



Parc éolien en mer Sud Atlantique (AO7) Etat actuel de l'environnement

Protocole relatif au compartiment
« Bruit sous-marin et
suivi acoustique des mammifère marins » - partie
raccordement



Février 2024



REVISIONS

Version	Date	Description	Auteurs	Relecteur
1.0	05/06/2023	Première version complète	C. Bois, Quiet-Oceans	P. Billand et D. Clorennec Quiet-Oceans
2.0	14/06/2023	Prise en compte des remarques de RTE	C. Bois, Quiet-Oceans	P. Billand et D. Clorennec Quiet-Oceans
3.0	14/06/2023	Corrections mineures	S. Marmin	P. Bornens
4.0	09/08/2023	Prise en compte des remarques du CS, de l'Ifremer et des AMOs	D.Clorennec	(Quiet-Oceans P. Bornens
5.0	09/10/2023	Prise en compte des remarques de RTE et de l'AMO	D.Clorennec,	Quiet-Oceans P. Bornens
6.0	07/02/2024	Mise à jour de la localisation des stations suite à la CNL	S. Marmin	P. Bornens
7.0	20/02/2024	Prise en compte des remarques de RTE	S. Marmin	P. Bornens

COORDONNEES

Siège social	Gestion de projet
SETEC Energie Environnement	Stella MARMIN Responsable de projets
Immeuble Central Seine 42 - 52 quai de la Rapée - CS 71230 75583 PARIS CEDEX 12 FRANCE	ZA La Grande Halte 29940 LA FORET FOUESNANT FRANCE
Tél +33 1 82 51 55 55 Fax +33 1 82 51 55 56 environnement@setec.com www.setec.com	Tél +33 2 98 51 47 73 stella.marmin@setec.com



RESUME	4
1. OBJECTIFS	5
2. LOCALISATION DES POINTS DE MESURE EN FONCTION DES CONTRAINTES ET ENJEUX.....	6
2.1 Localisation des points de mesure	6
2.2 Contraintes et enjeux	7
3. INSTRUMENTATION MISE EN OEUVRE.....	11
3.1 Enregistreur acoustique	11
3.2 Détecteur automatique de clics F-POD Chelonia	12
3.3 Calibration de l'enregistreur acoustique et de l'hydrophone	14
3.4 Préparation instrumentale	15
3.5 Autorisations administratives.....	15
3.6 Protocole de déploiement et de relevage	16
4. TRAITEMENT ET INTERPRETATION « BRUIT AMBIANT » ET « MAMMIFERES MARINS ».....	17
4.1 Traitements physiques	17
4.2 Traitement « mammifères marins »	20
4.3 Interprétation des données des mammifères marins.....	25
5. GESTION DE LA PRESTATION	26
5.1 Organisation et responsabilités.....	26
5.2 Certifications	27
5.3 Moyens à la mer	29
5.4 Standards applicables	30



RESUME

Ce document décrit et justifie les choix méthodologiques et matériels du protocole de collecte de données proposé par Setec/Quiet-Oceans pour l'étude du bruit sous-marin et du suivi de la fréquentation des mammifères marins par acoustique passive pour la réalisation de l'état initial de la zone d'appel d'offres éolien en mer Sud Atlantique (AO7).

Ce projet de protocole vise notamment à :

- Assurer la comparabilité avec les suivis réalisés pour les autres parcs éoliens en mer français ;
- Répondre aux enjeux concernant les mammifères marins ;
- Garantir des résultats solides ;
- Sécuriser et maximiser la collecte des données.

Neuf points de mesure sont proposés de façon à couvrir de façon représentative la zone du projet :

- 4 stations dans la zone des parcs éoliens ;
- 3 stations au niveau de la zone de raccordement ;
- 2 stations témoin.

Le positionnement tient compte des **données d'entrée et contraintes opérationnelles** influant sur la qualité du suivi et la sécurité des personnes et des instruments, notamment la fréquentation par les mammifères marins et le trafic maritime ; les contraintes réglementaires, la perturbation sonore par le balisage maritime, ainsi que les risques d'obstruction dans la colonne d'eau, vis à vis de la pêche, de la plongée, de la nature du fond, de la hauteur d'eau et du courant.

Le matériel déployé est constitué d'enregistreurs acoustiques SoundTrap par la société Oceans Instruments et de système automatiques F-POD selon un protocole normalisé et utilisé pour de nombreux projets. Ces enregistreurs font par ailleurs l'objet d'une calibration réalisé par Quiet-Oceans, en lien avec les recommandations du constructeur.

Les données acoustiques recueillies font l'objet de traitements physiques et bioacoustiques afin de pouvoir les interpréter et analyser.

Concernant le bruit ambiant, le site est déjà sujet à un chorus sonore qu'il s'agira de cartographier afin de connaître l'état initial du bruit. L'analyse du bruit ambiant des mesures réalisées couvre les aspects suivants :

- Analyse statistique des niveaux,
- Analyse statistique fréquentielle,
- Analyse de la variabilité du bruit à l'échelle semestrielle.

L'interprétation du volet biologique couvre les aspects suivants :

- Une analyse de l'évolution du nombre de contacts acoustiques par espèces ou groupe d'espèces ;
- La classification des espèces présente lorsque cela est possible ;
- Une analyse statistique par espèces ou groupe d'espèces pour renseigner l'usage du site :
 - o Analyse journalière,
 - o Analyse mensuelle.
- Une synthèse des conditions d'expertises ;
- Une synthèse des résultats collectés (espèce, type de fréquentation, saisonnalité, ...) ;
- Des graphes de fréquentation ;
- Une comparaison entre les résultats des différents capteurs ;
- Une interprétation biologique des résultats à la lumière des connaissances existantes, notamment celle produites lors de l'étude d'impact.



1. OBJECTIFS

Le protocole mis en œuvre a pour but de collecter les données acoustiques nécessaires pour caractériser l'état actuel des conditions de bruit ambiant sous-marin ainsi que de la présence de mammifères marins.

L'objectif du volet acquisition des données en mer sont :

- Réaliser une prise de données de qualité. Les contraintes considérées pour un suivi de qualité consistent à s'éloigner des sources de bruit parasites : bouées de balisage, houlographe, ADCP, etc.
- Quiet-Oceans proposant de réaliser la mesure du bruit ambiant et le suivi des cétacés, l'instrumentation mise en œuvre doit permettre de capter :
 - les bruits du trafic maritime (basses fréquences),
 - le bruit ambiant naturel (moyennes fréquences),
 - les sons des animaux : clics et vocalises du Marsouin commun (hautes fréquences), du Globicéphale noir et des différentes espèces de dauphins (moyennes fréquences).
- Réaliser un suivi en toute sécurité pour les personnes et les matériels.
- Les contraintes considérées pour garantir la sécurité des matériels et des opérations sont :
 - a) d'utiliser une solution de mouillage éprouvée qui n'interfère pas avec le trafic maritime existant sur la zone ni avec les activités de pêche ;
 - b) de réaliser des opérations de déploiement et de récupération selon des protocoles bien établis et avec une équipe expérimentée ;
 - c) de garantir un positionnement précis des instruments ;
 - d) de réaliser un déploiement anticipé des instruments de mesure acoustique afin de s'assurer de bien collecter des données sur toute la période souhaitée. Il arrive en effet fréquemment que les conditions de mer ne permettent pas de mission de déploiement des instruments.

2. LOCALISATION DES POINTS DE MESURE EN FONCTION DES CONTRAINTES ET ENJEUX

2.1 LOCALISATION DES POINTS DE MESURE

Neuf stations de mesure sont proposées de façon à couvrir de façon représentative la zone du projet (figure suivante) :

- 4 stations dans la zone des parcs éoliens ;
- 3 stations au niveau de la zone de raccordement ;
- 2 stations témoin.

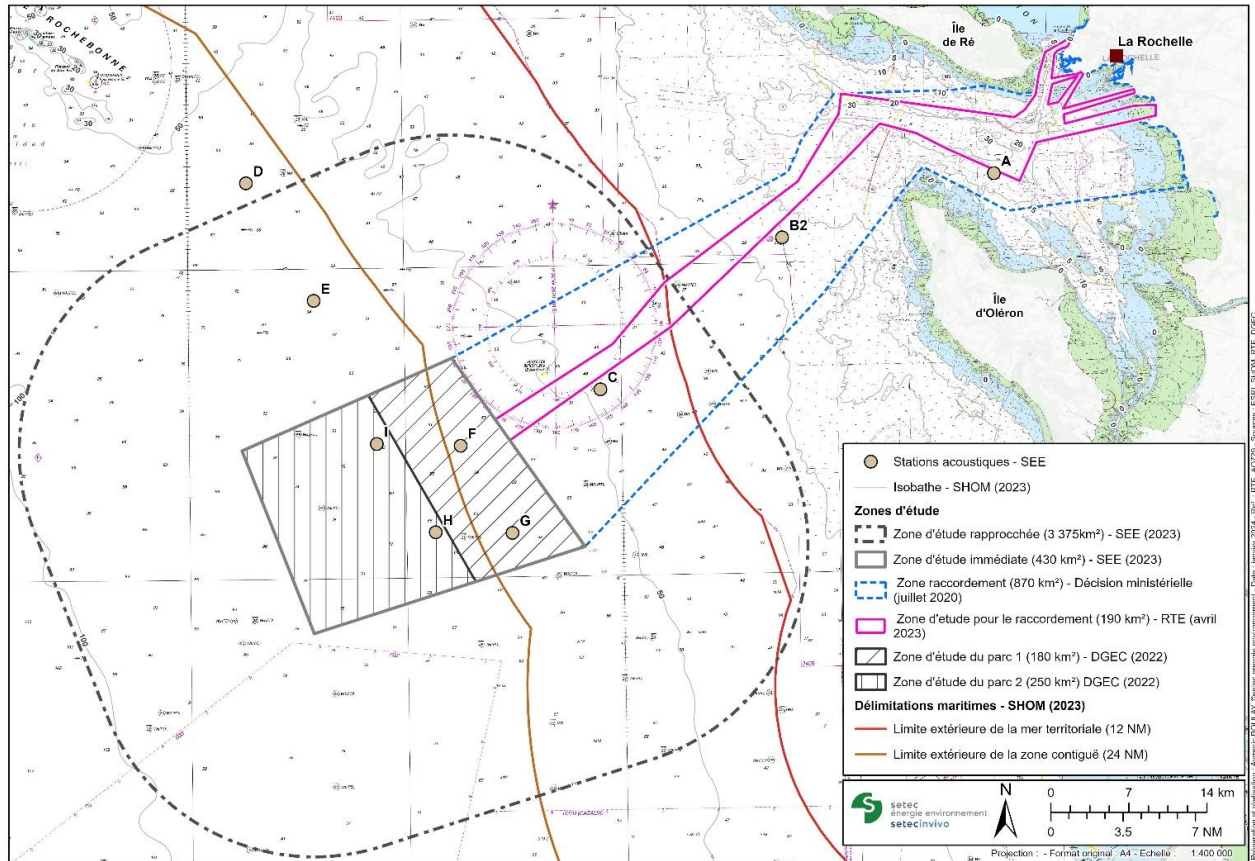


Figure 1 : Localisation des stations de suivi acoustique du projet AO7

Le **positionnement exact** est défini pour éviter une trop grande proximité avec les routes de navigation et les zones de pêche pour éviter les interactions avec les activités de pêche et donc éviter à la fois une perte de l'équipement acoustique et l'endommagement des engins de pêche. A noter que le plan de positionnement a été discuté avec les usagers de la mer lors de la Commission nautique Locale du 29 novembre 2023. Il a ensuite été adapté et validé avec les comités de pêche suite à plusieurs échanges.

Les caractéristiques des stations de mesure sont données dans le tableau suivant. Le détail du type d'instrumentations mis en œuvre est donné dans le chapitre suivant.

Tableau 1 : Caractéristiques des stations de mesure prévues pour l'AO7

Station	I	H	G	F	E	D	C	B2	A
Type d'instrument	Enregistreur + F-POD	Enregistreur + F-POD	Enregistreur + F-POD	Enregistreur + F-POD	Enregistreur + F-POD	Enregistreur + F-POD	Enregistreur + F-POD	Enregistreur + F-POD	Enregistreur + F-POD
Latitude	45° 51.500' N	45° 47.200' N	45° 51.363' N	45° 47.119' N	45° 58.464' N	46° 4.176' N	45° 54.001' N	46° 1.200' N	46° 4.102' N
Longitude	2° 2.000' O	1° 58.000' O	1° 56.191' O	1° 52.682' O	2° 6.271' O	2° 10.896' O	1° 46.445' O	1° 33.650' O	1° 18.843' O
Hauteur d'eau LAT (m)	-70	-69	-64	-62	-66	-64	-50	-28	-23
Type de mouillage	Lm	Lm	Lm	Lm	Lm	Lm	Lm	Cf	Cf

Lm : ligne de mouillage

Cf : cage de fond

2.2 CONTRAINTES ET ENJEUX

Le plan de positionnement des points de mesure proposé tient compte des connaissances de la zone et de ses enjeux.

Le protocole vise notamment à :

- Assurer la comparabilité avec les suivis réalisés pour les autres parcs éoliens en mer français ;
- Répondre aux enjeux concernant les mammifères marins ;
- Garantir des résultats solides ;
- Sécuriser et maximiser la collecte des données.

Le positionnement tient compte des données d'entrée et contraintes opérationnelles suivantes :

- Fréquentation par les mammifères marins (Figure 2) ;
- Risque d'obstruction dans la colonne d'eau ;
- Risque vis à vis de la pêche (chalutage / vandalisme) ;
- Risque vis à vis de la plongée (vandalisme) ;
- Présence d'un fort trafic maritime (réduction des distances de perception) ;
- Risque vis à vis de la nature du fond (déplacement sédimentaire, enfouissement) ;
- Risque vis à vis de la hauteur d'eau (plongée en cas de problème technique) ;
- Risque vis-à-vis du courant (bruit de perturbation) ;
- Contraintes réglementaires ;
- Perturbation sonore par le balisage maritime.

Les espèces présentes dans la zone sont listées dans le tableau suivant.

NOM VERNACULAIRE	NOM SCIENTIFIQUE	GOLFE DE GASCOGNE ET MERS CELTIQUES
PETIT RORQUAL	<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	Permanent
RORQUAL BORÉAL	<i>Balaenoptera borealis</i>	Occasionnel
RORQUAL COMMUN	<i>Balaenoptera physalus</i>	Permanent
RORQUAL Bleu	<i>Balaenoptera musculus</i>	Occasionnel
MÉGAPTÈRE (baleine à bosse)	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Occasionnel
GRAND dauphin	<i>Tursiops truncatus</i>	Permanent
DAUPHIN bleu et blanc	<i>Stenella coeruleoalba</i>	Permanent
DAUPHIN commun	<i>Delphinus delphis</i>	Permanent
LAGÉNORHYNQUE à flanc blanc	<i>Lagenorhynchus acutus</i>	Occasionnel
GRAMPUS 'dauphin de Risso)	<i>Grampus griseus</i>	Permanent
GLOBICÉPHALE noir	<i>Globicephala melas</i>	Permanent
ORQUE, ÉPAULARD	<i>Orcinus Orca</i>	Permanent
MARSOUIN commun	<i>Phocoena phocoena</i>	Permanent
cachalot MACROCÉPHALE	<i>Physeter macrocephalus</i>	Permanent
CACHALOT pygmée	<i>Kogia breviceps</i>	Permanent*
ZIPHIUS baleine à bec de Cuvier	<i>Ziphius cavirostris</i>	Permanent
HYPÉRODON Boréal	<i>Hyperoodon ampullatus</i>	Occasionnel
MÉSOPLODON de SOWERBY	<i>Mesoplodon bidens</i>	Permanent*
MÉSOPLODON de BLAINVILLE	<i>Mesoplodon densirostris</i>	Occasionnel
PHOQUE veau marin	<i>Phoca vitulina</i>	Occasionnel
PHOQUE gris	<i>Halichoerus grypus</i>	Permanent
Phoque CAPUCHON	<i>Cystophora cristata</i>	Occasionnel

Tableau 2 : Liste des espèces présentes au sein du golfe de Gascogne et mers celtiques

Parmi ces espèces, 5 sont principalement ciblées en raison notamment de leur statut de protection et de leur vulnérabilité. Les 5 espèces sont présentées dans le tableau suivant.






Nom français <i>Nomenclature binomiale</i>	Habitat général	Distance de détection acoustique ¹	Statut Liste rouge UICN en France	Illustration
Marsouin commun <i>Phocoena phocoena</i>	Côtier et estuaires	Quelques centaines de mètres	Quasi-menacée	
Grand dauphin <i>Tursiops truncatus</i>	Côtier et large	Environ 1.000 mètres	Quasi-menacée	
Globicéphale noir ou commun <i>Globicephala melas</i>	Côtier et large	Environ 1.000 mètres	Vulnérable	
Dauphin commun ou à bec court <i>Delphinus delphis</i>	Côtier et large	Environ 1.000 mètres	Préoccupation mineure	
Dauphin bleu et blanc <i>Stenella coeruleoalba</i>	Côtier et large	Environ 1.000 mètres	Préoccupation mineure	

Tableau 3 : Statut de protection des espèces ciblées

D'après les données SCAN II, les petits delphinidés sont les espèces susceptibles d'être présentes dans la zone du projet (principalement la zone du parc), en été comme en hiver (figure suivante).

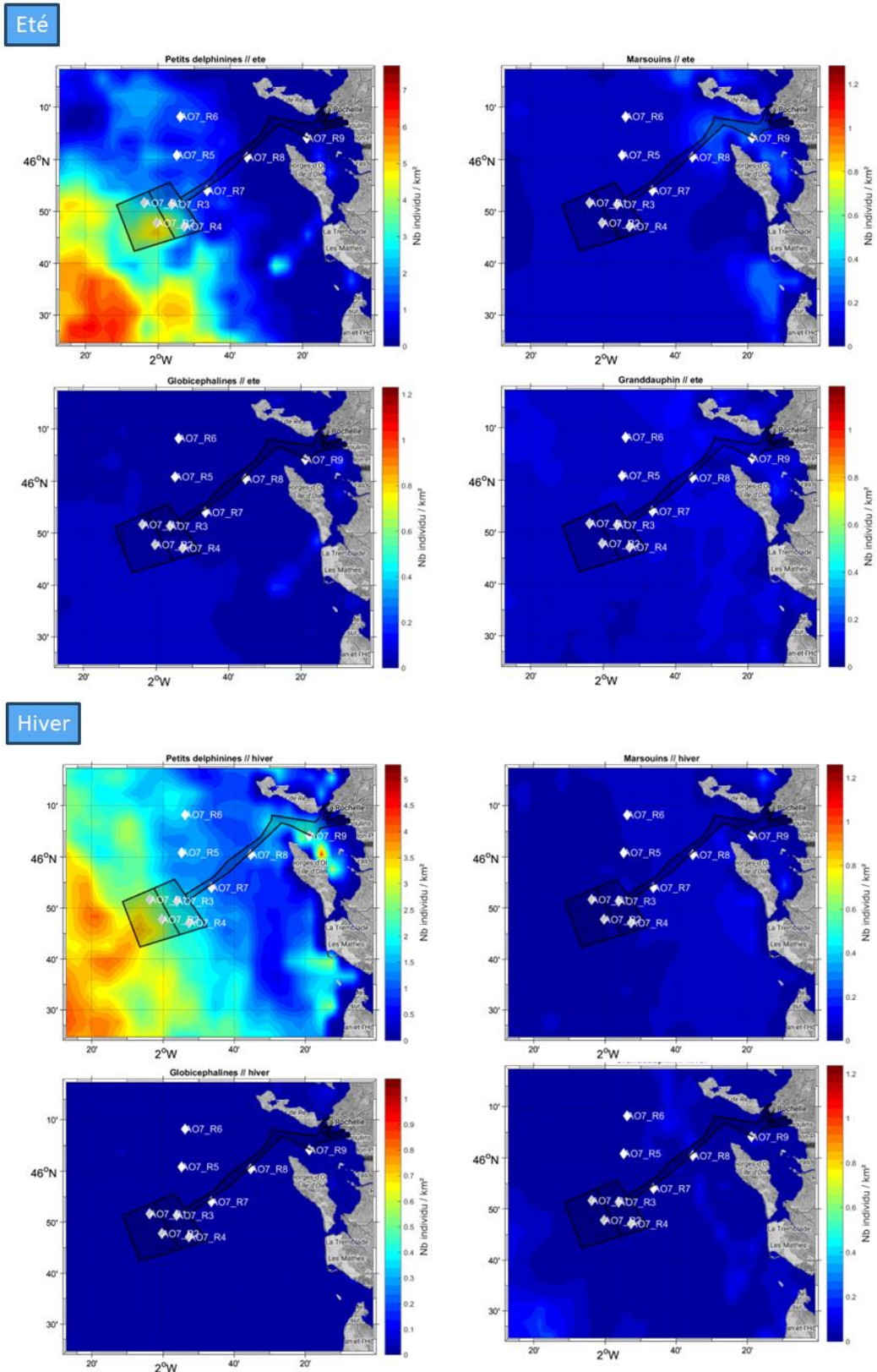


Figure 2 : Fréquentation par les mammifères marins (données SCAN II)



Un duty cycle de 50% avec 5 min d'acquisition toutes les 10 minutes est prévu, ce qui permet d'échantillonner suffisamment au regard des exigences scientifiques tout en garantissant une autonomie de 3 mois au moins.

L'acquisition F-POD est prévue sur toutes les stations.

Le suivi du bruit ambiant est prévu durant la 1^{ère} année et le suivi de la fréquentation des mammifères marins sur 2 ans sur la zone du parc (1 an sur la zone du raccordement).

Le déploiement est prévu à partir d'avril 2024 en fonction des autorisations et approvisionnement du matériel.

3. INSTRUMENTATION MISE EN OEUVRE

3.1 ENREGISTREUR ACOUSTIQUE

Il est prévu une solution adaptée aux conditions de site en lien avec la profondeur et le passage possible de navires à proximité des instruments. Pour cela, il est prévu un enregistreur acoustique associé à un mouillage discret ou via une bouée.

3.1.1 Portée de détection des enregistreurs

Il est important de noter que le « **rayon d'écoute des hydrophones** » est infini. L'expérience de l'Île de Heard en 1991 a en effet démontré que l'explosion de charges au milieu de l'Océan Indien pouvait être perçue en tout point de la planète. Même si la qualité de toute la chaîne d'acquisition (hydrophones et enregistreurs acoustiques) est importante, c'est surtout les **sons émis par la source (niveaux et fréquences) et le bruit ambiant qui déterminent la « portée de détection »**. Plus le son émis est fort et sur des fréquences basses, plus il sera détecté loin. Plus le niveau du bruit ambiant est élevé, plus le son émis par la source sera masqué et inaudible.

La qualité de la chaîne d'acquisition permettra de plus ou moins bien détecter et classifier les signaux sonores dans l'ensemble des fréquences, d'éviter des interférences et de la pollution auto induite.

Le consensus scientifique international des distances de détection selon les espèces pour du matériel de qualité excellente comme celui utilisé par Quiet-Oceans est de l'ordre de quelques centaines de mètres pour les marsouins, 1.500 à 2.000m pour les delphinidés et quelques dizaines de kilomètres pour les grands cétacés.

3.1.2 Contrainte technique des enregistreurs

Les gammes d'émission des espèces à enregistrer, en particulier les delphinidés, imposent des mesures acoustiques qui couvrent une gamme de fréquences allant jusqu'à 180kHz (voir section 4.2.1 page 20) donc des enregistreurs ayant une **fréquence d'échantillonnage supérieure ou égale à 360kHz** (théorème de Shannon). Un enregistreur avec une fréquence d'échantillonnage plus faible ne permet pas de détecter les clics des delphinidés, même s'il espère ainsi détecter la partie basse fréquence des clics. L'activité d'écholocation (essentiellement recherche de proie au lever et coucher du soleil) serait ainsi largement ignorée.

3.1.3 L'instrumentation acoustique mise en œuvre

Les instruments acoustiques utilisés sont les SoundTrap produits par la société Oceans instruments. C'est un enregistreur acoustique sous-marin autonome compact à très faible consommation

Il mesure le signal acoustique sur une bande de fréquences jusqu'à 250 kHz, ce qui permet de caractériser :

- les niveaux de bruit ambiant naturel,
- les bruits anthropiques liés en particulier au trafic maritime et aux activités de pêche,
- les niveaux de bruit sur l'ensemble des fréquences utilisées par les mammifères marins, y compris la pleine prise en compte des clics des delphinidés.

L'autonomie énergétique (jusqu'à 4 mois) et sa mémoire jusqu'à 4 To permet d'éventuellement augmenter la durée de mesures de façon à être sûrs de bien monitorer les périodes les plus importantes et s'affranchir au mieux des contingences (météo, disponibilité des moyens à la mer et des équipes...).

Suite à une étude spécifique menée dans le cadre du suivi acoustique des parcs éolien de Centre Manche, l'instrumentation acoustique est **calibrée**.

Hydrophone & Enregistreur	SoundTrap
Bande de fréquence	20Hz-180kHz
Fréquence d'échantillonnage	384 kHz
Sensibilité hydrophone	-185 dB re: 1V/ μ Pa
Gain	12 dB
SPL max	175 dB ref 1 μ Pa
SPL min	94 dB ref 1 μ Pa
Format fichier	Wav ou compressé propriétaire
Autonomie en mode continu	135 jours
Dimensions	530 mm long, 60mm diamètre
Poids	2,6 kg
Profondeur maximale	200 m



Tableau 4 : Caractéristiques de l'enregistreur acoustique SoundTrap (Source : Quiet Oceans)

3.2 DETECTEUR AUTOMATIQUE DE CLICS F-POD CHELONIA

Un suivi par F-POD est proposé. L'avantage des F-POD réside principalement dans leur coût d'achat et d'exploitation, bien plus bas que pour les enregistreurs acoustiques, et le coût de traitement et d'analyse qui est proche de zéro car il est automatisé. Cependant, le F-POD est une boîte noire dont il est impossible de vérifier les résultats, en l'absence d'enregistrement de fragments bruts. Les détections peuvent être provoqués par d'autres événements que des clics de cétacés, notamment par des sondeurs, des bruits de chaîne, l'activité benthique... Les retours d'expérience sont donc très dépendants du site et très contradictoires. Notre propre expérience, où des F-POD s ont été couplés à des enregistreurs acoustiques, permettant ainsi une vérification des résultats des F-PODs, a montré que les résultats des F-PODs étaient fiables lors du suivi réalisé pour le parc éolien en mer de Dunkerque mais largement erronés pour le suivi pour le parc éolien en mer de Saint-Nazaire, en particulier concernant la détection de clics de Delphinoïdés. Il est proposé d'équiper les 9 stations de mesure avec des détecteurs F-POD Chelonia.

Les caractéristiques de ces détecteurs sont données dans le tableau suivant.

Système	F-POD
Fournisseur	Chelonia
Bande de fréquence	20 Hz – 160 kHz
Détecteur embarqué	Clics de Delphinidés et Marsouins
Nb de clics / minute	4096
Angle max	130°
Format fichier	Format propriétaire
Autonomie en mode continu	> 4 mois
Dimensions (L*Ø)	710*90 mm
Poids	2,35 kg
Profondeur maximale	100 m



Tableau 5 : Caractéristiques du détecteur automatique de clics F-POD Chelonia (Source : Quiet Oceans)

Les F-POD sont des systèmes constitués d'un capteur qui enregistre les sons du milieu marin et d'un algorithme de détection, interne à l'instrument, qui compare directement l'énergie présente entre une bande de fréquence de référence et celle des signaux d'intérêts (c.-à-d. clics de Marsouin, Delphinidés). Lorsqu'un bruit est en phase avec ces critères alors l'instant auquel le signal d'intérêt recherché a eu lieu et sa durée sont enregistrés dans un fichier comme un évènement.

La répétition, la durée et la fréquence des évènements détectés sont analysées à l'aide d'un logiciel spécifique et la source des évènements est alors catégorisée entre différentes possibilités : cétacé haute fréquence (essentiellement marsouins), autres cétacés, inconnu et sonar de bateau.

3.3 CALIBRATION DE L'ENREGISTREUR ACOUSTIQUE ET DE L'HYDROPHONE

3.3.1 Cage de fond

La cage de fond est une structure en acier inoxydable présentée en Figure 3. Cette solution compacte, propre à Quiet-Oceans, est déposée sur le fond où elle occupe un espace très limité dans la colonne d'eau et de ce fait limite la probabilité d'interaction avec les activités de pêche. Lestée à 150 kg, elle est équipée d'un système de dépose et de récupération automatique. La phase de récupération de la cage se base sur l'activation d'un largueur acoustique qui libère une flottabilité remontant à la surface afin de créer un lien physique permettant la remontée de la structure sur le pont du navire support. Cette solution permet de s'affranchir de l'assistance systématique de plongeurs.

Lors de la phase de mesure, l'absence de lien de subsurface permet d'éviter la transmission de vibrations parasites à la structure.



Figure 3 : Illustration d'une cage de fond

Les cages de fond seront déployées sur les stations A et B2 (Figure 1).

3.3.2 Bouée de signalisation

Une bouée de signalisation est prévue sur la station plus au large (station C, Figure 1). La ligne de mouillage en « J » est mouillée sur le fond et lestée à environ 3 tonnes (figure suivante). Une bouée de couleur jaune balise en surface signale la position. Cette bouée d'un diamètre de 2 mètres est équipée d'une marque spéciale et d'un feu clignotant avec une séquence programmée type SADO avec un portée réglable de 1 à 4 miles nautiques. L'enregistreur acoustique et le FPOD, solidaire de la ligne principale, sont fixés sur une ligne déportée à 3 m du fond, lestée à 1 tonnes et placée à moins de 100m du lest principal. La ligne déportée culmine à 5m (hauteur max) du fond.

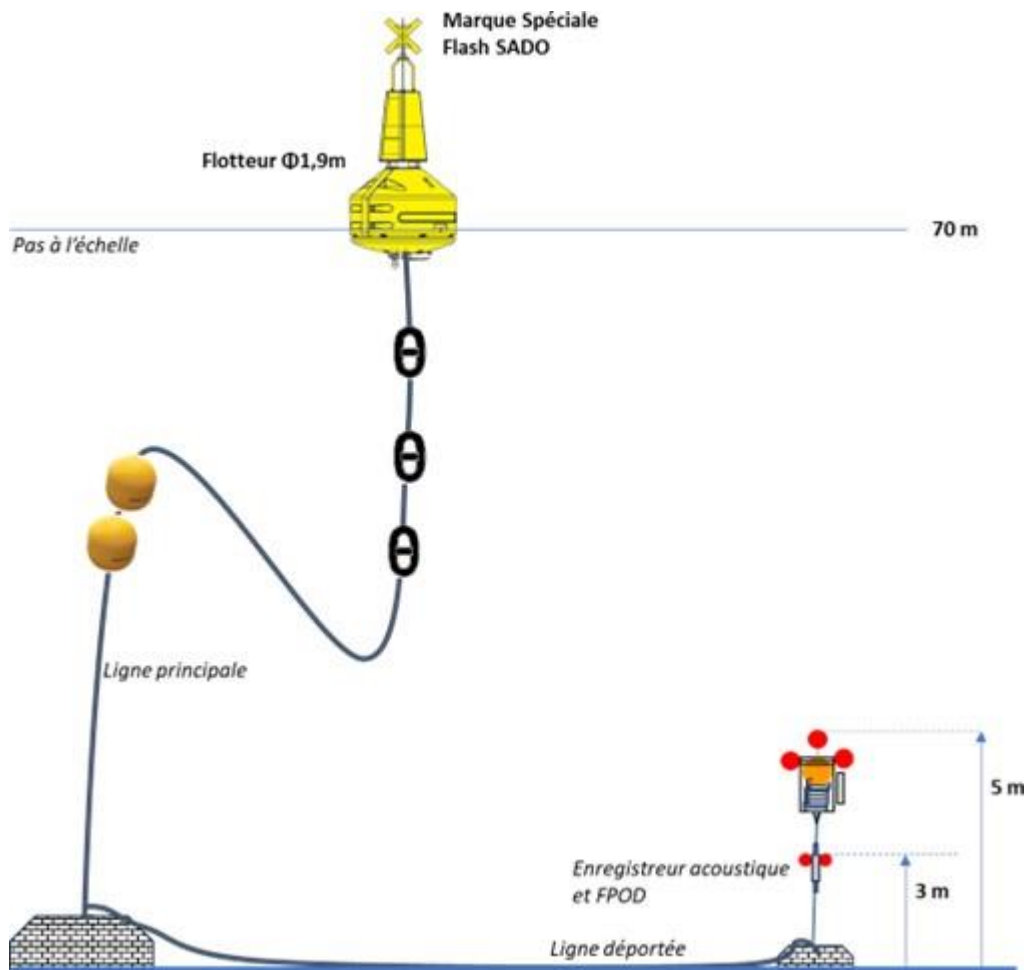


Figure 4 : Schéma de la ligne de mouillage et bouée de signalisation

3.4 PREPARATION INSTRUMENTALE

Tous les instruments mobilisés pour une campagne de mesures sont testés lors de la phase de préparation pour s'assurer de leur bon fonctionnement et une fiche de préparation est établie pour chaque instrument. Cette procédure a pour objectifs de :

- Contrôler le bon fonctionnement général du système et de ses sous-ensembles ;
- Préparer le système pour le transport et le déploiement in situ.

La procédure prévoit :

- Une inspection ;
- Des tests fonctionnels ;
- Une préparation opérationnelle en usine ;
- Une préparation sur le terrain in-situ (avant déploiement).

3.5 AUTORISATIONS ADMINISTRATIVES

Une demande de création de balisage (procédure CMS) pour la mise en place de la bouée de signalisation a été faite auprès de la DIRMSA.

En parallèle, une demande d'Autorisation d'Occupation Temporaire (AOT) a été formulé auprès de la DDTM pour les stations acoustiques situées dans le DPM, c'est-à-dire pour les deux cages de fond.



Enfin, une demande Recherche Scientifique en Mer a été demandé auprès de la PREMAR pour toute la durée du suivi physique et biologique. Cette démarche donnera lieu également à un AVis URgent aux NAVigateurs (AVURNAV).

3.6 PROTOCOLE DE DEPLOIEMENT ET DE RELEVAGE

Des déploiements/relevages seront effectués tous les 2 mois de mesures. Cela permet également d'assurer la continuité de disponibilité des données. En effet, l'autonomie des enregistreurs acoustiques est de 3 mois, mais, les missions en mer ne pouvant parfois pas être assurées à cause des conditions de mer, il est préférable de prévoir un relevage au bout de 2 mois qui permet deux semaines de retard en cas de météo défavorable.

4. TRAITEMENT ET INTERPRETATION « BRUIT AMBIANT » ET « MAMMIFERES MARINS »

4.1 TRAITEMENTS PHYSIQUES

Des traitements spécialisés alliant des outils du traitement du signal d'une part, et des outils statistiques d'autre part ont été développés par Quiet-Oceans afin de caractériser l'équilibre initial entre les bruits naturels, les bruits biologiques et les bruits anthropiques. Ces traitements sont mis en œuvre sur les séries temporelles de bruit mesurées par l'hydrophone et servent à la calibration des cartes statistiques de bruits. Les tiers d'octave d'intérêt pour la DCSMM (63 et 125 Hz) seront également analysés.

Le site est déjà sujet à un chorus sonore qu'il s'agit de cartographier afin de connaître l'état initial du bruit. L'analyse du bruit ambiant des mesures réalisées couvre les aspects suivants :

- Analyse statistique des niveaux,
- Analyse statistique fréquentielle,
- Analyse de la variabilité du bruit à l'échelle semestrielle.

Cette analyse du bruit physique concerne la bande de fréquence de 0 à 40 kHz, bande suffisante pour caractériser les niveaux de bruit issus des contributeurs (géophonie, anthropophonie et espèces benthiques). Une corrélation sera établie avec les données environnementales (vent, hauteur de vagues, marée...)

4.1.1 Prise en compte des caractéristiques des enregistreurs et hydrophones

Afin de déterminer les niveaux de bruits réels et de permettre la comparaison avec les autres points de mesures de ce projet et d'autres projets, les caractéristiques de la chaîne d'acquisition (enregistreurs et hydrophones) sont prises en compte, notamment : le réglage des enregistreurs (gain, taux d'échantillonnage...), la réponse fréquentielle de la chaîne d'acquisition connue par la calibration réalisée en usine et issue d'une inter-comparaison (comparaison des réponses avec celles d'un hydrophone M36-900 fabriqué par Geospectrum). Cet hydrophone de très haute qualité sert en effet de référence grâce à la capacité de Quiet-Oceans de réaliser des calibrations sur le terrain avec le pistonphone portable dédié M351 selon une procédure conforme aux exigences en matière d'étalonnage et à (ISO, 2017).

4.1.2 Cartographie sonore de l'état initial

La caractérisation du bruit ambiant mesuré à l'échelle de la zone du projet sera cartographiée grâce à la mise en œuvre de modèles acoustiques intégrés dans la plateforme Quonops®. La complexité du site (bathymétrie, nature des fonds, etc.) impose en effet la mise en œuvre de modèles acoustiques physiques traduisant la propagation des ondes acoustiques en fonction des conditions environnementales. Une modélisation simplifiée ne peut pas être acceptable. Cette modélisation s'appuie sur des modèles éprouvés de propagation sonore RAM et Bellhop ((Collins, Michael D., Kuperman, 1994), (Jensen et al., 2011)). Cette modélisation N2D permet d'établir des champs sonores instantanés tri-dimensionnel. Une analyse statistique d'un ensemble de situations représentatives permet d'établir la cartographie statistique du niveau sonore dans la zone d'étude sous forme de percentile (% du temps d'un dépassement d'un niveau sonore). La bande de fréquence de la cartographie est établie entre 11 et 5650 Hz, bande suffisante pour caractériser les niveaux de bruit existant.

La modélisation sert à extrapoler les mesures acoustiques qui n'ont de validité qu'à la position et à l'immersion de la mesure. La mise en œuvre de modèles physiques permet d'étendre la connaissance terrain recueillie par l'hydrophone à l'ensemble de l'aire d'étude en considérant les effets de l'environnement de propagation et la génération des bruits par les activités maritimes dans et au voisinage de l'aire d'étude. Ces activités sont introduites dans la modélisation via des données AIS (Automatic Identification System) qui seront acquises par Quiet-Oceans et qui permettent de décrire les mouvements des navires selon leurs catégories.

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 à des informations humaines et intègre des mesures acoustiques pour produire,

en fonction du temps et de l'espace, les champs acoustiques sous-marins tridimensionnels en résultant. La version actuelle du système livre un service de cartographie à la pointe des possibilités techniques et scientifiques, service reconnu internationalement.

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. Un tel outil permet de **caractériser l'état du bruit sous-marin sur l'ensemble de la zone du projet.**

4.1.3 Validation de Quonops

Les cartes produites par Quonops depuis 2010 ont été confrontées à plus de 20 000 jours de mesures cumulées, parmi lesquels les mesures réalisées pour l'étude d'impact du projet en 2013.

Le projet le plus emblématique concerne probablement le projet BIAS de cartographie de la Mer Baltique réalisé pour le compte de la Commission Européenne et des Etats Membres limitrophes pour lequel les cartes ont été confrontées à 39 points de mesures continues pendant une année complète. Le rapport est disponible à l'adresse suivante : <https://biasproject.files.wordpress.com/2017/01/qo-20130203-01-rap-001-01b-foi-bias-modelingreport.pdf>.

Cette cartographie de la mer Baltique est en cours de mise à jour pour le compte de la Commission Européenne, d'HELCOM (Convention pour la protection du milieu marin dans la zone de la Mer Baltique) et ICES/CIEM (Conseil international pour l'exploration de la mer).

Dans le cadre du projet de recherche international AQUO, financé par la Commission Européenne, les codes de modélisation utilisés par Quonops ont été confrontés avec succès à d'autres modèles acoustiques de plusieurs organismes de recherche européens (TNO - Pays-Bas, FOI - Suède, Delft University of Technology - Pays-Bas). Les résultats sont disponibles sur la publication suivante : https://www.researchgate.net/publication/291818318_Definition_and_results_of_test_cases_for_shipping_sound_maps

Dans le cadre du projet international **JOMOPANS**, financé par la Commission Européenne, Quiet-Oceans contribue actuellement à la partie modélisation acoustique sous-marine du projet par comparaison avec 8 points de référence en Mer du Nord.

Il ressort de ces confrontations une précision des cartographies généralement inférieure à 4 dB.

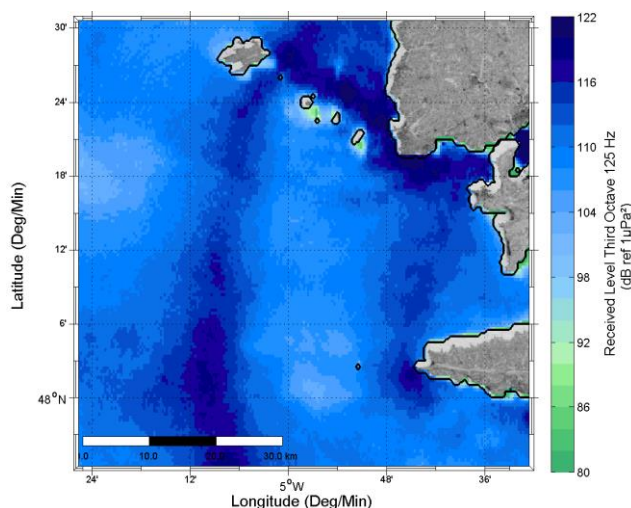


Figure 5 : Exemple de carte statistique mensuelle de bruit ambiant du Parc Naturel Marin d'Iroise

Source : Quiet-Oceans, projet AQUO

4.1.4 Interprétation des données sur le bruit physique

Les données recueillies seront analysées de façon à permettre de déterminer l'impact des bruits du chantier sur le bruit ambiant.

Les figures suivantes, issues d'un projet récent de caractérisation d'un site, sont données à titre d'exemple.

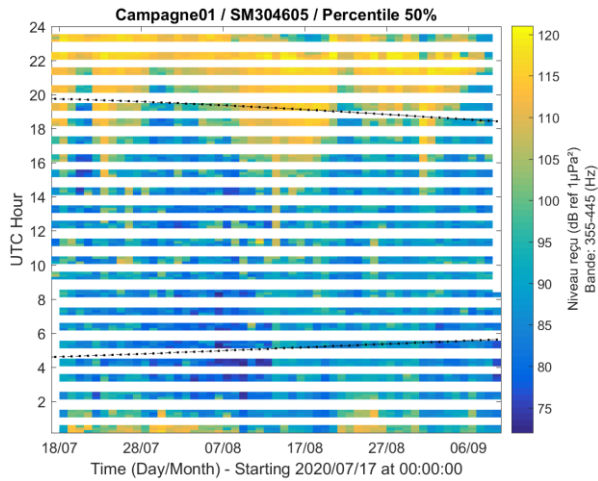


Figure 6 : Répartition du bruit en fonction de la date et de l'heure (Présence très courante d'un bruit plus fort dès le coucher du soleil)

Source : Quiet-Oceans, projet AQUO

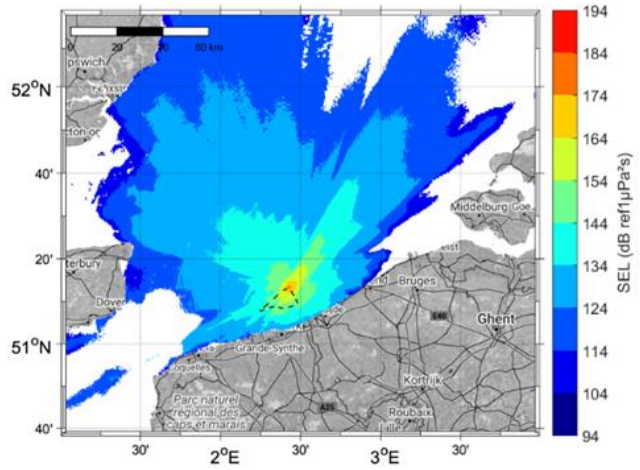


Figure 7 : Empreinte acoustique de l'installation de fondation dans le cadre du projet de parc éolien en mer de Dunkerque

Source : Quiet-Oceans, projet AQUO

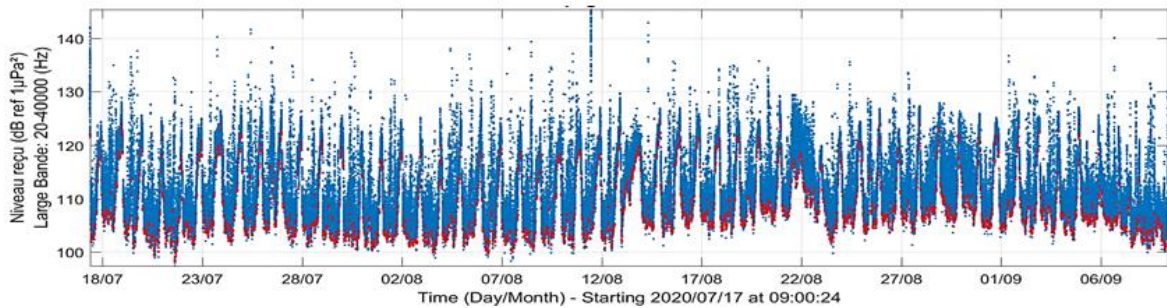


Figure 8 : Niveau de bruit (en bleu) et bruit permanent (en rouge). Source : Quiet-Oceans, projet AQUO

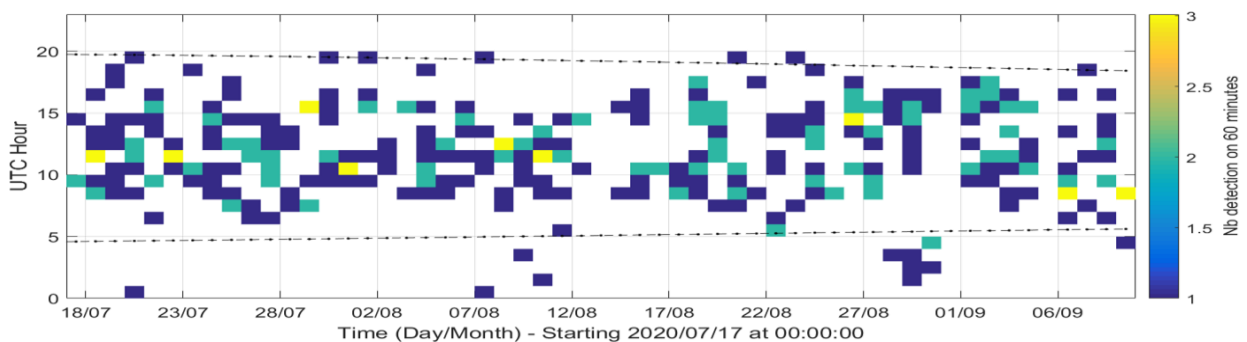


Figure 9 : Nb de passages de navires par heure (détection depuis données acoustiques) Source : Quiet-Oceans, projet AQUO

4.2 TRAITEMENT « MAMMIFERES MARINS »

4.2.1 Signature acoustique des mammifères marins

Chaque famille de mammifères marins se caractérise par des émissions sonores, transitoires et/ou impulsives, qui dans le cadre d'un suivi par acoustique passive permettent l'identification des espèces ainsi qu'un suivi de la fréquentation du site par ces derniers.

Sons émis par les Delphinidés

Les Delphinidés se caractérisent acoustiquement par des émissions de sifflements (signaux transitoires) et de clics (signaux impulsifs) représentés respectivement par la Figure 10 et la Figure 11. Les sifflements sont émis dans une bande fréquentielle allant généralement de 2 à 25 kHz, chaque espèce ayant sa propre gamme d'émissions caractéristique pour une grande diversité de sifflements émis. Ces signaux acoustiques sont utilisés pour la communication entre les différents individus (but social). Les clics émis dans la bande fréquentielle allant de 10 à 85 kHz servent également à la communication, tandis que ceux émis entre 10 et 180 kHz sont utilisés pour l'écholocation¹. A noter que les ensembles de 100 à 1 000 clics par secondes sont nommés « buzz » et sont particulièrement émis durant les activités de chasse.

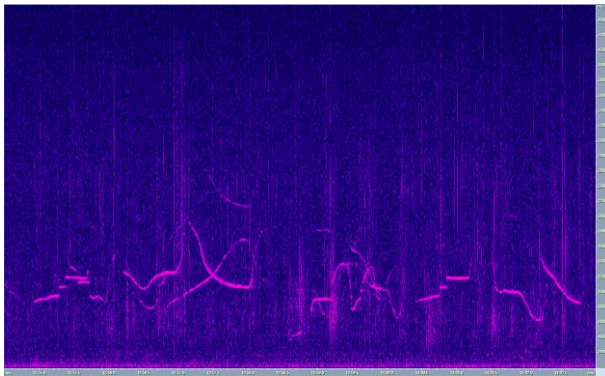


Figure 10 : Spectrogramme illustrant des sifflements de Delphinidés émis entre 2 kHz et 25 kHz.

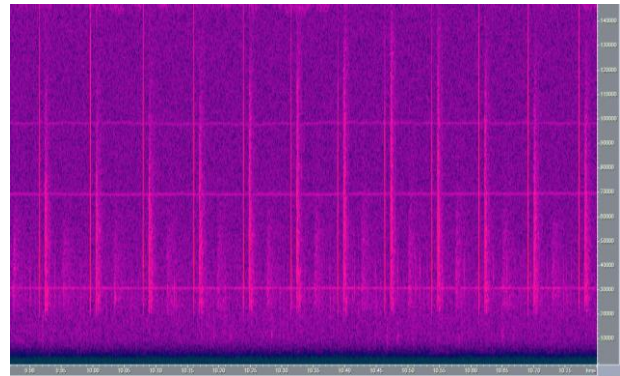


Figure 11: Spectrogramme illustrant des clics de Delphinidés émis entre 10 kHz et 180 kHz.

Sons émis par les Balénoptéridés

Les Balénoptéridés se caractérisent acoustiquement par des signaux acoustiques émis en basses fréquences, entre 0 Hz et 4 kHz. Tandis que la plupart de ces signaux acoustiques sont transitoires et sont connus sous le nom de mugissements, certains signaux sont spécifiques à l'espèce émettrice comme les trains d'impulsions (signaux impulsifs basse fréquence) émis par le Rorqual à museau pointu ou Petit Rorqual (*Balaenoptera acutorostrata*) dans la bande fréquentielle allant de 50 à 400 Hz (Todd, Todd, Gardiner, & Morrin, 2015) (Risch, Siebert, & Van Parijs, Individual calling behaviour and movements of North Atlantic minke whales, 2014). Selon leur IPI (« *Inter-Pulse Interval* »), les trains d'impulsions sont qualifiés en tant que « slow-down » (Figure 12), « constant » (Figure 13) ou « speed-up ». Un train d'impulsions dit « slow-down » voit son IPI augmenter vers la fin de son émission. A noter qu'actuellement, la fonction comportementale de ces trains d'impulsions est inconnue (Risch, et al., 2013).

¹ Evènement renseignant les Delphinidés sur le milieu dans lequel ils évoluent mais également indicateur d'une quête de nourriture.

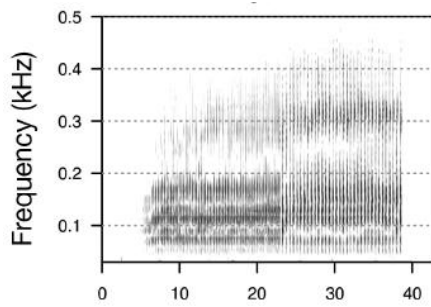


Figure 12: Spectrogramme illustrant un train d'impulsions « slow-down » émis par un Petit Rorqual, *Balaenoptera acutorostrata* (Risch, et al., 2013).

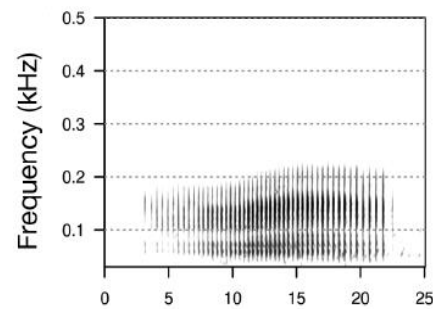


Figure 13 : Spectrogramme illustrant un train d'impulsions « constant » émis par un Petit Rorqual, *Balaenoptera acutorostrata* (Risch, et al., 2013).

Sons émis par les Phocoenidés

La seule espèce de Phocoenidés géographiquement présente est celle du Marsouin commun, *Phocoena phocoena* (Shirihai H., 2007). Les caractéristiques d'émission acoustique du Marsouin commun sont des clics (signaux impulsifs) hautes fréquences dont la bande fréquentielle d'émission est concentrée dans la bande allant de 110 à 150 kHz. Les clics durent en moyenne 0.1 ms. Ces émissions sonores ont un double rôle, elles sont utilisées pour la communication mais également pour l'écholocalisation.

L'écholocalisation, indicateur d'une quête de nourriture, se traduit par un changement d'intervalle de temps entre deux clics consécutifs, l'ICI (« *Inter-Click Interval* »), entre le moment où le Phocoenidé recherche une proie et le moment où il approche et capture cette dernière. Plus le Phocoenidé se rapproche de sa proie, plus l'ICI est court et peut être apparenté à un « buzz ». Lors de la recherche de la proie, l'intervalle de temps entre chaque clic est compris entre 30 et 100 ms. Cet intervalle se réduit progressivement jusqu'à une cadence d'un clic toutes les 1,5 ms lorsque le Phocoenidé n'est plus qu'à un ou deux mètres de sa proie (Miller & Wahlberg, 2013).

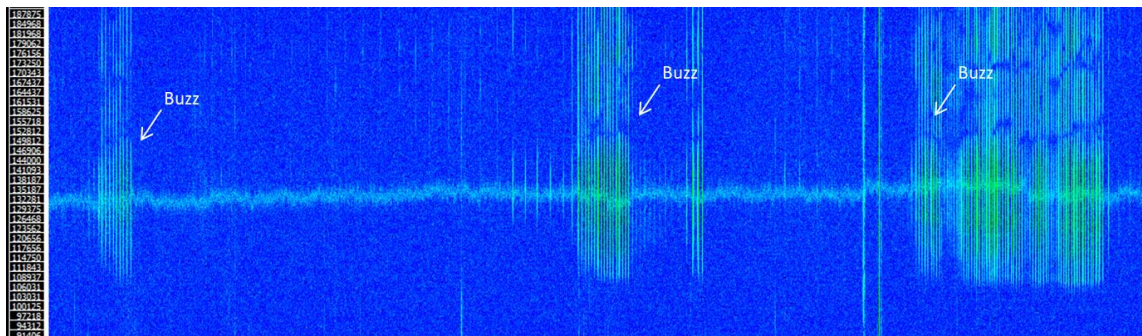


Figure 14 : Spectrogramme illustrant des clics de Marsouins communs, *Phocoena phocoena*, lors d'une activité de chasse (clics d'écholocalisation). Source : Quiet-Oceans

Sons émis par les Phocidés

Les sons émis par les Phocidés, et plus particulièrement par le Phoque gris (*Halichoerus grypus*) et le Phoque veau marin (*Phoca vitulina*) sont, à ce jour, très peu documentés dans la littérature scientifique.

Le Phoque gris, *Halichoerus grypus*, reste connu comme étant le moins vocal de la famille des Phocidés. Il émet des clics (signaux impulsifs) dans la bande fréquentielle allant de 0,5 à 12 kHz et des grognements basses fréquences, inférieurs à 500 Hz (Figure 15). Il apparaît que ces vocalises ne sont produites que lors d'une interaction sociale ou lors d'un épisode de chasse (Schusterman, Balliet, & John, 1970).

Concernant le Phoque veau marin, *Phoca vitulina*, le mâle émet des signaux impulsifs dont le taux de répétition est si rapide et si fort que cela sonne comme un rugissement. Ce rugissement est émis dans les

basses fréquences, aux alentours de 1 200 Hz (Figure 16) durant la saison des amours pour attirer la femelle ou entrer en compétition avec d'autres mâles (Schusterman, Balliet, & John, 1970).

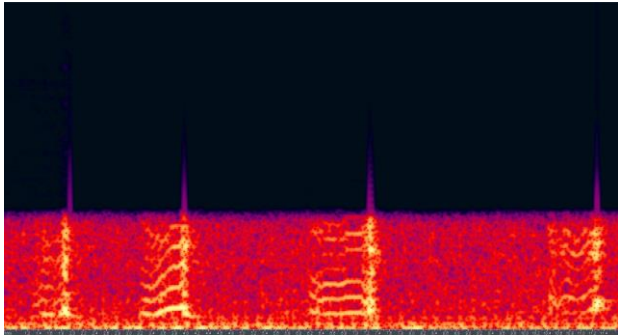


Figure 15 : spectrogramme illustrant des grognements de Phoque gris (*Halichoerus grypus*) émis entre 50 Hz et 400 Hz. Source : NOAA

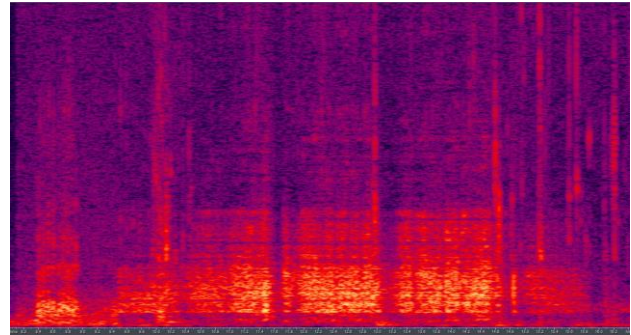


Figure 16 : Spectrogramme illustrant des rugissements de Phoque veau marin (*Phoca vitulina*) émis entre 0.025 kHz et 1.5 kHz. Source : NOAA

4.2.2 Outils mis en œuvre

Le logiciel **Pamguard**, reconnu internationalement et développé par le laboratoire **Sea Mammal Research Unit** de l'Université de Saint-Andrews en Ecosse sera mis en œuvre sur les données des enregistreurs. Il permet de détecter et de classifier² automatiquement à l'aide de modules spécifiques (designés par nos experts en bioacoustique) :

- d'une part les signaux biologiques transitoires de type sifflements et mugissements émis respectivement par les Delphinidés et les Balénoptéridés,
- et d'autre part les signaux biologiques impulsifs de type clics émis par les Delphinidés et les Phocoenidae.

Les paramètres des détecteurs et des classificateurs doivent être adaptés à chaque site de mesure en fonction du contexte sonore et des caractéristiques des espèces susceptibles d'être présentes. Une validation manuelle et auditive des détections sur un échantillon significatif permet de qualifier les détecteurs automatiques mis en œuvre et de quantifier les performances des détecteurs.

4.2.3 Détection des signaux biologiques

Bien qu'ayant une portée biologique, un détecteur tel que celui proposé par PAMGuard appuie sa recherche sur des signaux physiques, spécifiques au type de signal à détecter. Dans ce contexte, le détecteur sera calibré pour permettre la détection de signaux transitoires et impulsifs allant d'une fréquence minimum de 10 Hz à une fréquence maximum de 180 kHz, bande fréquentielle correspondant à celle des émissions de sifflements et des clics par l'ensemble des espèces.

4.2.4 Validation des évènements sonores

Afin de mesurer la justesse et la cohérence des résultats issus des algorithmes de détection, une validation manuelle est réalisée en deux étapes.

La première étape consiste à quantifier les signaux détectés selon leur origine : l'évolution du nombre de signaux biologiques transitoires et impulsifs est représentée par plage temporelle de 3 minutes pour tout le jeu de données. Les dates et heures des instants correspondants aux pics de détections plus ou moins importants, mais également les instants avec absence de détections sont répertoriés dans un tableau dit de vérification.

² La classification permet d'associer à un signal biologique, l'espèce animale correspondante le cas échéant.

La deuxième étape consiste en la détermination de la présence, ou absence, des signaux biologiques transitoires et impulsifs aux instants précédemment déterminés. Une recherche manuelle des enregistrements audio, correspondants aux instants répertoriés dans le tableau de vérification, est entreprise de manière consciencieuse et méthodique. Les spectrogrammes de ces enregistrements audios sont ensuite visualisés et analysés. La présence dans ces spectrogrammes de signaux biologiques transitoires et impulsifs³ est alors validée le cas échéant. La validation est réalisée par un expert en bioacoustique diplômé (certificats présentés en 0).

4.2.5 Identification des espèces

Le degré d'identification des espèces dépend de la bonne perception du signal biologique reçu, c'est-à-dire de la distance de l'individu lors de l'émission et du bruit ambiant pouvant masquer ou parasiter ce signal. Plus le bruit ambiant et la distance de l'individu sont élevés, plus il est difficile de distinguer l'espèce au sein d'une famille d'espèces. Plus le bruit ambiant est faible et l'individu est proche, plus il est aisé de classifier l'espèce et le genre de l'individu. Il est difficile d'indiquer un degré de précision car cela est très dépendant du site et des conditions météorologiques du moment.

La qualité de la chaîne d'acquisition et le silence du mouillage jouent évidemment un rôle important, tout comme utiliser un équipement acoustique couvrant une gamme de fréquences allant jusqu'à 180kHz et donc des enregistreurs ayant une **fréquence d'échantillonnage supérieure ou égale à 360kHz** (théorème de Shannon) et bien traiter les données acoustiques dans ces fréquences.

Le Tableau 6 illustre la différenciation des espèces de delphinidés en fonction des signaux lus sur les spectrogrammes.

³ Confirmation de la présence de signaux biologiques impulsifs (clics) si l'opérateur détecte plus de trois signaux d'intensité suffisante lors de la validation auditive et visuelle.

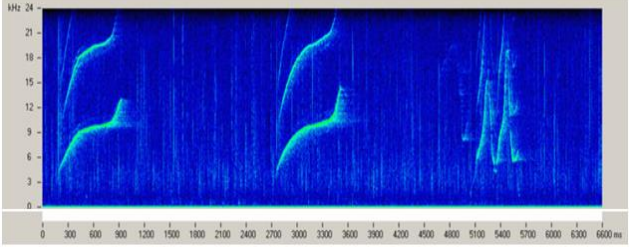
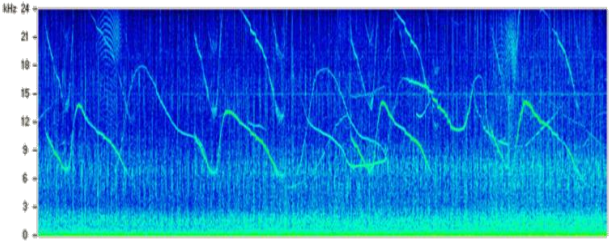
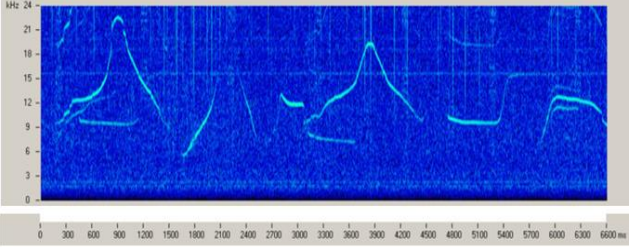
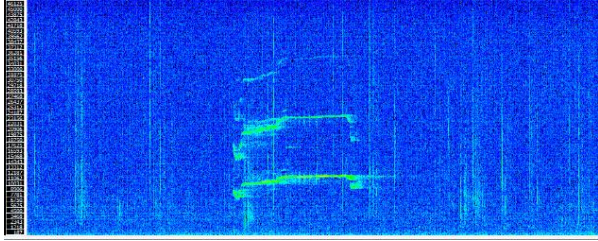
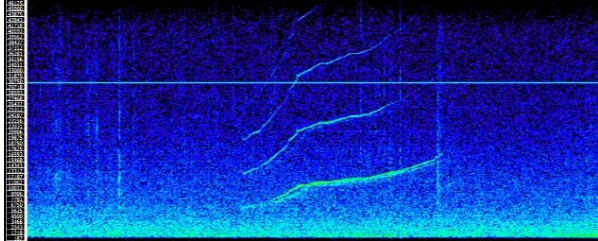
Espèce	Bande de fréquence	Spectrogramme
Grand dauphin <i>(Tursiops truncatus)</i>	5 à 25 kHz	 http://www-3.unipv.it/cibra/edu_dolphins_uk.html
Dauphin bleu-et-blanc <i>(Stenella coeruleoalba)</i>	3.5 à 28.5 kHz	 http://www-3.unipv.it/cibra/edu_dolphins_uk.html
Dauphin commun <i>(Delphinus delphis)</i>	Variation géographique mais en moyenne entre 5 et 20 kHz	 http://www-3.unipv.it/cibra/edu_dolphins_uk.html
Dauphin de Risso <i>(Grampus griseus)</i>	4 à 22 kHz	 Source : Quiet-Oceans
Globicéphale noir <i>(Globicephala melas)</i>	4.2 à 8.9 kHz	 Source : Quiet-Oceans

Tableau 6 : Diversité des sifflements émis par les delphinidés susceptibles de fréquenter la zone du projet.

4.3 INTERPRÉTATION DES DONNÉES DES MAMMIFÈRES MARINS

L'interprétation couvre les aspects suivants :

- Une analyse de l'évolution du nombre de contacts acoustiques par espèces ou groupe d'espèces ;
- La classification des espèces présente lorsque cela est possible ;
- Une analyse statistique par espèces ou groupe d'espèces pour renseigner de l'usage du site :
 - Analyse journalière,
 - Analyse mensuelle,
- Une synthèse des conditions d'expertises ;
- Une synthèse des résultats collectés (espèce, type de fréquentation, saisonnalité, ...) ;
- Des graphes de fréquentation ;
- Une comparaison entre les résultats des différents capteurs, notamment les observations visuelles ;
- Une interprétation biologique des résultats à la lumière des connaissances existantes, notamment celle produites lors de l'étude d'impact.

Les figures ci-dessous illustrent les graphiques et tableaux remis dans l'étude.

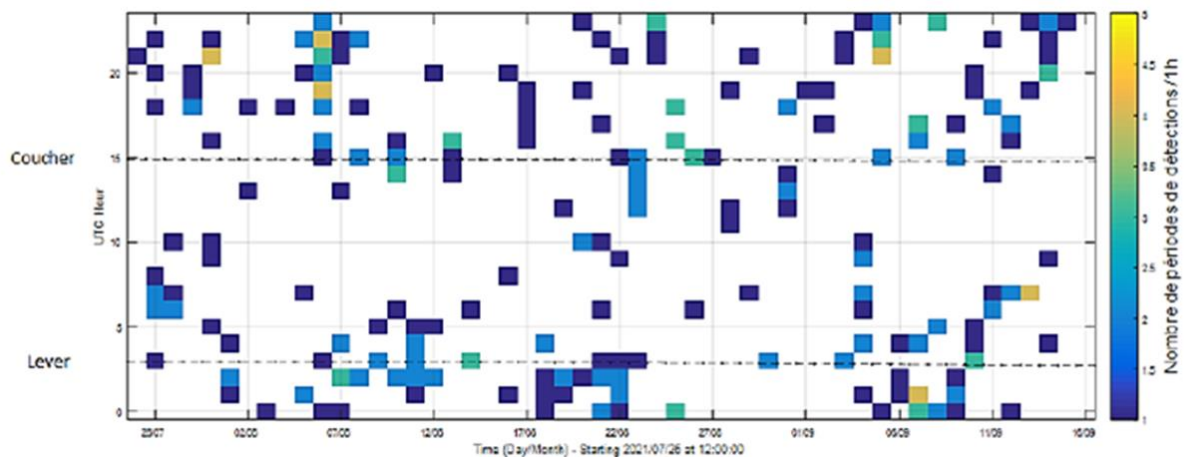


Figure 17 : Exemple de graphique sur les périodes de détection des clics et sifflements de Delphinidés en fonction du jour et de la nuit. Source : Quiet-Oceans.

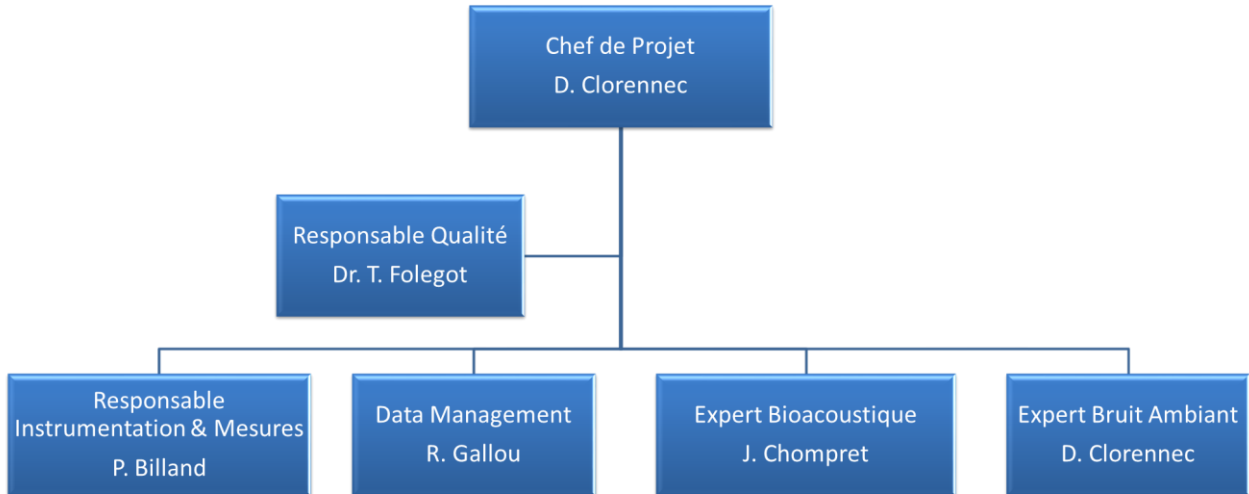
5. GESTION DE LA PRESTATION

5.1 ORGANISATION ET RESPONSABILITES

L'équipe pressentie pour la réalisation de la prestation est une équipe pluridisciplinaire et très expérimentée :

- **Dr. Thomas Folegot** sera **responsable Qualité de l'ensemble de la prestation**. Fondateur de Quiet-Oceans et inventeur de Quonops[®], la plateforme de prévision acoustique opérationnelle de Quiet-Oceans, il est expert international en océano-acoustique. Il est régulièrement consulté sur des problématiques sous-marines en France et à l'étranger. Après une première partie de carrière menée dans le domaine de la Défense (Service Hydrographique et Océanographique de la Marine, DGA, OTAN), Thomas Folegot dirige les activités de Quiet-Oceans et intervient comme expert pour la Commission Européenne et est régulièrement consulté pour conseiller les gouvernements sur les problématiques de bruit sous-marin. Diplôme de Centrale Lyon (1995), il est titulaire d'un doctorat en science de l'Université de Paris (2003), d'une thèse de doctorat en science de Université de Paris (2003) et d'un Executive Master à HEC Paris (2009).
- **Philippe Billand** sera **responsable du volet acquisition de données en mer**. Directeur du département Instrumentation marin et Mesures chez Quiet-Oceans, il est expert en ingénierie des systèmes, en instrumentation marine et en conduite de campagne de validation expérimentale en mer. Depuis une vingtaine d'années, il accompagne les scientifiques de l'Ifremer et du Centre Militaire d'Océanographie et les ingénieurs de Thales Underwater Systems dans le cadre de missions de mesure acoustique. Il a à son actif la participation à plus de 70 campagnes en mer nationales ou internationales. Il est responsable de la partie mesures associée à Quonops[®]. Philippe Billand est titulaire d'une Maîtrise de Sciences et Techniques de l'Industrie.
- **Dr. Dominique Clorennec** sera **chef de projet et responsable de la phase Traitements et interprétation**. Il est expert en traitement du signal océano-acoustique et en développement d'algorithmes. Chercheur expérimentaliste pour le CNRS pendant une dizaine d'années, il a participé à de nombreuses campagnes de mesures acoustiques. Responsable scientifique de la plateforme Quonops[®], il est le garant des données produites et des traitements réalisés. Dr. Dominique Clorennec est titulaire d'un doctorat en science de l'Université de Paris (2002).
- **Justine Chompret** sera **responsable des traitements bioacoustiques dans le cadre de la phase 2**. Elle a acquis lors de sa formation à Intechmer des connaissances en Science et Biologie marine. Par l'intermédiaire d'une expérience au Laboratoire d'Applications Bioacoustiques de Barcelone, elle possède des compétences en termes de reconnaissance des signatures acoustiques qu'elles soient d'origine biologique ou anthropique. Après avoir validé ses acquis de connaissance en Mathématiques, elle est aujourd'hui titulaire du Master en Sciences "Sound and Vibration" de l'Université de Southampton (2013). Justine Chompret est ingénieur d'étude, en charge des analyses sonores.
- **Roger Gallou** sera **responsable des données**. Il est expert senior en traitement et gestion de données d'environnement marin. Il a collaboré en particulier pendant plusieurs années avec l'Ifremer et le Centre Militaire d'Océanographie sur la mise en œuvre d'interfaces et de chaînes de traitements automatisées. Responsable Data & Production, il est garant du cycle de vie des données nécessaire à la réalisation des études acoustiques. Roger Gallou est titulaire d'un DESS hyperfréquence et traitement du signal de l'Université de Bretagne Occidentale de Brest.

Tableau 7. Organigramme du projet



5.2 CERTIFICATIONS

5.2.1 Survie en mer

Les collaborateurs de Quiet-Oceans réalisant des mesures acoustiques sous-marines sont titulaires de certificats à jour :

- de formation de survie en mer BOSIET, HUET et CA-EBS (ci-contre), exigée par les donneurs d'ordre internationaux de l'offshore,
- d'aptitude médicale des gens de mer.

Ils sont aussi, pour la plupart, titulaires d'un permis bateau et ont le statut de **gens de mer**.



5.2.2 Certification professionnelle « Passive Acoustic Monitoring »

Nos experts en bioacoustique est certifiée « **Advanced** » par **PAM-Tech (UK)**.





5.2.3 Certification en mesure du bruit sous-marin

Quiet-Oceans est certifié par Bureau Veritas Marine & Offshore pour la réalisation de mesures de bruit sous-marin.

Certificate of Approval



Approving a Firm engaged in Underwater Radiated Noise measurements related to URN additional class notation.

No. PRS0/FAN/20221007140425

Issued within the scope of the Bureau Veritas Marine & Offshore Division General Conditions
Délivrée dans le cadre des Conditions Générales de la Division Marine & Offshore du Bureau Veritas

This is to certify that:

Company: **QUIET-OCEANS**
Company address: 525 AVENUE DE ROCHON
29280 PLOUZANE
FRANCE

is certified by the Society to carry out and report on underwater radiated noise measurements of ships within the scope of the Rules, Part A, Chapter 1, Section 1, [3.5] and Part A, Chapter 1, Section 2, [6.14].

This certification remains valid until** : 14 September 2025
and may be renewed for a further period of 3 years, subject to satisfactory renewal audit. This certification is given subject to maintenance of original standards and ability of this firm, together with keeping informed the Society of any change in the information originally supplied (including modification in personnel).

Completion date of the assessment on which this certificate based: 15 September 2022

At: PARIS on 29 September 2022

**BUREAU VERITAS
MARINE & OFFSHORE**
S.H. LOO
P.O: M. Pierchon



By Order of the Secretary

** Not later than 3 years after the date of evaluation

Figure 18 : Certification de la capacité de mesures acoustiques sous-marines de Quiet-Oceans par Bureau Veritas

5.3 Moyens à la mer

Pour les opérations de déploiement et la récupération des cages acoustiques, il est prévu de mobiliser le **MINIPLON** de la société Atlantique Scaphandre (Figure 19).

Les références d'Atlantique Scaphandre sont multiples (EDF Renouvelables, ENGIE, cabinets environnementaux...) et le navire est régulièrement audité.

Les caractéristiques du navire sont :

Longueur x Largeur (m)	22 x 6.5 m
Type	3eme Catégorie - 70m ² de pont
Vitesse transit	9 Nds
Capacité	6 pers

Les équipements du navire sont :

Grue	Treuil et portique de 1T
Techniques	Cabestan

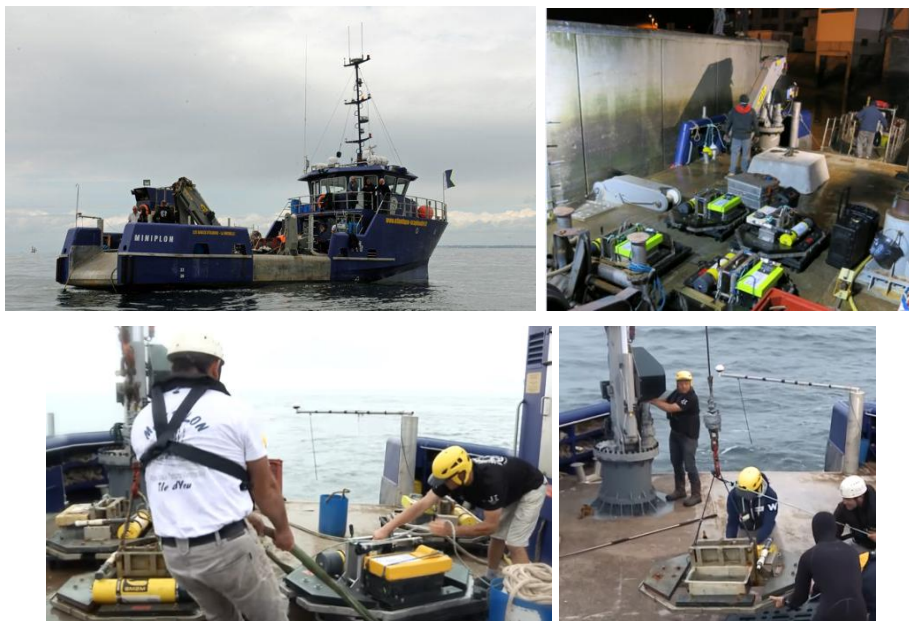


Figure 19 : Le navire MINIPLON en opération pour Quiet-Oceans. Source : Quiet-Oceans.

5.4 Standards applicables

Les standards applicables sont les suivants :

- MTES (2020). *Préconisations pour limiter les impacts des émissions acoustiques en mer d'origine anthropique sur la faune marine*. Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire. Paris, France.
- NOAA (2018). *2018 Revisions to: Technical Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing (Version 2.0): Underwater Thresholds for Onset of Permanent and Temporary Threshold Shifts*. U.S. Dept. of Commerce, NOAA, National Marine Fisheries Service. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-59, 167 p.
- Southall B L et al. (2019). *Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Updated Scientific Recommendations for Residual Hearing Effects*. Aquatic Mammals 2019, 45(2), 125-232, DOI 10.1578/AM.45.2.2019.125.
- Popper, A.N. et al. (2014). *Sound Exposure Guidelines for Fishes and Sea Turtles: A Technical Report prepared by ANSI-Accredited Standards Committee S3/SC1 and registered with ANSI. ASA S3/SC1.4 TR-2014*. 10.1007/978-3-319-06659-2. New York, United States.
- ISO 18405 Underwater Acoustics – Terminology (ISO, Geneva, 2017);
- ANSI/ASA S12.64-2009/Part 1, 2009. Quantities and Procedures for Description and Measurement of Underwater Sound from Ships -Part 1: General Requirements, American National Standard Institute, USA, 2009
- ANSI/ASA S1.20-2012, Procedures for Calibration of Underwater Electroacoustic Transducers, American National Standard Institute, USA, 2012.
- IEC 61260:2014, Electroacoustics Octave-band and fractional-octave-band filters, International Electrotechnical Commission, Geneva, Switzerland.
- IEC 60565:2006, Underwater acoustics -Hydrophones -Calibration in the frequency range 0.01Hz to 1 MHz.
- IEC 60050:1994, International Electrotechnical Vocabulary, part 801: Acoustics and Electroacoustics, (section 801-32 covers terms for underwater acoustics), International Electrotechnical Commission (IEC), Geneva, 1994.
- ISO1996-1: 2006, Acoustics –Description, measurement and assessment of environmental noise – Part 1: Basic quantities and assessment procedures. International Organization for Standardization, Geneva, 2006.
- ISO 80000-8: 2007. Quantities and units –part 8: Acoustics, International Organization for Standardisation, Geneva, 2007.
- ISO/TR 25417:2007. Acoustics Definitions of basic quantities and terms. International Organization for Standardisation (ISO), Geneva, 2007.
- ISO/PAS 17208-1:2012 Acoustics —Quantities and procedures for description and measurement of underwater sound from ships. Part 1: General requirements for measurements in deep water, International Organization for Standardisation, Geneva, 2012.
- NPL (2014), Good Practice Guide for Underwater Noise Measurement, National Measurement Office, Marine Scotland, The Crown Estate, Robinson, S.P., Lepper, P. A. and Hazelwood, R.A., NPL Good Practice, Guide No. 133, ISSN: 1368-6550, 2014.
- ISO 18406:2017 (2017). Underwater acoustics -- Measurement of radiated underwater sound from percussive pile driving, International Organization for Standardisation, Geneva, Switzerland.