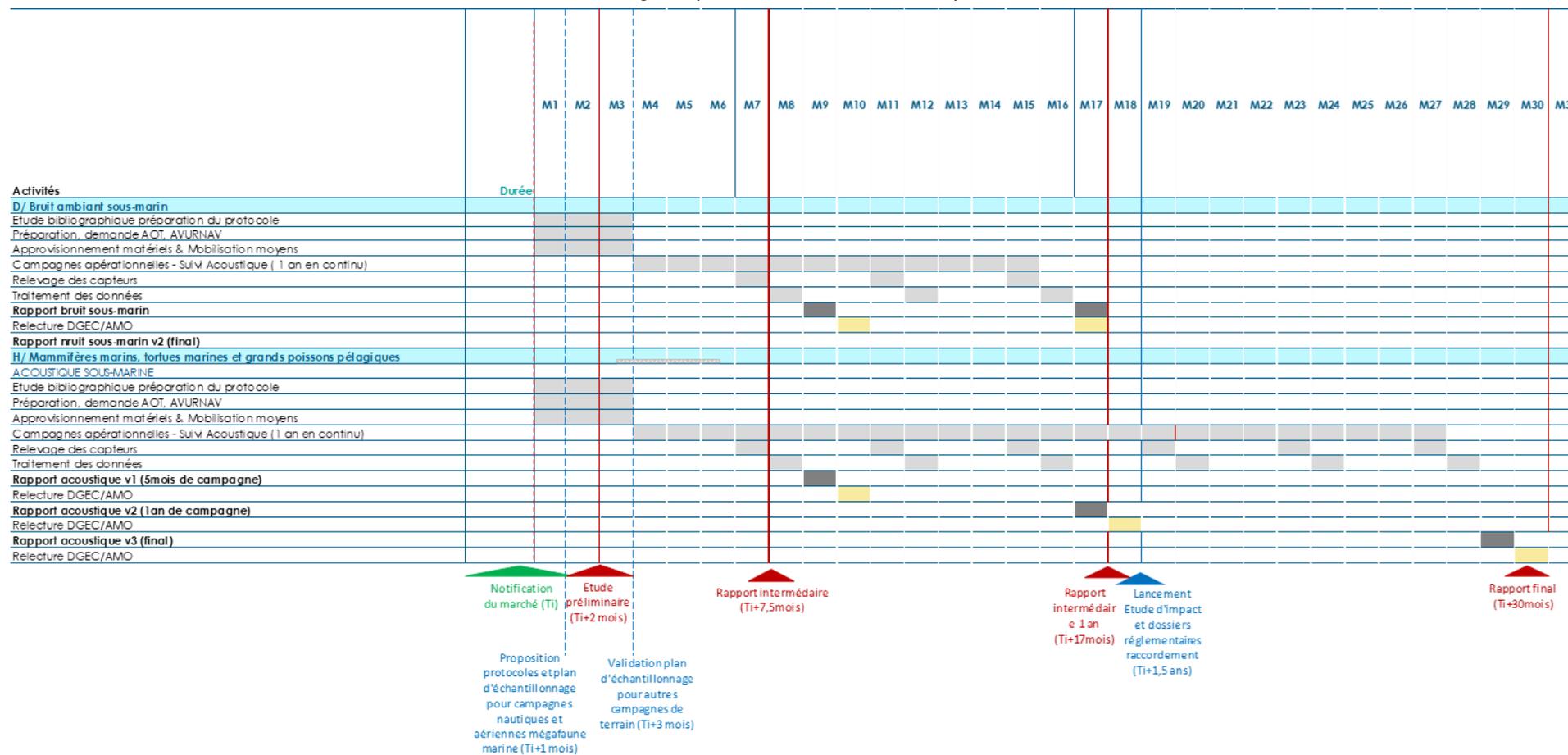
- Les campagnes peuvent débuter 4 mois après validation DGEC-RTE suite à l'avis du conseil scientifique (acquisition et préparation du matériel, mobilisation des bateau, etc...), et une fois les autorisations AOT et RSM délivrées : début prévu en janvier 2024 (selon conditions météo et disponibilité des navires).
- Changement des hydrophones avec une périodicité à choisir entre 2 mois et 6 mois en fonction de la volonté de sécuriser les données et d'optimiser le budget relatif aux moyens nautiques
- Modalités à discuter au CS

Le planning prévisionnel du suivi est le suivant :

- 3 mois de préparation (étude bibliographie, préparation du protocole et demande d'AOT, approvisionnement),
- Présentation et validation du protocole au CS,
- 24 mois de mesure (les 12 premiers mois pour le bruit, les 24 mois pour les cétacés) avec un rythme de relevage tous les 3 ou 4 mois, le traitement des données dans le mois suivant la relève),



Tableau 32 : Agenda prévisionnel de l'étude acoustique sous-marine

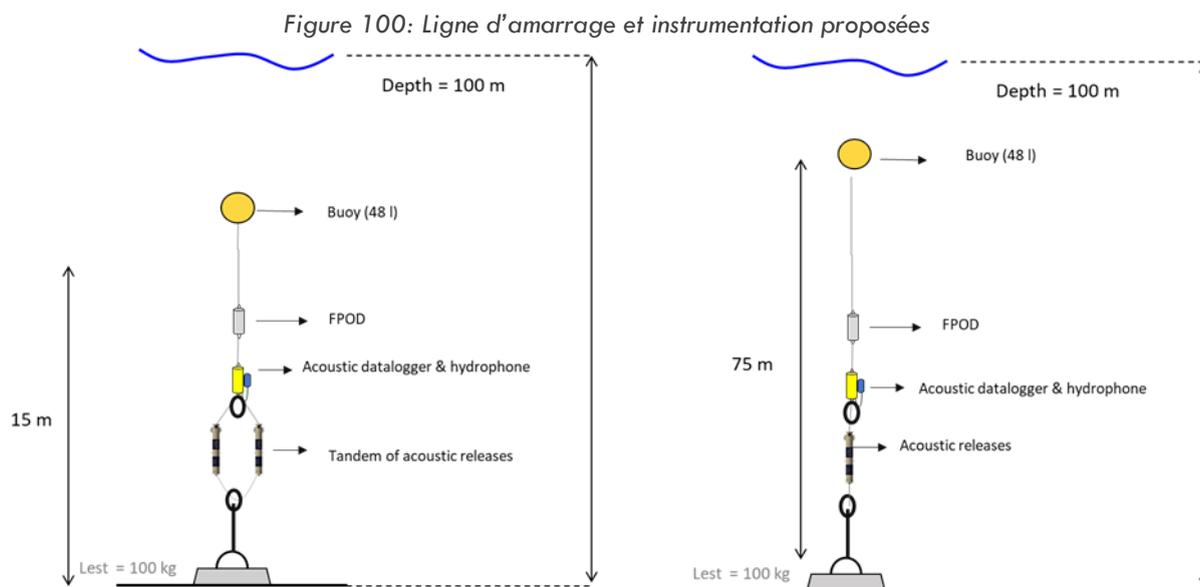




10.5.5.2.4 Moyens utilisés

MATERIEL UTILISÉ POUR L'ACQUISITION DE DONNÉES EN MER

Pour mesurer l'état sonore initial du site, nous proposons une ligne de mouillage décrite à la figure Figure 72 et avec la liste des composants dans le tableau Tableau 1.



Les détails de la configuration du mouillage en I seront affinés durant la phase de préparation, les principes que nous appliquerons seront :

- Relevage complet du mouillage avec le lest,
- Sécurisation de la donnée par redondance des systèmes de mesure,
- Mouillage silencieux en favorisant l'usage de manille nylon et boot de diamètre optimisé en utilisant du boot Dyneema,
- Choix de la profondeur de la bouée de subsurface pour limiter les interactions avec les engins de pêche et la navigation.

Les composantes du mouillage ont été choisies pour en limiter le poids dans l'eau (8 kg = 1.4 kg pour l'enregistreur LP440, 500g pour le largueur (ou 1 kg pour le tandem de largueurs), 6 kg pour le boot, -0.5 kg pour le FPOD) afin de limiter le poids du lest (50 kg) et le volume de la flottaison (20 kg / 20 litres).

Les composantes du mouillage sont :

- Un largueur acoustique Sonardyne RT6 1000. Il s'agit d'un largueur fiable et très utilisé dans le domaine de l'océanographie tant pour la recherche que pour l'industrie. Par souci d'optimisation financière et au regard de la fiabilité de ce système une seule largeur est prévue dans notre offre de base, en association avec une bouée de subsurface (20m environ). Toutefois, dans le cas où un maximum de sécurité serait souhaité, un montage en tandem de largueurs serait possible (à faible surcoût) afin d'offrir une redondance et palier à une éventuelle défaillance d'un largueur. La largeur est qualifiée pour résister à une tension de 150 daN(kg) alors que la tension maximale du mouillage sera de 40 daN(kg),



- Une instrumentation de mesures des sons sous-marins constituée d'un enregistreur LP440 et d'un hydrophone COLMAR GP1190 :
 - Enregistrement des données brutes qui peuvent être post-traitées pour estimer le bruit ambiant et détecter les signaux émis par les cétacés (clics et sifflements),
 - Autonomie de 4 mois (alimentation électrique et espace mémoire),
 - Bande fréquentielle de 5 Hz à 64 kHz adaptée à la captation des bruits anthropiques et des signaux émis par les cétacés (sifflements et clics),
 - En lien avec la demande de la maîtrise d'ouvrage, nous prévoyons l'hydrophone GP1190, alors que nous avons initialement proposé l'hydrophone GP1516. Les deux hydrophones sont calibrés et présentent un excellent compromis entre performances et robustesses. L'hydrophone GP1516 avec sa bande passante de 70 kHz est parfaitement adapté à la production sonore biologique de la Méditerranée et optimise les coûts alors que l'hydrophone GP1190 avec sa bande passante de 170 kHz permet une uniformisation des hydrophones utilisés pour les suivis de la façade Manche – Atlantique.
 - Sensibilité de l'hydrophone (SH=-173 dB re. 1V/1μPa) et dynamique d'acquisition (24 bits) qui permettent de mesurer avec la même instrumentation et avec une bonne qualité les sons anthropiques forts (1 navire proche) et les sons biologiques faibles (1 dauphin lointain),
 - Faible niveau de bruit électronique et chaîne de mesure calibrée afin d'assurer une mesure du bruit ambiant de qualité,
 - L'enregistreur LP440 et l'hydrophone COLMAR GP1190 ont une conception mécanique robuste et éprouvée parfaitement adaptée aux mouillages de longues durées,
- Un détecteur de clics F-POD :
 - Ce détecteur est mis en parallèle de l'instrumentation acoustique (LP440, GP1190),
 - Il mesure les sons, y détecte la présence de clics de delphinidés et enregistre uniquement les dates de clics et certaines de ses caractéristiques sans enregistrer les sons,
 - Le F-POD est complémentaire de l'instrumentation acoustique pour l'étude des cétacés,
- Du boot Dyneema de diamètre 10 mm qui permet de supporter une tension de 9000 daN(kg) alors que la tension maximale du mouillage sera de 40 daN(kg).

Nos instruments (enregistreurs et hydrophones) sont livrés neufs et calibrés (avec fiche de calibration).

A la fin du suivi, nous effectuons une calibration relative de nos instruments en les immergeant tous ensembles dans le même bruit :

- Les instruments donnant le même spectre sonore sont considérés comme conforme à leur calibration initiale,
- Les instruments donnant des spectres différents seront envoyés pour calibration aux fabricants (RTSYS, HTI, COLMAR) et cette nouvelle calibration sera prise en compte dans les analyses.



Figure 101 : Composantes de la ligne de mouillage, [1] largueurs acoustiques montés en tandem, [2] enregistreur acoustique RTSYS LP440, [3] courbe d'étalonnage de l'hydrophone COLMAR GP1190 avec sa courbe d'étalonnage, [4] détecteur de clics F-POD

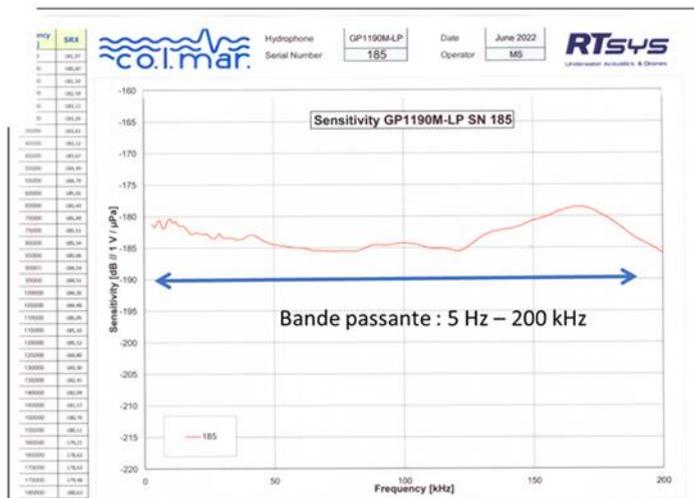
[1] Tandem de largueurs Sonardyne RT6 1000



[2] RTSYS LP 440



[4] F-POD Chelonia



REMARQUES CONCERNANT LES F-POD

La présence du FPOD est une option technique demandée dans le CCTP et son BPU, qui sera ou non mise en œuvre selon les choix du maître d'ouvrage. L'ajout de FPOD nous semble cependant intéressant, en complément des hydrophones.

- Les FPOD permettent de porter un effort particulier sur les clics. En effet notre retour d'expérience sur plus de 10 projets dans le golfe du Lion (réalisés avec des enregistreurs de données brutes) est que les clics sont plus souvent détectés que les signaux de communication (les signaux de communication sont toujours détectés en présence de clics et les détectations de signaux de communication ne représentent que 22 % des détectations de clics),
- En plus de la présence des individus, les clics permettent de caractériser l'utilisation fonctionnelle des sites et notamment la présence d'activité de nutrition,
- Le FPOD et l'enregistreur acoustique permettent d'assurer une redondance pour les clics émis par les cétacés sans présumer que le FPOD soit plus performant que l'enregistreur
- Le surcoût budgétaire de l'ajout du FPOD est limité par rapport à l'usage d'un enregistreur acoustique seul.

Il ne nous semble pas pertinent d'utiliser des lignes de mouillage uniquement avec des FPOD car :

- Les FPOD ne peuvent pas être utilisés pour analyser le bruit ambiant,
- Si la probabilité de détection des cétacés par les clics est supérieure à la probabilité de détection des cétacés par les signaux de communication, les signaux de communication permettent une classification assez facile qui est plus difficile voire impossible avec les clics.

Détails sur l'utilisation de FPOD

La présence du FPOD est une option technique demandée dans le CCTP et son BPU, qui sera ou non mise en œuvre selon les choix du maître d'ouvrage. L'ajout de FPOD nous semble cependant intéressant, en complément des hydrophones.



- Les FPOD permettent de porter un effort particulier sur les clics. En effet notre retour d'expérience sur plus de 10 projets dans le golfe du Lion (réalisés avec des enregistreurs de données brutes) est que les clics sont plus souvent détectés que les signaux de communication (les signaux de communication sont toujours détectés en présence de clics et les détectations de signaux de communication ne représentent que 22 % des détectations de clics),
- En plus de la présence des individus, les clics permettent de caractériser l'utilisation fonctionnelle des sites et notamment la présence d'activité de nutrition,
- Le FPOD et l'enregistreur acoustique permettent d'assurer une redondance pour les clics émis par les cétacés sans présumer que le FPOD soit plus performant que l'enregistreur
- Le surcoût budgétaire de l'ajout du FPOD est limité par rapport à l'usage d'un enregistreur acoustique seul.

Il ne nous semble pas pertinent d'utiliser des lignes de mouillage uniquement avec des FPOD car :

- Les FPOD ne peuvent pas être utilisés pour analyser le bruit ambiant,
- Si la probabilité de détection des cétacés par les clics est supérieure à la probabilité de détection des cétacés par les signaux de communication, les signaux de communication permettent une classification assez facile qui est plus difficile voire impossible avec les clics.

PERSONNEL MOBILISE ET REPARTITION DES ACTIVITES

Concernant le bruit sous-marin et les cétacés, le CCTP comprend 3 activités

- Activité 01 : Campagnes de terrain pour définir l'état initial de l'environnement / mesure et analyse du bruit ambiant sous-marin,
- Activité 02 : Campagnes de terrain pour définir l'état initial de l'environnement / mammifères marins par acoustique passive,
- Activité 03 : Volet 'Bruit marin' du dossier d'étude d'impact.

Les 3 activités seront réalisées par CHORUS et Quiet-Oceans avec la répartition décrite dans le tableau ci-dessous. Il faut noter que CHORUS et Quiet-Oceans collaborent sur de nombreux projets, appliquent des protocoles très similaires, et peuvent sécuriser les activités de l'autre partie.

Tableau 33 : Répartition des activités entre CHORUS et Quiet-Oceans

Activité		CHORUS	Quiet-Oceans
Campagnes de terrain pour définir l'état initial de l'environnement	Mesures et analyses du bruit ambiant sous-marin		(appui)
	Monitoring des cétacés par acoustique passive		
Volet 'bruit sous-marin' des dossiers d'étude d'impact			

Le CCTP indique que :

- L'acquisition de l'état initial bruit ambiant repose sur la mesure du bruit dans les zones projets et les zones témoin sur un cycle annuel,
- L'acquisition de l'état initial « mammifères marins » par acoustique marine repose sur un suivi acoustique dans les zones projets et les zones témoin sur deux cycles annuels.
- L'instrumentation acoustique pour le bruit ambiant est similaire à celle utilisée pour l'étude des mammifères marins et les sites à explorer sont les mêmes, nous avons donc mutualisé les deux activités. La première année de suivi des mammifères marins par acoustique sera l'année de suivi du bruit.



MOYENS NAUTIQUES

Pour l'installation et la récupération des enregistreurs, nous ferons appel au prestataire Foselev Marine.

Navire principal : ONYX (FOSELEV marine).

Le principal navire mobilisé sera le navire Onyx de Foselev marine.

Il s'agit d'un navire de 2ème catégorie (60 MN), de 18m, disposant d'une grue télescopique PALFINGER 6500 : 1T/5m et d'une surface de travail de 25 m². Ce navire possède une vitesse de déplacement de 18 / 20 nœuds. L'audit IMCA a été réalisé.

Il est parfaitement adapté aux missions de mise en place et relève de matériel en mer et pourra intervenir sur l'ensemble des zones maritimes concernées par le projet.

Figure 102 : Photo du Onyx, navire de Foselev Marine



Remarque : Le navire NEEEXO de P2A pourra éventuellement être envisagé en navire secondaire possible.

10.5.5.2.5 Analyse des risques et solutions de réduction

Le déploiement et la récupération des mouillages présentent

- les risques usuels liés à la manutention d'objets pesants ou volumineux ;
- les risques usuels au travail sur le pont d'un bateau ;
- des risques particuliers au déploiement ou au relevage d'une ligne de mouillage.

Ces risques peuvent être limités par

- l'usage d'EPI adapté,
- des aménagements temporaires sur le pont,
- un nombre minimisé d'opérateurs
- les rôles des opérateurs clairement définis dont leurs mouvements sur le pont,



- une tenue vestimentaire adaptée aux conditions météorologiques sera définie par le/la chef (ffe) de mission.

Les protocoles de déploiement et de relevage seront discutés en amont avec FOSELEV (armateur de l'ONYX) et testés lors d'une journée de répétition.

Pour le déploiement de la ligne de mouillage

BRIEFING PRE-OPERATION : Avant le début des opérations, un point d'organisation préalable sera fait avant chaque embarquement : réunion préparatoire des équipes avec l'ensemble du personnel présent à bord (objectifs, distribution des rôles, rappels HSE etc). Cette réunion préparatoire sera complétée par une feuille d'émargement. Cette réunion sera organisée par le chef de mission de CHORUS.

Tableau 34 : Identification des risques et solutions de réduction des risques – déploiement de la ligne de mouillage

PHASE	ACTIVITE A RISQUE ET/OU RISQUES IDENTIFIES	SOLUTIONS DE REDUCTION DES RISQUES
Phase 1 – Préparation de la ligne de mouillage	Manutention d'objets lourds	<ul style="list-style-type: none"> - Port des EPIs obligatoires (dont gant, casque, chaussures de sécurité) - Limiter le nombre d'objets dans un bac - Indiquer sur chaque bac le poids à soulever - Définir des protocoles de portage des bacs en fonction de son poids (nb de personnes, position des prises etc.)
	Renversement du lest	<ul style="list-style-type: none"> - Le lest est sanglé sur une palette
	Travail sur un quai donc possibilité de chute à la mer	<ul style="list-style-type: none"> - Port des EPI (dont gilet de sauvetage) - Informer les opérateurs d'un risque de chute à la mer - Définir avec les opérateurs des trajectoires privilégiées
Phase 2 – Chargement de la ligne de mouillage	Portage d'objets lourds par une grue	<ul style="list-style-type: none"> - Port des EPI obligatoires (dont gant, casque, chaussures de sécurité) - L'usage de la grue est réservé aux personnels de l'ONYX - Définition d'un protocole de fixation des objets sur la grue (qui fait quoi quand où) - Définition d'un protocole de levage (qui fait quoi quand où) - limiter le nombre de personnes dans le champ d'action de la grue au strict minimum,
	Travail sur un quai donc possibilité de chute à la mer	<ul style="list-style-type: none"> - Port des EPI (dont gilet de sauvetage) - Informer les opérateurs d'un risque de chute à la mer - Définir avec les opérateurs des trajectoires privilégiées
	Renversement des objets sur le pont de l'ONYX	<ul style="list-style-type: none"> - Le lest est sanglé sur une palette - Les objets sont conditionnés dans des bacs possédant une bonne assise
	Mouvement renversement du lest sur le pont	<ul style="list-style-type: none"> - Arrimage sécuritaire du lest suivant un protocole



PHASE	ACTIVITE A RISQUE ET/OU RISQUES IDENTIFIES	SOLUTIONS DE REDUCTION DES RISQUES
Phase 3 – Assemblage de la ligne de mouillage et vérifications	Portage d'objets lourds	<ul style="list-style-type: none"> - Port des EPIs obligatoires (dont gant, casque, chaussures de sécurité) - Limiter le nombre d'objets dans un bac - Indiquer sur chaque bac le poids à soulever - Définir des protocoles de portage des bacs en fonction de son poids (nb de personnes, position des prises etc.)
	Travail sur le pont de l'ONYX	<ul style="list-style-type: none"> - Port des EPIs obligatoires (dont gilet de sauvetage) - Définition des zones de travail sur le pont avec le personnel de l'ONYX - Présence au minimum de deux personnes sur le pont, chaque personne ayant été sensibilisée préalablement à sa mission de surveillance des autres personnels
Phase 4 – Installation du lest et prise de ligne	Libération du lest puis levage du lest sur le bras de la grue	<ul style="list-style-type: none"> - Avant levage : conditionnement du lest dans un bac pour limiter ses mouvements, - Levage assuré par un personnel qualifié de l'ONYX - Après levage : application d'une zone d'exclusion (présence interdite) préalablement définie
Phase 5 : mise à l'eau de la bouée de subsurface et déroulement de la ligne de mouillage	Mise à l'eau de la bouée de subsurface / chute à la mer	<ul style="list-style-type: none"> - EPI obligatoire (dont gilet de sauvetage) - Mise à l'eau de la bouée par un opérateur avec harnais de sécurité - Surveillance de l'opérateur par une seconde personne
	Déroulement de la ligne de mouillage : entrainement de la ligne par l'avancée du bateau / risque d'emmêlement	<ul style="list-style-type: none"> - Limitation du nombre de personnes sur le pont au strict nécessaire mais au minimum 2 (1 pour une surveillance sécurité) - Définition de positions d'attente sécuritaire des personnes sur le pont - Interdiction de toucher aux cordes et aux composants durant le déroulement - En cas de la nécessité d'intervenir sur les cordes ou composants, la consigne d'arrêt sera donnée à l'ONYX, après arrêt la corde sera bloquée et ensuite l'opération aura lieu
Phase 6 : Largage du lest	Manutention du lest par la grue	<ul style="list-style-type: none"> - Grutage assuré par un personnel qualifié de l'ONYX - Application d'une zone d'exclusion (présence interdite) préalablement définie
Phase 7 : Triangulation du mouillage et vérification du fonctionnement des largueurs	Mise à l'eau de l'interrogateur / risque de chute à la mer	<ul style="list-style-type: none"> - EPI obligatoire (dont gilet de sauvetage) - Définition d'un point d'immersion protégé par un main courante sinon mise à l'eau par un opérateur équipé d'un harnais - Surveillance de l'opérateur par une seconde personne

Pour la récupération de la ligne de mouillage



BRIEFING PRE-OPERATION : Avant le début des opérations, un point d'organisation préalable sera fait avant chaque embarquement : réunion préparatoire des équipes avec l'ensemble du personnel présent à bord (objectifs, distribution des rôles, rappels HSE etc.). Cette réunion préparatoire sera complétée par une feuille d'embarquement. Cette réunion sera organisée par le chef de mission de CHORUS.

Le Tableau suivant identifie les risques lors de la phase de récupération et les solutions de réduction des risques :

Tableau 35 : Identification des risques et solutions de réduction des risques – récupération de la ligne de mouillage

PHASE	ACTIVITE A RISQUE ET/OU RISQUES IDENTIFIES	SOLUTIONS DE REDUCTION DES RISQUES
Phase 1 : Approche et interrogation du largueur	Mise à l'eau de l'interrogateur / risque de chute à la mer	<ul style="list-style-type: none"> - EPI obligatoire (dont gilet de sauvetage) - Définition d'un point d'immersion protégé par un main courante sinon mise à l'eau par un opérateur équipé d'un harnais - Surveillance de l'opérateur par une seconde personne
Phase 2 : Largage	Mise à l'eau de l'interrogateur / risque de chute à la mer	<ul style="list-style-type: none"> - EPI obligatoire (dont gilet de sauvetage) - Définition d'un point d'immersion protégé par un main courante sinon mise à l'eau par un opérateur équipé d'un harnais - Surveillance de l'opérateur par une seconde personne
Phase 3 : Préparation du pont et gaffage de la bouée du largueur	Evolution sur le pont	<ul style="list-style-type: none"> - EPI obligatoire (dont gilet de sauvetage) - Surveillance de l'opérateur par une seconde personne
	Gaffage de la bouée / risque de chute à la mer	<ul style="list-style-type: none"> - EPI obligatoire (dont gilet de sauvetage) - Si la position de gaffage n'est pas protégée par une main courante elle doit être réalisée par un opérateur équipé d'un harnais - Surveillance de l'opérateur par une seconde personne
Phase 4 : Treuillage de la ligne de mouillage	Enroulement de la ligne de mouillage / risque d'emmêlement	<ul style="list-style-type: none"> - Limitation du nombre de personnes sur le pont au strict nécessaire mais au minimum 2 (1 pour une surveillance sécurité) ; - Définition de positions d'attente sécuritaire des personnes sur le pont - Le treuil est opéré par un personnel de l'ONYX ; - Interdiction de toucher aux cordes et aux composantes durant l'enroulement actif - Sécurisation de la corde sur taquet pour gérer le passage des composantes dans le treuil ; - En cas de la nécessité d'intervenir sur les cordes ou composantes, la consigne d'arrêt sera donnée à l'ONYX, après arrêt la corde sera bloquée et ensuite l'opération aura lieu
	Maniement du lest par le bras de la grue	<ul style="list-style-type: none"> - Grutage assuré par un personnel qualifié de l'ONYX - Application d'une zone d'exclusion (présence interdite) préalablement définie



PHASE	ACTIVITE A RISQUE ET/OU RISQUES IDENTIFIES	SOLUTIONS DE REDUCTION DES RISQUES
Phase 5 : Fixation du lest et démontage de la ligne	Renversement des objets lourds	<ul style="list-style-type: none">- Le lest est sanglé sur une palette- Les objets sont conditionnés dans des bacs possédant une bonne assise
	Evolution sur le pont	<ul style="list-style-type: none">- EPI obligatoire (dont gilet de sauvetage)- Surveillance de l'opérateur par une seconde personne
Phase 6 : rangement des bacs dans la cabine	Portage d'objets lourds	<ul style="list-style-type: none">- Port des EPIs obligatoires (dont gant, casque, chaussures de sécurité)- Limiter le nombre d'objets dans un bac- Indiquer sur chaque bac le poids à soulever- Définir des protocoles de portage des bacs en fonction de son poids (nb de personnes, position des prises etc.)
	Travail sur le pont de l'ONYX	<ul style="list-style-type: none">- Port des EPIs obligatoires (dont gilet de sauvetage)- Définition des zones de travail sur le pont avec le personnel de l'ONYX- Présence au minimum de deux personnes sur le pont, chaque personne ayant été sensibilisée préalablement à sa mission de surveillance des autres personnels
Phase 7 : déchargement de la ligne de mouillage sur le quai	Portage d'objets lourds par une grue	<ul style="list-style-type: none">- Port des EPI obligatoires (dont gant, casque, chaussures de sécurité)- L'usage de la grue est réservé aux personnels de l'ONYX- Définition d'un protocole de fixation des objets sur la grue (qui fait quoi quand où)- Définition d'un protocole de levage (qui fait quoi quand où)- limiter le nombre de personnes dans le champ d'action de la grue au strict minimum,
	Travail sur un quai donc possibilité de chute à la mer	<ul style="list-style-type: none">- Port des EPI (dont gilet de sauvetage)- Informer les opérateurs d'un risque de chute à la mer- Définir avec les opérateurs des trajectoires privilégiées
	Renversement des objets sur le quai	<ul style="list-style-type: none">- Le lest est sanglé sur une palette- Les objets sont conditionnés dans des bacs possédant une bonne assise



10.6 MAVEO : SUIVI DE LA FREQUENTATION ET DES DEPLACEMENTS DES VERTEBRES EN MER A L'AIDE D'UN OBSERVATOIRE FLOTTANT

10.6.1 Fiche protocole synthétique

Le tableau ci-dessous permet de présenter de manière synthétique l'ensemble des caractéristiques du protocole détaillé dans les pages ci-dessus.

-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --	
 MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE	<h1><i>MAVEO : Suivi de la fréquentation et des déplacements des vertébrés en mer à l'aide d'un observatoire flottant</i></h1>
OBJECTIFS ET PARAMETRES	
<p>L'observatoire marin flottant MAVEO, basé sur la technologie FLYR'SEA d'AKROCEAN, est une station en mer équipée d'instruments de mesure de pointe, tels que des systèmes acoustiques aériens et sous-marins, des systèmes vidéo et radar, et des sondes multi paramètres. Ces instruments collectent simultanément des données sur chacun des groupes de vertébrés marins (avifaune, chauves-souris, mammifères marins et ichtyofaune), ainsi que des données physiques, météorologiques et hydrologiques pour caractériser l'habitat des vertébrés.</p> <p>La solution proposée est au stade pré-commerciale.</p> <p>L'objectif y est d'acquérir des connaissances sur le milieu marin en utilisant une approche écosystémique. L'observatoire peut simultanément suivre le flux migratoire des oiseaux, évaluer la variation de la biomasse de poissons dans le temps, détecter la présence de chauves-souris et évaluer la fréquentation des mammifères marins autour de la bouée. L'analyse corrélée de ces compartiments biologiques associée aux données méta-océaniques fournit des ensembles de données riches et uniques. Ces jeux de données contiendront des informations précieuses sur les effets à moyen et long terme de la construction et de l'exploitation des parcs éoliens.</p>	
DESCRIPTION DU PROTOCOLE	
Stratégie d'échantillonnage :	<p>Déploiement d'une bouée par zone de projet (zones 1 et 2) durant l'ensemble des phases du projet. L'acquisition haute fréquence de sons et d'images sur de longues périodes permet d'obtenir des résultats variés sur la fréquentation de la zone d'étude par les vertébrés.</p> <p>Les opérations de maintenance de la bouée seront effectuées tous les 3 mois.</p>



-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --

Effort d'échantillonnage :	Compartiment biologique & physique	Période d'acquisition	Fréquence d'acquisition	Récupération des données
	Radar avifaune	Toute l'année	8 heures par 24H 4h de jour/4h de nuit)	A distance pour données pré-traitées, lors des maintenances pour données brutes
	Caméra avifaune	Toute l'année	4 heures par jour 24H (synchronisé avec les horaires de jours du radar)	Lors des maintenances
	Acoustique passive aérienne (Chiroptères)	De la mi-mars à fin octobre	2h avant le coucher du soleil à 2h30 après lever du jour	Lors des maintenances
	Acoustique passive sous-marine	Toute l'année	20 premières minutes de chaque heure	Lors des maintenances
	Sondeur monofaisceaux (Ictyofaune)	Toute l'année	5 minutes d'acquisition par intervalle de 60 minutes	Lors des maintenances
	Sonde CTD	Toute l'année	3 minutes d'acquisition par intervalle de 10 minutes	A distance
	Météo, houle, contrôleur PC	Toute l'année	10 minutes d'acquisition par intervalle de 10 minutes	A distance

Paramètres mesurés :	<ul style="list-style-type: none"> - Radar avifaune : détection avifaune (taille de la cible, vitesse), trajectoire, hauteur de vol - Unité aérienne d'imagerie visible : inventaire des espèces présentes (avifaune) - Acoustique passive aérienne : inventaire des chiroptères présents, analyse des déplacements (cap / vitesse / rectitude) - Acoustique passive sous-marine : bruit ambiant, inventaire des espèces présentes (mammifères marins), fréquentation des espèces présentes - Sondeur monofaisceaux (split beam) : évaluation de la biomasse de poisson par écho intégration (pélagique et bentho-démersale) - Paramètres physico-chimiques : Conductivité, température, pression, (autres paramètres possibles) - Paramètres météorologiques : Pression, température, humidité/précipitations, vitesse vent, direction vent) - Centrale inertielle : mouvements de la bouée
----------------------	--

TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNEES

Biotope sera chargé de l'analyse des données brutes récoltées. Chaque jeu de données sera traité et analysé selon un process dédié au domaine d'expertise.

Plusieurs niveaux de traitement biostatistique pourront être mis en place, de l'analyse descriptive (établissement de liste d'espèces, fréquentation) à une analyse plus fine des séries chronologiques afin de détecter des changements significatifs d'état écologique. Des corrélations entre les compartiments biologiques et environnementaux pourront également communiquer des informations complémentaires.



-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --

Compartiments	Contribution de MAVEO pour la détection de changement d'état écologique		Phase du projet concernée
Avifaune	Etude des flux migratoires en mer Effet barrière ou modification de trajectoire		Ensemble des phases
Chiroptères	Etude de la fréquentation en mer lors des périodes migratoires		Ensemble des phases
Mammifères marins	Etudes des fréquentations du site Masquage des communications, dommages physiologiques, changement de fréquentation Modification de l'ambiance sonore sous-marine		Ensemble des phases
Ichtyofaune	Evolution l'abondance des ressources marines au cours du temps et au sein du parc. Possible quantification de l'effet "récif"/DCP de l'installation.		Ensemble des phases
Paramètres environnementaux de l'eau de mer	Variable explicative de certains phénomènes physiques et biologiques		Ensemble des phases

CALENDRIER DE CAMPAGNE												
Pas encore commandé année 1.												
Année 1	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes												
Année 2	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes									x	x	x	x

MOYENS			
Matériel	Catégories	Compartiments	Capteurs
	<i>Biodiversité aérienne</i>	Avifaune	Radar 2D Diadès Marine BirdGanger 200
		Avifaune	Caméra optique en option
		Chiroptères	Wildlife Acoustics SM4BAT
	<i>Biodiversité sous-marine</i>	Mammifères marins	OceanInstrument SoundTrap ST 600
		Poissons	Echosounder Simrad EK80 WBT mini
	<i>Paramètres physiques</i>	CTD	NKE Wimo
Station météo		Gill GMX500	
Vagues		AANDERAA Motus wave sensor 5729	
Moyens nautiques	Unité Fly'rsea d'Akrocean Moyen à la mer pour déploiement et maintenance		
Mutualisation éventuelle	L'intégration de capteurs d'autres programmes est possible mais doit être prévu en amont. Les acquisitions de données réalisées sur MAVEO peuvent être complémentaires à d'autres mesures prévues pour le projet éolien.		
Responsables et équipes mobilisées	Organisme : BIOTOPE Responsable : Florian LECORPS Chef de projet : RINGELSTEIN		
	Organisme : AKROCEAN Chef de projet : Nicolas LARIVIERE-GILLET		

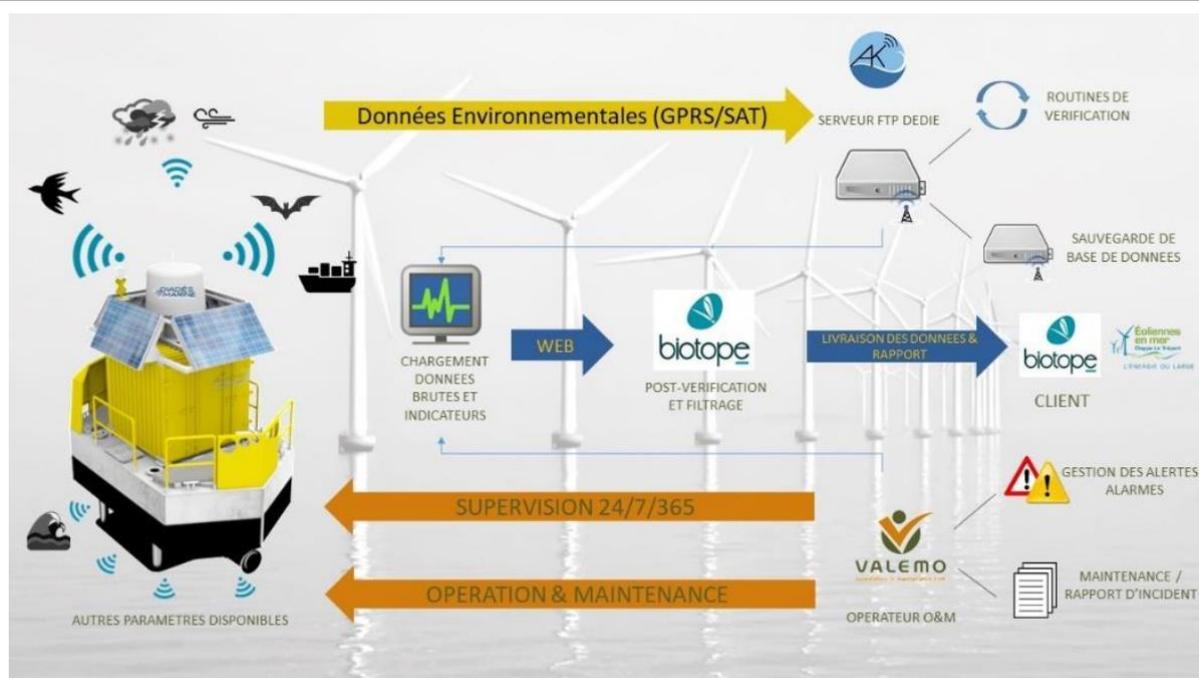


-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --

Risque :

Le caractère innovant de cette mesure implique d'avoir des points d'attention sur certaines briques technologiques. En effet, si chaque composante (instruments et bouées) existe indépendamment, les combiner et les déployer en mer constitue le caractère expérimental, engendrant une incertitude sur la qualité des données récoltables (conditions météo difficiles, interférences diverses possibles, manque de stabilité). Une série de tests et calibrations en amont du déploiement seront programmés afin de limiter les risques.

CARTE DE REPRESENTATION SCHEMATIQUE DU PROTOCOLE



Fonctionnement et gestion de la plateforme flottante

10.6.2 Protocole détaillé

10.6.2.1 Objectifs

Afin d'améliorer les connaissances sur l'environnement marin autour des futurs parcs éoliens offshore, l'expert en écologie BIOTOPE et AKROCEAN, fournisseur de bouées pour la collecte de données méta-océaniques et biologiques, se sont associés pour fournir un outil multi-instrumental auto-alimenté pour le suivi et l'évaluation de la biodiversité marine.



L'observatoire marin flottant, basé sur la technologie FLYR'SEA d'AKROCEAN, est une station en mer équipée d'instruments de mesure de pointe, tels que des systèmes acoustiques aériens et sous-marins, un système vidéo et radar, une sonde multi paramètre. Ces instruments collectent simultanément des données sur chacun des groupes de vertébrés marins (avifaune, chauves-souris, mammifères marins et ichtyofaune), ainsi que des données physiques, météorologiques et hydrologiques pour caractériser l'habitat des vertébrés. La bouée permet de collecter 365 jours par an des données fiables et précises en hébergeant notamment un radar ornithologique généralement installé sur une structure posée ou à la côte. Les données non biologiques ainsi que des informations sur l'état de fonctionnement de la station peuvent être transmises en temps réel (réseau GSM) à l'opérateur. Un service d'analyse de données est fourni avec la station afin d'extraire des bioindicateurs pour chaque compartiment marin, subaquatique et aérien.

Notre objectif est d'acquérir des connaissances sur le milieu marin en utilisant une approche écosystémique. L'observatoire peut simultanément suivre le flux migratoire des oiseaux, évaluer la variation de la biomasse de poissons dans le temps, détecter la présence de chauves-souris et évaluer la fréquentation des mammifères marins autour de la bouée. L'analyse corrélée de ces compartiments biologiques associée aux données méta-océaniques fournit des ensembles de données riches et uniques. Ces jeux de données contiendront des informations précieuses sur les effets à moyen et long terme de la construction et de l'exploitation des parcs éoliens. Ils contribueront également à améliorer nos connaissances scientifiques des écosystèmes marins et à répondre aux questions environnementales d'aujourd'hui et de demain.

La station dispose d'un système d'ancrage adapté à la diversité des sites - nature des fonds marins, courants, houle, bathymétrie. La station est autonome en énergie pour assurer l'acquisition de données temporelles représentatives de la zone d'étude.

Cet outil de première mondiale à maturité commerciale s'inscrit pleinement dans le déploiement actuel des parcs éoliens offshore en méditerranée. Une telle solution est particulièrement intéressante pour recueillir de longues séries temporelles de données environnementales et tout particulièrement pour le suivi des migrations d'oiseaux, tout en étant éloigné des côtes.

10.6.2.2 Description du protocole

10.6.2.2.1 Effort d'échantillonnage

LOCALISATION

La station est prévue pour être déployer pour des durées allant de 1 à 3 ans. L'acquisition de données en haute fréquence et sur des durées importantes permettent un échantillonnage robuste afin de mettre en évidence d'éventuelle variation de l'état de la biodiversité en fonction des phases du projet (état de référence, construction, exploitation). La position exacte de la station pourra être discutée avec les différents acteurs du projet en fonction des différentes contraintes. Le déplacement de cette dernière sera également possible en cours de suivi.

La disposition de la bouée sur la zone devra se faire afin de :

- Suivre les vols migratoires de l'avifaune
- De compléter le réseau de suivi en acoustique passive
- De permettre une observation axée sur les transits côte/large



PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE GLOBAL DES INSTRUMENTS

Il est impossible que tous les instruments fonctionnent en permanence, du fait de la quantité d'énergie disponible sur les bouées proposées et de la consommation énergétique des capteurs (notamment radar et sonar). Il est donc nécessaire de séquencer le fonctionnement des instruments afin de gérer l'énergie disponible.

La contribution la plus importante de MAVEO au suivi est apportée par le radar avifaune et par l'enregistreur à chauves-souris qui fourniront des données inédites. Les autres données acquises (poissons, mammifères marins) viennent compléter d'autres mesures de suivi.

C'est pourquoi, dans le séquencement des instruments, la priorité est donnée au fonctionnement de ces deux instruments (radar et enregistreur de chauves-souris) par rapport aux autres.

Le plan d'échantillonnage est conçu en fonction des caractéristiques phénologiques des espèces que l'on étudie et des possibilités techniques de la bouée (production en énergie, type d'instruments). Il est défini pour répondre aux objectifs scientifiques, valoriser les synergies ou éviter les nuisances quand elles existent.

Tableau 36 : Synergies (+++) et incompatibilités (---) présentes entre capteurs

	Radar	Sonar	Hydrophone	Microphone ultrason	Caméra aérienne	Sonde multi-paramètres	Centrale Météo	Centrale inertielle
Radar			+		++	+		+++
Sonar			---			+		+++
Hydrophone					++	+	++	
Microphone ultrason					+		++	
Caméra aérienne								+++
Sonde multi-paramètres								
Centrale Météo								
Centrale inertielle								

Sur le plan technique, l'échantillonnage sera orchestré à l'échelle de la journée (24 heures) par blocs d'enregistrements. Alternativement, le plan d'orchestration doit pouvoir être spécifié en lien avec le cycle jour/nuit en blocs d'enregistrements dont la durée est exprimée en pourcentage. Cette organisation permettra d'optimiser les périodes d'acquisition du microphone à ultrason, de l'hydrophone ou de la caméra aérienne par exemple. Le patron ainsi créé est alors répété de jour en jour.

Afin de pouvoir moduler l'échantillonnage, le plan d'orchestration sera facilement paramétrable. Il doit pouvoir être modifié depuis la terre pour être envoyé à la bouée et propagé au sein de l'architecture informatique embarquée pour être opérationnel au prochain cycle (le lendemain). Cela permettra notamment de modifier l'orientation de l'antenne radar entre les modes horizontal et vertical. Afin de limiter les risques d'erreurs et d'aider le gestionnaire à optimiser l'utilisation des ressources énergétiques de la bouée, un outil adapté est disponible pour ce paramétrage.



Ainsi, l'ensemble de ces éléments sont pris en compte pour définir des périodes d'enregistrement et des fréquences d'acquisition pour chaque capteur.

Tableau 37 : Périodes et fréquences d'acquisition des données par capteurs

Compartiment biologique & physique	Période d'acquisition	Fréquence d'acquisition	Récupération des données
Radar avifaune	Toute l'année	8 heures par 24H 4h de jour/4h de nuit)	A distance pour données pré-traitées, lors des maintenances pour données brutes
Caméra avifaune	Toute l'année	4 heures par jour 24H (synchronisé avec les horaires de jours du radar)	Lors des maintenances
Acoustique passive aérienne (Chiroptères)	De la mi-mars à fin octobre	2h avant le coucher du soleil à 2h30 après lever du jour	Lors des maintenances
Acoustique passive sous-marine	Toute l'année	20 premières minutes de chaque heure	Lors des maintenances
Sondeur monofaisceaux (Ichtyofaune)	Toute l'année	5 minutes d'acquisition par intervalle de 60 minutes	Lors des maintenances
Sonde CTD	Toute l'année	3 minutes d'acquisition par intervalle de 10 minutes	A distance
Météo, houle, contrôleur PC	Toute l'année	10 minutes d'acquisition par intervalle de 10 minutes	A distance

10.6.2.2.2 Paramètres mesurés

Le présent protocole permet de mesurer les paramètres suivants :

CATEGORIES	COMPARTIMENTS	CAPTEURS	METRIQUES UNITAIRES
Biodiversité aérienne	Avifaune	Radar 2D Diadès Marine BirdGanger 200	Détection avifaune (taille de la cible, vitesse), trajectoire Hauteur de vol
	Avifaune	Caméra optique en option	Inventaire des espèces présentes
	Chiroptères	Wildlife Acoustics SM4BAT	Inventaire des espèces présentes Fréquentation des espèces présentes Analyse des déplacements : cap / vitesse / rectitude
Biodiversité sous-marine	Mammifères marins	OceanInstrument SoundTrap ST 600	Fréquentation, comportement, espèces
	Poissons	Echosounder Simrad EK80 WBT mini	Mesure de la biomasse de poisson détectable en acoustique sous-marine & production d'un indicateur permettant de suivre dans le temps les éventuels effets réserve et DCP sur les ressources halieutiques.
Paramètres physiques	CTD	NKE Wimo	Conductivité/température/pression
	Station météo	Gill GMX500	Pression/température/humidité/précipitations/vitesse et vent/direction vent
	Vagues	AANDERAA Motus wave sensor 5729	Centrale inertielle



POINTS DE PRECISION POUR LE SUIVI RADAR AVIFAUNE :

Le radar Diades 2D a une antenne rotative qui permet d'obtenir des informations, soit en « mode horizontal », soit en « mode vertical » mais il ne peut pas suivre simultanément les trois directions. L'orientation de l'antenne radar sera contrôlée à distance et sa fréquence d'alternance fera l'objet d'un paramétrage à définir durant la phase test de la bouée. Des modifications du protocole d'échantillonnage seront possibles à distance.



Le radar est installé en position haute (~5 mètres) et protégé par un radome. Les opérations de maintenance corrective occasionnelles doivent pouvoir être réalisées facilement en cas de problème nécessitant une intervention locale.

Une fois installé, le radar doit être paramétré en fonction des conditions d'installation locales (obstacles proches) et de l'environnement (conditions météo, houle, comportement des oiseaux, etc.). Cette phase est affinée à distance en analysant la détection en temps réel en fonction des réglages réalisés. L'objectif de cette étape est de maximiser la détection des oiseaux tout en limitant les échos parasite ou les faux-positifs.

Le fonctionnement est prévu pour enregistrer quotidiennement des déplacements d'oiseaux, et notamment les événements rares. Les caractéristiques de la bouée comme la production d'énergie journalière seront dimensionnées pour obtenir des plages de 8 heures d'acquisition radar (4 heures de jour et 4 heures de nuit). La radar 2D est le post le plus consommateur d'énergie, c'est pourquoi sa durée de fonctionnement ne peut excéder 8h/j, afin de permettre aux autres instruments de fonctionner également.

La difficulté dans le cadre d'une étude de l'avifaune en mer réside dans :

- La gestion de l'énergie à bord. Le radar n'est plus sur un bâtiment ou un navire et connecté à une source "infinie" d'électricité
- La compensation du roulis et du tangage
- La résistance à un environnement agressif (marinisation du matériel)
- La taille et la réflectance des oiseaux

Il est donc important de choisir la stratégie d'échantillonnage en fonction des paramètres d'autonomie énergétique et du choix des objectifs d'observation. Les protocoles de mesure sont encore inexistantes pour les zones de pleine mer, mais on peut se référer à quelques publications anglo-saxonnes récentes qui ont utilisé les radars dans le suivi de l'avifaune (Pawel et al, 2012 ; Deshom, 2006 ; Aschwanden, 2018, D. Fox, A.I.K Petersen, 2019 ; Hüppop, 2019 ; S. H. Heinänen, 2018)

TRAITEMENT ET ANALYSE DE DONNEES

Niveau de traitement des données

Biotope sera chargé de l'analyse des données brutes récoltées. L'acquisition haute fréquence de sons et d'images sur de longues périodes permet d'obtenir des résultats variés sur la fréquentation de la zone d'étude par les vertébrés. Plusieurs niveaux de traitement pourront être mis en place, chaque niveau de traitement apportant une information distincte à la fois dans son utilité et dans la complexité du traitement qui la génère :



- **Niveau 1** : Etablissement d'une liste d'espèces présentes sous forme d'inventaire, et inclut les espèces communes, occasionnelles et rares. L'imagerie radar et sonar ne permettent pas de distinguer les espèces. Si un couplage vidéo aérienne/radar peut être envisagé pour obtenir une information visuelle, le protocole reste encore très expérimental sur une bouée en mer.
- **Niveau 2** : Résultats de fréquentation à différentes échelles de temps (heure, jour/nuit, mensuel, saisonnier).
- **Niveau 3** : Analyse des séries chronologiques. Ces analyses permettent de caractériser finement l'état de référence écologique en déterminant les variations naturelles des populations biologiques et des paramètres environnementaux.
- **Niveau 4** : Détection des changements significatifs d'état écologique. Cette technique sert donc à réaliser un monitoring continu des effets du projet sur les populations biologiques en comparaison à la connaissance préalable (état initial puis état de référence).

Tableau 38 : Etude par compartiment biologique des changements d'état écologique à partir des données de la bouée MAVEO

Compartiments	Contribution de MAVEO pour la détection de changement d'état écologique	Phase du projet concernée
Avifaune	Etude des flux migratoires en mer Effet barrière ou modification de trajectoire	Ensemble des phases
Chiroptères	Etude de la fréquentation en mer lors des périodes migratoires	Ensemble des phases
Mammifères marins	Etudes des fréquentations du site Masquage des communications, dommages physiologiques, changement de fréquentation Modification de l'ambiance sonore sous-marine	Ensemble des phases
Ichtyofaune	Evolution l'abondance des ressources marines au cours du temps et au sein du parc. Possible quantification de l'effet "récif"/DCP de l'installation.	Ensemble des phases
Paramètres environnementaux de l'eau de mer	Variable explicative de certains phénomènes physiques et biologiques	Ensemble des phases

Process d'analyse des données

L'ensemble des données acquises par les différents capteurs sont traités selon un process dédié.

Pour le cas précis du radar avifaune, ce dernier est capable de prétraiter les signaux acquis et de donner les caractéristiques de la cible (vitesse, taille, trajectoire). Un post traitement permettra de définir si les cibles captées sont des oiseaux ou non (en fonction de leur vitesse et de leur taille) et permettra d'analyser leur comportement de vol.

Un monitoring régulier (vérification à distance des paramètres de bon fonctionnement du radar après chaque cycle) et une maintenance préventive doivent être réalisés pour s'assurer du bon fonctionnement du système tout au long de la durée de l'acquisition.

Certaines données seront récupérées après chaque cycle (fichier de sortie de pré-traitement avec taille de la cible, vitesse, trajectoire, hauteur de vol). Les données brutes seront sauvegardées et dupliquées (notamment les images), et transférées via les opérations de maintenance.



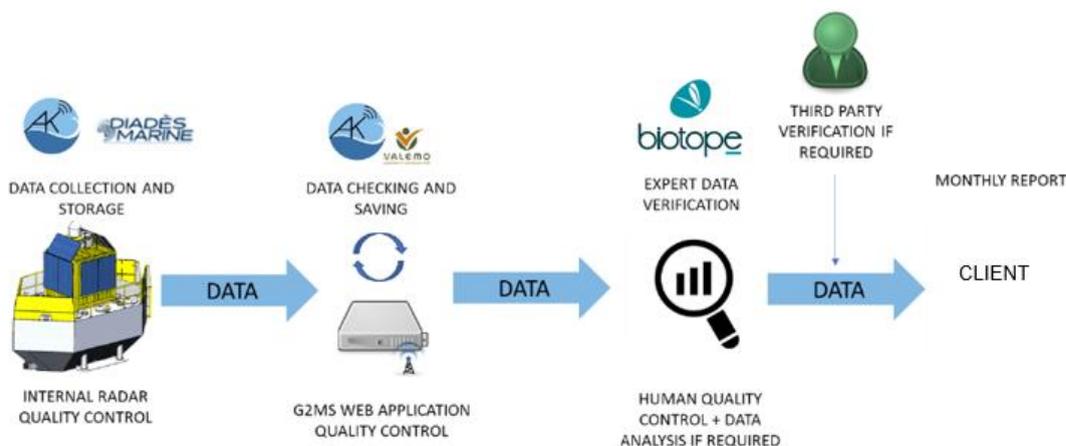
SECURISATION DES DONNEES

L'architecture informatique du bord est organisée autour d'un ordinateur embarqué (ultra basse consommation) qui est connecté aux capteurs. Le système d'enregistrement du PC de bord contient suffisamment de mémoire flash (type SSD) pour stocker l'équivalent de plus d'un an de données mesurées sans téléchargement – il s'agit du stockage des données brutes à bord.

L'ordinateur de bord sera également connecté au modem satellite et GSM (3G/4G) pour permettre la communication et la transmission des données **entre la plateforme flottante et le centre de supervision**. Cette communication est primordiale pour récupérer les données mesurées (données radar prétraitées, données de la sonde multi paramètres, données acoustiques aérienne, données météorologiques, centrale inertiel, GPS, AIS, ...) et pour intervenir à distance sur les paramètres de gestion des bouées et capteurs. Les données moyennées (10-minutes ou plus) et les données essentielles seront transmises toutes les 10 minutes (à confirmer avec la typologie des capteurs). Par ailleurs, toutes les données transférées à distance seront envoyées sur **des serveurs dédiés FTP et sécurisé à terre**. Le ou les utilisateurs pourront bénéficier d'un accès au serveur FTP disponible à partir de tout ordinateur (via accès sécurisé par identifiant et mot de passe). L'ensemble des données stockées à bord seront également récupérer lors des opérations de maintenance, notamment celles qui ne seront pas transmises à distance (enregistreurs acoustiques sous-marin, vidéo aérienne, échosondeur, chiroptères, images radar). Elles seront mises à disposition sur le serveur client.

Un filtre contrôle qualité est appliqué quand les données sont transmises de la plateforme au serveur. Dans le cas d'une incohérence (valeur nulle ou absente), une intervention humaine de vérification a lieu sur tout l'échantillon concerné. Toute intervention sur un échantillon sera enregistrée et signalée au client par courriel et dans le rapport périodique.

Figure 103: Schéma du process d'analyse et de sécurisation des données

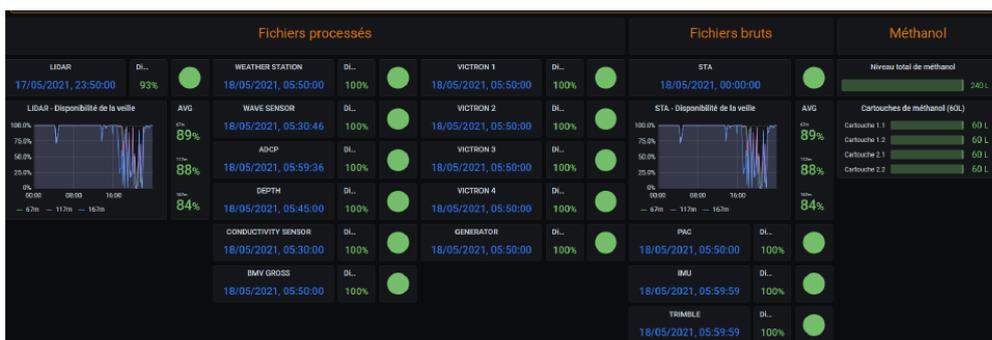


VISUALISATION DES DONNEES

Un outil de visualisation sera mis en place pour contrôler les paramètres de fonctionnement de la bouée (niveau d'énergie, position, fonctionnement des capteurs), ainsi que pour visualiser les séries de données environnementales et certaine données biologiques. Un accès à la plateforme « Hypervisor » sera donné au client.



Figure 104 : Capture d'écran du logiciel Hypervisor



CALENDRIER DU PROTOCOLE

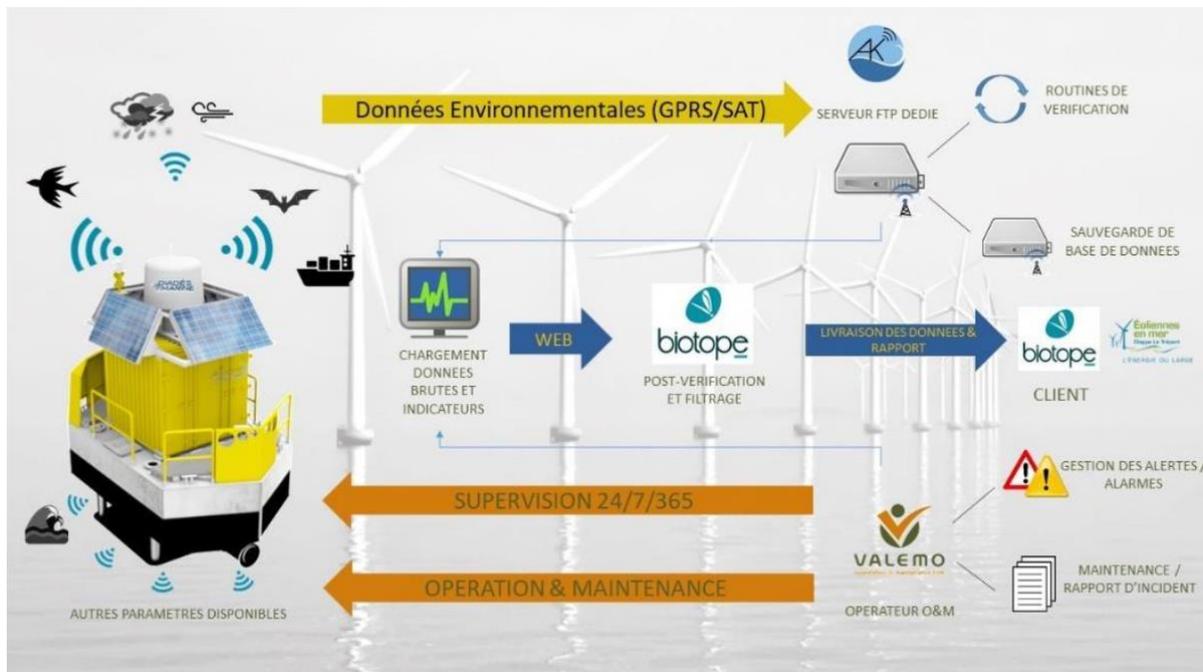
Tableau 39 : Planning du protocole MAVEO

Année 1	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes												
Année 2	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes									X	X	X	X



10.6.2.2.3 Carte de représentation schématique du protocole

Figure 105 : Schéma de fonctionnement et gestion de la plateforme flottante du programme MAVEO



10.6.2.2.4 Moyens utilisés

MOYENS MATÉRIELS EMPLOYÉS

Ce protocole est basé sur l'acquisition de données à partir de la plateforme flottante d'AKROCEAN FLY'RSEA (Annexe 1).

La plateforme est autonome en énergie. Une attention particulière a été portée sur la quantité d'énergie disponible via les différents systèmes, et la durée d'autonomie de la bouée.

La bouée est également communicante avec la terre. Une analyse in situ des réseaux disponibles sera réalisée avant le déploiement. A ce jour, nous prévoyons que la bouée soit connectée en GSM (3G/4G multi opérateur) et Satellite (Inmarsat). Le canal GSM est préféré pour la transmission des données à terre. Cependant, le satellite pourra être utilisé en back up si pas de GSM pour le contrôle informatique de la bouée et des instruments.

La structure de la bouée et la ligne de mouillage seront adaptées aux conditions de mer et à la typologie du site. Elle est également conçue pour ne pas gêner les capteurs. Les instruments ou leurs caissons de protection (radome pour le radar) seront certifiés à minima IP54 (protection contre les projections de liquides). Une phase de test précédant la mise à l'eau sera effectuée afin de certifier l'opérationnalité de l'ensemble des compartiments techniques de la bouée et d'ajuster l'installation des instruments et leur calibration.

Par ailleurs, la bouée du programme MAVEO sera visible vis-à-vis du trafic maritime dans le respect des règles de navigation.



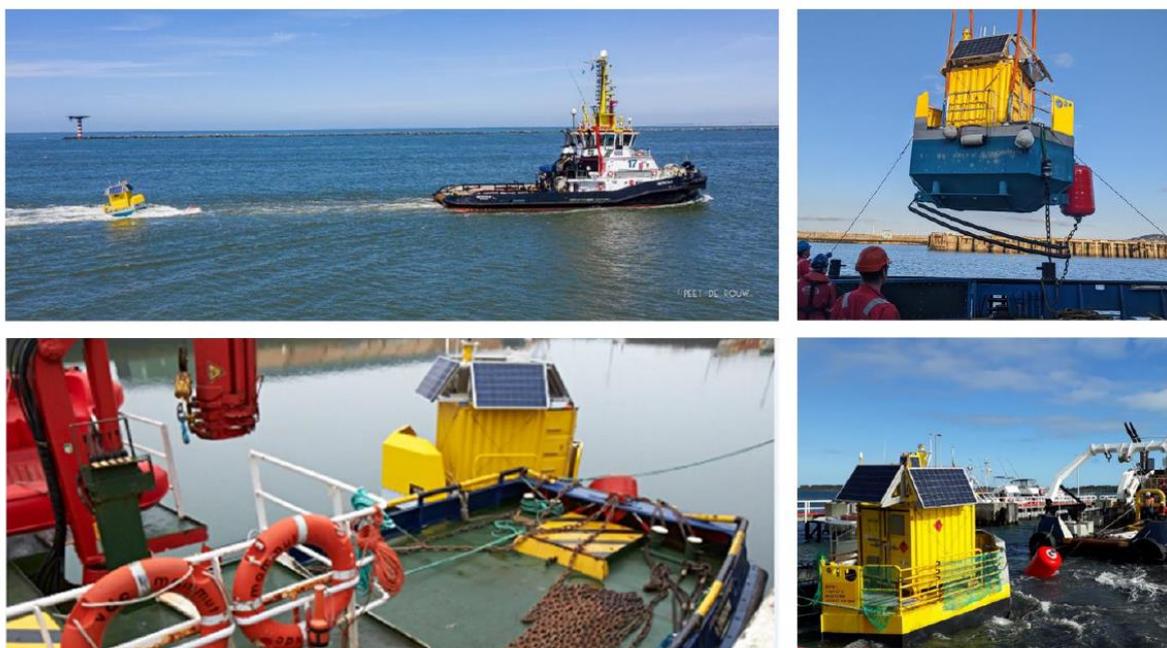
10.6.2.3 Personnel mobilisé

- Partenaire 1 : BIOTOPE
- Responsable : Julien RINGELSTEIN
- Partenaire 2 : AKROCEAN
- Responsable : Nicolas LARIVIERE-GILLET

10.6.2.4 Moyens nautiques

Le déploiement en mer de la bouée sera géré par la société AKROCEAN qui fera les démarches pour l'obtention du permis d'exploitation avec l'aide du client. Une méthodologie détaillée sera transmise à la signature du contrat ainsi qu'une évaluation des risques pour le transport, le stockage et le déploiement du dispositif flottant.

Figure 106: Opération de déploiement de la plateforme d'AKROCEAN



10.6.2.4.1 Mutualisation

L'intégration de capteurs d'autres programmes est possible mais doit être prévu en amont. Les acquisitions de données réalisées sur MAVEO peuvent être complémentaires à d'autres mesures prévues pour le projet éolien.

10.6.2.5 Risques

Le caractère innovant de cette mesure implique d'avoir des points d'attention sur certaines briques technologiques. En effet, si chaque composante (instruments et bouées) existe indépendamment, les combiner et les déployer en mer constitue le caractère expérimental, engendrant une incertitude sur la qualité des données récoltables (conditions météo difficiles, interférences diverses possibles, manque de stabilité). Une série de tests et calibrations en amont du déploiement seront programmés afin de limiter les risques.



10.7 CAMPAGNES EN MER COMPLÉMENTAIRES DANS LE CADRE DU PROGRAMME MIGRALION

10.7.1 Rappel des objectifs du programme d'acquisition de données MIGRALION

Le programme MIGRALION a pour objectif la caractérisation de l'utilisation du golfe du Lion par les migrateurs terrestres et l'avifaune marine à l'aide de méthodes complémentaires.

Dans le contexte actuel d'intensification des usages de l'espace maritime, il est apparu essentiel d'acquérir des connaissances permettant de caractériser les flux migratoires et les fonctionnalités des zones en mer pour l'avifaune et les chiroptères, à l'échelle du golfe.

Pour répondre à ces besoins, l'Office français de la biodiversité a lancé le programme MIGRALION qui a pour objectif d'étudier les thématiques suivantes : passages migratoires en mer de l'avifaune migratrice et des chiroptères (routes préférentielles, flux et altitudes) ainsi que l'utilisation en 3 dimensions de l'espace marin par les oiseaux marins. Une vaste diversité de moyens humains et technologiques pertinents sont déployés de manière complémentaire : observations visuelles à terre et en mer, baguage, télémétrie, radars ornithologiques et de navigation, récepteurs/enregistreurs acoustiques et à ultrasons. L'ensemble des données collectées ainsi que les données historiques accessibles seront analysés grâce à une méthode d'analyse combinée de données multi-sources développée spécialement dans le cadre du programme. Les différents modules (lots) de l'étude, débutée le 31 mars 2021, sont portés par une douzaine de structures expertes (associatives, académiques, bureau d'étude, etc.) ayant collaboré à l'élaboration de propositions complémentaires pour les 6 lots.

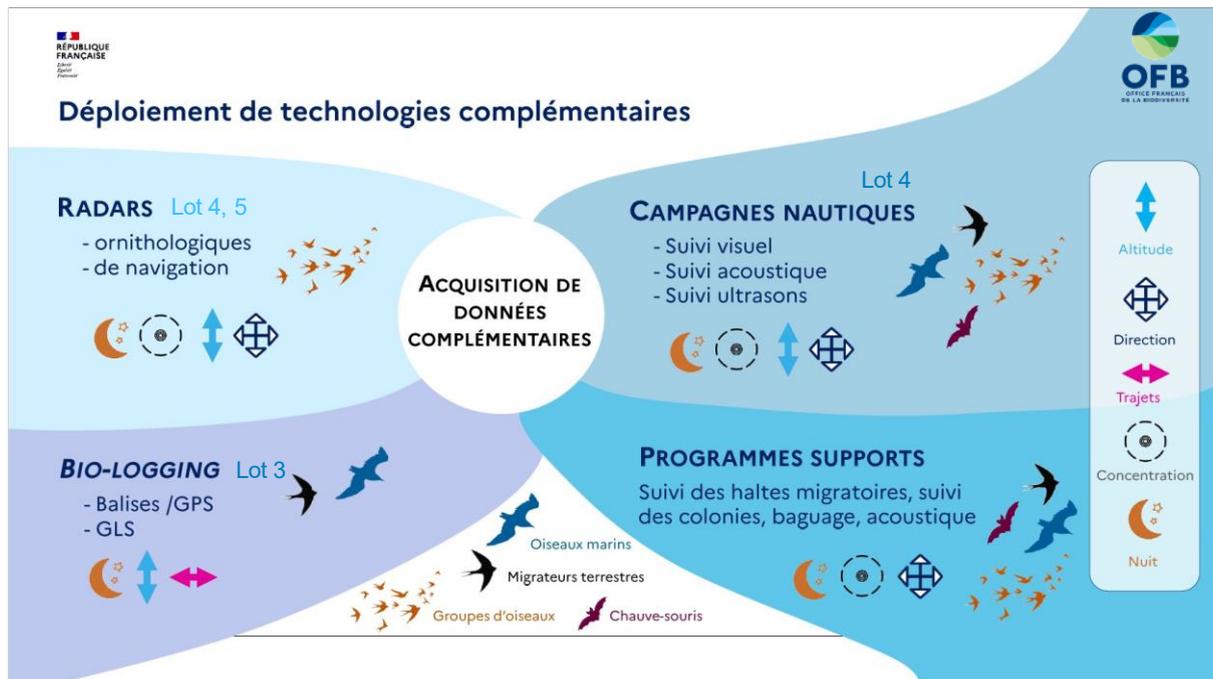


Le programme MIGRALION s'articule autour de 6 lots complémentaires :

- Lot n°1 : Synthèse bibliographique, recensement de données, gestion de l'accessibilité des données.
- Lot n°2 : Coordination, expertise et dissémination des résultats du programme.
- Lot n°3 : Télémétrie sur les oiseaux migrateurs terrestres et oiseaux marins.
- Lot n°4 : Campagnes en mer par bateau (observations visuelles, radars, dispositifs acoustiques).
- Lot n°5 : Radars ornithologiques à la côte (et suivis associés acoustiques, observations visuelles, baguage).
- Lot n°6 : Développement de méthodes permettant l'analyse combinée des différentes données produites dans le cadre du programme et issues d'autres projets.

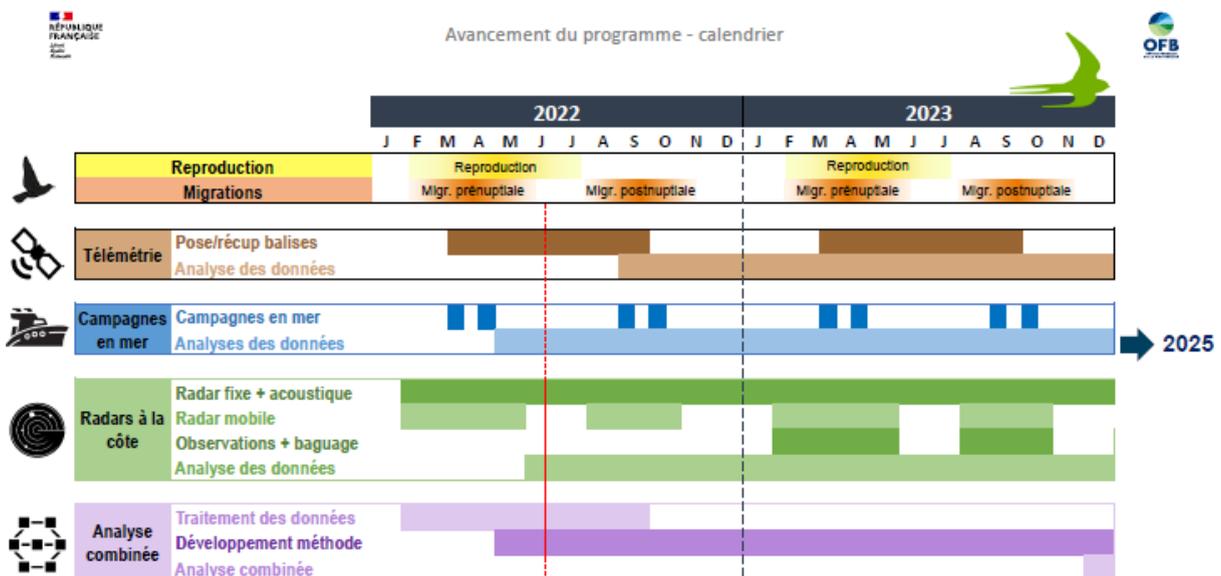


Figure 107 : Présentation de l'articulation entre les différents lots d'acquisition de données du programme MIGRALION



Le programme a débuté en 2022 et se poursuit jusqu'en 2025 selon le calendrier suivant :

Figure 108 : Calendrier / avancement du programme MIGRALION





10.7.2 Méthodes d'acquisition mises en œuvre dans le cadre du lot 4 : Campagne en mer par bateau

Les campagnes en mer prennent la forme de 4 campagnes de 4 jours/4 nuits par an, mises en œuvre entre les mois de mars et de mai (2022 - campagnes réalisées) et de septembre et novembre (2022 – campagnes réalisées). Ce lot consiste à acquérir des données sur l'avifaune marine, l'avifaune terrestre migratrice, et les chiroptères, à partir de différents modes d'acquisition résumés ci-dessous :

Figure 109 : Types d'expertises mobilisées pendant les campagnes MIGRALION



Des observateurs observent en continu les oiseaux marins et les migrateurs du lever du jour au coucher du soleil et notent systématiquement toutes les observations réalisées.

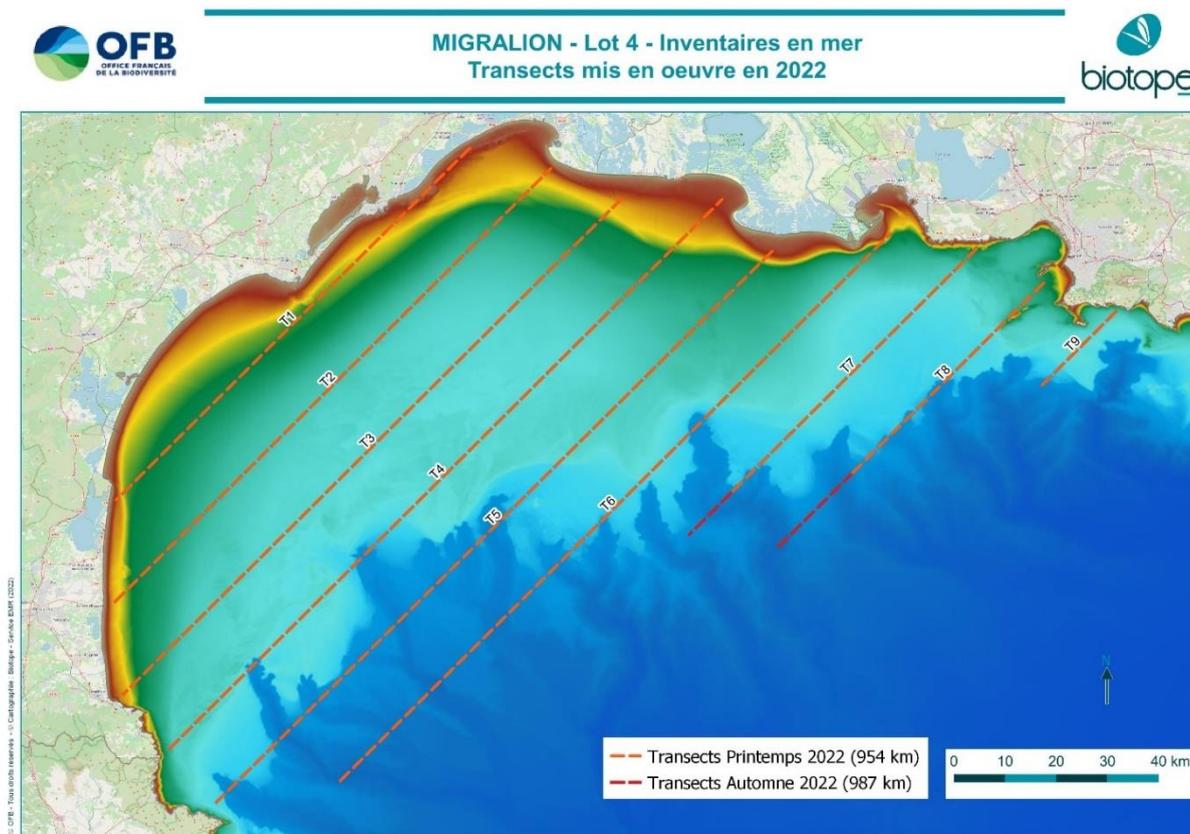
Un enregistreur acoustique dédié aux oiseaux et un enregistreur dédié aux chauves-souris ont été embarqués pour détecter les éventuels cris émis.

Deux radars de navigation, paramétrés pour le suivi de l'avifaune en mer, sont équipés de moyens d'enregistrement de données en continu, de jour comme de nuit, tout au long des campagnes menées. Un radar dédié au suivi en mode vertical (1500 m de rayon) a été installé sur le pont arrière du bateau et orienté au moyen d'une grue lui servant de support. L'acquisition de données radar en mode vertical en mer est inédite à ces échelles spatiales et temporelles, et représente une source d'informations considérable au regard des déplacements de l'avifaune marine et migratrice (notamment les altitudes de vol) et des flux associés. En parallèle, un radar dédié au suivi en mode horizontal (6 km de rayon) a permis l'acquisition de données en continu renseignant la distribution et les déplacements des oiseaux en mer (notamment les directions de vol). Cette source d'information, plus particulièrement de nuit, est elle-même inédite dans le golfe du Lion, et complémentaire aux observations menées le jour.

Près de 1000 kilomètres de transects (cf. carte ci-dessous) sont ainsi réalisés lors de chacune des 4 campagnes annuelles (2 campagnes pendant la migration pré-nuptiale et 2 campagnes pendant la migration post-nuptiale), couvrant ainsi le golfe du Lion et permettant la collecte de données complémentaires, jour et nuit, aux périodes clés de la migration de l'avifaune. Les transects parcourus couvrent l'ensemble du plateau continental du golfe du Lion, ainsi que les têtes de canyons. Leur mise en œuvre est optimisée de façon à couvrir au mieux la zone d'étude à la fois de jour et de nuit au cours de la période de migration visée.



Figure 110 : Transects à réaliser pour chaque campagne en mer - 2 fois par période de migration des oiseaux, soit 4 fois par an.



10.7.3 Résultats synthétiques de la première année de suivi 2022

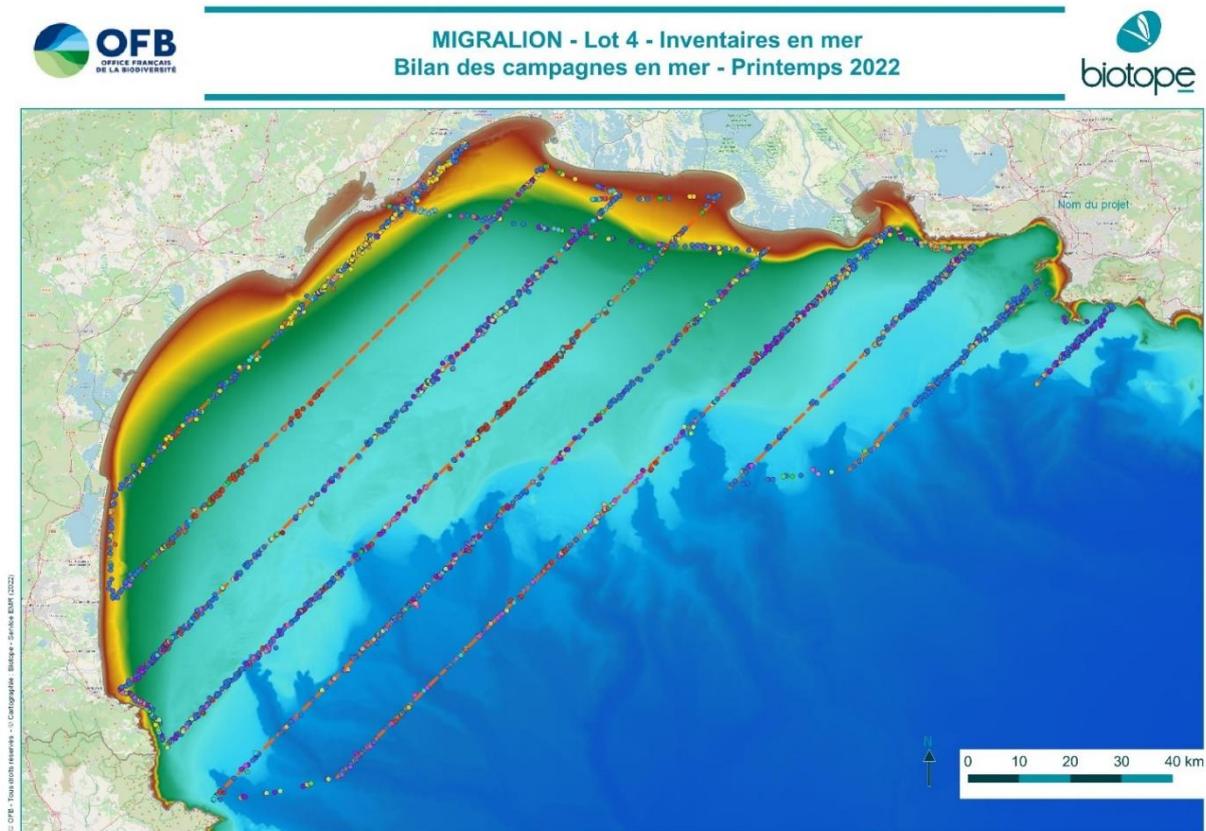
Les résultats présentés ci-dessous sont issus du rapport d'avancement 2022 produit dans le cadre du programme MIGRALION. Ces informations permettent de mettre en évidence l'intérêt du programme pour l'acquisition de données sur les oiseaux (ainsi que pour les chiroptères et la mégafaune marine) à l'échelle du golfe du Lion.

10.7.3.1 Observations visuelles

Au printemps 2022, sur 954 km de transects réalisés par campagne, 2 687 observations visuelles ont été comptabilisées, ce qui représente 85 espèces contactées (oiseaux et mammifères marins) et 10 406 individus (figure ci-dessous). Le nombre d'espèces contacté est particulièrement remarquable et montre une fréquentation du golfe du Lion pour de nombreuses espèces migratrices au printemps.



Figure 111 : Observations réalisées au cours des campagnes du printemps 2022 (image ©Biotope)



* Chaque point correspond à une observation. Les longs segments sans points correspondent à des navigations qui ont été effectuées de nuit, et donc sans données d'observations visuelles (mais avec collecte de données radars et acoustiques).

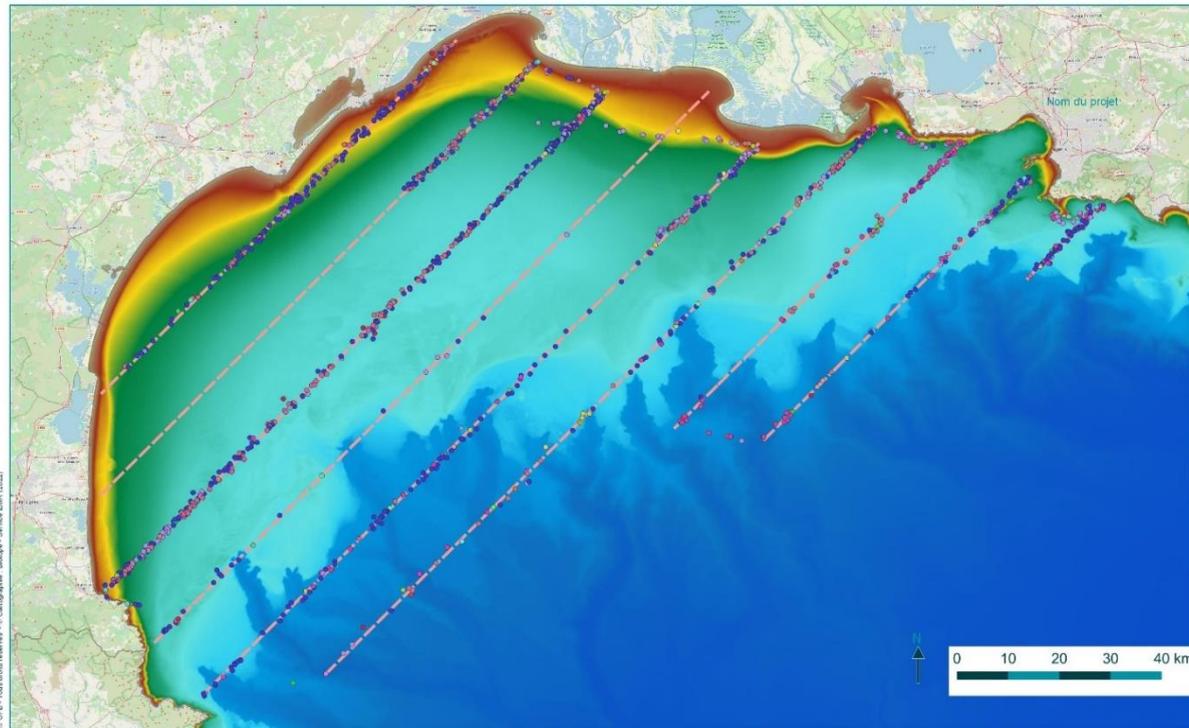
A l'automne 2022, sur 987 km de transects réalisés par campagne, **1496 observations visuelles** ont été comptabilisées, ce qui représente **52 espèces contactées** (oiseaux et mammifères marins) et **10 662 individus** (figure ci-dessous). Le nombre d'espèces contactées est plus faible qu'au printemps 2022, mais reste important.



Figure 112 : Observations réalisées au cours des campagnes de l'automne 2022 (image ©Biotope).



MIGRALION - Lot 4 - Inventaires en mer
Bilan des campagnes en mer - Automne 2022



* Chaque point correspond à une observation. Les longs segments sans points correspondent à des navigations qui ont été effectuées de nuit, et donc sans données d'observations visuelles (mais avec collecte de données radars et acoustiques).

Les méthodes de traitement des données récoltées dans le cadre des suivis visuels lors des campagnes MIGRALION peut être synthétisé comme suit. Ces analyses permettent de produire différentes cartes et figures à l'échelle du golfe du Lion.

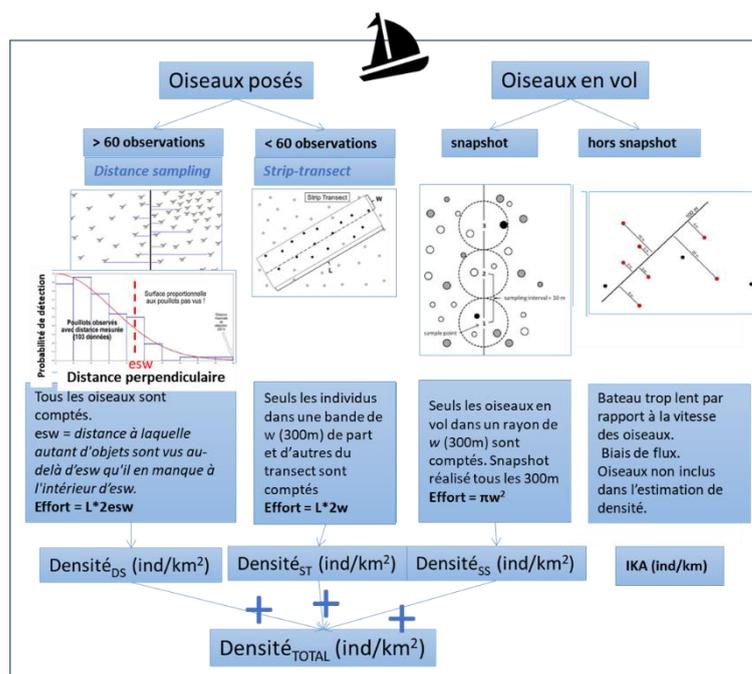




Figure 113 : Exemple de cartes des observations brutes dont l'échelle de taille des points est proportionnelle au nombre d'individus pour les groupes de moins de 10 (quantile à 95% des tailles de groupe) puis limité à cette taille maximum au-delà.

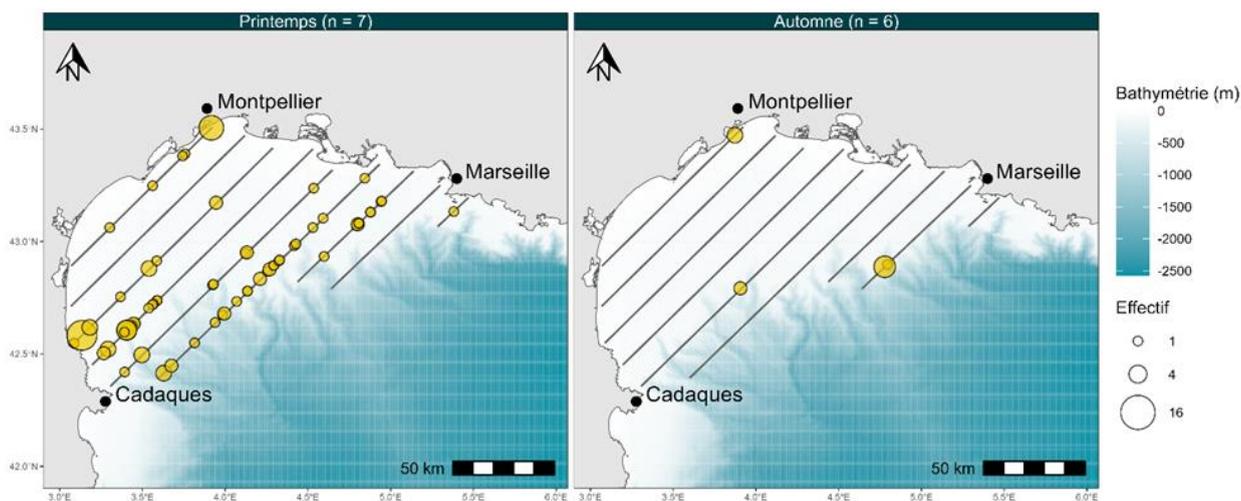


Figure 114 : Exemple de phénologie de densité (ind/km²) pour les oiseaux posés et en vol dans les snapshots

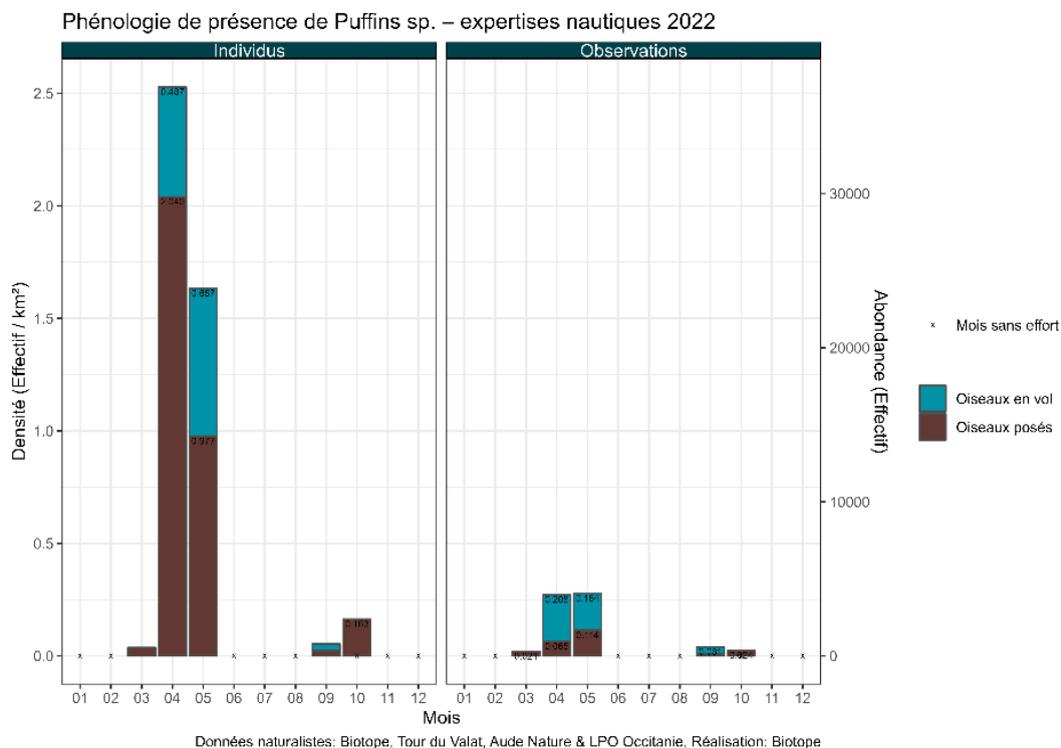
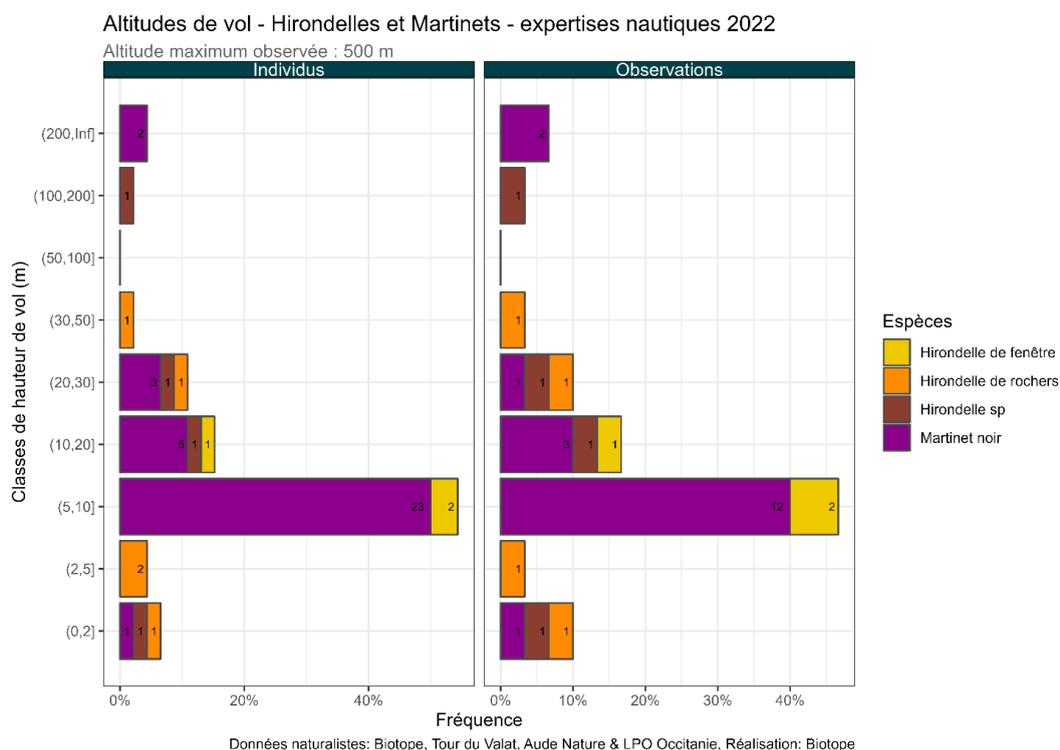




Figure 115 : Exemple d'histogramme des altitudes de vol pour les hirondelles et martinets



10.7.3.2 Expertises acoustiques oiseaux

En parallèle des observations visuelles et des suivis par radar, des enregistrements par acoustique passive ont été réalisés pour la détection des oiseaux et des chauves-souris.

Pour les oiseaux, le dispositif a été initialement installé au niveau du nid de pie pour sa position en hauteur et le faible bruit environnant. Les données obtenues présentent toutefois des niveaux de saturation importants, liés aux vibrations du bateau.

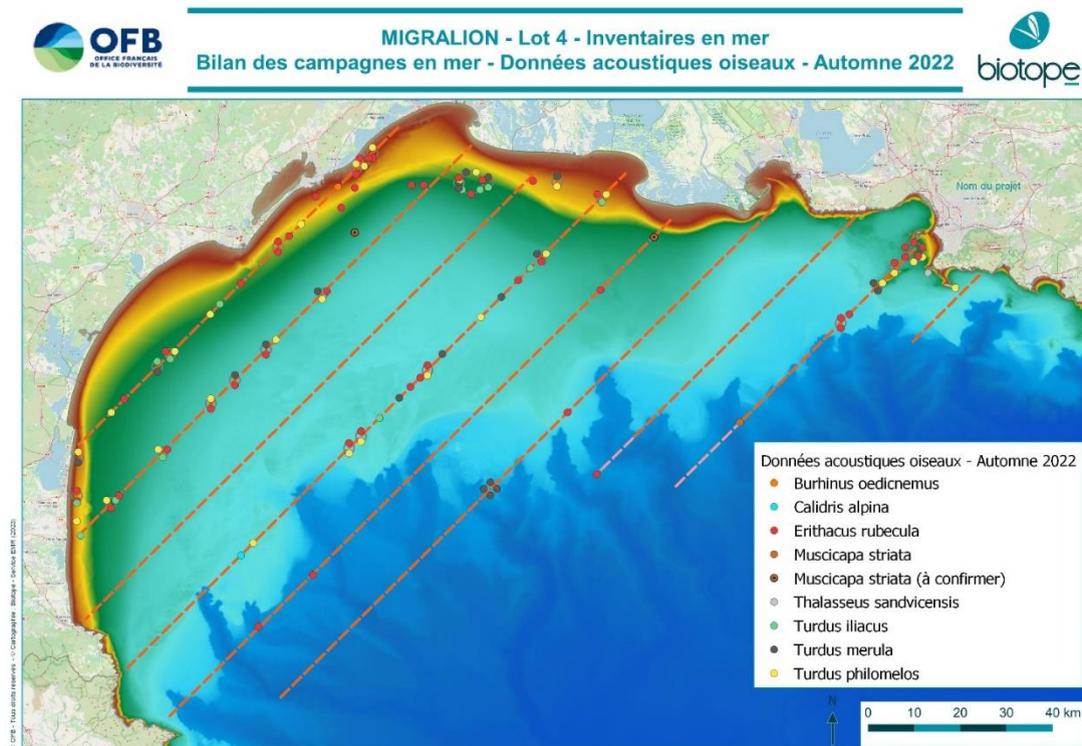
Afin de diminuer l'enregistrement de ces bruits parasites, le dispositif acoustique « avifaune » a été déplacé à l'avant du bateau lors de la campagne de mai. Bien que la qualité des sons soit meilleure, le niveau de bruit résiduel reste important. Des tests ont donc été effectués à terre à l'été 2022 pour trouver des solutions afin de limiter les bruits parasites liés au bateau. Le caisson de la parabole a été démonté, un nouveau support a été préparé, et un second micro (omnidirectionnel) a été ajouté. La qualité des données a ainsi été nettement améliorée pour la campagne d'automne 2022. Les données récoltées restent néanmoins fortement contraintes par les conditions de vent, le bruit ambiant et autres bruits parasites présents au large et qui viennent altérer les capacités de détection du micro et de la parabole.

Lors des transects réalisés à l'automne 2022, 1050 cris d'oiseaux ont été enregistrés et identifiés et ont permis de mettre en évidence 7 espèces migratrices au large du golfe du Lion. Le nombre d'individus estimés s'élèvent à 120 avec une prédominance pour les turdidés (grives, merles et rougegorges).

La prédominance de ces espèces est probablement liée à l'abondance des espèces citées et de leurs caractéristiques de vol (de nuit et à basse altitude).



Figure 116 : Observations par enregistrement acoustiques réalisées au cours des campagnes 2022 pour les chiroptères. (image ©Biotope).



10.7.3.3 Expertises acoustiques chiroptères

267

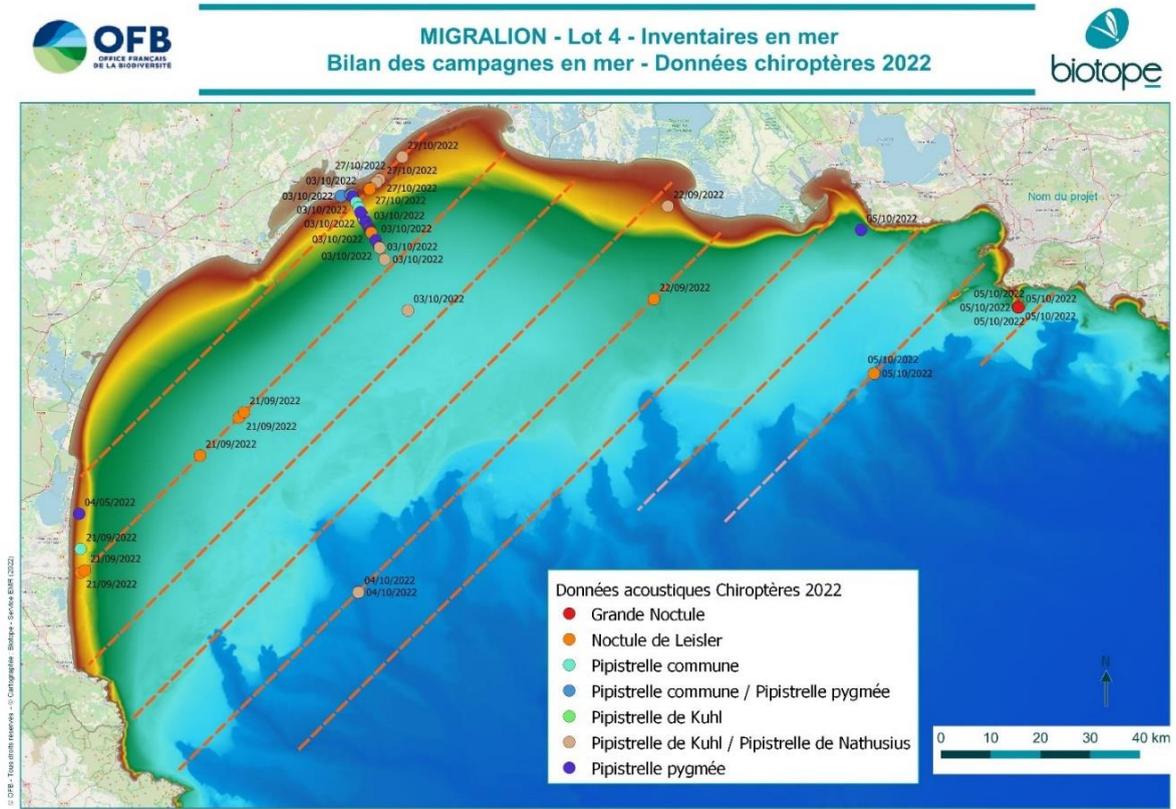
Les données du suivi acoustique « chiroptères » sont plus facilement analysables étant donnée la gamme de fréquences utilisée par ces espèces. Les chauves-souris émettent en effet des ultrasons à des fréquences plus élevées que le bruit ambiant, ce qui permet de s'affranchir du bruit du bateau.

Lors des transects réalisés au printemps et à l'automne 2022, 53 contacts (en minutes positives) de chiroptères ont été enregistrés et ont permis de mettre en évidence 5 espèces et 2 groupes d'espèces. Le nombre d'individus estimés s'élèvent à 39 avec une prédominance pour la Pipistrelle pygmée (11 individus) et la Noctule de Leisler (8 individus).

La quasi-totalité des observations ont été réalisées à l'automne 2022. Cette différence de volume de données récoltées est probablement à mettre en lien avec la plus forte activité migratoire des chiroptères à cette saison. En effet, les expertises mises en œuvre au début du printemps 2022 apparaissent trop précoces et peu adaptées au pic d'activité des chiroptères pour cette période de l'année.



Figure 117 : Observations par enregistrement acoustiques réalisées au cours des campagnes 2022 pour les chiroptères. (image ©Biotope).



* Chaque point correspond à une observation.



10.7.3.4 Expertises radars

10.7.3.4.1 Technologies déployées

Deux radars dédiés au suivi des oiseaux complètent les observations visuelles.

Un radar vertical permet de renseigner les flux et les hauteurs de vol, et un radar horizontal permet de renseigner les déplacements aviaires à proximité du bateau.

Les radars sont paramétrés pour le suivi de l'avifaune en mer, et sont équipés de moyens d'enregistrement de données en continu, de jour comme de nuit, tout au long des campagnes menées.

Le radar vertical a été installé sur le pont arrière du bateau et orienté au moyen d'une grue lui servant de support. Il enregistre tous les mouvements d'oiseaux jusque 1500 mètres d'altitude. L'acquisition de données radar en mode vertical en mer est inédite à ces échelles spatiales et temporelles, et représente une source d'informations considérable au regard des déplacements de l'avifaune migratrice (notamment les altitudes de vol) et des flux associés.

Figure 118: Installation du radar vertical sur la grue du bateau (flèche rouge). Image et photo ©Biotope

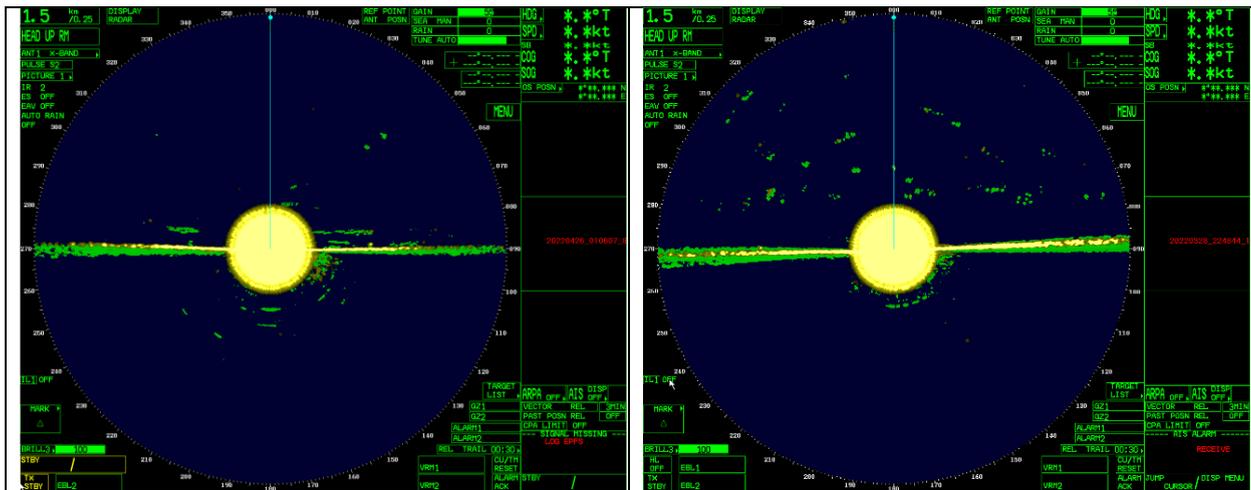


En parallèle, un radar dédié au suivi en mode horizontal (6 km de rayon) a permis l'acquisition de données renseignant la distribution et les déplacements des oiseaux en mer (notamment les directions de vol). Ce mode de fonctionnement est toutefois beaucoup plus sensible à l'état de la mer.

Cette source d'information, plus particulièrement de nuit, est également inédite dans le golfe du Lion, et complémentaire aux observations menées le jour.

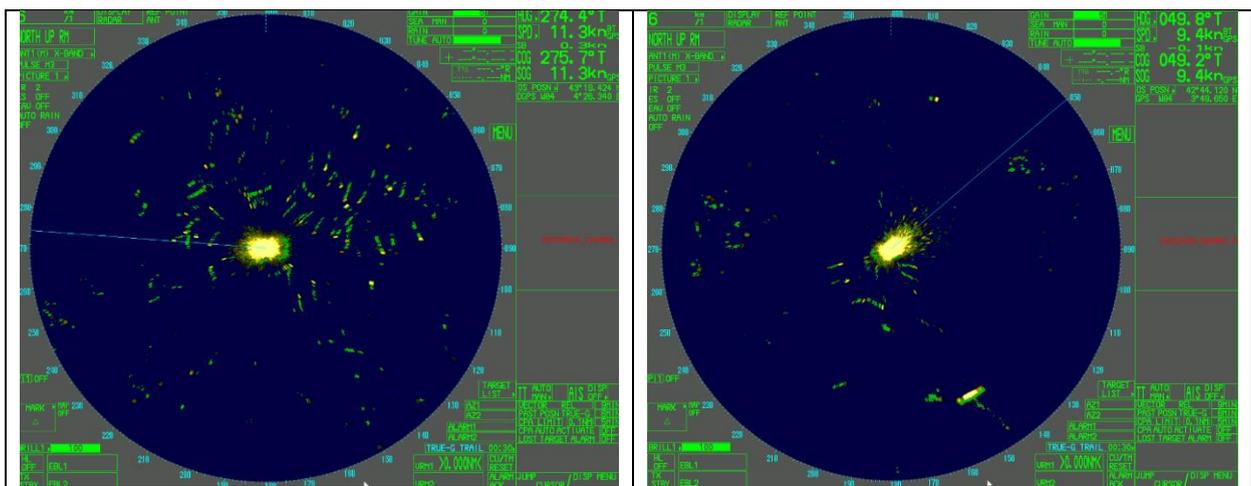


Figure 119 : Exemples de données radar obtenues en mode vertical.



Le disque jaune central est la zone saturée (aveugle) proche du radar, la ligne jaune horizontale correspond à la réflexion du signal par les vagues. Les points brun-jaune au-dessus de cette ligne correspondent à des oiseaux. Les traces vertes correspondent aux positions antérieures des échos, dans un historique de 30 s. Rayon du disque radar : 1 500 m.

Figure 120: Exemples de données radar obtenues en mode horizontal.



10.7.3.4.2 Premiers résultats des suivis Radar pour 2022

RADAR VERTICAL

La qualité des données acquises par radar vertical en 2022 est globalement très satisfaisante. Le suivi par radar a permis l'enregistrement d'importants mouvements migratoires (exemple : nuits du 27 au 28 octobre 2022 et du 28 au 29 octobre, ci-après).



Tableau 40: Extrait d'images acquises au radar vertical au cours de la nuit du 27 au 28 octobre 2022, durant laquelle d'importants mouvements migratoires ont eu lieu (heure UTC).

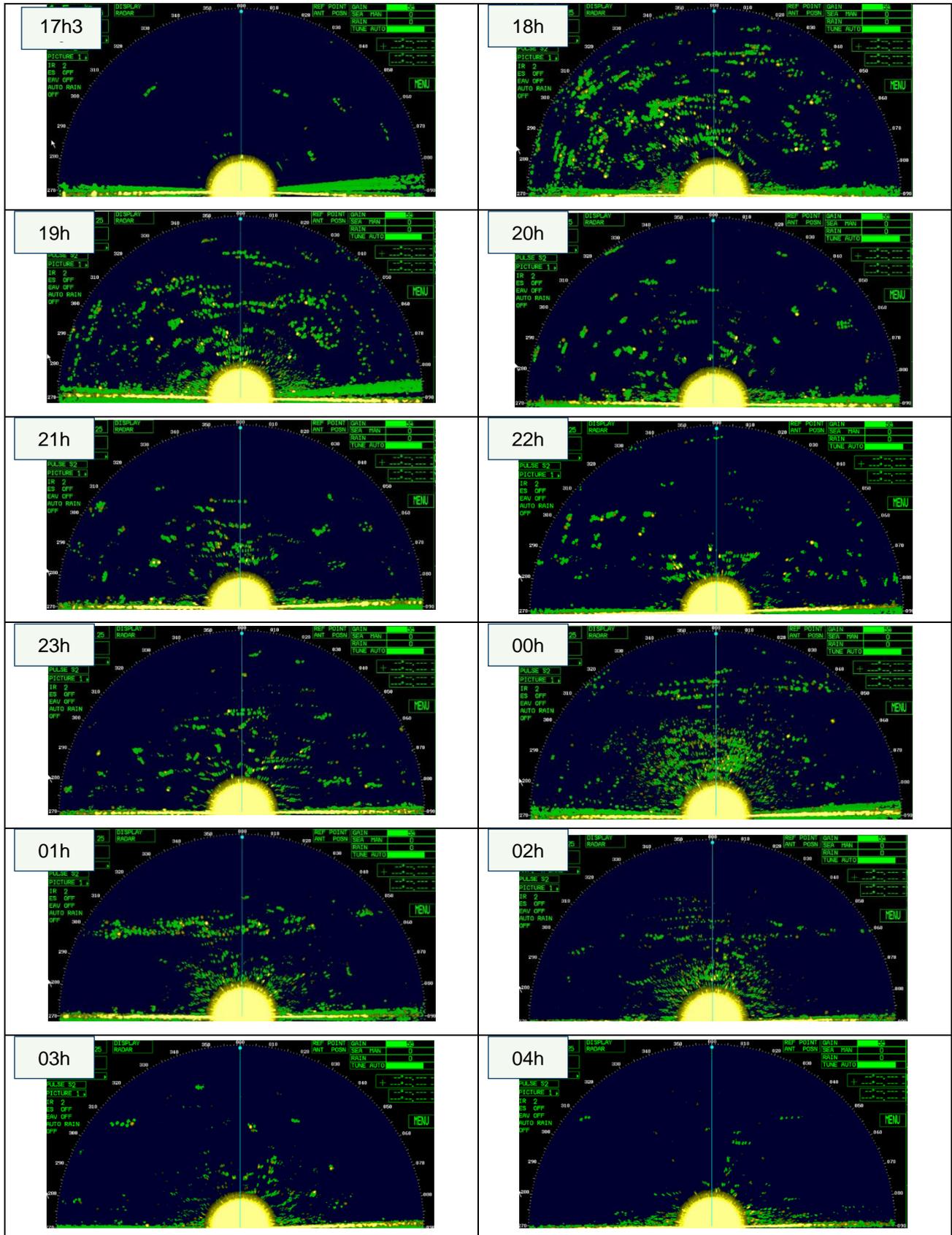
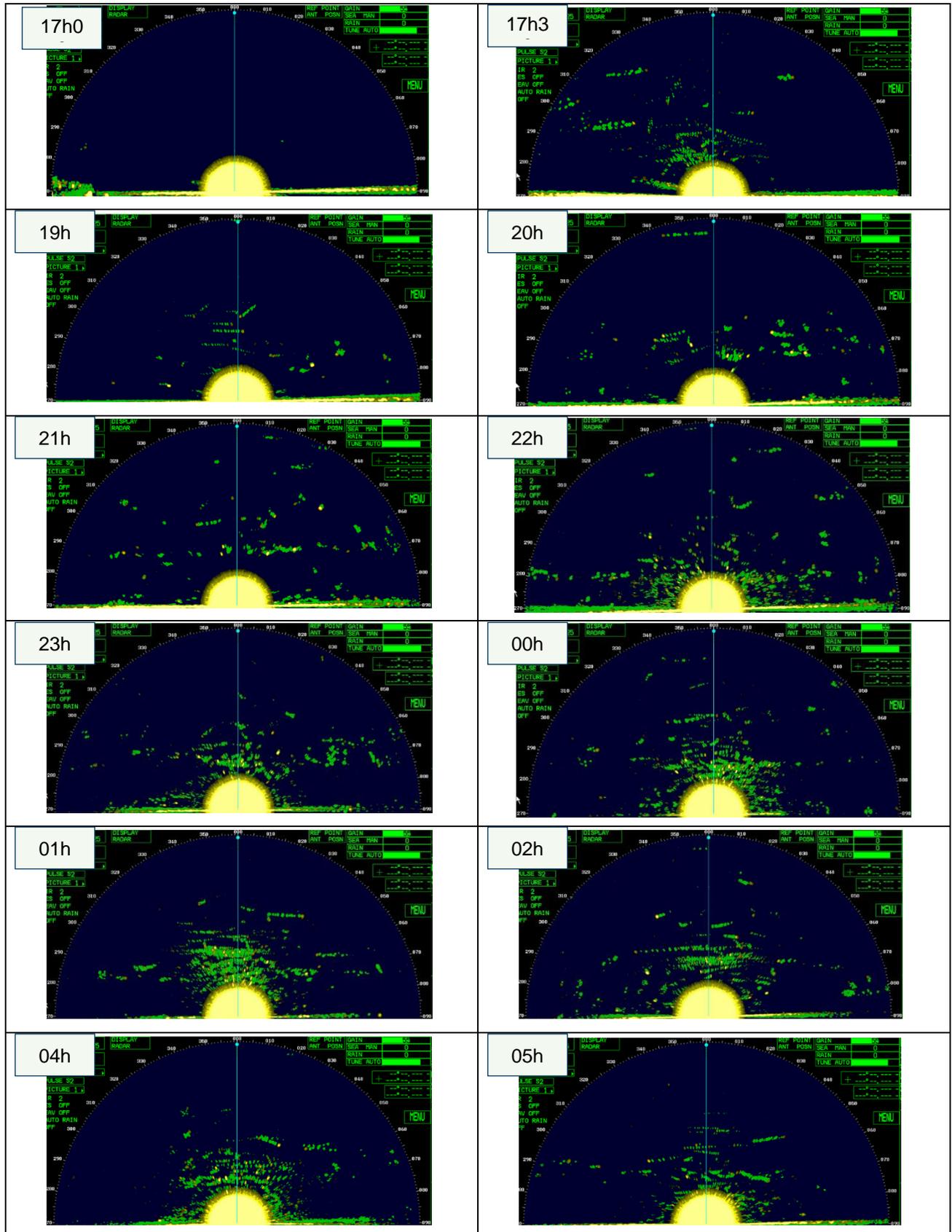




Tableau 41 : Extrait d'images acquises au radar vertical au cours de la nuit du 28 au 29 octobre 2022, durant laquelle d'importants mouvements migratoires ont eu lieu (heure UTC).





Les étapes de traitement des données qui consistent à extraire les échos des images, à calculer leurs propriétés (nombre de pixels, élongation, intensité, etc.) et à localiser leur barycentre (en altitude et par rapport au bateau) ont été réalisées.

Lorsque l'on projette l'ensemble des échos enregistrés par le radar vertical au sein d'une séquence (cf. figure suivante), les échos qui présentent une cohérence spatiale et temporelle apparaissent nettement et permettent de visualiser les premiers déplacements d'oiseaux (directions ici biaisées par le déplacement du bateau). Lors des passages importants de migrateurs comme ceux enregistrés les nuits du 27-28 et 28-29 octobre 2022, la densité d'échos est très élevée.

RADAR HORIZONTAL

En 2022, la qualité des images enregistrées par radar horizontal est moyenne et rend leur analyse d'autant plus complexe. L'effet significatif de l'état de la mer sur leur exploitabilité peut entraîner un échantillonnage inégal au sein du golfe du Lion (dépendamment des conditions de mer rencontrées le long des transects). L'enregistrement des données via un autre radar (bande S) en 2023 permettra d'améliorer la qualité des données acquises en mode horizontal.

Les étapes de traitement des données qui consistent à extraire les échos des images, à calculer leurs propriétés (nombre de pixels, élongation, intensité, etc.) et à localiser leur barycentre (latitude et longitude) sont en cours de réalisation. Les images sont bruitées et la sélection performante des échos d'oiseaux parmi ceux générés par les vagues et les autres cibles (bateaux, bouées, etc.) constituera une étape-clé dans la valorisation de ces données.

10.7.4 Justification de la proposition de financement de campagnes complémentaires dans le cadre du programme MIGRALION

Conformément aux objectifs fixés dans le cahier des charges, quatre campagnes d'acquisition des données en mer par différentes méthodes (observations visuelles, expertises radars, acoustiques chiroptères et oiseaux) ont été réalisées en 2022.

Le jeu de données acquis en 2022 lors de la tranche ferme sera consolidé par de nouvelles campagnes en mer en 2023 et 2024 (tranches optionnelles 1 et 2 du programme MIGRALION).

L'ensemble des données collectées alimenteront le jeu de données disponible et feront l'objet d'une analyse combinée développée spécifiquement dans le cadre du programme (lot 6 du programme MIGRALION).

Les campagnes en mer programmées aux cours des périodes de migration pré-nuptiale et post-nuptiale permettent d'échantillonner une partie du flux migratoire observé dans le golfe du Lion, ciblé sur les périodes de forte activité migratoire.

Au regard de la pertinence de ces différents suivis en termes de contenu quantitatif, qualitatif, d'emprise spatiale et temporelle, nous considérons que le programme apportera de nombreuses informations sur les déplacements d'oiseaux en mer et en migration sur la côte du golfe du Lion, notamment au niveau des futurs sites d'implantation des parcs éoliens commerciaux.



Figure 121 : Superposition des zones d'implantations possibles et des expertises radar mises en œuvre dans le cadre des campagnes MIGRALION (lot 4 : Campagnes en mer et lot 5 : Radar à la côte)



Toutefois, la phénologie de migration observée pour les différentes espèces qui fréquentent le golfe apparaît très diversifiée et les périodes de passage s'étalent sur plusieurs mois comme le montrent les graphiques suivants produits dans le cadre du lot 1 du programme MIGRALION (France Energies Marines - Tour du Valat, 2021).

Comme indiqué sur la figure ci-dessous, la migration prénuptiale commence ainsi généralement en février jusqu'en mai, puis de fin juillet à novembre pour la migration postnuptiale. Une forte variabilité dans la phénologie de migration existe au sein des principaux groupes d'espèces mais également au sein des familles observées dans le golfe du Lion.

Ces données, si elles renseignent sur les grandes tendances phénologiques des oiseaux terrestres dans la région, ne permettent pas de quantifier ou de caractériser les flux qui vont effectivement traverser le golfe. Seules les études en mer et à la côte couplées à des études télémétriques peuvent répondre à ces enjeux de connaissance.

Ainsi, les mises en œuvre de campagnes en mer avec radars embarqués et observateurs permettent de répondre en partie aux questions soulevées et notamment concernant les flux et les hauteurs de vol des migrateurs terrestres et marins.

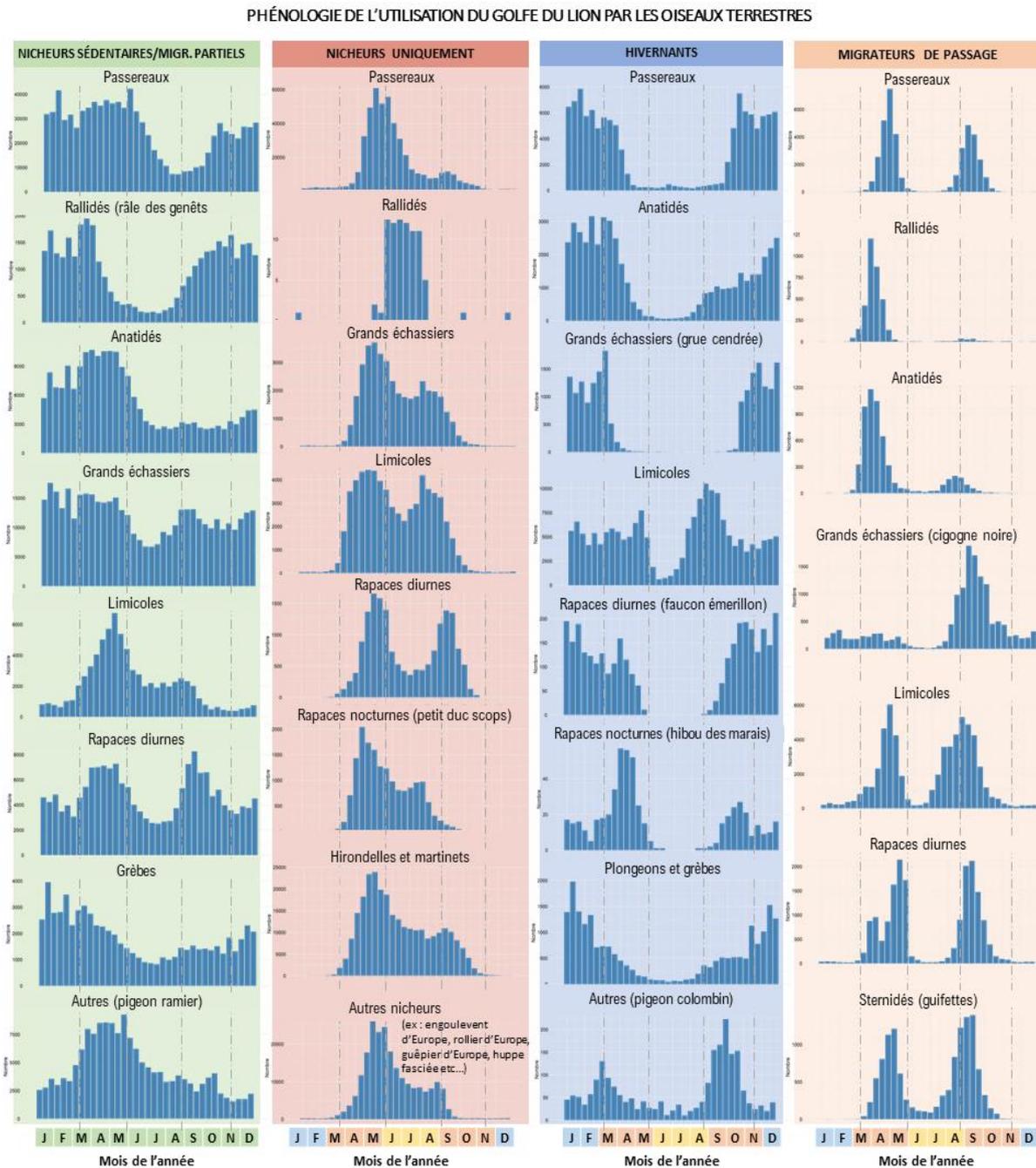
Afin de compléter l'échantillonnage déjà mise en œuvre dans le cadre des campagnes en mer MIGRALION, nous proposons de compléter les campagnes en cours par une campagne supplémentaire au mois d'août 2023 et une autre au mois d'août 2024, c'est-à-dire au début de la période de migration postnuptiale.

La nouvelle période ciblée est une période importante pour certaines espèces telles que les limicoles ou certains rapaces diurnes.

Cela porterait à 5 campagnes en mer par an et pour les deux années à venir (2023 et 2024) avec pour périodes cibles la migration prénuptiale (2 campagnes par an) et la migration postnuptiale (3 campagnes par an) afin de caractériser les flux migratoires dans le golfe du Lion.



Figure 122 : Observations des principaux oiseaux terrestres migrateurs ou migrateurs partiels dans la région du golfe du Lion au cours de l'année en fonction des différentes phases de leur cycle annuel (phénologie) entre 2013 et 2021.



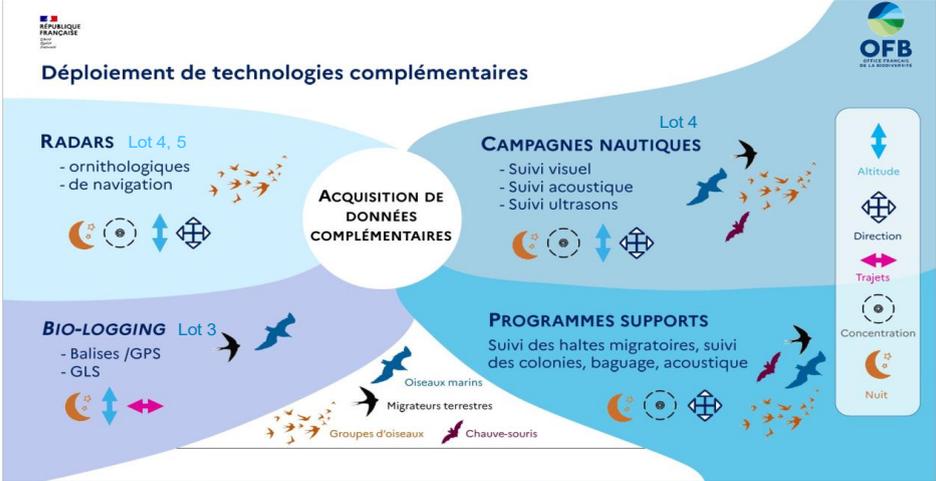
Les observations sont à l'échelle des départements limitrophes du golfe et incluent donc les zones terrestres. Les lignes verticales en pointillés délimitent les périodes de migration pré et postnuptiales. Données issues de la base de données participative faune-France.org.



10.7.5 Fiches protocoles synthétiques

10.7.5.1 Expertises par radars embarqués (lot 4)

Le tableau ci-dessous permet de présenter de manière synthétique l'ensemble des caractéristiques du protocole détaillé dans les pages ci-dessus.

-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --		
 MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE	Campagne en mer complémentaires dans le cadre du programme MIGRALION	
OBJECTIFS ET PARAMETRES		
<p>Les campagnes en mer prennent la forme de 4 campagnes de 4 jours / 4 nuits par an, mises en œuvre entre les mois de mars et de mai (2022 - campagnes réalisées) et de septembre et novembre (2022 – campagnes réalisées). Ce lot consiste à acquérir des données sur l'avifaune marine, l'avifaune terrestre migratrice, et les chiroptères, à partir de différents modes d'acquisition résumés ci-dessous :</p>		
 Observateurs	 Radars en mode vertical et horizontal	 Acoustique oiseaux et chauves-souris
<p>Plus largement, les campagnes en mer s'inscrivent dans le cadre d'un programme d'acquisition de données sur les oiseaux marins et terrestre dans le golfe du Lion qui peut se résumer comme suit :</p>		
		
DESCRIPTION DU PROTOCOLE		



-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --

<p>Stratégie d'échantillonnage :</p>	
<p>Effort d'échantillonnage :</p>	<p>4 campagnes par an entre 2022 et 2024 avec 2 campagnes en période de migration prénuptiale et 2 campagnes en période de migration postnuptiale</p>
<p>Paramètres mesurés :</p>	<p>Pour les expertises visuelles (voir fiche protocole spécifique) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Espèces contactées ; - Hauteurs et direction de vol ; - Comportements - Etc... <p>Pour les enregistrements acoustiques oiseaux et chiroptères :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Espèces contactées et géolocalisation dans le golfe du Lion ;</i> - <i>Niveau d'activité enregistrées ;</i> <p>Pour les expertises par radar :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Flux observés de jour et de nuit ; - Hauteurs de vol de jour et de nuit ;
<p>TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNEES</p>	
<p>Pour les expertises visuelles (voir fiche protocole spécifique) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Liste d'espèces contactées et carte brute de localisation des contacts ; - Densité d'oiseaux brutes et corrigés ; - Phénologie de présence des espèces et phénologie de densité observées ; - Représentation graphique des altitudes et hauteurs de vol des espèces contactées ; <p>Etc....</p> <p>Pour les enregistrements acoustiques oiseaux et chiroptères :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Listes d'espèces contactées ; - Carte de contacts au sein du golfe du Lion <p>Pour les expertises par radar :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Phénologie des flux à l'échelle du golfe du Lion ; - Phénologie saisonnière et journalière des flux - Direction de vol, - Représentation graphique des altitudes et hauteurs de vol des espèces contactées ; 	



-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --

Etc...

CALENDRIER DE CAMPAGNE

Année 1	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes			X	X					X	X+X		
Année 2	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes			X	X				X	X	X		

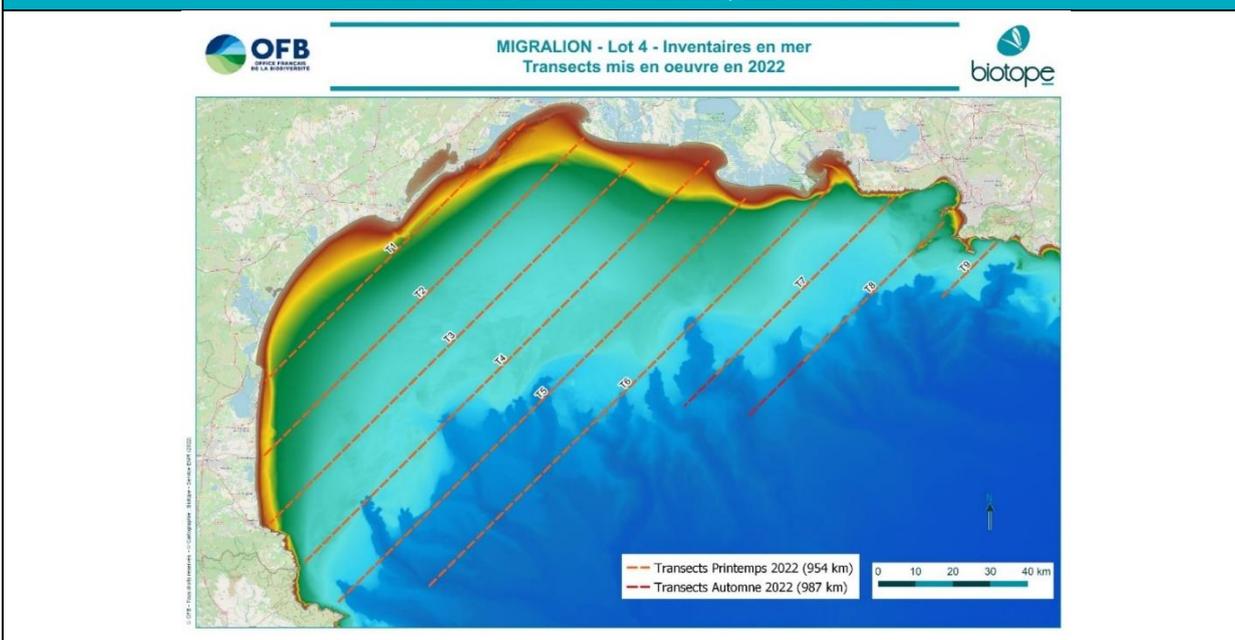
En vert, campagne du programme MIGRALION actuel

En rouge, campagne complémentaire suggérée pour 2023 et 2024

MOYENS

Matériel	Radar de navigation (bande X et bande S) Matériel d'observation ornithologique Matériel de survie et sécurité en mer
Moyens nautiques	Navire de pêche type thonier senneur – Moyen nautique mobilisé par l'intermédiaire du CRPMEM Occitanie
Mutualisation éventuelle	Non
Responsables et équipes mobilisées	Organisme : BIOTOPE Responsable : Nicolas DELELIS Suppléant : Vincent DELCOURT (Expert Radar) + Observateurs/ ornithologue : 4 personnes par campagnes
	Organisme : LPO Occitanie/Tour du Valat/Aude Nature Observateurs/ ornithologue : 2 personnes par campagnes
Risque :	Risque relative au travail en haute mer Risque liée à la mobilisation de moyens nautiques Risque liée à l'utilisation de Radar

CARTE DE REPRESENTATION SCHEMATIQUE DU PROTOCOLE





10.8 TRAITEMENTS, ANALYSES DES DONNÉES ET LIVRABLES

Ce chapitre est commun à l'ensemble des méthodes d'expertises nautiques et aériennes. En effet, bien que selon les méthodes utilisées, quelques ajustements pourraient être envisagés mais les types d'analyses envisagées, les informations recherchées et le contenu des rapports intermédiaires et annuels resteront similaires.

Bien que certaines techniques de traitement de données mises en œuvre soient relativement complexes, les informations présentées dans le présent chapitre sont volontairement succinctes et non techniques. L'accent est mis sur l'interprétation des résultats. De plus les techniques de modélisation évoluant en permanence, nous pourrions être amenés à proposer des méthodes d'analyses actualisées entre les différents rapports. Toute modification de nos méthodes sera validée en amont par le maître d'ouvrage.

10.8.1 Traitements des données collectées / analyses biostatistiques, cartographiques (illustrations)

10.8.1.1 Organisation du traitement des données

Les analyses de données, notamment l'évaluation des impacts, fera l'objet d'échanges avec nos partenaires de Bioconsult SH et HiDef aerial surveying, pour bénéficier au maximum de leur grande expérience dans les suivis de parcs éoliens en mer en construction et en exploitation.

Nous échangerons également avec nos partenaires d'EcoOcéan Institut et du Groupe ornithologique du Roussillon afin de bénéficier de leur grande connaissance des dynamiques avifaunistiques locales.

Nos meilleurs experts en biostatistiques et en écologie marine seront mobilisés. Par ailleurs, nous nous appuierons utilement sur les références méthodologiques en la matière.

Dans l'analyse des données et la prise en compte des facteurs environnementaux et co-variables, nous nous appuierons sur les méthodologies spécifiques et reconnues.

10.8.1.2 Traitement des données

Les données collectées feront l'objet d'une synthèse par espèce ou par groupe d'espèces des observations sur les séquences analysées.

Dans le cas où les identifications n'ont pas été possibles pour une proportion significative des spécimens, les analyses seront réalisées à l'échelle du groupe d'espèces. Afin de simplifier l'interprétation des analyses, des regroupements d'espèces pertinents peuvent être intégrés.

Les analyses des mammifères marins sont les mêmes que celles des oiseaux posés.

En fonction du protocole utilisé et de la quantité de données collectée, les analyses seront différentes. La Figure 1 synthétise les différentes méthodes d'analyses et les sections suivantes détaillent les types d'analyse et leurs résultats.

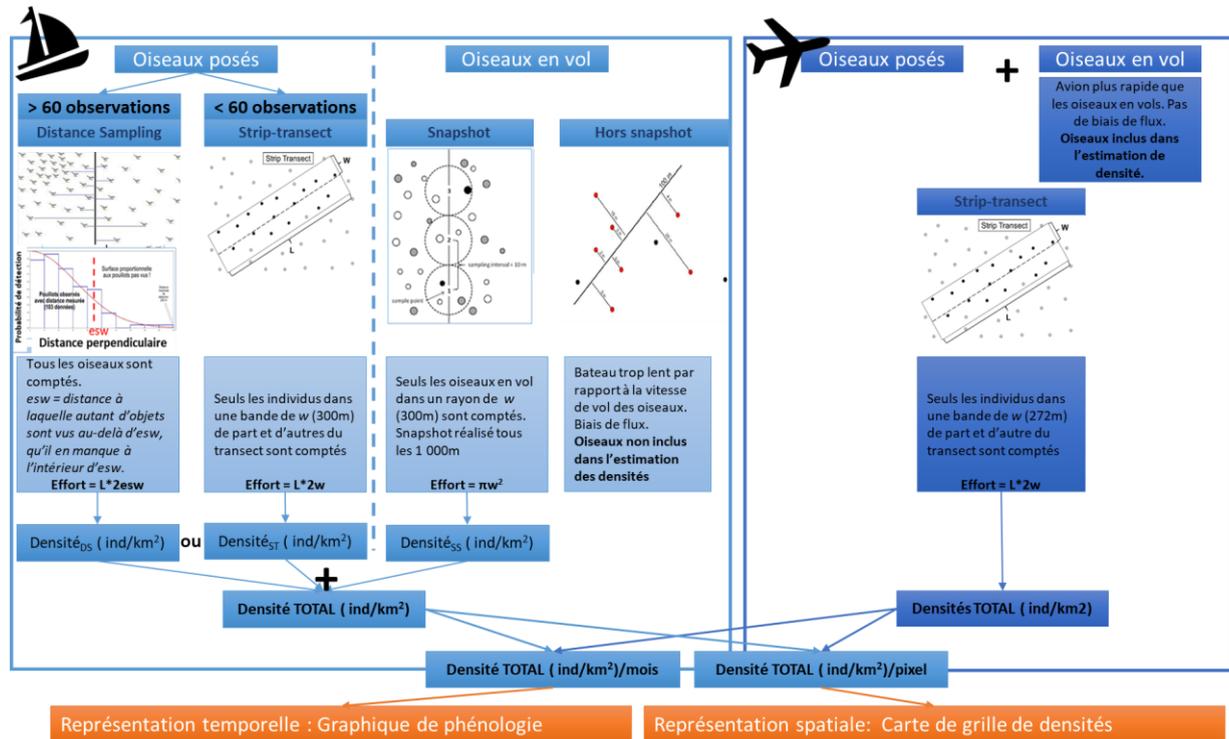


Figure 1 : Synthèse des différentes méthodes d'analyses des données

L'exploitation des données conduira aux types de résultats suivants :

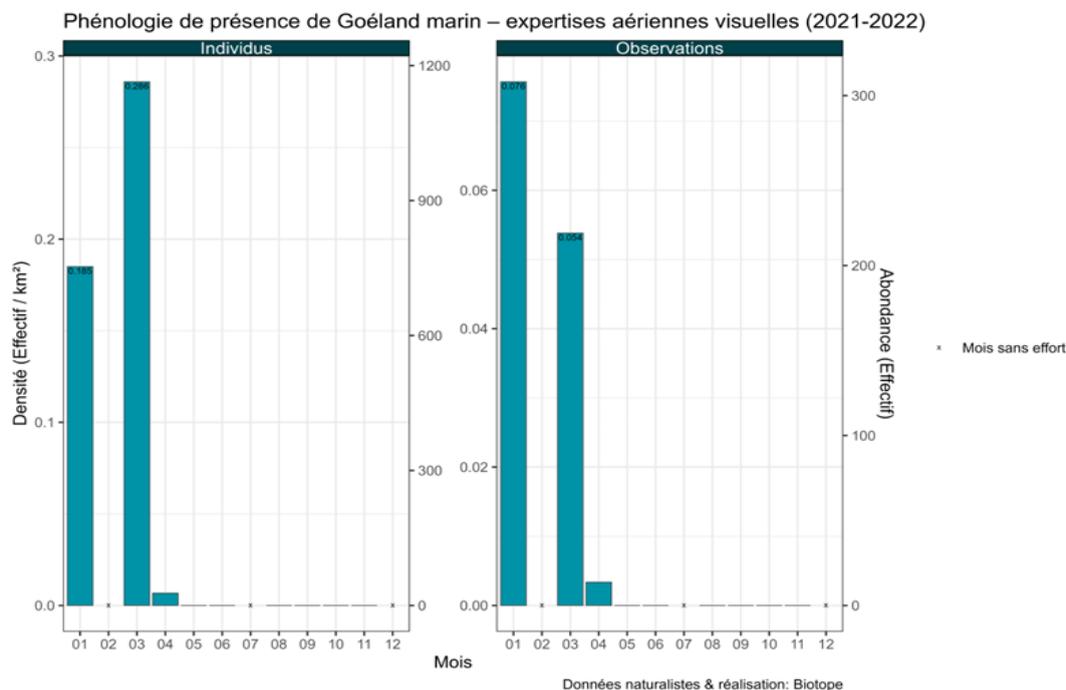
- **Description temporelle :** Réalisation de phénologie de la densité et de l'abondance des différentes espèces ou groupes d'espèces,
- **Description spatiale :** Réalisation de cartes de répartition spatiale des différentes espèces ou groupes d'espèces.

10.8.1.2.1 Description temporelle de la phénologie

Les densités des effectifs et des observations sont estimées par mois afin de représenter une phénologie des effectifs et des observations pour chaque espèce ou groupe d'espèce.



Figure 54 : Exemple d'histogrammes présentant la phénologie de Goéland marin en utilisant la densité des individus et des observations.



Aide à la lecture : Dans le graphique ci-dessus, sont présentés en histogrammes les effectifs de Goéland marin. Les effectifs en nombre d'individus par kilomètre carré sont présentés à gauche, la densité des observations à droite. Cette distinction peut s'avérer utile pour vérifier la taille des groupes. Par exemple, si la densité d'observations est faible mais que la densité d'individus est élevée, cela signifie que de grands groupes d'individus sont observés. Le deuxième axe « Abondance » correspond aux densités ramenées à la surface d'études. Les résultats détaillés sont fournis sur les barres. Par exemple, pour le mois de janvier, les résultats de densités sont de 0.076 observations/km² et 0.185 individus/km².

Le calcul des densités est expliqué dans les sections suivants.

10.8.1.2.2 Densités des données oiseaux en vols issues des campagnes nautiques : la méthode du Snapshot

Une procédure *snapshot* est mise en place sur les campagnes nautiques afin d'estimer la densité d'oiseau en vol par mois. Cette procédure permet de corriger le biais introduit par le mouvement des oiseaux en vol lorsqu'on estime leur densité à partir de données d'observations classiques. Basiquement, les oiseaux en vol ne font que "passer" dans la zone de prospection alors qu'ils sont considérés comme "statiques" et sont donc cumulés lors du calcul de la densité en l'absence de snapshot ce qui entraîne une forte surestimation de cette densité.

Au cours d'une procédure snapshot, l'ensemble des oiseaux en vol à un instant t (le plus instantané possible) est noté dans un rayon défini autour de l'observateur (ici, 300 m autour de l'observateur dans toutes les directions) et à pas de temps régulier (ici, tous les 1000 m). Ce qui permet d'avoir une image "statique" des oiseaux en vol et de supprimer l'effet de cumul des flux évoqué plus haut.

On considère la probabilité de détection des oiseaux en vol comme parfaite dans la zone du Snapshot. Le nombre d'oiseaux détectés est reporté à l'effort surfacique (soit la surface d'un cercle de 300m de rayon). La densité d'oiseaux en vol représente alors le nombre d'observations dans le snapshot, divisé par la surface du snapshot.



Ces densités sont ensuite cumulées avec les calculs de densités d'oiseaux posés décrite dans les sections suivantes.

Le protocole *snapshot* n'est pas considéré comme nécessaire dans le cadre des suivis aériens puisque la vitesse de l'avion avoisine les 90-95 nœuds en expertises visuelles et 220 km/h en expertises aériennes digitales haute altitude (technologie HiDef), et correspond donc bien plus à une prise de données "instantanées" des individus en mouvement. De même, il n'est pas appliqué pour le suivi des mammifères marins car la vitesse de nage de ces derniers est inférieure à celle du bateau (environ 2 m/s, Ridoux et al. 1997 pour le Grand Dauphin). Les méthodes de *distance-sampling* ou de *strip-transect* sont actuellement le standard pour le suivi nautique des mammifères marins.

10.8.1.2.3 Densités des données oiseaux/mégafaune issues des campagnes aériennes + des oiseaux posés/mégafaune avec moins de 60 observations issues des campagnes nautiques : la méthode Strip-transect

Cette méthode consiste simplement à considérer la probabilité de détection comme parfaite dans une bande de part et d'autre de la ligne de transect. La largeur de bande retenue ici est de 300 m pour les données oiseaux posés des expertises nautiques, 200 m pour les expertises aériennes visuelles et 575 m pour les expertises aériennes digitales haute altitude.

Dans le cadre d'une analyse strip-transect, chaque transect est traité comme une unité d'analyse indépendante. Si les transects sont supérieurs à 10km ils seront tronqués en section plus petites, estimées à partir de la variabilité des données environnementale. Ces analyses suivent comme hypothèse que chaque transect ou section de transect puisse être traité comme un échantillon statistiquement indépendant et aléatoire. Les données environnementale d'état de la mer sont à minima inclus dans l'estimation des densité comme paramètre environnementale ayant un impact sur la détectabilité des observations. Les observations collectées dans des conditions de mer supérieur à Beaufort 3 ne seront pas inclus dans les analyses.

La densité d'oiseaux/mégafaune représente alors le nombre d'observations d'oiseaux posés/mégafaune, pour les données bateaux, et tous les oiseaux/mégafaune, pour les données avions, dans la bande, divisé par la surface de cette bande.

L'intérêt de cette densité absolue est qu'elle peut être aisément convertie en une estimation d'abondance des effectifs dans la zone d'étude en la multipliant par la surface de cette zone (et en faisant l'hypothèse que les transects sont dessinés de façon à couvrir de façon homogène et représentative la zone d'étude).

10.8.1.2.4 Densités des données oiseaux posés et la mégafaune marine (bateau uniquement) avec plus de 60 observations : la méthode Distance-sampling

Le *distance sampling* est à la fois un protocole de terrain et une méthodologie d'analyse statistique des données (Buckland et al. 2001). Sur le terrain, cette méthode repose sur l'hypothèse que, si l'on suit un transect linéaire et qu'il est surveillé attentivement, 100% des individus présents sur la ligne du transect seront détectés à leur position initiale (avant de fuir ou d'être attirés par l'observateur) et que la probabilité de détection décroît quand la distance au transect augmente. D'autre part, on suppose que la position des oiseaux est indépendante de celle des transects si bien que les animaux devraient être uniformément répartis selon la distance aux transects. La diminution du nombre d'observations avec la distance par rapport à la ligne de transect permet alors d'estimer la probabilité de détection.



L'analyse consiste à estimer la « fonction de détection » (Figure) qui décrit la probabilité de détection d'un groupe en fonction de la distance de ce groupe au transect. Par définition, celle-ci vaut 1 à la distance 0 (détection parfaite sur la ligne de transect) puis elle décroît plus ou moins rapidement avec la distance en fonction de différents facteurs (état de la mer, par exemple) que l'on estime statistiquement. Il est possible de modéliser l'effet de différentes variables sur la détection en introduisant des paramètres supplémentaires (état de la mer, couverture nuage, hauteur de vague, observateur, etc.). Cette fonction de détection permet de définir la largeur efficace de transect (*Efficient Strip Width*, ESW) qui correspond à la distance au transect à l'intérieur de laquelle on peut considérer que la probabilité de détection est de 100%. Cette métrique est utilisée pour calculer l'effort surfacique et ainsi estimer la densité et l'abondance dans la zone d'échantillonnage.

Les densités seront alors calculées en comptant le nombre d'oiseaux posés ou mammifères marins présents dans une bande de la largeur de l'ESW, ramené à l'effort surfacique. Ces densités seront estimées pour chaque mois de suivis.

La fonction de détection est toujours une simplification de la réalité. Nous testons différents types de fonction de détection afin d'identifier et de sélectionner par l'usage d'outils statistiques tels que l'AIC (*Akaike Information Criterion*, meilleur compromis entre le nombre de paramètres et la qualité d'ajustement) celle qui représentera au mieux les données collectées lors des expertises. Les fonctions de détections des modèles finaux choisis, seront présentes dans les annexes des rapports.

Cette estimation n'est possible que pour des individus avec un nombre élevé d'observations. Buckland et al 2001 recommande un minimum de 60 observations pouvoir estimer l'ESW.

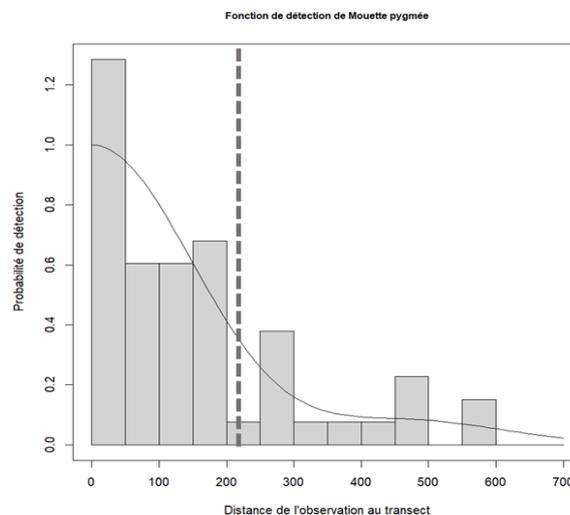


Figure 3 : Fonction de détection estimée pour la Mouette pygmée. La ligne en pointillée représente l'efficient strip width (ESW) qui correspond à la distance au transect à l'intérieur de laquelle on peut considérer que la probabilité de détection est de 100%

10.8.1.2.5 Incertitudes des estimations de densités et barres d'erreur : La méthode du bootstrap

Afin d'obtenir une estimation de l'incertitude associée aux différents calculs de densités des suivis nautiques et aériens, des intervalles de confiance à 95% ont été calculés par la méthode de bootstrap non paramétrique (« non parametric percentil bootstrap »). Cet intervalle de confiance à 95 % signifie que si le suivi et les analyses devaient être répétés de nombreuses fois alors les estimations de densités seraient comprises dans cet intervalle 95 % du temps.



Ces analyses bootstraps ne sont conduites que pour les espèces avec plus de 10 observations.

La Figure ci-dessous présente les diagrammes de densités obtenus avec les intervalles de confiance à 95% associés pour les alcidés.

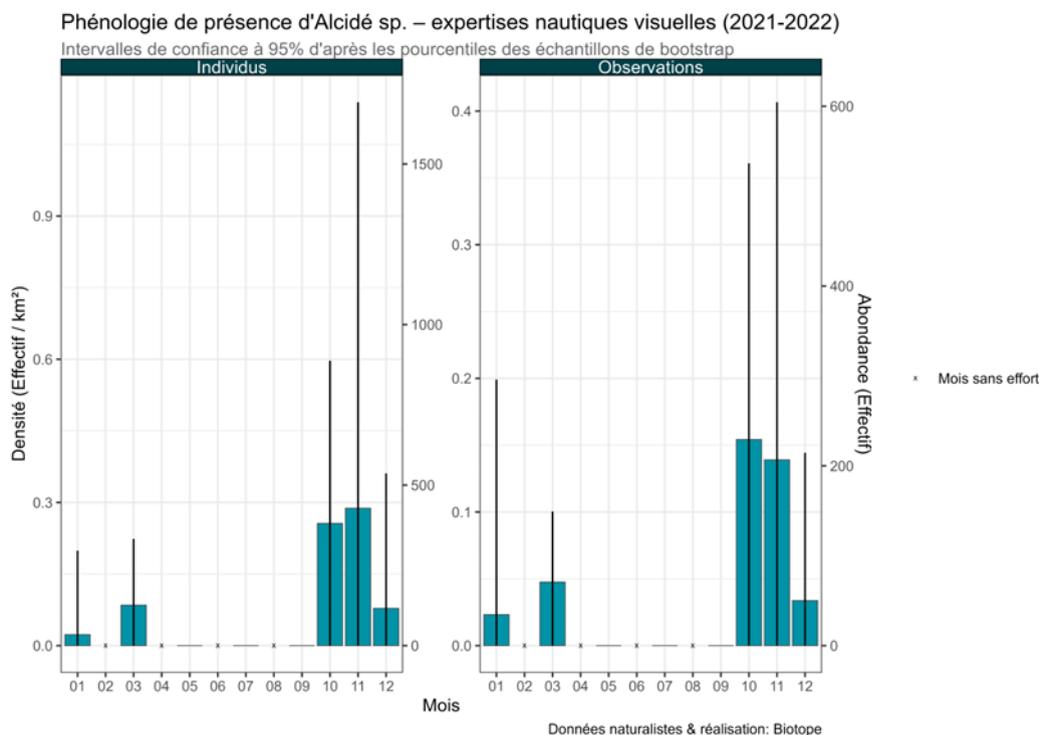


Figure 4 : Exemple de phénologie pour les alcidés posés. La densité est présentée ici avec son intervalle de confiance à 95%.

Remarque : Il est commun d'interpréter le cas où les barres d'erreur de différents groupes ne se chevauchent pas comme le signe d'une différence significative (au seuil $\alpha = 5\%$). Cela n'est valable que si les tailles d'échantillons dans les groupes sont proches et si l'on ne fait qu'une seule comparaison (quand le nombre de comparaisons augmente le seuil de significativité α doit être ajusté). Cette dernière condition n'est pas remplie ici, c'est pourquoi les barres d'erreurs doivent simplement être interprétées comme des mesures de l'incertitude et non pas comme des indications de la significativité statistique des différences entre les groupes.

10.8.1.3 Densité cumulée des oiseaux pour les campagnes nautiques :

Pour les campagnes nautiques la phénologie présentée pour chaque espèce ou groupe d'espèce est estimé en faisant la somme des densités estimées pour les oiseaux en vols issues des snapshots et des oiseaux posés.

Lorsqu'une analyse *bootstrap* a peut-être été conduite, c'est la médiane des densités issues des *bootstraps* qui est cumulée, et les écarts de confiance ne sont plus représentés.

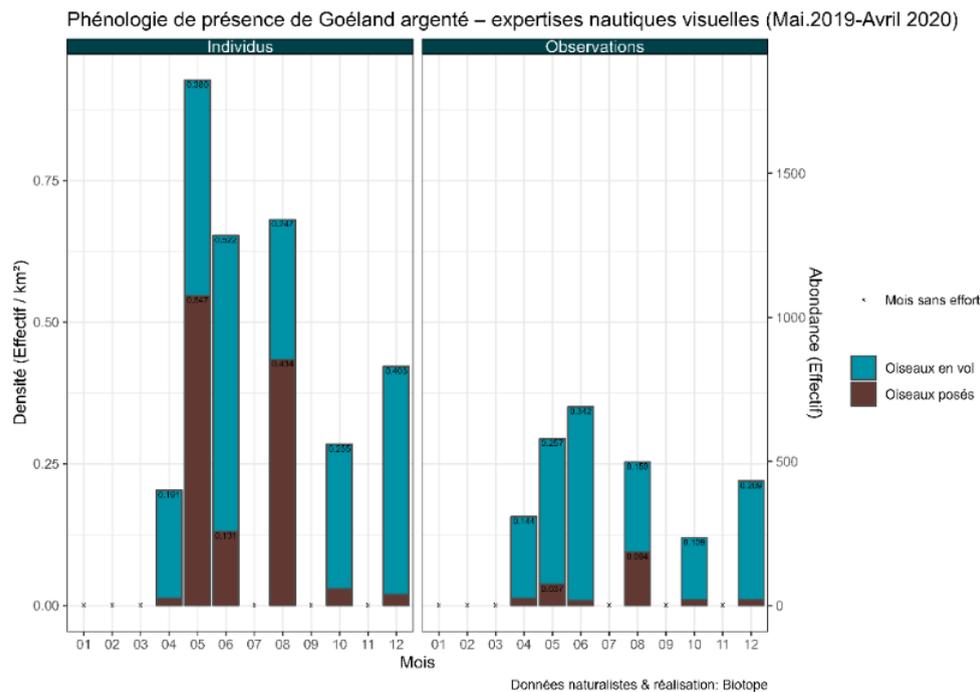


Figure 5 : Exemple de phénologie de densité total (oiseaux posés+ oiseaux en vols) d'individus et d'observations de Goéland argenté à partir des données de campagne nautique

10.8.1.4 Répartition spatiale des observations

Une figure est produite pour les espèces les plus fréquentes ou par groupe d'espèces. La répartition spatiale est présentée pour chaque espèce ou groupe d'espèce sur des cartes de deux types :

- Une carte des observations brutes (par saison/période biologique) si moins de 10 observations ;
- Une carte de densité par maille (par saison/période biologique) si plus de 10 observations.

Sur ces cartes, des éléments fixes n'apparaissent pas dans la légende afin de ne pas l'encombrer. Ces éléments étant communs aux deux types de cartes, ils sont décrits ci-après :

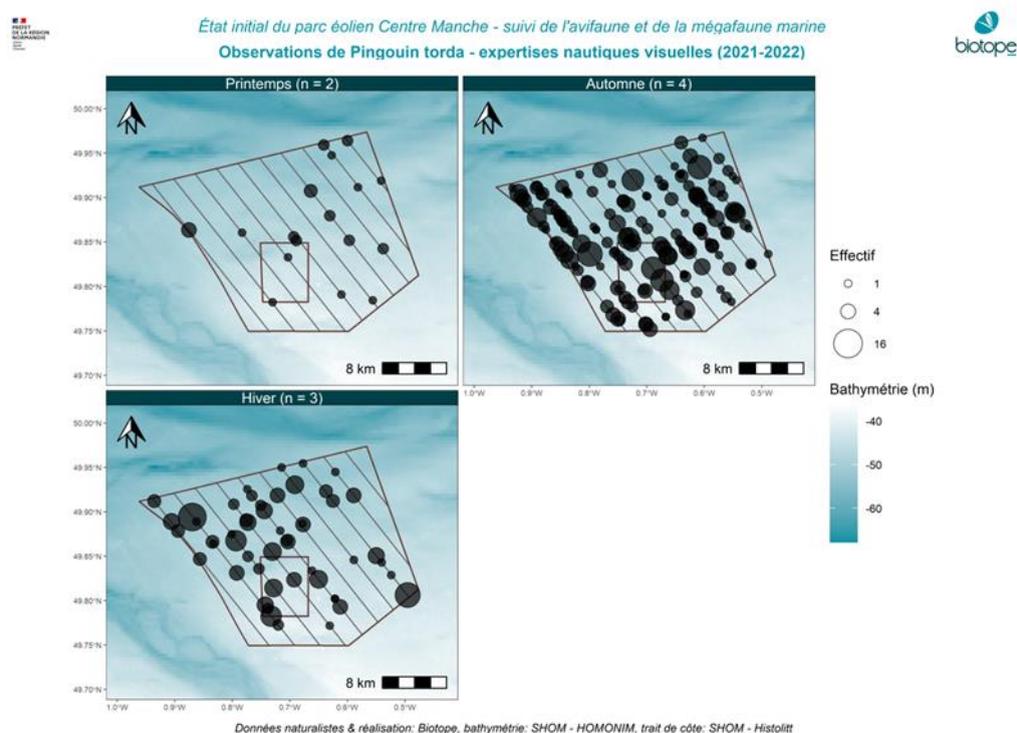
- Le fond de carte bleu représente la mer, la ligne noire représente le trait de côte et la zone grise en bas à droite représente le continent où la ville de Barfleur est localisée par un rond noir ;
- La flèche en haut à gauche représente la direction du Nord ;
- L'échelle des distances est représentée en bas à droite des cartes ;
- Le polygone à la bordure marron correspond à la zone retenue à l'issue du débat public pour l'installation des futurs parcs éoliens ;
- Les lignes grises représentent les transects ;
- Le nombre de campagnes par saison, et où il y a eu des observations, est indiqué en haut de chaque encart (n =).



10.8.1.4.1 Cartes des observations brutes par saison

Ces cartes représentent toutes les observations par un point situé à la position où l'observation a eu lieu en utilisant les coordonnées enregistrées par la tablette. La taille des points est fonction du nombre d'individus observés. Pour éviter que quelques rares observations d'un grand nombre d'individus rendent illisible la plus grande majorité des données, une taille maximale de point a été retenue pour certaines cartes où les effectifs sont particulièrement variables. Cette taille correspond au 95ème percentile du nombre d'individus par observation (notée X), c'est à dire que pour 95% des observations, le nombre d'individus observés est inférieur à cette taille (si X = 40 individus, pour 95% des observations, le nombre d'individus observé est inférieur à 40 individus et donc pour 5% des observations, le nombre d'individus observés est supérieur ou égal à 40). Les 5% d'observations restantes sont représentées par des points de la même taille, étiquetées sur la légende sous le nom « X+ ».

Figure 58 : Exemple de répartition spatiale d'observations brutes (ici le Pingouin torda) au cours des suivis nautiques. Les cartes des observations brutes par saison sont présentées à gauche et les échelles de taille des points et de bathymétrie sont présentées



10.8.1.4.2 Cartes de densité par maille

Des cartes de densité par maille ont été réalisées pour les données issues des expertises nautiques et aériennes visuelles.

Pour chaque espèce ou groupe d'espèces, les densités (en nombre d'individus par km²) sont moyennées par saison/période biologique et unité d'espace.

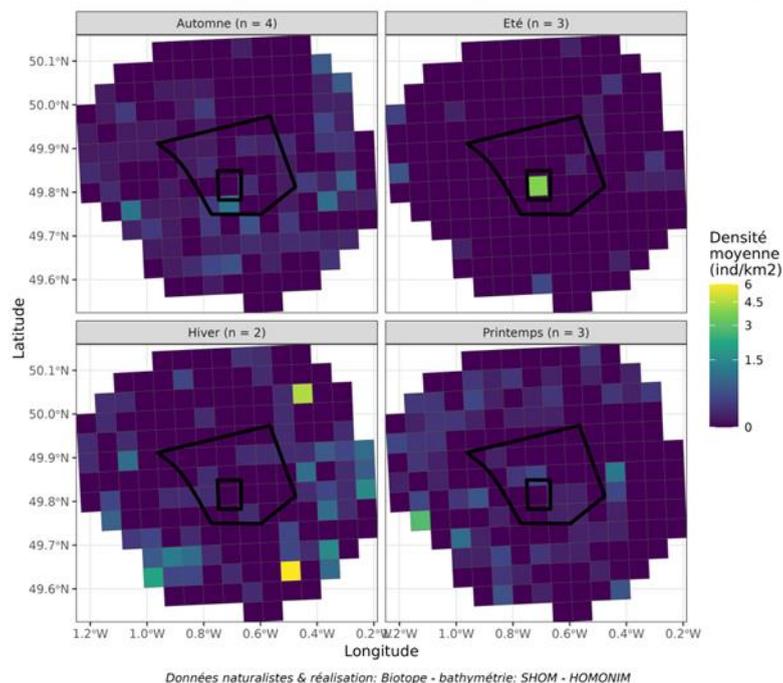


Dans ces figures, l'espace est discrétisé en pixel de 2.5 km² pour les campagnes nautiques et 5 km² pour les campagnes aériennes visuelles. La taille du pixel dépend principalement de la distance inter-transects (exemple : 2.5 km pour les expertises nautiques) et est contrainte par la volonté de ne pas avoir de pixel sans effort. Dans ces conditions, aucune interpolation spatiale n'est réalisée pour déterminer la densité moyenne au sein d'un pixel. Par souci de lisibilité, les transects n'ont pas été représentés mais le trait de côte apparaît sur chaque grille.

Pour le calcul de la densité, nous utilisons les méthodes décrites pour la description temporelle des données calculée à l'échelle du pixel et du suivi en divisant le nombre d'individus de chaque espèce ou groupe d'espèces observés par l'effort surfacique correspondant. Puis la densité est moyennée par saison/période biologique. De plus, il est important de noter que l'échelle de densité est logarithmique et différente pour chaque figure afin de visualiser au mieux les variations de densité dans l'espace (les pixels) et le temps (les saisons/périodes biologiques).

Figure 59 : Carte de distribution saisonnière des densités en maille de 5 x 5 km pour la Mouette tridactyle (campagnes aériennes 2021-2022).

Observations de Mouette tridactyle - Grille de densité - expertises aériennes visuelles (2021-2022)



10.8.1.5 Analyses complémentaires

Dans les rapports, ne seront présentées que les cartes de densité d'espèces ou groupes d'espèces pour lesquelles les jeux de données permettent d'obtenir des distributions crédibles au moins 10 observations.

Dans ces figures, l'espace est discrétisé en pixel dont la taille est contrainte par la volonté de ne pas avoir de pixel sans effort. L'absence de pixel sans effort nous permet d'éviter le recours à une interpolation spatiale qui est d'autant plus délicate que les données sont en faible quantité (espèces rares).



10.8.1.5.1 Analyse des comportements de vol

Sur la base des informations collectées en mer, les pourcentages des individus posés sur l'eau vs en vol sont comparés par espèce.

La description des comportements observés en mer est effectuée, à savoir si les oiseaux sont présents à proximité d'un bateau en pêche, si les oiseaux sont attirés ou fuient à l'approche du bateau de l'étude, si les oiseaux sont posés sur une structure anthropique (e.g. bouée), etc.

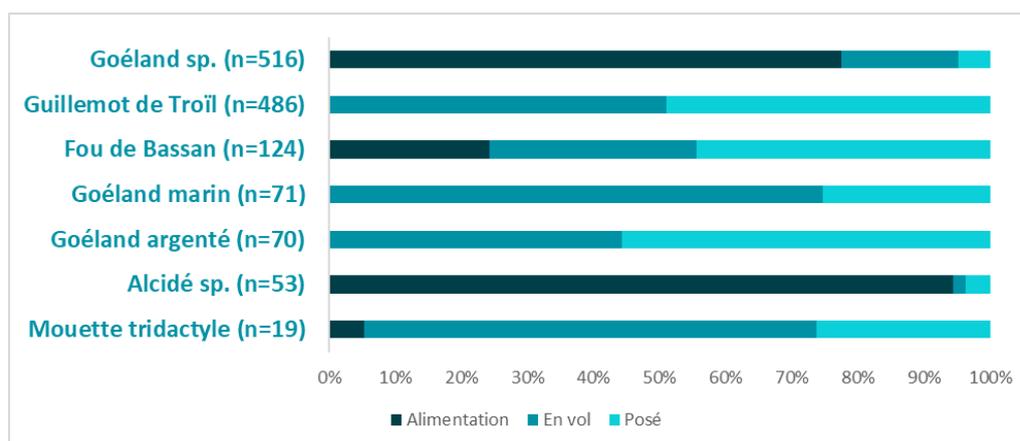


Figure 6. Exemple de représentation de la proportion d'oiseaux en fonction de leur comportements

288

A partir des données issues des campagnes nautiques, des histogrammes de distribution des hauteurs de vols par espèces ou groupe d'espèces seront représentés.

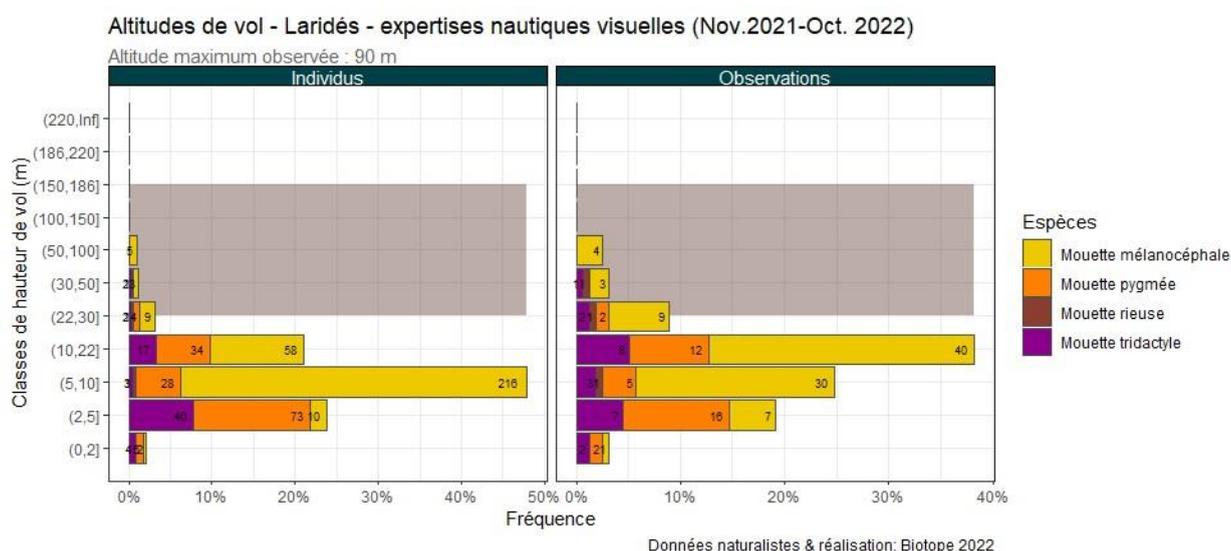


Figure 6. Exemple de représentation des hauteurs de vol observés la proportion d'oiseaux en fonction de leur comportement



10.8.2 Livrables attendus

10.8.2.1 Rapports de mission

Des rapports de mission seront transmis sous 15 jours après chaque mission de collecte de données en mer par bateau et avion.

10.8.2.2 Rapports intermédiaires

Conformément au cahier des charges, nous vous enverrons un rapport intermédiaire avec les données des 5 premiers mois d'acquisition de données puis un autre rapport intermédiaire avec les résultats de la première année d'acquisition de données.

Le rapport intermédiaire présentera :

- Le cadre et les objectifs de la mission ;
- La méthodologie et les protocoles de suivi et leur justification ;
- Des cartes permettant notamment de localiser les transects parcourus ;
- Les dates et conditions de réalisation des inventaires en mer, les éventuelles difficultés rencontrées ;
- Les données brutes, par sortie, par espèce et groupe d'espèces lors des 5 ou 12 premiers mois de suivis ;
- Des tableaux de synthèse des données collectées par groupes d'espèces et par espèces ;
- Des cartes de localisation des points d'observation (points GPS) : carte générale et cartes par espèces ou groupes d'espèces ;
- Des cartes de distribution de l'effort par campagne,
- Des premières cartes de distribution des observations (nombre d'observations ou d'individus par unité d'effort),
- Une analyse des taux de rencontre (nombre d'observations ou d'individus par unité d'effort) pour les espèces principales ou à défaut par groupe d'espèces,
- Une synthèse sur les autres observations (déchets flottants, navires de pêche, de transport, de plaisance, autres activités humaines),
- Un commentaire, un premier niveau d'analyse des faits marquants, variations observées, effectifs notables.

NB - Les analyses détaillées et traitements statistiques seront réalisées à l'issue des campagnes annuelles (rapport de bilan de suivi annuel).

Remarque : pour les expertises par bateau, le premier rapport intermédiaire comprendra les expertises des 5 premiers mois.

Remarque : Les données brutes nettoyées (incluant l'effort d'observation en plus des données d'observation) des 12 premiers mois seront transmis lors de la remise du rapport intermédiaire de première année. Les données seront présentées dans une base conforme aux standards et attentes de l'annexe 3 du CCTP.



10.8.2.3 Rapport final

Le rapport final présentera les données obtenues pendant les deux années d'acquisition de données. Outre les éléments déjà présentés dans les rapports intermédiaires, il contiendra :

- Des graphiques de présentation des résultats bruts (effectifs par sortie, phénologie) ;
- Les résultats des analyses fines réalisées (analyses cartographiques, statistiques), notamment la distribution des oiseaux en mer et les estimations de densités ;
- Des cartes de densité modélisées (en nombre d'individus par km²) pour les principales espèces ou à défaut par groupe d'espèces. Quand cela sera possible, nous privilégierons la modélisation d'habitats pour les espèces principales ou groupe d'espèces suffisamment représentés dans le jeu de données (corrélation avec les paramètres environnementaux : profondeur, nature du fond, température, courant, agitation, production primaire, présence humaine, etc.).
- Une analyse des hauteurs de vol par espèce ou groupe d'espèces (par classe de hauteur, jusqu'à 300 m environ) et dans la mesure du possible, de la classe d'âge et la description du comportement vis-à-vis du navire/de l'avion (fuite, d'évitement ou d'attraction) ;
- Une analyse de la variabilité saisonnière de la fréquentation de l'aire d'étude, de la densité des espèces principales ou groupe d'espèces, et des comportements/activités sur la zone ;
- Une comparaison des résultats entre les deux années d'acquisition,
- Une analyse succincte a présence de déchets flottants, navires de pêche, de transport, de plaisance et des autres activités humaines,
- Une synthèse des principaux enseignements de l'état initial.



11 MESURES ACOUSTIQUES AÉRIENNES

11.1 FICHE PROTOCOLE SYNTHETIQUE

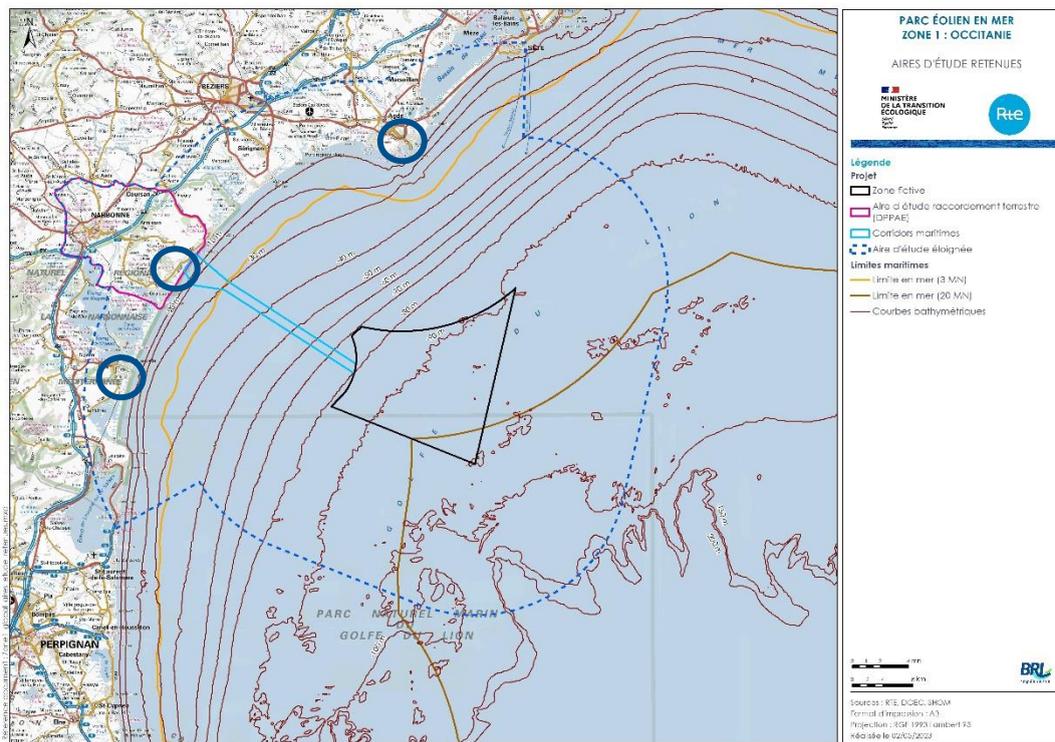
Le tableau ci-dessous permet de présenter de manière synthétique l'ensemble des caractéristiques du protocole détaillé dans les pages ci-dessus.

-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --	
 MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE	Bruit aérien
Mesures acoustiques aériennes	
Campagnes de mesures de caractérisation de l'environnement sonore initial aérien	
OBJECTIFS ET PARAMETRES	
<p>Caractérisation des niveaux sonores aériens préexistants au droit des habitations au bord de la côte. Pour cela, il est proposé la réalisation d'une campagne de mesures de plusieurs points en période dite « hivernale » et, une deuxième en période dite « estivale ». D'autre part, nous porterons une attention toute particulière à la position des points de mesures (points à proximité de la côte, points en retrait afin de s'affranchir du bruit de la houle...).</p>	
DESCRIPTION DU PROTOCOLE	
Stratégie d'échantillonnage :	<p>Afin de définir avec précision l'environnement sonore initial aérien et les variations saisonnières, nous proposons la réalisation d'une campagne de mesures en période dite « hivernale » et, une deuxième en période dite « estivale ». Une campagne de mesure (de plusieurs points de mesures) se déroule sur 3 semaines consécutives afin de définir les variations hebdomadaires et entre la période de jour et de nuit.</p> <p>Nous proposons la réalisation simultanée de 3 points de mesures de longue durée (acquisition successive de mesures sur 21 jours) permettant d'obtenir différentes conditions météorologiques, notamment en ce qui concerne les directions de vent (vent portant ou contraire du bruit provenant du large).</p>
Effort d'échantillonnage :	<p>Durée : campagnes de 3 semaines minimums en continu et relevé à distance des données Deux périodes de l'année différentes (campagnes hiver et été)</p> <p>Nous proposons la mise en place d'appareils connectés 3G afin de vérifier le bon fonctionnement à distance.</p>
Paramètres mesurés :	<ul style="list-style-type: none"> - Niveaux sonores (L_{Aeq} (1s), L_{50}, L_{90}...) - Niveaux sonores spectrales 1/3 octave 12,5Hz-20kHz.
TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNEES	
<p>Le bruit résiduel sera déterminé à partir de mesures in situ et analysé en fonction de la vitesse et de la direction du vent. L'analyse portera sur l'indicateur L_{50} et pour chaque vitesse de vent. Les niveaux sonores (bruit résiduel) seront déterminés à partir de mesures in situ conformément à la norme NFS 31-010 "caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement". Celle-ci impose notamment que les mesures soient effectuées dans des conditions de vents inférieurs à 5 m/s au droit du microphone.</p> <p>Pour les mesures réalisées au droit des habitations au bord de la côte, les niveaux sonores seront fortement marqués par le bruit de la mer. Il sera alors réalisé une analyse en fonction de ce paramètre (houle, hauteur de marée...) afin de caractériser au mieux les ambiances sonores spécifiques.</p>	
CALENDRIER DE CAMPAGNE	

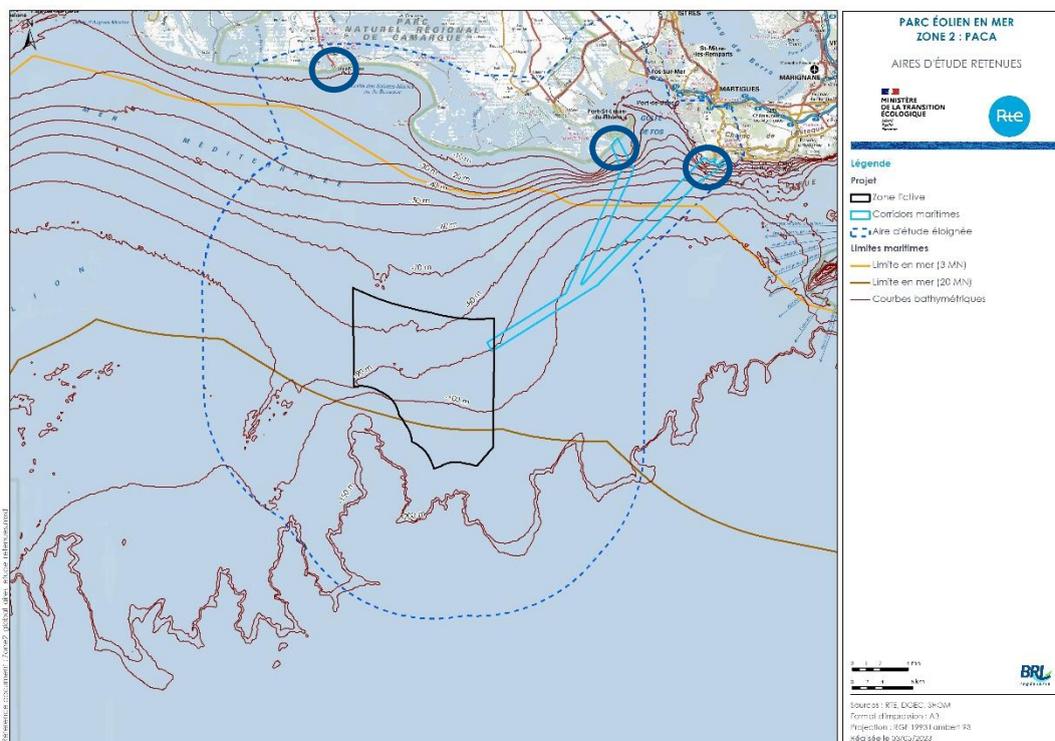


-- FICHE SYNTHETIQUE DE PROTOCOLE --												
Année 2	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes							1 ^{ère} campagne					2 ^{ème} campagne
Année 3	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes												
MOYENS												
Matériel	Sonomètres/analyseurs classe 1 CEI 61-672 unique sur le marché, Fusion™ ou Cube™ de la société 01dB-ACOEM. stations météorologiques Vaisala WXT536											
Moyens nautiques	Aucun moyen nautique nécessaire											
Mutualisation éventuelle	Mutualisation entre PACA et Occitanie (3 points par zone)											
Responsables et équipes mobilisées	Organisme : EREA INGENIERIE Responsable : <i>Jérémy METAIS Ingénieur acousticien Responsable et Expert près la Cour d'appel d'Orléans</i> Suppléant : <i>Alexis Keller Ingénieur Acousticien</i>											
Risque :	Perte ou vol des matériels - les sonomètres sont donc équipés de carte 3G permettant de récupérer les données à distance ou envoyées vers un serveur sécurisé											
CARTE DE REPRESENTATION SCHEMATIQUE DU PROTOCOLE												

Proposition de localisation de points de mesures du bruit ambiant aérien (zone 1)



Proposition de localisation de points de mesures du bruit ambiant aérien (zone 2)





11.2 PROTOCOLE DETAILLE

11.2.1 Objectifs

Afin de définir avec précision l'environnement sonore initial aérien et les variations saisonnières, nous proposons la réalisation d'une campagne de mesures en période dite « hivernale » et, une deuxième en période dite « estivale ». Une campagne de mesure (de plusieurs points de mesures) se déroule sur 3 semaines consécutives afin de définir les variations hebdomadaires et entre la période de jour et de nuit. Pour les mesures réalisées au droit des habitations au bord de la côte, les niveaux sonores seront fortement marqués par le bruit de la mer. Il sera alors réalisé une analyse en fonction de ce paramètre (houle, hauteur de marée,) afin de caractériser au mieux les ambiances sonores spécifiques. Notre retour d'expérience sur le sujet particulier de l'acoustique aérienne des projets en mer, nous permet de mettre en avant également le caractère sensible des mesures en vent portant ou contraire du bruit provenant du large. D'autre part, nous porterons une attention toute particulière à la position des points de mesures (points à proximité de la côte, points en retrait afin de s'affranchir du bruit de la houle...)



Ce protocole a déjà été utilisé lors des études acoustiques aériennes des différents projets éoliens en mer réalisées par EREA INGENIERIE et pour les études des raccordements.

Nous proposons la réalisation simultanée de 3 points de mesures de longue durée par zone (acquisition successive de mesures sur 21 jours), soit 6 stations. Le nombre de points de mesures est adaptable et sera validé par le Maître d'Ouvrage. Nous proposons la réalisation d'une première campagne de mesure en période végétative (été) sur une période de 3 semaines.

Nous nous chargeons de récupérer les données météorologiques pendant la période de mesures à partir de stations METEOFRANCE sur la côte. Nous proposons d'interfacer la pose d'une station de mesure à proximité des points (stations VAISALA WXT536 (pluie, direction et vitesse de vent, température). Les données météorologiques sont stockées sur le système du sonomètre et transmises de la même manière que les données acoustiques (Wifi, modem 3G, câble USB, etc.). L'intervalle de journalisation des données météorologiques est un multiple de l'intervalle de journalisation acoustique. Grâce à l'interface à distance, nous pouvons consulter la vitesse et la direction du vent (et des données météorologiques supplémentaires) en temps réel.

A la suite de ces mesures, un rapport intermédiaire sera fourni comportant les résultats de cette première campagne de mesure in-situ (voir planning détaillé). Suite à la fourniture et la validation du rapport intermédiaire, une seconde campagne sera réalisée en période non-végétative (hiver) au droit des mêmes points (ou autre selon les conclusions du rapport intermédiaire).

Notre retour d'expériences sur les mesures réalisées en bord de mer, nous permet d'indiquer que la période de 3 semaines est suffisante pour caractériser les niveaux sonores préexistants sur la côte pour chacune des périodes (végétative et non végétative). Au-delà, le nombre d'échantillon devient prohibitif.



11.2.2 Description du protocole

11.2.2.1 Effort d'échantillonnage

Afin de s'assurer des bonnes conditions des mesures, nous ferons des points réguliers sur les conditions météorologiques pendant les mesures. Les mesures du bruit aérien sont réalisées sur le littoral afin de définir les niveaux sonores résiduels sur terre. Ainsi, les conditions météorologiques n'entraînent pas de reports de l'installation ou de la maintenance des appareils. Comme indiqué, nous proposons la mise en place d'appareils connectés 3G afin de vérifier le bon fonctionnement à distance. Deux campagnes sont réalisées afin de définir les niveaux sonores préexistants selon deux périodes de l'année différentes (hiver et été).

Avant la fin de la campagne de mesure, un point est réalisé sur les données obtenues, notamment les conditions météorologiques (vitesses et directions de vent) Si les conditions sont suffisantes (vents portants et vents contraires, vitesses de vent de 3 à 8 m/s à hauteur de 10m) nous nous chargeons de récupérer les appareils ou de prolonger les mesures d'une semaine au maximum (soit 1 mois en totalité).

11.2.2.2 Paramètres mesurés

Le présent protocole permet de mesurer les paramètres suivants :

- Paramètres 1 : Niveau sonore en dB (LAeq)
- Paramètres 2 : Niveaux sonores spectrales 1/3 octave sur la gamme de 12,5 Hz à 20 000 Hz.

La durée d'intégration des sonomètres est de 1 seconde. Ces appareils de classe 1 permettent des mesures globales, fréquentielles et audio.

11.2.2.3 Traitement et analyse de données

DESCRIPTION DU TRAITEMENT

Le bruit résiduel sera déterminé à partir de mesures in situ et analysé en fonction de la vitesse et de la direction du vent. L'analyse portera sur l'indicateur L50 et pour chaque vitesse de vent. Les niveaux sonores (bruit résiduel) seront déterminés à partir de mesures in situ conformément à la norme NFS 31-010 "caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement". Celle-ci impose notamment que les mesures soient effectuées dans des conditions de vents inférieurs à 5 m/s au droit du microphone.

MISE EN FORME

Rédaction d'un rapport complet par campagne de mesures avec les éléments suivants :

- Présentation de la campagne de mesure
- Rappel didactique sur le bruit
- Rappel réglementaire
- Présentation des résultats avec une fiche de mesure par point avec notamment :
 - Position GPS du point de mesure et coordonnées
 - Photographies du point de mesure
 - Observations générales sur l'environnement sonore du point
 - Les résultats LAeq et L50 journalières pour les périodes de jour (7h-22h) et de nuit (22h-7h)
 - Les graphiques de l'évolution temporelle des niveaux sonores



- Les dates
- Le numéro de l'appareil
- Certificats
- Présentations des analyses sous forme de graphiques et de tableaux récapitulatifs des niveaux sonores des analyses pour les différentes situations types
- Fourniture des données brutes des mesures

SAUVEGARDE DES DONNEES

Les sonomètres sont donc équipés de carte 3G permettant de récupérer les données à distance ou envoyées vers un serveur sécurisé. Cette carte est installée dans les différents appareils. Ainsi, en cas de perte ou de vol de l'appareil, les données sont récupérables à distance ou envoyées vers un serveur sécurisé (24h en fonction pushdata). En cas de vol ou déplacement de l'appareil, un SMS est envoyé au technicien et au chargé de projet. Le GPS intégré permet à FUSION de géo référencer les mesures et ensuite de visualiser leur position dans le logiciel dBTRAIT. Une fonction de détection de mouvement paramétrable informe en temps réel du déplacement éventuel de FUSION par envoi de SMS avec coordonnées géographiques. Il en est de même, en cas de perte d'alimentation de l'appareil. FUSION intègre un système performant de veille lui permettant d'optimiser sa consommation en l'absence d'alimentation secteur. La mise en veille s'effectue par programmation horaire ou à distance par l'interface web. La sortie de veille se fait à la date et heure programmée, par un simple envoi d'un SMS ou en appuyant sur le bouton d'alimentation de FUSION. Avec l'option modem 3G, l'utilisateur reçoit un SMS d'alerte lorsque la capacité batterie restante de FUSION devient inférieure à 10%. En cas de batterie faible (capacité restante 3%), FUSION, stoppe l'acquisition, stocke la mesure en cours et passe en veille de manière automatique. Au rétablissement de la charge, l'appareil démarre automatiquement une nouvelle mesure.

METHODES ENVISAGEES D'ANALYSE

Une première méthode d'analyse se base sur le protocole de mesure de l'impact acoustique d'un parc éolien terrestre dans sa version du 22 mars 2022.

Ainsi, les niveaux de bruit résiduel sont déterminés à partir de l'indicateur L50 qui représente le niveau sonore atteint ou dépassé pendant 50 % du temps. Cet indicateur est adapté à la problématique de l'éolien car il caractérise bien les « bruits de fond moyens » en s'affranchissant des bruits particuliers ponctuels.

Ils sont calculés sur une durée d'intégration élémentaire de 1 seconde puis calculés sur un pas de 10 minutes.

Ces niveaux de bruit résiduel sont ensuite analysés par classe de vent (selon la vitesse du vent globalement comprise entre 3 et 10 m/s à la hauteur standardisée de 10 m du sol) et par situations types (directions de vent, périodes...).

Pour les mesures réalisées au droit des habitations au bord de la côte, les niveaux sonores seront fortement marqués par le bruit de la mer. Ainsi, il sera également réalisé une analyse en fonction de ce paramètre (houle, hauteur de marée...) afin de caractériser au mieux les ambiances sonores spécifiques.



Afin de s’assurer de conditions météorologiques analogues en termes de conditions de vent pour l’estimation des niveaux sonores résiduels, l’analyse s’appuie sur le calcul de l’indicateur de bruit. Ce calcul de l’indicateur de bruit se base sur les deux étapes suivantes :

- 1. Calcul des valeurs médianes des descripteurs et de la vitesse de vent moyenne
Les couples « vitesse standardisée moyenne/niveau sonore » sont calculés pour chaque classe de vitesse de vent.
- 2. Interpolations et extrapolations aux valeurs de vitesses de vent entières

Les niveaux sonores sont déterminés pour chaque vitesse de vent entière à partir de l’interpolation linéaire entre les couples « vitesse standardisée moyenne/niveau sonore ». Les analyses « bruit – vent » permettent de déterminer les médianes recentrées correspondant aux niveaux sonores moyens mesurés par intervalle de vitesse de vent. Ainsi, les niveaux L50 peuvent être estimés pour chacun des points de mesures.

Ces niveaux sont d’autant plus fiables qu’il y a d’échantillons (couples L50 / Vitesse) par classe de vent et par situations types (vent de mer et vent de Terre par exemple).

11.2.2.4 Calendrier du protocole

Équation 1 : Planning du protocole

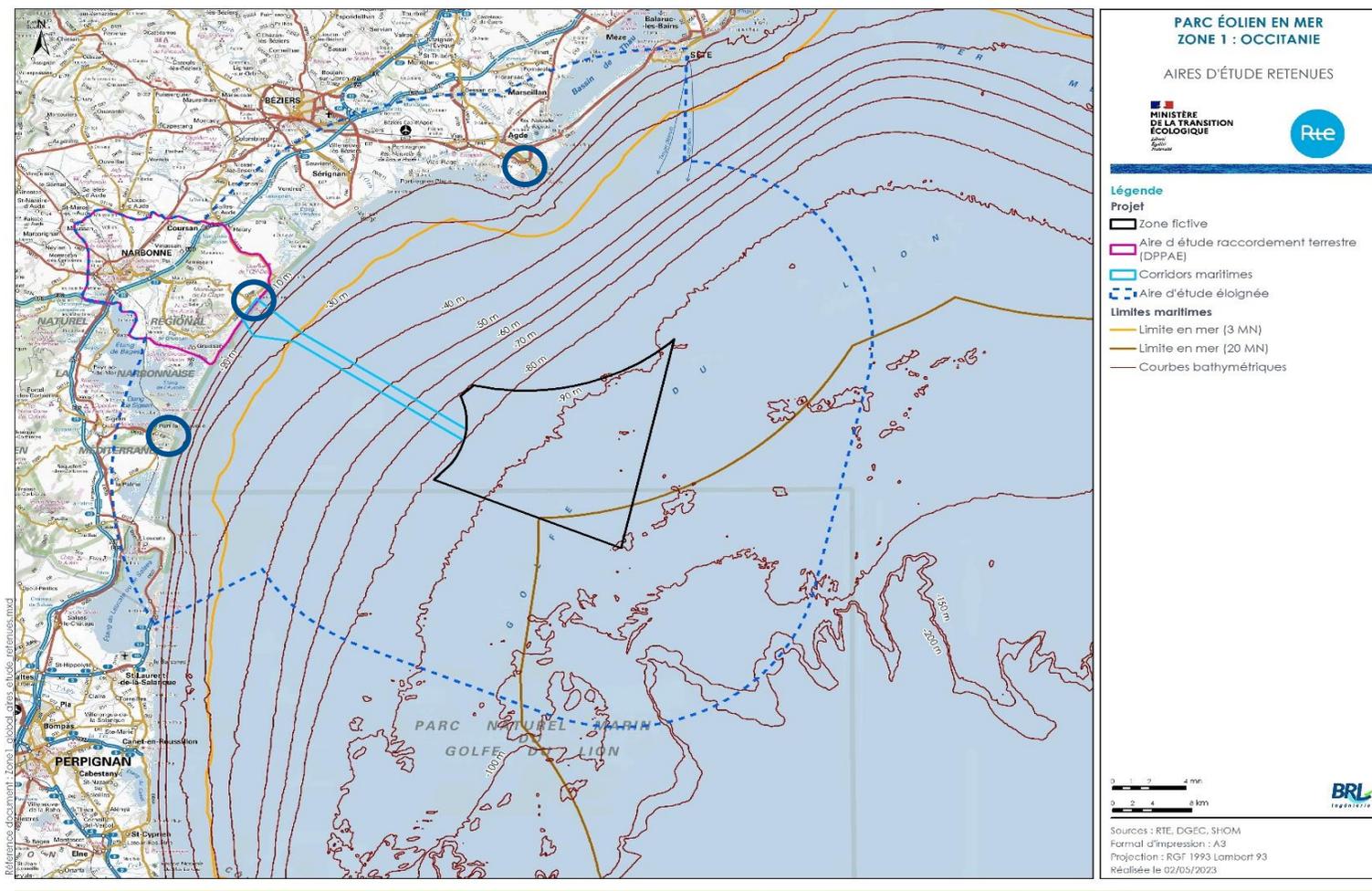
Année 2	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes							1 ^{ère} campagne					2 ^{ème} campagne
Année 3	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Campagnes												



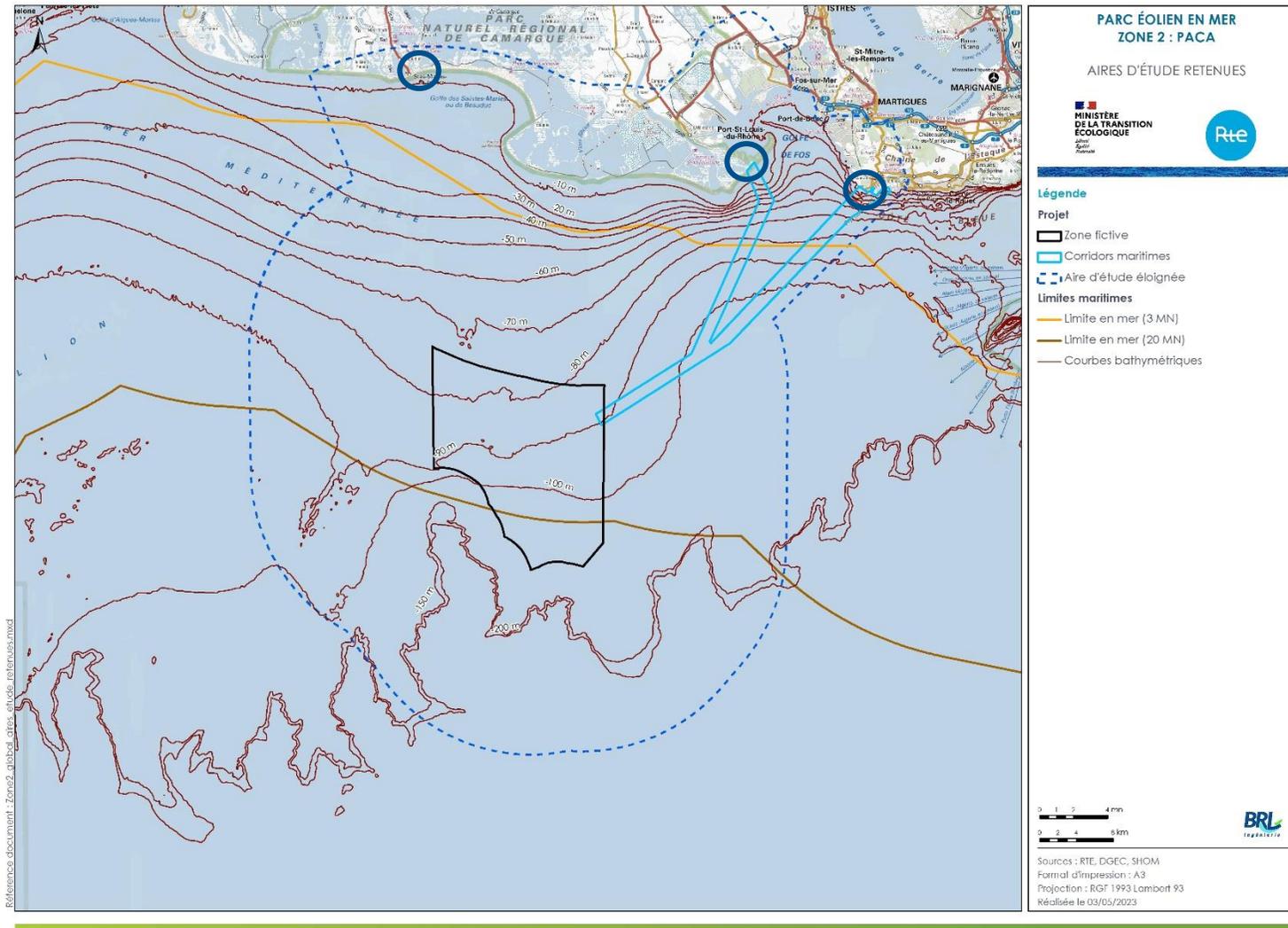
11.2.3 Carte de représentation schématique du protocole

Les localisations des points de mesure sont proposées sur les cartes suivantes.

Proposition de localisation de points de mesures du bruit ambiant aérien (zone 1)



Proposition de localisation de points de mesures du bruit ambiant aérien (zone 2)





11.2.4 Moyens utilisés

11.2.4.1 Moyens matériels employés

Nous utiliserons les appareils de mesures acoustiques les plus performants actuellement sur le marché, à savoir des sonomètres FUSION ou CUBE de la société 01dB-ACOEM (parc matériel de 35 appareils). Ces appareils de classe 1 permettent des mesures globales, fréquentielles et audio. Nous utilisons des cartes 3G permettant de rapatrier les données à distance. Sonomètre/analyseur classe 1 CEI 61-672 unique sur le marché, Fusion™ offre plusieurs options (Trigger, Indicateurs avancés, Indicateurs aéronefs, Push data...). C'est l'appareil le plus fiable pour réaliser des mesures de l'environnement en extérieur grâce à son microphone étanche et son kit anti-intempérie. De plus, ils sont reliés à une batterie et des panneaux solaires afin d'être autonomes. De plus, afin de pouvoir s'assurer de son bon fonctionnement, un dispositif intégré de vérification de la chaîne de mesure s'effectue périodiquement (toutes les 24 heures). La vérification électrique permet d'effectuer un test de l'ensemble de la chaîne de mesure, microphone inclus. Elle consiste à injecter aux bornes du microphone une charge alternative sinusoïdale aux fréquences sélectionnées à un ou deux niveaux. Le principe est de relever les valeurs de référence et de vérifier au cours du temps l'écart avec les valeurs mesurées. Ce système mesurera et stockera en permanence les critères suivants :

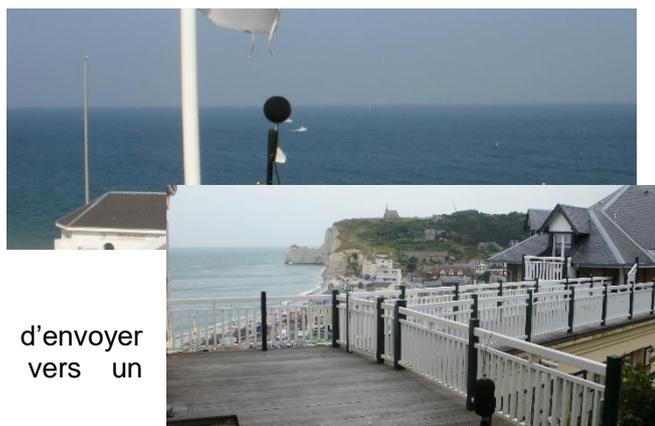


300

- LAeq (1s)
- LAeqGlissant et LnGlissant
- LAeqDose
- spectre 1/3 octave 12,5Hz-20kHz.

En plus de son modem, FUSION est doté de nombreuses fonctions en standard comme :

- Le module Trigger simple qui permet de paramétrer un filtre de détection d'événements
- Les indicateurs avancés comme le Leq Glissant, la Dose, le PNL et PNLT
- Le Push data qui permet d'envoyer automatiquement des données vers un serveur
- Le contrôle à distance et la connexion au service Webmonitoring.
- Le module 3G permet d'envoyer des alertes SMS lorsque :
 - L'appareil est déplacé
 - Des dépassements de seuils sont mesurés
 - La batterie est déchargée



Paramètres mesurés lors des campagnes Bruit aérien et leurs précisions

PARAMETRES		
Sonomètres analyseurs	classe 1 CEI 61-672	Microphone champ libre prépolarisé G.R.A.S. 40 CE
Fréquence de calibration	Calibrage avant et après chaque mesure Etalonnage laboratoire tous les ans Vérifications électriques toutes les 24h	
Temps d'arrêt pour stabiliser avant mesure	RAS	
Vitesse de descente	RAS	
Paramètre mesuré 1 : Niveau sonore (dB)	Gamme dynamique de 118 dB	21-139 dB (A, B), en 1 seule gamme pour une sensibilité nominale de 40 mV/Pa

11.2.4.2 Personnel mobilisé

- Partenaire 1 : EREA INGENIERIE
 - Responsable : *Jérémy METAIS Ingénieur acousticien et Expert près la Cour d'appel d'Orléans*
 - Suppléant : *Alexis Keller Ingénieur Acousticien*
 - Suppléant : *Marjorie Bertin Technicienne en acoustique*

11.2.4.3 Moyens nautiques

Aucun moyen nautique nécessaire

11.2.4.4 Mutualisation éventuelle

Mutualisation du matériel entre PACA et Occitanie (3 points par zone)

11.2.5 Risques

Perte ou vol des matériels - les sonomètres sont donc équipés de carte 3G permettant de récupérer les données à distance ou envoyées vers un serveur sécurisé. Une carte 3G est installée dans les différents appareils. Ainsi, en cas de perte ou de vol de l'appareil, les données sont récupérables à distance ou envoyées vers un serveur sécurisé (24h en fonction pushdata). En cas de vol ou déplacement de l'appareil, un SMS est envoyé au technicien et au chargé de projet. Le GPS intégré permet à FUSION de géo référencer les mesures et ensuite de visualiser leur position dans le logiciel dBTRAIT. Une fonction de détection de mouvement paramétrable informe en temps réel du déplacement éventuel de FUSION par envoi de SMS avec coordonnées géographiques. Il en est de même, en cas de perte d'alimentation de l'appareil. FUSION intègre un système performant de veille lui permettant d'optimiser sa consommation en l'absence d'alimentation secteur. La mise en veille s'effectue par programmation horaire ou à distance par l'interface web. La sortie de veille se fait à la date et heure programmée, par un simple envoi d'un SMS ou en appuyant sur le bouton d'alimentation de FUSION. Avec l'option modem 3G, l'utilisateur reçoit un SMS d'alerte lorsque la capacité batterie restante de FUSION devient inférieure à 10%. En cas de batterie faible (capacité restante 3%), FUSION, stoppe l'acquisition, stocke la mesure en cours et passe en veille de manière automatique. Au rétablissement de la charge, l'appareil démarre automatiquement une nouvelle mesure.



BIBLIOGRAPHIE

MÉGafaune marine

- Aschwanden J., H. Stark, D. Peter, T. Steuri, B. Schmid & F. Liechti. *Bird collisions at wind turbines in a mountainous area related to bird movement intensities measured by radar. Biological Conservation. Volume 220, April 2018, Pages 228-236*
- Banks, A.N., Maclean, I.M.D., Burton, N.H.K., Austin, G.E., Carter, N., Chamberlain, D.E., Holt, C., Rehfish, M.M., 2006. *The Potential Effects on Birds of the Greater Gabbard Offshore Wind Farm Report for February 2004 to April 2006.*
- Barton, C., Pollock, C., & Harding, N., 2008. *Analyses of seabird and marine mammal monitoring for the Arklow Bank Offshore Wind Farm. Poster at International Scientific Meeting on Marine Renewable Energy and the Environment (MAREE).*
- Buckland, S. T., Rexstad, E. A., Marques, T. A., Oedekoven, C. S., 2015. *Distance sampling : methods and applications (Vol. 431). New York: Springer.*
- Desholm M., A.D. Fox, P.D. L. Beasley & J. Kahlert. *Remote techniques for counting and estimating the number of bird-wind turbine collisions at sea: a review. Ibis, 2006, 76-89.*
- Fox D., A.I.K Petersen . *Offshore wind farms and their effects on birds. Dansk Orn. Foren. Tidsskr. 113 (2019): 86-101*
- Heinänen S. H., S. Norman, T. Ward, R.M. Méndez-Roldán, S. Ellis. 2018. *ORJIP Bird Collision and Avoidance Study. Final report – April 2018. The Carbon Trust. United Kingdom. 247 pp.*
- Hüppop O., M. Ciach, R. Diehl, D. R. Reynolds, P. M. Stepanian & M. H. M. Menz. *Review and synthesis. Perspectives and challenges for the use of radar in biological conservation. Ecography. 42: 912–930, 2019*
- Komdeur, J., Bertelsen, J., Cracknell, G., 1992. *Manual for aeroplane and ship surveys of waterfowl and seabirds. IWRB, Slimbridge.*
- Mainstream Renewable Power. (2009). Neart na Gaoithe Proposed Offshore Wind Farm Scoping Report. Disponible : <https://www.gov.scot/Topics/marine/Licensing/marine/scoping/Mainstream-NeartnaGaoithe/mainstreams>*
- Pawel Plonczkier and Ian C. Simm. *Radar monitoring of migrating pink-footed geese: behavioural responses to offshore wind farm development. Journal of Applied Ecology 2012, 49, 1187–1194.*
- Petersen, I.; Christensen, T.; Kahlert, J.; Desholm, M.; Fox, A. 2006. *Final Results of Bird Studies at the Offshore Wind Farms at Nysted and Horns Rev, Denmark. Report by DONG Energy, National Environmental Research Institute (NERI), and Vattenfall. pp 166.*
- Ridoux, V., Guinet, C., Liret, C., Creton, P., Steenstrup, R. and Beauflet, G. (1997). *A video sonar as a new tool to study marine mammals in the wild: measurements of dolphin swimming speed. Marine Mammal Science, 13 : 196-206. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.1997.tb00627.x>*



SEDIMENTS

- Aquaref, 2015. *Opérations d'échantillonnage en milieu marin dans le cadre des programmes de surveillance DCE (matrices : eau, sédiment et biote) - Recommandations techniques – Edition 2015.*
- Arrêté du 9 août 2006 – modifiant l'arrêté du 23 février 2001 fixant les prescriptions générales applicables aux travaux de dragage et rejet y afférent soumis à déclaration en application de l'article 10 de la loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau et relevant de la rubrique 3.4.0 (2° [a, II], 2° [b, II] et 3° [b]) de la nomenclature annexée au décret n° 93-743 du 29 mars 1993 modifié.
- Arrêté du 8 février 2013 – complémentaire à l'arrêté du 9 août 2006 relatif aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de rejets dans les eaux de surface ou de sédiments marins, estuariens ou extraits de cours d'eau ou canaux relevant respectivement des rubriques 2.2.3.0, 3.2.1.0 et 4.1.3.0 de la nomenclature annexée à l'article R. 214-1 du code de l'environnement.
- Arrêté du 17 juillet 2014 – complémentaire à l'arrêté du 9 août 2006 relatif aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de rejets dans les eaux de surface ou de sédiments marins, estuariens ou extraits de cours d'eau ou canaux relevant respectivement des rubriques 2.2.3.0, 3.2.1.0 et 4.1.3.0 de la nomenclature annexée à l'article R. 214-1 du code de l'environnement.
- Arrêté du 12 décembre 2014 – relatif aux conditions d'admission des déchets inertes dans les installations relevant des rubriques 2515, 2516, 2517 et dans les installations de stockage de déchets inertes relevant de la rubrique 2760 de la nomenclature des installations classées, notamment son annexe II.
- Circulaire n°2000-62 du 14 juin 2000 – relative aux conditions d'utilisation du référentiel de qualité des sédiments marins ou estuariens présents en milieu naturel ou portuaire défini par l'arrêté interministériel. Instructions techniques portant sur le prélèvement et l'analyse des déblais de dragage – volet échantillonnage.
- SETEC - DGEC, 2023. Parc éolien au large de la Bretagne Sud (AO5) – état actuel de l'environnement. Protocole relatif au compartiment « Qualité des sédiments ».
- Hamdi Anouar, Vasquez Mickael, Populus Jacques (2010). Cartographie des habitats physiques Eunis - Côtes de France. Convention Ifremer/AAMP n° 09/12177764/FY. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00026/13751/>
- Ifremer, 2018. Contaminants dans le milieu » en France Métropolitaine. Evaluation du descripteur 8. Rapport Scientifique pour l'évaluation 2018 au titre de la DCSMM.
- Ifremer, 2020. 20 ans de suivi de la contamination chimique des eaux côtières méditerranéennes. Résultats & perspectives.
- Ifremer, 2023. Observations finales de l'Ifremer sur les protocoles proposés pour la réalisation de l'état actuel de l'environnement de la zone de projet du parc éolien en mer de Bretagne Sud (AO5). Date : 07 avril 2023.
- Laabir M., Amzil Z., Lassus P., Tapilatu Y., DeVargas R., 2007. Viability, growth and toxicity of *Alexandrium catenella* and *Alexandrium minutum* (Dinophyceae) following ingestion and gut passage in the oyster *Crassostrea gigas*. *Aquatic Living resources.*, 20 : 51-57.
- Laabir, M., Jauzein, C., Genovesi, B., Masseret, E., Grzebyk, D., Cecchi, P., Vaquer, A., Perrin, Y., Collos, Y., 2011. Influence of temperature, salinity and irradiance on the growth and cell yield of the harmful red tide dinoflagellate *Alexandrium catenella* colonising Mediterranean waters. *J. Plankton Res.* 33 : 1550-1563.
- Laabir, M., Collos, Y., Masseret, E., Grzebyk, D., Abadie, E., Savart, V., Sibat, M., Amzil, Z., 2013. Influence of environmental factors on the paralytic shellfish toxin content and profile of *Alexandrium catenella* (Dinophyceae) isolated from the Mediterranean Sea. *Mar. Drugs* 11: 1583-1601.
- Yamaguchi M., Itakura S., Imai I., Ishida Y., 1995. A rapid and precise technique for enumeration of resting cysts of *Alexandrium* sp. (Dinophyceae) in natural sediments. *Phycologia*, 34 (3) : 207-214.



BENTHOS

- Bonifácio, P., 2015. *Study of the present state and of recent temporal changes in the benthic macrofauna composition of Gulf of Lions soft-bottoms macrobenthic communities, NW Mediterranean. Ecosystems. Thèse de doctorat / Université de Bordeaux.*
- BRL – GEMEL - EDF, 2013. *Etudes spécifiques du parc éolien en mer de Fécamp. Fascicule B1.*
- BRL - IDRA Bio & Littoral – M2C - ENGIE, 2017. *Etude d'impact du parc éolien en mer de Dieppe Le Tréport. Cahier des expertises : volet habitats et biocénoses benthiques.*
- SETEC - DGEC, 2023. *Parc éolien au large de la Bretagne Sud (AO5) – état actuel de l'environnement. Protocole relatif au compartiment « Habitats benthiques ».*
- Garcia A., Desroy N., Le Mao P., Miossec L. – *Protocole de suivi stationnel des macro-invertébrés benthiques de substrats meubles subtidiaux et intertidaux dans le cadre de la DCE. Façades Manche et Atlantique – Rapport AQUAREF 2014 – 13 p. + Annexes.*
- Hamdi Anouar, Vasquez Mickael, Populus Jacques (2010). *Cartographie des habitats physiques Eunis - Côtes de France. Convention Ifremer/AAMP n° 09/12177764/FY. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00026/13751/>*
- IDRA Bio & Littoral – EDF EN, 2022. *Etude d'impact du parc éolien en mer au large de Dunkerque. Volet communautés benthiques et qualité hydro-sédimentaire.*
- Ifremer, 2005. *Guillaumont, B., Gauthier, E. Recommandations pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE. Recommandations concernant le benthos marin.*
- Ifremer, 2023. *Observations finales de l'Ifremer sur les protocoles proposés pour la réalisation de l'état actuel de l'environnement de la zone de projet du parc éolien en mer de Bretagne Sud (AO5). Date : 07 avril 2023.*
- In Vivo, EDF EN (Eoliennes Offshore du Calvados), 2013. *Synthèse de l'expertise « Analyse des biocénoses benthiques 2009 ». Projet de parc éolien en mer au large de Courseulles-sur-Mer (Calvados)*
- In Vivo – Ailes Marines, 2017. *Etude d'impact pour l'implantation du parc éolien en mer de la Baie de Saint-Brieuc – Chapitre 2 (édition 2017).*
- Janson A.-L., Labrune C., Beauvais S., Dedieu K., Ausher F., Bellan G., Bellan Santini D., Blanfuné A., Blouet S., Boissery P., Bonhomme F., Bramanti L., Brichet M., Buchet R., Campéon C., Capderrey C., Daniel B., Desmazes F., Donnay A., Fredefon F., Goujard A., Grall J., Mangialajo L., Meinesz A., Thibaut, T., Verlaque M., Villers F., 2018. *Recommandations pour le Programme de Surveillance DCSMM, « Habitats Benthiques et Intégrité des Fonds marins » pour le Plan d'Actions pour le Milieu Marin de la sous-région marine Méditerranée Occidentale, Compte-rendu du Groupe de Travail (GT), Marseille, 6 et 7 mars 2018.*
- Norme ISO 16665 (NF EN ISO 16665), 2014. *Qualité de l'eau - Lignes directrices pour le prélèvement quantitatif et le traitement d'échantillons de la macrofaune marine des fonds meubles.*

POISSONS

- PEEXNAC, 2021 – *Programme d'étude pour l'exploitation durable de la nasse changeante *Tritia mutabilis*. Rapport final Cedralmar, P2A Développement, MARBEC contrat FEAMP et OP du Sud & Région Occitanie.*
- Carcaillet F., Duponchelle F. et C. Mérien, 2021 – *Etude de la croissance de la nasse changeante, *Tritia mutabilis*, dans le golfe du Lion, Méditerranée occidentale, projet PEEXNAC. CNRS, IRD, IFREMER et Université de Montpellier, 7 pp.*
- Mallet A, Jouvenel J.-Y., Broyon M. Pirot N. & B. Geoffroy, 2021 – *Histology of *Tritia mutabilis* gonads : using reproductive biology to support sustainable fishery management. Aquat. Living Resour. 34, 6. <https://doi.org/10.1051/alr/2021006>.*



- Balducci G.M., Omiccioli H., Giannatasio S. Minelli D. Collevicchio V., Vallisneri M. M. et Sabelli B., 2006. Studio sulla biologica e distribuzione di *Nassarius Mutabilis* (L., 1758) nel compartimento marittimo di pesaro per una corretta gestione della risorsa. *Biol. Mar. Medit.*, 13(2), pp. 156-157.
- Fabi G. et Giannini S., 1983. Considerazioni sulla pesca della lumachina di mare *Shaeronassa mutabilis* (L.) in Adriatico. *Gazzettino della Pesca*, 30(9), pp 8-10.
- Fisher W., Bauchot M.L. et Schneider M., 1987. Fiche FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et Mer Noire. Zone de pêche 37. Vol. 1. FAO, Rome, 760p.
- Grati F., Polidori P., Scarcella G. et Fabi G., 2010. Estimation of basket trap selectivity for changeable nassa (*Nassarius mutabilis*) in the Adriatic Sea. *Fish. Res.*, 101, pp. 100-107.
- Le Granché Philippe, Müller Yves in : DORIS, 20/01/2021 : *Tritia mutabilis* (Linnaeus, 1758), <https://doris.ffesm.fr/ref/specie/4560>
- OP du Sud et Cépralmar, 2017. *Projet nasse changeante : mieux gérer, mieux valoriser. Rapport final.* 19p
- Piccinetti C. et Piccinetti-Manfrin G., 1998. Considerazioni per la gestione della pesca del lumachino, *Nassarius mutabilis* (Linnaeus, 1758). *Biol. Mar. Medit.*, 5(2), pp. 355-361.
- Polidori P et al., 2015. Towards a better management of *Nassarius mutabilis* (Linnaeus, 1758): biometric and biological integrative study. *ACTA ADRIAT.*, 56(2). Pp 233-244.



ANNEXE

Annexe 1. Données d'acoustique sous-marine



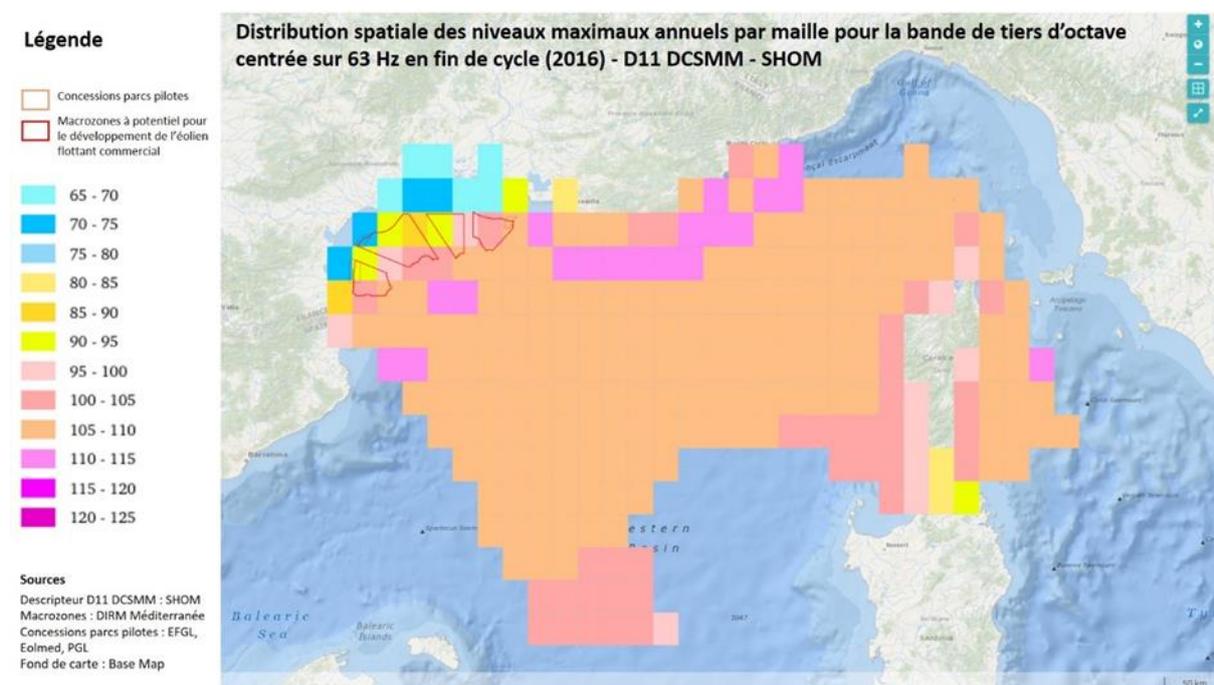
CONNAISSANCES BIBLIOGRAPHIQUES DISPONIBLES POUR LE GOLFE DE LION

Il existe des connaissances disponibles pour le golfe du Lion.

A l'échelle régionale de la méditerranée Nord Occidentale, la directive cadre 'stratégie pour le milieu marin' a été le moteur d'un travail réalisé par le SHOM depuis 2010 (Le courtois et al, 2016, 2017, 2018 a, b), le SHOM a élaboré une modélisation du bruit moyen à une échelle du quart de degrés (30 km x 20 km) en prenant en compte le trafic maritime extrait de la Lloyds et son modèle CABAT.

La modélisation n'est pas calibrée par des données contemporaines.

Carte 14: Cartographie du bruit ambiant obtenue par simulation par le SHOM pour renseigner le descripteur D11 DCSMM



Pour compléter ces données simulées, CHORUS œuvre depuis 2021 et jusqu'en 2025 avec l'Office Français de la Biodiversité, la DREAL Occitanie et le SHOM pour élaborer des cartes de bruit, de distribution des cétacés et des séries temporelles du bruit ambiant (projet dB Lion, projet DCSMM). Ainsi CHORUS a produit les premières cartes de bruit ambiant mesurés et de distribution des dauphins dans le golfe du Lion (120 positions en septembre 2021, Gervaise et al, 2022).

Carte 15 : Cartographie du bruit ambiant du Golfe du Lion réalisée par CHORUS en septembre 2021, chaque station de mesure correspondant à 1 heure d'écoute



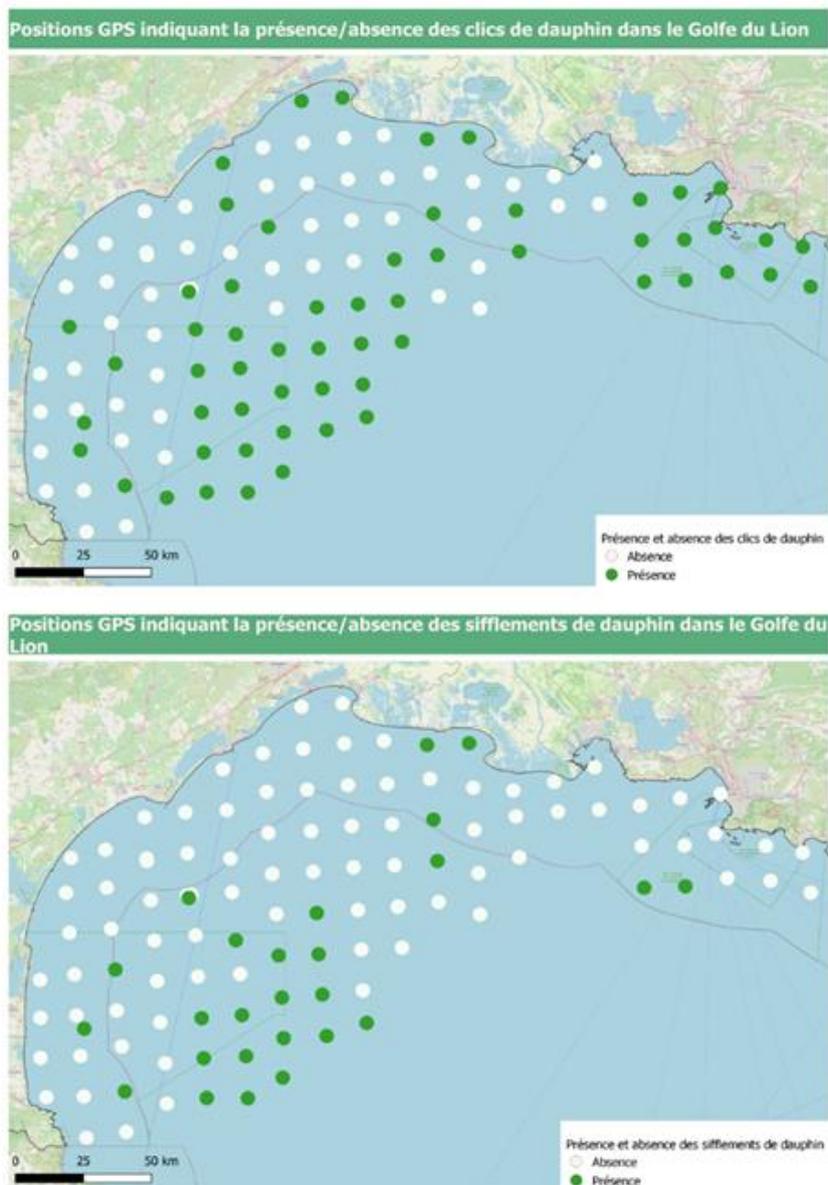
CHORUS a mesuré des niveaux de bruits ambiants compris entre 83 dB et 125 dB en septembre 2021 autour du site d'étude PEOPL, ces mesures sont en ligne avec la carte modélisée du SHOM et pourraient permettre la calibration de cette carte pour en améliorer la précision.

Avec les mêmes données, CHORUS a évalué la distribution des delphinidés (grand dauphin, dauphin bleu et blanc) en parallèle d'observations visuelles :

- Des dauphins ont été détectés sur 63 stations (/114 stations) montrant que le golfe de Lion est une aire importante et pratiquée régulièrement pour ces deux espèces,
- Pour les 63 détections, 45 ont été réalisées grâce à l'acoustique uniquement, 12 avec l'acoustique et les observations visuelles simultanément et 6 uniquement avec les observations visuelles, ce constat consolide l'intérêt du suivi acoustique,
- Pour les 57 détections acoustiques, toutes contenaient des clics et uniquement 26 contenaient des sifflements, il est donc nécessaire d'inclure dans le suivi par acoustique passive des solutions efficaces pour les clics et pour les sifflements.



Figure 123 : Cartographie de la distribution de signaux bioacoustiques de dauphins (grand dauphin, dauphin bleu et blanc) du Golfe du Lion réalisée par CHORUS en septembre 2021, chaque station de mesure correspondant à 1 heure d'écoute, en haut détection de clics, en bas détection de sifflements.



Fort des complémentarités entre ses travaux et ceux du SHOM, l'équipe de CHORUS collabore avec le SHOM et l'OFB depuis début 2022 et jusqu'en 2026 pour déployer une ligne d'écoute à deux hydrophones dans le golfe du Lion entre le 4 avril 2022 et le 16 mai 2022 (Gervaise et al, 2023). Les données ont été analysées et ont permis d'établir les histogrammes de bruit ambiant au point de mesures sur 2 bandes fréquentielles (Tableau 42) et détecter 3077 vocalisations de dauphins (27 jours avec au moins une détection sur 39 jours). La campagne de mesure au point fixe SHOM/OFB/DCSMM et la campagne de mesure de cartographie dB Lion donnent des résultats cohérents en termes de bruit et des distributions/fréquentation des dauphins.

Figure 124 : Position et mouillage déployée depuis mai 2022 par le SHOM, l’OFB et CHORUS

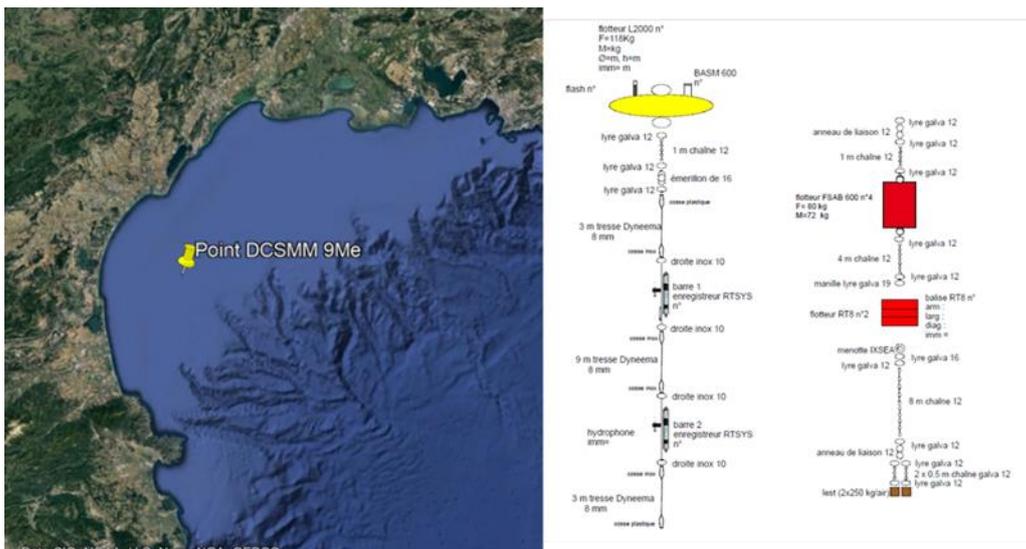


Tableau 42 : Statistiques des niveaux sonores dB re. 1 µPa en fonction de la bande fréquentielle et de la profondeur de mesure

Band e	Profondeu r	Moyenn e	Ecart -type	Minimu m	5ième percentile dB re. 1µPa	25ième percentile dB re. 1µPa	Médian e	75ième percentile dB re. 1µPa	95ième percentile dB re. 1µPa	Maximu m
63 Hz	22m	110.1	4.44	98.5	103.4	107	109.7	112.7	118.3	145.1
	32m	101.1	4.3	91.3	95.4	98.1	100.5	103.3	109.7	137.3
125 Hz	22m	110.2	4.53	99.9	103.2	107.1	109.8	112.7	118.6	145.4
	32m	101.6	4.69	91.9	95.3	98.2	100.7	104	111	135.9

COMPLEMENTS A L'ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE

Nous nous baserons sur du matériel bibliographique constitué i) de publications scientifiques, ii) de rapports de projet et de campagnes disponibles, iii) des travaux réalisés par le SHOM dans le cadre de la DCSMM et iv) de nos propres connaissances et données issues de nos projets antérieurs en Méditerranée (cf. références de CHORUS, 12 projets de mesure dans le Golfe du Lion, 29 années de mesures cumulées, > 200 stations d'écoute).

La synthèse bibliographique réalisée pour le débat public n'a pas abordé l'acoustique. A la demande de l'OFB et la DIRMM et dans le cadre du conseil scientifique de la commission spécialisée 'Eolien flottant' du comité maritime de façade, CHORUS a réalisé un document au profit du débat public, nous utiliserons notamment ce document pour réaliser l'étude bibliographique :

- Gervaise, C., Lossent, J., Gigou, A. (2021)., Synthèse de la connaissance scientifique sur les effets sonores des éoliennes flottantes sur la faune marine ; contribution au débat public sur le projet de parcs commerciaux d'éoliennes flottantes en Méditerranée française. 52 pages + annexes.

La bibliographie abordera deux questions complémentaires :

- Quels sont les protocoles et instruments faisant référence dans la communauté ? pour cela nous utiliserons une approche en zoom en analysant les recommandations et coutumes à l'international, européen (DCSMM) et national,



- Quels sont les connaissances pour le golfe du Lion en termes de distribution des cétacés par acoustiques et quels y sont les niveaux de bruit ? pour cela nous effectuerons une mise à jour de nos connaissances bibliographiques, des rapports d'études d'impact et nous effectuerons une synthèse des différents projets antérieurs que nous avons menés (voir listes et cartes ci-dessous).

Figure 125 : Carte des sites de suivis environnementaux par acoustique passive opérés par CHORUS

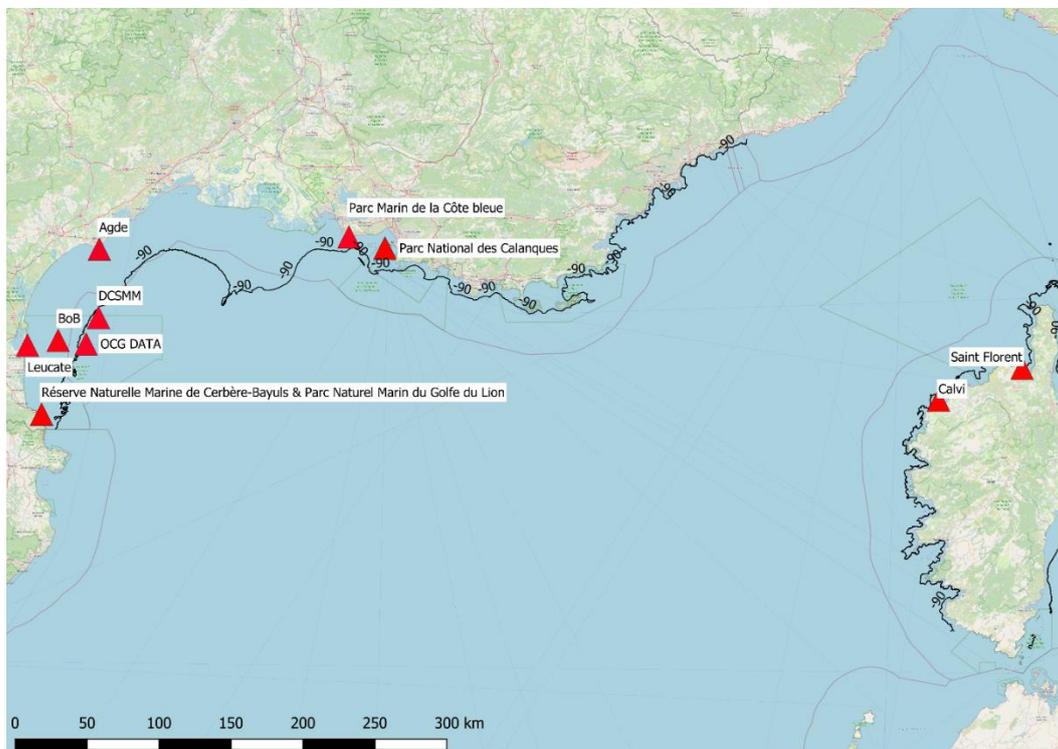


Tableau 43 : Liste des programmes de suivis environnementaux à partir d'écoutes longues

PROGRAMME	PERIODE DUREE	PARTENAIRES	OBJECTIFS
Saint Florent	2021-2022 12 mois	Parc naturel marin des Agriates et du cap Corse Stareso	Suivi sur un cycle annuel de la biophonie des invertébrés, des poissons et des dauphins, du bruit ambiant et de la contribution des bateaux notamment de plaisance, Evaluation des effets du bruit estival sur la faune
Calvi	2017-2021 60 mois	Stareso Agence de l'Eau RMC	Etablissement de références 'sites en bon état' pour la biophonie des invertébrés et des poissons des herbiers de posidonie et des massifs de coralligènes
Parc National des Calanques	2020-2024 48 mois	Projet Life PIAQUO Parc National des Calanques	Etablissement par acoustique de la présence de deux espèces de poissons protégées (corb, mérrou) Mesure du bruit ambiant créé par le trafic maritime Etude des effets du bruit sur les corbs et les mérours et proposition d'action de mitigation

PROGRAMME	PERIODE DUREE	PARTENAIRES	OBJECTIFS
Parc Marin de la Côte Bleue	2017-2019 36 mois	Agence de l'Eau RMC Parc Marin de la Côte Bleue	Suivi du bruit généré par le trafic maritime du port de Fos-sur-Mer, Suivi de peuplement de la population de corbs dans le parc et de la fonctionnalité de frayère pour les loups et les daurades Etude des effets du bruit sur ces fonctionnalités
Agde	2020-2022 48 mois	Aire marine de la côte agathoise	Observatoire acoustique de la présence des cétacés dans l'aire marine de la côte agathoise Observatoire acoustique de la présence de poissons remarquables (corb, mérrou) Evaluation de l'efficacité de la création d'une réserve au sein de l'AMP
DCSMM	2022-2025 48 mois	SHOM OFB Parc naturel marin du Golfe du Lion	Mesures des descripteurs du bruit continu de la directive cadre européenne stratégie pour le milieu marin, Etude du bruit ambiant en lien avec l'acquisition de connaissance
OCG DATA	2022-2023 12 mois	Ocergies ADEME Université de Perpignan (CEFREM)	Mise en place et opération d'un observatoire acoustique multidisciplinaire (réseau de 8 capteurs, invertébrés, poissons, cétacés, bruit ambiant, bruit des machines) au sein de la bouée OCG-DATA dédiée à l'acquisition de données environnementales pour l'éolien marin
BoB	2022-2023 24 mois	Ecocean Université de Perpignan (CEFREM)	Mise en place et opération d'un observatoire acoustique multidisciplinaire (réseau de 4 capteurs, invertébrés, poissons, cétacés, bruit ambiant, bruit des machines) au sein de la bouée d'observation de la biodiversité BoB de la société Ecocean
Leucate	2022 12 mois	Arcelor Mital Ecocean Région Occitanie Université de Perpignan (CEFREM)	Observation par acoustique passive de l'efficacité de récifs artificiels innovants en LAC (Laitiers d'ACeries)
Réserve Naturelle Marine de Cerbère Banyuls Parc naturel marin du Golfe du Lion	2020-2024 48 mois	Projet Life PIAQUO Réserve Naturelle Marine de Cerbère Banyuls Parc naturel marin du Golfe du Lion	Etablissement par acoustique de la présence de deux espèces de poissons protégées (corb, mérrou) Mesure du bruit ambiant créé par le trafic maritime Etude des effets du bruit sur les corbs et les mérours et proposition d'action de mitigation



Figure 126 : Programmes de cartographie acoustique opérés par la structure

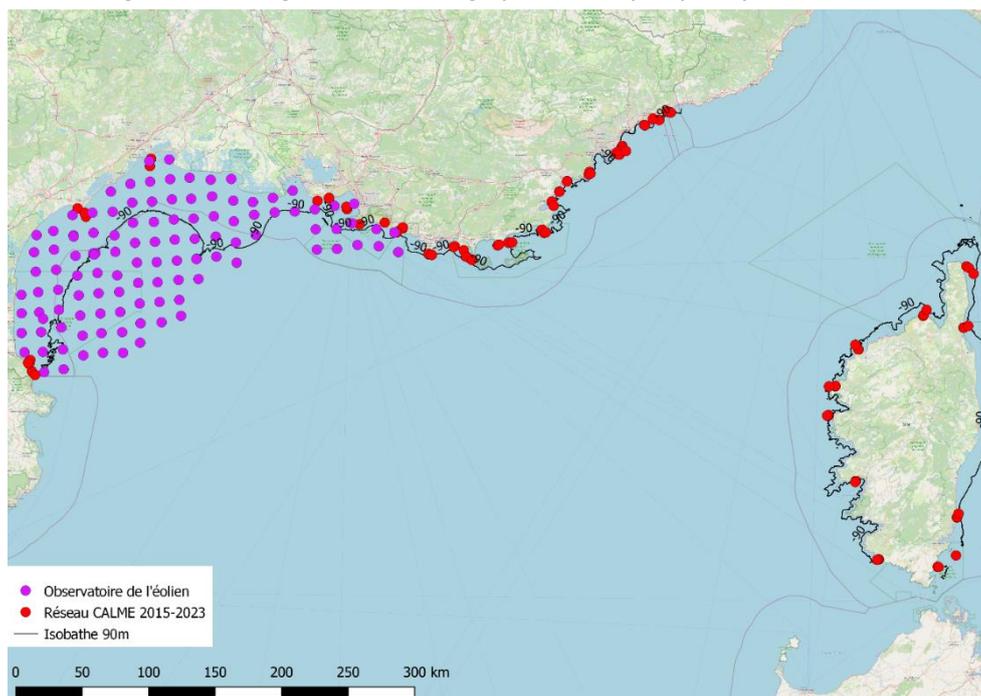


Tableau 44 : Liste des programmes de cartographies acoustiques

PROGRAMME	PERIODE - ECHANTILLONNAGE	PARTENAIRES	OBJECTIFS
Réseau CALME (caractérisation acoustique du littoral méditerranéen et de ses écosystèmes)	2016 – 2023 120 points le long de la façade (herbier et coralligène) 40 points par an 1 nuit par point	Agence de l'Eau RMC	Cartographie de l'état écologique des herbiers de posidonie et des massifs de coralligène à partir des sons émis par les poissons et les invertébrés, Cartographie des descripteurs DCSMM liés au bruit continu le long de la façade
Cartographie acoustique du Golfe du Lion	2021-2022 2023-2025 125 points dans le golfe du Lion 1 heure d'écoute par point 1 mois de mission en septembre	OFB DREAL Occitanie Eco-Oceans Institut	Cartographie de la distribution des grands dauphins du Golfe du Lion, Cartographie des descripteurs DCSMM liés au bruit continu le long de la façade Cartographie des effets du bruit sur le grand dauphin

