

Parc du Banc de Guérande

PARC EOLIEN EN MER DE SAINT-NAZAIRE

MSU7 : Suivi du bruit et des mammifères marins pendant les travaux de battage des fondations monopieux

MR6 : Mesure de réduction d'impact par effarouchement préalable aux travaux

MR7 : Mesure de réduction d'impact par démarrage progressif des travaux

Phase Construction – Rapport opérationnel

Décembre 2022

Contexte

Ce document s'inscrit dans le cadre de l'article 6.2 de l'arrêté préfectoral du 17 mars 2016 portant autorisation au titre de l'article L214-3 du Code de l'Environnement concernant l'autorisation relative au projet de construction et d'exploitation d'un parc éolien en mer au large de la commune de Saint-Nazaire.

L'article 2.6 indique que : « *Un comité technique environnemental est institué. Il est chargé d'expertiser : (...) la bonne mise en œuvre de l'ensemble du programme de mesures de suivis* ».

Dans ce cadre, le document ci-après présente aux membres du CTE, pour information, le rapport opérationnel d'exécution au cours de la phase de construction des mesures :

- MSU7 : Suivi du bruit et des mammifères marins pendant les travaux de battage des fondations monopieux ;
- MR6 : Mesure de réduction d'impact par effarouchement préalable aux travaux ;
- MR7 : Mesure de réduction d'impact par démarrage progressif des travaux.

Ces mesures sont entièrement et exclusivement associées à la mise en œuvre des opérations de battage pour l'installation de 37 des 80 fondations du parc éolien en mer de St Nazaire. Afin de faciliter leur mise en œuvre, leur exécution a été confiée à la société DEME, en charge de l'installation des fondations en mer. L'équipe du parc éolien en mer de St Nazaire a supervisé le dimensionnement de ces mesures et moyens et contrôlé leur bonne mise en œuvre au fur et à mesure de la construction du parc éolien.

Ces mesures, inscrites dans l'arrêté préfectoral d'autorisation du projet, ont fait l'objet d'une succession d'échanges avec les services de l'Etat et avec les membres du CTE. Le tableau ci-dessous retrace les différentes étapes et documents relatifs à ces sujets.

Date	Jalon – Rapport
2014	Etude du bruit sous-marin et des mammifères marins pour la description de l'Etat Initial du site
2015	Etude d'Impact Environnementale, incluant : <ul style="list-style-type: none">- Identification des impacts au regard des travaux prévus- Mesures de réduction d'impact appliquées à la phase de construction- Proposition de mesures de suivi environnemental
mars-16	Arrêté préfectoral autorisant le projet de parc éolien en mer de Saint Nazaire, incluant la liste des mesures environnementales et de suivi à mettre en œuvre tout au long de la vie du projet

Nov-20	CTE n°5 : <ul style="list-style-type: none"> - Protocole de mise en œuvre des mesures de réduction d'impact MR6 (effarouchement préalable aux travaux) et MR7 (démarrage progressif des travaux) - Protocole de suivi des mammifères marins et du bruit sous-marin pendant les opérations de battage des fondations
Été 2021	Contrôle de la mise en œuvre des mesures MR6, MR7, MSU7 par la DDTM
Sept-21	Réunion scientifique et technique avec les membres du CTE pour présenter l'avancée des travaux de battage de fondations et la mise en œuvre des mesures
nov-22	CTE n°9 : Rapport opérationnel de mise en œuvre des mesures MR6, MR7 et MSU7



Suivi du bruit sous-marin et des mammifères marins dans le cadre des opérations de battage pour l'installation du parc éolien en mer de Saint Nazaire

Rapport d'opérations 2021 et 2022

Identification du document

Référence document	QO.20190711.15.RAP.001.0303A
Donneur d'ordre	Parc du Banc de Guérande
Client	DEME Offshore
Code client	SNA
Référence contrat	

PROJET	DOC	CHRONO	VER	IND	CLIENT	ACRO	DATE	TYPE	CLASSE
QO.20190711.15	RAP	001	03	A	DEME	SNA	15.11.2022	PROD	DR



Ocean Noise Forecasting Monitoring & Mitigation



Version	Ind.	Responsable	Vérification	Validation	Transmission	Description
01	A	J. Bellanger	D. Clorennec	C. Bois	03.08.2022	Version initiale
02	A	J. Bellanger	D. Clorennec	C. Bois	24.10.2022	Prise en compte des commentaires EDF et rajout résultats 2022
03	A	J. Bellanger	D. Clorennec		18.11.2022	Prise en compte des commentaires EDF

Citation

J. Bellanger, D. Clorennec, P Billand, T Folegot (2022), Suivi du bruit sous-marin et des mammifères marins dans le cadre des opérations de battage pour l'installation du parc éolien en mer de Saint Nazaire, Rapport d'opérations 2021 et 2022, QO.20190711.15.RAP.001.03A, Quiet-Oceans, Brest, France



Contenu

Contenu.....	3
Table des figures.....	5
Table des tableaux.....	6
Chapitre I. Contexte et rappel du protocole	7
I.1. Objectif du document.....	7
I.2. Contexte du projet.....	7
I.3. Champ d'application.....	8
I.4. Objectifs du monitoring acoustique	8
I.5. Système de mitigation acoustique	8
I.6. Documents de référence	8
I.7. Equipement et protocole des suivis	9
I.7.1. Liste des équipements	9
I.7.2. Description technique des moyens d'effarouchement acoustiques (MR6)	9
I.7.3. Protocole de démarrage progressif du battage-ou soft start- (MR7).....	12
I.7.4. Description technique des équipements acoustiques passifs (MR6, MR7 et MSU7).....	13
I.7.5. Communication	19
I.7.6. Déploiement des bouées Smart-PAM	20
I.8. Matrice de décision	21
Chapitre II. Résultats du monitoring du bruit sous-marin	24
Chapitre III. Conclusions.....	28
III.1. Rappel du contexte.....	28
III.2. Synthèse des résultats	28
Chapitre IV. Annexes.....	30
Annexe A : Protocole standard de déploiement / récupération de la bouée et du mouillage Smart-PAM	31
A.1 Description du mouillage	31
A.2 Composition du mouillage.....	32
A.3 Préparation pré-déploiement.....	32
A.4 Inspection avant déploiement.....	33
A.5 Protocole de déploiement.....	33
A.5.1 Exigences relatives au navire	33
A.5.2 Information à l'intention de la direction du navire et de l'équipage	33
A.5.3 Rôles et responsabilités	33
A.5.4 Procédure de déploiement	33
A.5.4.1. Avant le départ du navire ou pendant le transit.....	33
A.5.4.2. En mer, à l'approche du point de mouillage	34
A.6 Procédure de récupération	36
A.6.1 Exigences relatives au navire	36
A.6.2 Information à l'intention de la direction du navire et de l'équipage	36
A.6.3 Rôles et responsabilités	36
A.6.4 Procédure de récupération	36
A.6.4.1. En mer, à l'approche du point de mouillage	36

A.6.4.2. A la position de la bouée de surface	37
Annexe B : Rapports de monitoring acoustique des piles	38

Table des figures

Figure 1 : Plan du parc éolien offshore. Les cercles rouges identifient les 37 piles battues soumises au contrôle du bruit et des mammifères marins.....	7
Figure 2 : Implémentation des moyens d'effarouchement.	9
Figure 3 : Spectrogramme sur le poste de surveillance de la bouée Smart-PAM montrant les signaux d'effarouchement des phoques à 740m (pile D05, 14/01/2022).	10
Figure 4 : Spectrogrammes sur la station de surveillance de la bouée Smart-PAM montrant les signaux des pingres à 740 m (pile D05, 14/01/2022)	12
Figure 5 : Evolution progressive du niveau d'exposition sonore émis (SEL) dans le cas du battage complet de la pile E15.	13
Figure 6 : Bouée temps réel Smart-PAM (source Quiet-Ocean).....	14
Figure 7 : Bouées Smart-PAM sur pont du navire Alma Kappa (source Quiet-Oceans)	15
Figure 8 : Déploiement de bouées Smart-PAM (source Quiet-Oceans).	15
Figure 9 : Caractéristiques techniques de l'hydrophone M36-900	17
Figure 10 : Réponse en fréquence de l'hydrophone M36-900, fabriqué par Geospectrum.....	17
Figure 11 : Cage hydrophonique	18
Figure 12 : Poste de travail Smart-PAM pour les opérateurs PAM (pile F08)	18
Figure 13 : Aperçu des systèmes de communication	19
Figure 14 : Équipe de déploiement et de récupération devant les bouées Smart-PAM du navire support Alma Kappa.....	21
Figure 15 : Matrice de décision (source DEME)	22
Figure 16 : Organigramme de décision en cas de détection acoustique d'un mammifère marin	23
Figure 17 : Implantation géographique du suivi de l'installation des fondations	24
Figure 18 : Conception de la ligne de mouillage	31
Figure 19 : Illustration du protocole de déploiement.....	35
Figure 20 : Illustration du protocole de récupération	37

Table des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques de l'effaroucheur de phoques. Source: Lofitech	10
Tableau 2 : Caractéristiques du module d'effarouchement acoustique DDD03. Source : STM Products	11
Tableau 3 : Spécifications techniques de la bouée Smart-PAM.....	16
Tableau 4 : Synthèse des déploiements Smart-PAM.....	20
Tableau 5 : Résumé des résultats de monitoring	25
Tableau 6 : Composition du mouillage	32

Chapitre I. Contexte et rappel du protocole

I.1. Objectif du document

Ce rapport traite des résultats des suivis acoustiques sous-marins réalisés pour les 37 fondations du parc éolien de Saint Nazaire (SNA) en 2021 et 2022 (du 06/05/2021 au 07/05/2022).

I.2. Contexte du projet

La société DEME Offshore France (DEME) a été contractée par EDF-EN dans le cadre de la construction du parc éolien en mer de Saint Nazaire (PEM). Ce parc éolien en mer de Saint Nazaire est situé en France, dans le département de la Loire Atlantique, approximativement à 15km à l'ouest de la ville de St Nazaire, et a une distance minimale de 12km des côtes. L'aire couverte par le parc est de 78km², et la hauteur d'eau sur site varie approximativement entre 10,5m et 24.0m LAT. Le parc sera composé de 80 éoliennes de capacité unitaire de 6.0MW. De ce fait, la capacité totale maximale sera de 480 MW.

Les monopieux sont enfoncées dans le fond marin par le navire de soutien offshore « Innovation » opéré la société DEME. Lors des opérations de battage, des mesures d'effarouchement sont mises en place au préalable, afin d'éloigner les mammifères marins des travaux.

Dans le but de répondre aux exigences des autorités locales concernant le processus de construction, des mesures du bruit sous-marin, des procédures d'effarouchement acoustique et des mesures de surveillance des mammifères marins doivent être effectuées pour tous les pieux battus.

Quiet-Oceans a été mandatée pour réaliser les suivis du bruit sous-marin, le suivi de la présence acoustique des mammifères marins, et pour fournir les moyens utiles à l'effarouchement pour 37 fondations sur les 80 à installer (Figure 1).

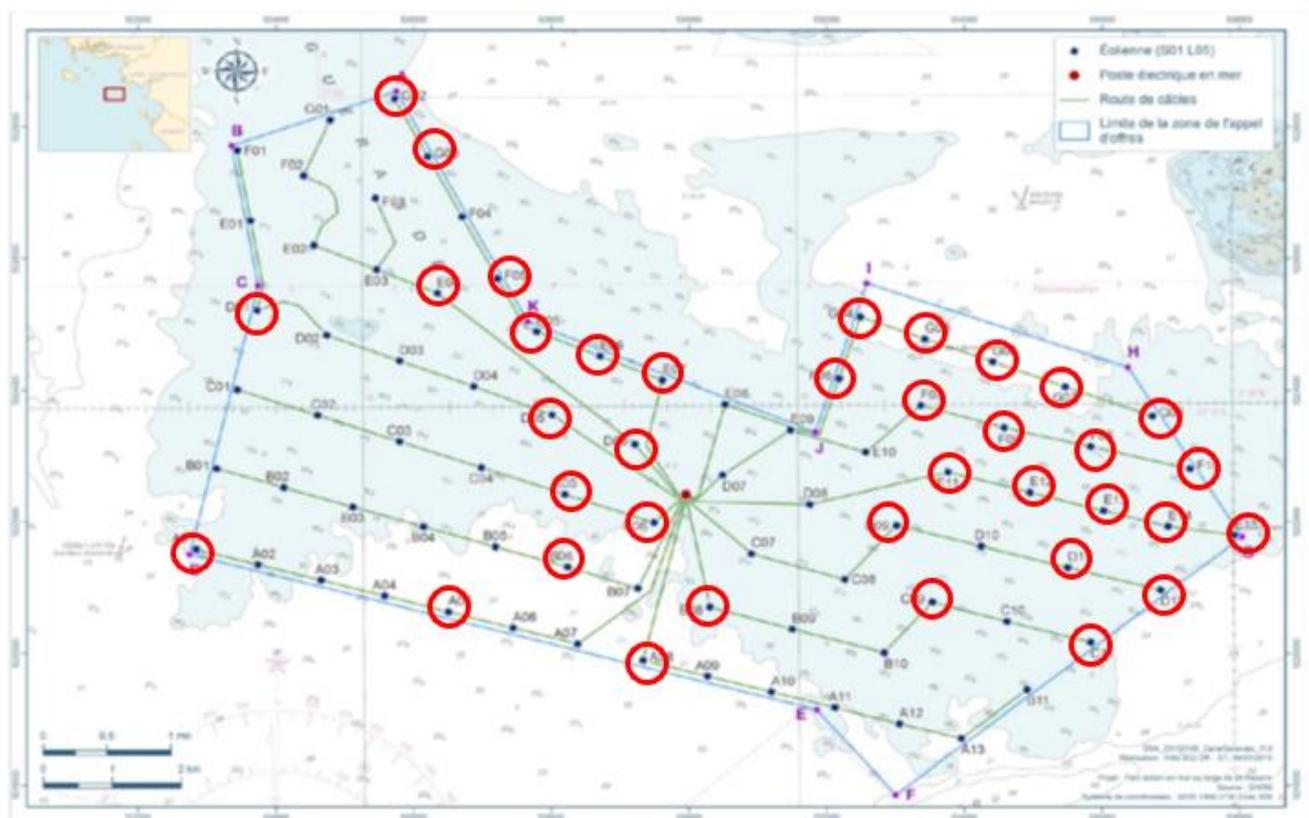


Figure 1 : Plan du parc éolien offshore. Les cercles rouges identifient les 37 piles battues soumises au contrôle du bruit et des mammifères marins.

I.3. Champ d'application

Le projet a été autorisé à condition que différentes mesures soient mises en place pendant les travaux. Selon les exigences respectives des autorités, les protocoles/mesures suivants seront mis en œuvre par Quiet-Oceans comme suit :

1. **Effarouchement** (référence à MR6 du donneur d'ordre) : Quiet-Oceans est en charge de la fourniture de dispositifs de dissuasion acoustique, la mise en œuvre sera sous la responsabilité du client (la société DEME).
2. **Démarrage progressif -ou soft start-** (référence à MR7 des exigences du donneur d'ordre) : Contrôler et documenter la procédure de démarrage progressif.
3. **Suivi en temps réel** de la présence des mammifères marins (référence à MSU7 des Exigences du Maître d'Ouvrage) avant et pendant les opérations de battage : détection des mammifères marins :
 - a. Marsouin commun (*Phocoena phocoena*), une espèce de la classe acoustique haute fréquence ;
 - b. Dauphin commun à bec court (*Delphinus delphis*), une espèce de la classe acoustique moyenne fréquence;
 - c. Le grand dauphin commun (*Tursiops truncatus*), une espèce de la classe acoustique moyenne fréquence.
4. **Mesure en temps réel** du niveau de bruit à une position de la bouée et rapport sur la conformité aux limites de bruit (référence aux exigences du client).

I.4. Objectifs du monitoring acoustique

Les objectifs de ce projet sont de :

- ✓ Fournir au donneur d'ordre des dispositifs de dissuasion acoustique pour les mammifères marins,
- ✓ Réaliser des mesures de bruit sous-marin avec 6 bouées connectées et en temps réel, chacune équipée d'un hydrophone,
- ✓ Mettre en œuvre la mesure et le traitement en temps réel,
- ✓ Détecter en temps réel la présence de Marsouins et/ou de Dauphins pendant la phase de pré-battage et pendant la phase de battage,
- ✓ Déduire des niveaux mesurés, sur deux bouées, une estimation du niveau de source en temps réel,
- ✓ Se conformer aux exigences du client et du maître d'ouvrage en matière de gestion de la santé, de la sécurité et de la qualité.

I.5. Système de mitigation acoustique

Un système de mitigation acoustique (MODIGA) a été mis en place par DEME Offshore pour réduire les niveaux de bruit sous-marin engendrés par les opérations de battage.

I.6. Documents de référence

Ce rapport est basé sur les documents de référence suivants. En particulier, le document de déclaration de méthode (Folegot et al., 2021) fournit les détails sur l'instrumentation utilisée, l'étalonnage, les protocoles, le traitement, l'évaluation des risques, les procédures de déploiement et de récupération, etc.

Liste des documents :

- ✓ BV_URN NR614_QUIET-OCEANS_CSS_Certification 2018-2021.pdf
- ✓ Lofitech Effaroucheur à phoques Manual.pdf
- ✓ STM Pinger DDD03 Manual.pdf
- ✓ Carmanah-M650H-Solar-Marine-Lantern-Specification-Sheet.pdf

- ✓ BROCHURE-M351-2105.09-v1.0_EMAIL_WEB_COPY_(2015-09-11).pdf
- ✓ M351_Field_Calibrator_User_Manual.pdf
- ✓ QO.20190711.10.PRO.001.02A.DEME.SmartPAM Standard Deployment & Recovery Protocol.pdf
- ✓ QO.20150505.00.QMS.001.01B.QO.Quality Management System.pdf
- ✓ QO.20141201.00.HSE.001.01B.QO.HSE Management System.pdf
- ✓ QO.20190711.10.RAP.001.01A.DEME.SNA.Calibration sheets.pdf

1.7. Equipement et protocole des suivis

1.7.1. Liste des équipements

Les équipements utilisés pour ce projet sont :

- ✓ Des systèmes d'effarouchement (effaroucheur à phoques et pingers) avec des pièces de rechange et leurs dispositifs d'alimentation ;
- ✓ 6 (+ 1 de secours) bouées Smart-PAM, avec des amarres, du lest et des pièces de rechange pour l'équipement ;
- ✓ Un calibrateur acoustique pour hydrophones ;
- ✓ Un système de communication avec deux postes de travail de surveillance à bord du navire d'installation (Innovation) et du navire de soutien (Alma Kappa).

1.7.2. Description technique des moyens d'effarouchement acoustiques (MR6)

Pour mettre en œuvre la mesure MR6, des dispositifs d'effarouchement sont utilisés : des effaroucheurs à phoques et des pingers. Ils sont utilisés par DEME Offshore à partir du navire support « Innovation ». Le transducteur de l'effaroucheur à phoques et le câble du pinger sont mis à l'eau comme illustré dans la Figure 2, 30 minutes avant chaque démarrage de l'atelier de battage.

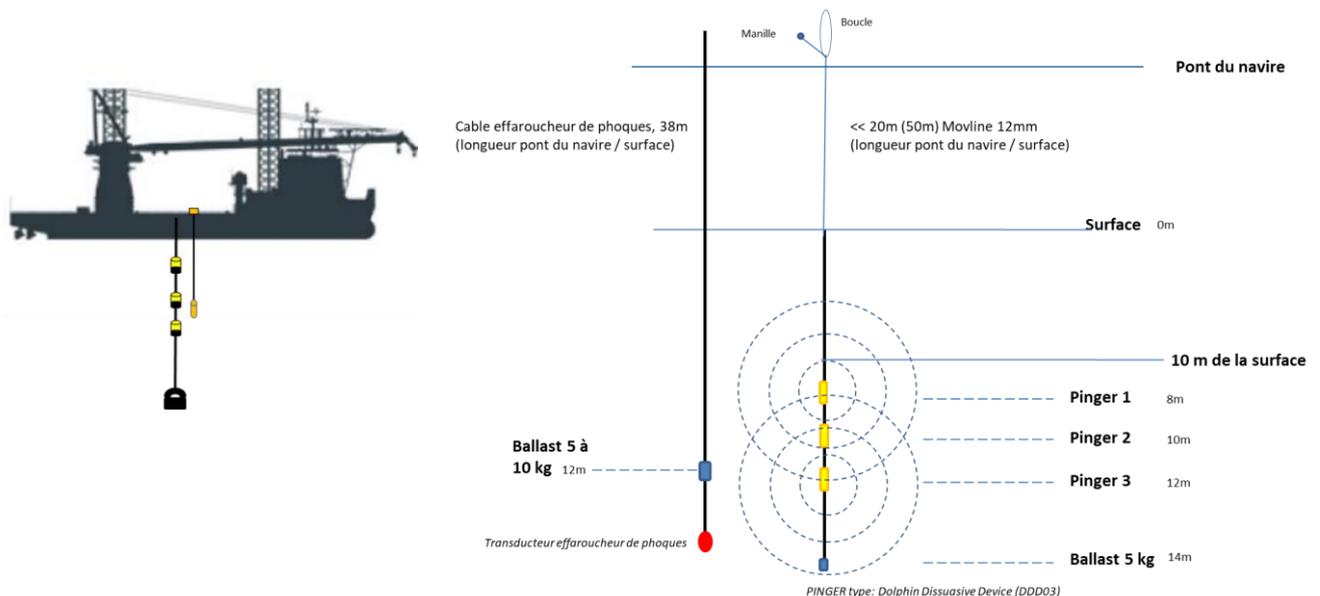


Figure 2 : Implémentation des moyens d'effarouchement.

1.7.2.a. Effaroucheur à phoques

Fabriqué par Lofitech en Norvège, l'effaroucheur à phoques est constitué :

- ✓ D'une unité de commande étanche ;
- ✓ D'un transducteur qui est suspendu dans l'eau ;
- ✓ D'un câble de 50 m qui relie l'unité étanche au transducteur ;
- ✓ D'un câble électrique pour connecter l'unité de contrôle étanche à une batterie marine ordinaire de 12V.

Il est utilisé pour éloigner les phoques et les marsouins des travaux. Son efficacité est reconnue scientifiquement. Il a en effet reçu la meilleure notation (« preuve scientifique élevée ») pour son efficacité sur les pinnipèdes et, comme son nom ne l'indique pas, également sur les phocoenidae (marsouins) par l'agence britannique JNCC (Joint Nature Conservation Committee) dans son rapport sur les effaroucheurs paru en 2020.

Cet équipement est livré avec une batterie (Batterie 12V/60Ah AGM Deep Cycle Victron) dans une caisse de transport, accompagné d'un chargeur de batterie.

Un deuxième jeu (effaroucheur à phoques, batterie, chargeur et caisse de transport) est fourni en recharge.

Fréquence	10 – 20 KHz
Niveau de source	198dB (1 μ Pa @ 1m)
Consommation électrique	0.4A/12V
Rayon d'efficacité	Environ 300 m (rayon du transducteur/de la tête de lecture)
Profondeur max.	50 m (longueur du câble)
Dimensions	Unité de commande : 60 x 30 x 40cm



Tableau 1 : Caractéristiques de l'effaroucheur de phoques. Source: Lofitech

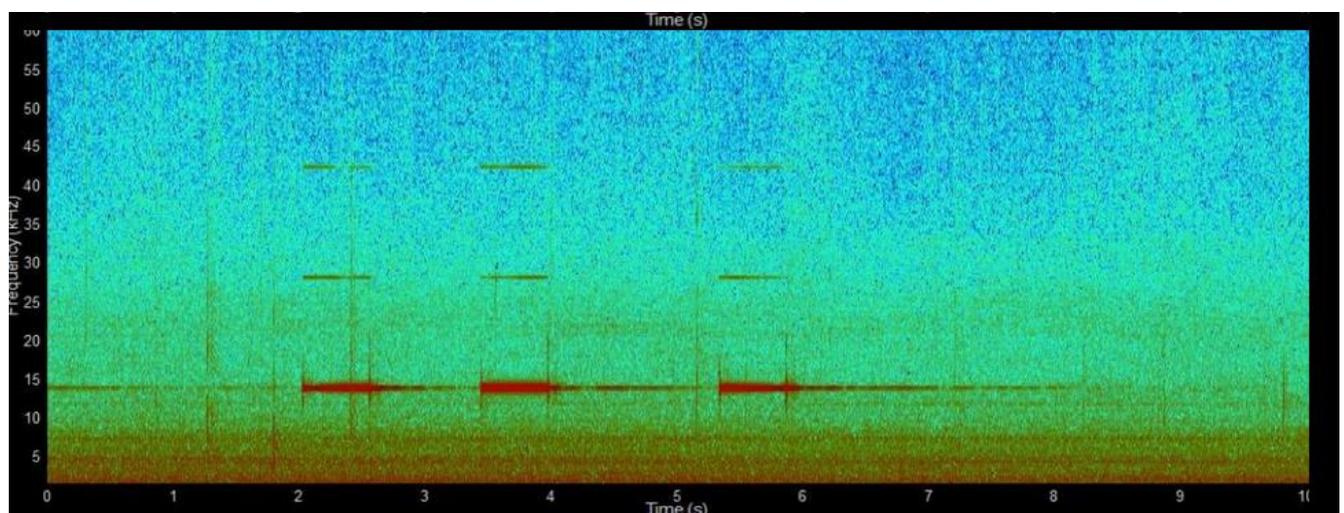


Figure 3 : Spectrogramme sur le poste de surveillance de la bouée Smart-PAM montrant les signaux d'effarouchement des phoques à 740m (pile D05, 14/01/2022).

1.7.2.b. Pingers

Les pingers utilisés pour ce projet sont des Dolphin Dissuasive Devices (DDD03) fabriqués par STM Products S.r.l. en Italie. Ils sont utilisés pour éloigner les delphinidés des travaux.

Ce modèle de pinger a été mis en œuvre avec succès depuis 2004 pour éloigner les dauphins des équipements de pêche. Selon l'agence britannique JNCC, cet équipement bénéficie d'une "preuve scientifique élevée" dans son examen 2020 des dispositifs de dissuasion acoustique pour son efficacité sur les dauphins.

Lorsqu'il est mis dans l'eau, le DDD03 émet des signaux dissuasifs aléatoires omnidirectionnels. L'efficacité générale de ce dispositif est supérieure à celle de l'ADD proposé dans les exigences du consentement (caractéristiques du Tableau 2).

Le dispositif pinger utilisé pour ce projet comprend :

- ✓ 1 ligne de déploiement avec 3 unités de dispositifs de dissuasion acoustique DDD03 ;
- ✓ 1 chargeur ;
- ✓ une valise de transport.

Un deuxième ensemble est fourni comme réserve.

Fréquence	Aléatoire entre 5 et 500 KHz
Niveaux de source	165dB (1 µPa @ 1m)
Batteries	Rechargeable NiMH Jusqu'à 1000 cycles de charge/décharge
Rayon d'efficacité	Environ 300m
Profondeur max.	200 m
Dimensions	Diamètre 62 mm x long. 215 mm
Poids	940 g



Chargeur

Tableau 2 : Caractéristiques du module d'effarouchement acoustique DDD03. Source : STM Products

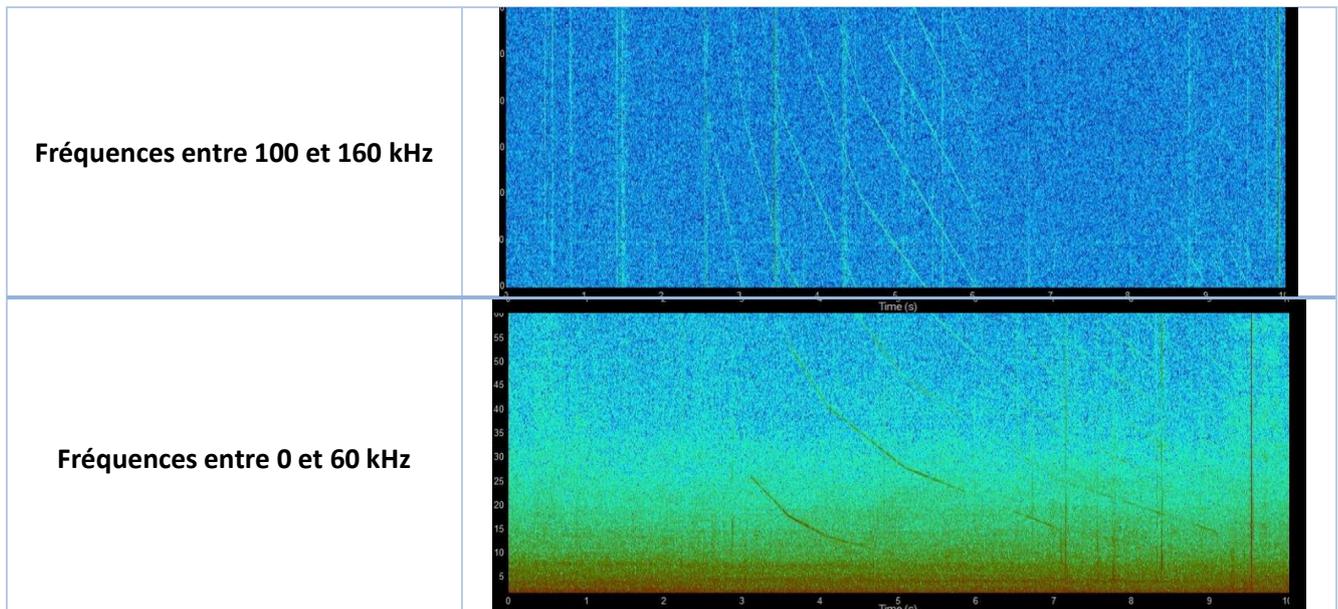


Figure 4 : Spectrogrammes sur la station de surveillance de la bouée Smart-PAM montrant les signaux des pingers à 740 m (pile D05, 14/01/2022)

1.7.3. Protocole de démarrage progressif du battage-ou soft start- (MR7)

Le démarrage progressif du battage (ou soft start) permet aux mammifères marins présents de prévenir et de quitter la zone des travaux au début du battage. Il consiste à moduler progressivement l'énergie et la cadence des coups de marteau pour permettre une progressivité dans l'augmentation des niveaux sonores induits par le battage.

Les paramètres appliqués de la procédure de démarrage progressif, ainsi qu'une illustration du niveau sonore d'exposition résultant sont visibles dans le Tableau 1 et la Figure 5. Cette figure montre l'augmentation progressive du niveau d'exposition sonore perçu à 740m lors du battage complet de la pile E15. Entre le début et la fin de battage, l'écart est de 14 dB.

Tableau 1 : Paramètres du démarrage progressif selon les exigences de l'arrêté.

All driven piles (driven only, hybrid and non-grouted hybrid)		
Period [min]	Blow frequency	Energy [kJ]
0 to 7	max. 10 blows/min	max. 600 (15%)
7 to 14		max. 1600 (40%)
14 to 20	max. 15 blows/min	max. 2400 (60%)
20 to End of piling	max. 55 blows/min	max. 3000 (75%)
	max. 35 blows/min	for 4000 (100%)

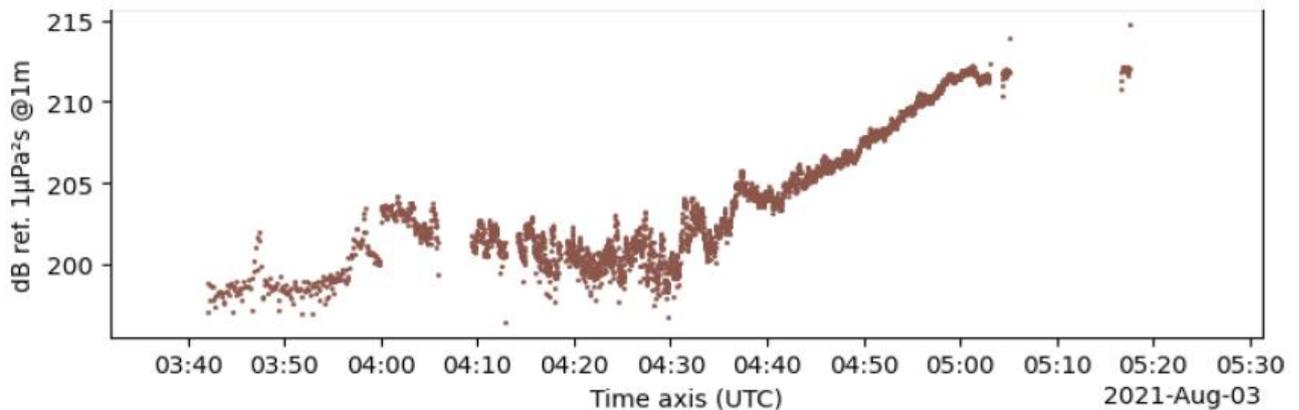


Figure 5 : Evolution progressive du niveau d'exposition sonore émis (SEL) dans le cas du battage complet de la pile E15.

1.7.4. Description technique des équipements acoustiques passifs (MR6, MR7 et MSU7)

Quiet-Oceans fournit un système de monitoring du bruit sous-marin en temps réel pour :

- ✓ Mettre en œuvre la mesure MSU7 (détection des mammifères marins),
- ✓ Documenter la mise en œuvre des mesures MR6 (effarouchement acoustique) et MR7 (soft start),
- ✓ Surveiller le niveau de bruit à la position de la bouée et estimer le niveau sonore à la source.

1.7.4.a. Smart-PAM

Pour permettre aux gouvernements et aux industriels de surveiller et de limiter l'impact du bruit sous-marin sur la vie marine, Quiet-Oceans, en partenariat avec le Laboratoire d'application bioacoustique (Barcelone, Espagne), a mis au point Smart-PAM, une bouée intelligente et communicante exclusive, qui permet de surveiller les paysages sonores sous-marins en temps réel.

Smart-PAM (Figure 6) permet d'accéder à une multitude de services liés aux monitorings acoustique et bioacoustique, notamment :

- ✓ L'estimation temps réel des niveaux de bruit perçus ;
- ✓ L'évaluation visuelle temps réel de spectrogrammes (analyse temps/fréquence du son) ;
- ✓ La détection automatique d'évènement sonores (biologiques ou anthropiques) -non compris dans ce projet-.

Dans le contexte de projets offshores, Smart-PAM fournit les outils suivants :

- ✓ Le monitoring du niveau de bruit : mesure en continu du niveau de pression zéro -crête (SPL 0-pk) et du niveau d'exposition sonores (SEL),
- ✓ La détection en temps réel des cétacés : la présence de mammifères marins est basée sur la détection de sons de type clic et sifflement par des algorithmes de pointe développés au Laboratoire d'applications bioacoustiques de Barcelone (Espagne),
- ✓ Rapport et analyse : les données sont traitées en temps réel et immédiatement affichées pour les opérateurs à distance. Toutes les données traitées sont stockées dans une base de données, ce qui permet une post-analyse et des rapports semi-automatiques sur le terrain et des rapports finaux.

L'acquisition acoustique est réalisée avec un système Porpoise (Tableau 3, Figure 6) fabriqué par Turbulent Research au Canada. La fréquence d'échantillonnage est réglable et fixée à 384 kHz afin de couvrir la bande de fréquence des marsouins et des dauphins. Le signal est numérisé à une résolution de 24 bits. Le traitement des spectrogrammes et le calcul des niveaux sonores sont intégrés dans l'électronique de Smart-PAM. La communication des données en temps réel se fait par Wi-Fi longue portée basé sur la technologie Ubiquity.

Le module de puissance de Smart-PAM permet une autonomie de 60 heures, renforcée par des panneaux solaires qui permettent de recharger la batterie en continu, même lorsque les bouées sont éteintes. Pour économiser l'énergie, une télécommande à radiofréquence permet d'allumer les bouées uniquement lorsque cela est nécessaire, peu avant le début de la mesure. La recharge de la batterie, lorsqu'elle est connectée au réseau électrique 230V, est réalisée en 10 à 12 heures environ.

Smart-PAM intègre des éléments de sécurité pour la navigation. Elle est assimilable à une "marque spéciale" conformément aux obligations de l'Association internationale des aides maritimes à la navigation et des autorités de phares (AISM), avec une croix de Saint-André jaune visible à 360°, et des signalisations nocturnes avec un gyrophare autonome de 360° s'allumant automatiquement en fonction de la luminosité (identification ODAS).

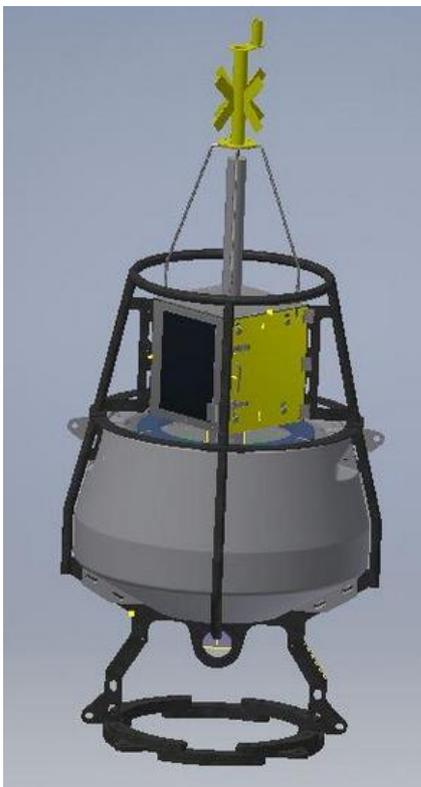


Figure 6 : Bouée temps réel Smart-PAM (source Quiet-Oceans).



Figure 7 : Bouées Smart-PAM sur pont du navire Alma Kappa (source Quiet-Oceans)

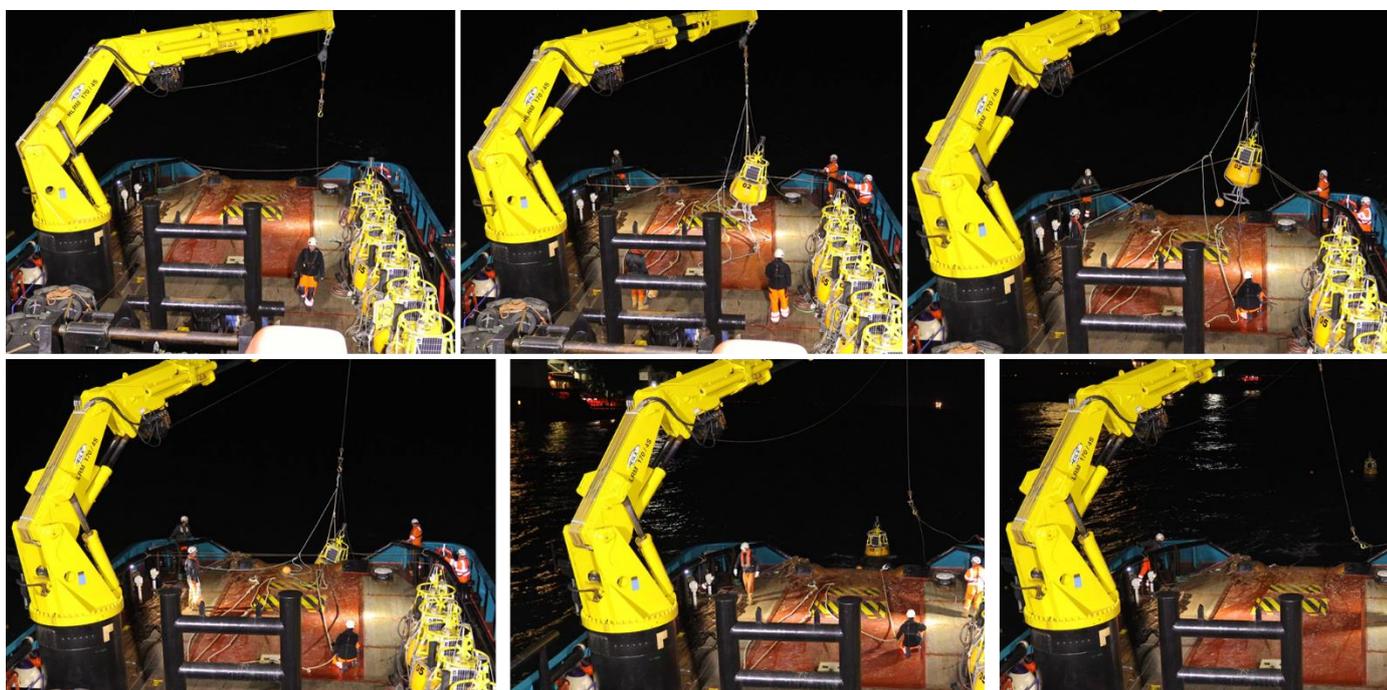


Figure 8 : Déploiement de bouées Smart-PAM (source Quiet-Oceans).

Tableau 3 : Spécifications techniques de la bouée Smart-PAM

Profondeur max de l'hydrophone	70m
Gamme de fréquences	5Hz-125 kHz
Fréquence d'échantillonnage	384 kHz
Résolution numérique des données	24 bits
Format des données	Données brutes en wav. Données traitées en ASCII.
Temps d'échantillonnage & durée des mesures	Mesures continues. Spectrogrammes de 10s. Traitement acoustique de 0.5s.
Horodatage	Horodatage GPS. Heure UTC.
Sensibilité acoustique	-200 dB ref 1µPa ou -205 dB ref 1µPa
Gain	Ajustable 0-45 dB
Contrôle à distance	Contrôle On/Off par radiofréquence jusqu'à 1500m
Calibration	Calibration par le constructeur de l'hydrophone
Production d'énergie	Panneaux solaires – 3x27Wc
Autonomie	Batteries Lithium-Ion/ jusqu'à 60 heures d'autonomie
Capacité de stockage	1To
Communication	Wifi longue portée (AIRMAX) jusqu'à 1000m
Type de bouée	Mobilis DB500
Poids	Ajustable 296-342kg
Dimensions de la bouée	120cm (Ø) x 302cm (H)

1.7.4.b. Hydrophones

La bouée smart-PAM est équipée d'un hydrophone M36-900 fabriqué par Geospectrum (spécifications techniques données Figure 9). L'hydrophone à usage polyvalent M36-900 offre une haute sensibilité, un faible bruit système et une réponse en fréquence plate sur une large gamme de fréquences couvrant les exigences de ce projet :

- ✓ Incertitude maximum de +/-2dB (Figure 10);
- ✓ Gamme de fréquences allant de 1 Hz jusqu'à plus de 125 kHz.



Characteristics	
Nominal Voltage Sensitivity (without preamp)	-200 dBV re 1 μ Pa @ 20°C
Size	7.8" length, 1.3" max OD
Depth Rating	2500 m
Storage and Operating Temperatures	-40 to +70°C
Acceleration Sensitivity	<1.5 mbar/g, in air, any axis
Labelling	Calibration parameters, serial number, date
Connector	MCBH-8M
Pre-Amplifier	
Preamp signalling	Current, single ended voltage or, differential voltage (selectable on order)
Gain	0 – 35 dB (selectable on order)
Input Voltage	6.8 VDC nominal 4.5 – 30 VDC operating range
Band Pass	5 Hz HPF, no LPF installed (unless otherwise specified)
IRN	<30 nV/ \sqrt Hz @10 Hz <4 nV/ \sqrt Hz @1 kHz
Current Draw	1.3 mA (at 6.8 VDC) 4.2 mA with current signalling preamp

Figure 9 : Caractéristiques techniques de l'hydrophone M36-900

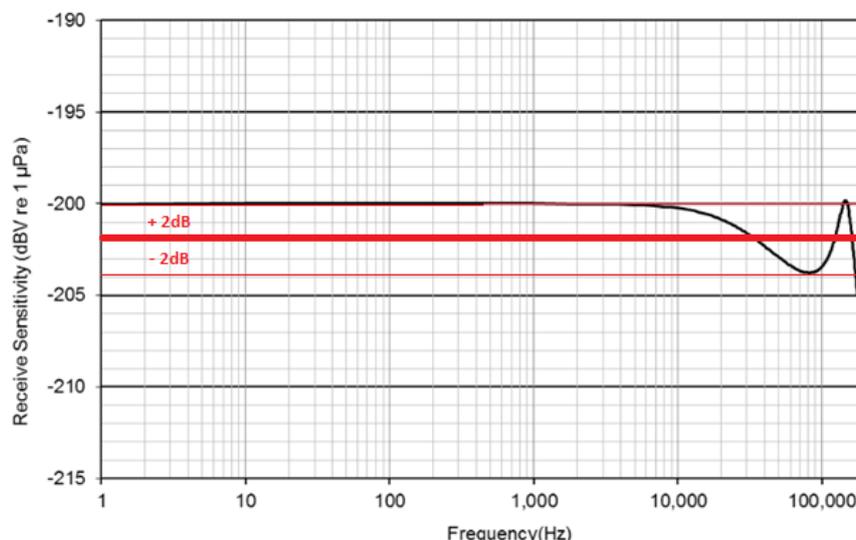


Figure 10 : Réponse en fréquence de l'hydrophone M36-900, fabriqué par Geospectrum.

I.7.4.c. Cable et cage de protection de l'hydrophone

L'hydrophone est relié à la bouée par un câble d'hydrophone. La longueur du câble de 20 m est ajustée à la profondeur cible dans la bouée. Pour être protégé, l'hydrophone est installé dans une cage de protection illustrée dans la Figure 11.



Figure 11 : Cage hydrophonique

I.7.4.d. Station de travail PAM

Les opérateurs PAM ont la possibilité de visualiser le bruit sous-marin et l'état des bouées grâce à un poste de travail composé de :

- ✓ Quatre écrans de 24" ;
- ✓ Un serveur (installé dans un boîtier Rockmount 4U) ;
- ✓ Un commutateur administrable et POE ;
- ✓ Clavier et souris.

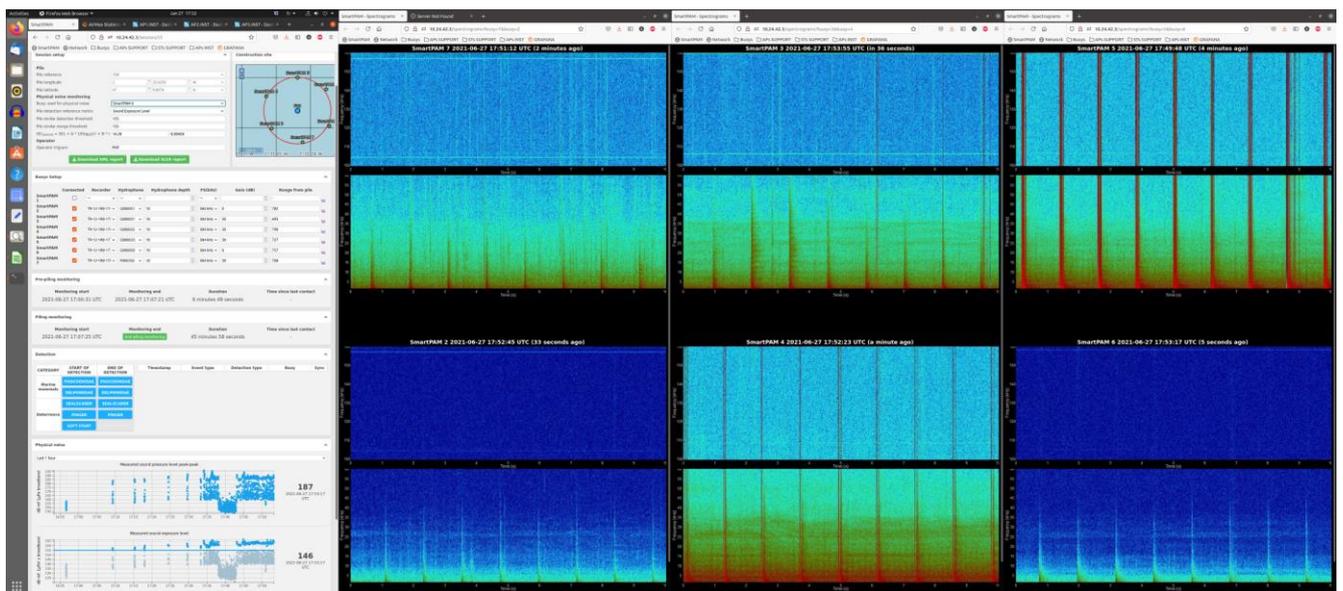


Figure 12 : Poste de travail Smart-PAM pour les opérateurs PAM (pile F08)

1.7.5. Communication

Le système de communication illustré dans la Figure 13 donne un aperçu de la solution mise en œuvre :

- ✓ Le navire d'installation est au centre de la zone d'opération (navire "INNOVATION"),
- ✓ 6 bouées Smart-PAM sont déployées autour de la position de battage des pieux à une distance de 740 mètres, connectées par Wi-Fi longue portée au navire d'installation,
- ✓ Un navire de support (navire "ALMA KAPPA") est connecté au navire d'installation par Wi-Fi longue portée, avec deux opérateurs PAM à bord qui suivent en temps réel les données produites par les 6 bouées, connectées au navire d'installation,
- ✓ Un écran installé à bord du navire d'installation permet d'afficher le niveau de bruit estimé généré par l'activité de battage, ainsi que d'autres indicateurs.

Lorsqu'elle est disponible, une connexion 3G/4G permet également de transférer des données de manière redondante, le système étant conçu pour être autosuffisant et pouvant fonctionner en dehors de la couverture 3G/4G.

En outre, si une bouée ne parvient pas à se connecter au navire d'installation, elle peut utiliser le navire de soutien comme relais pour établir la connexion.

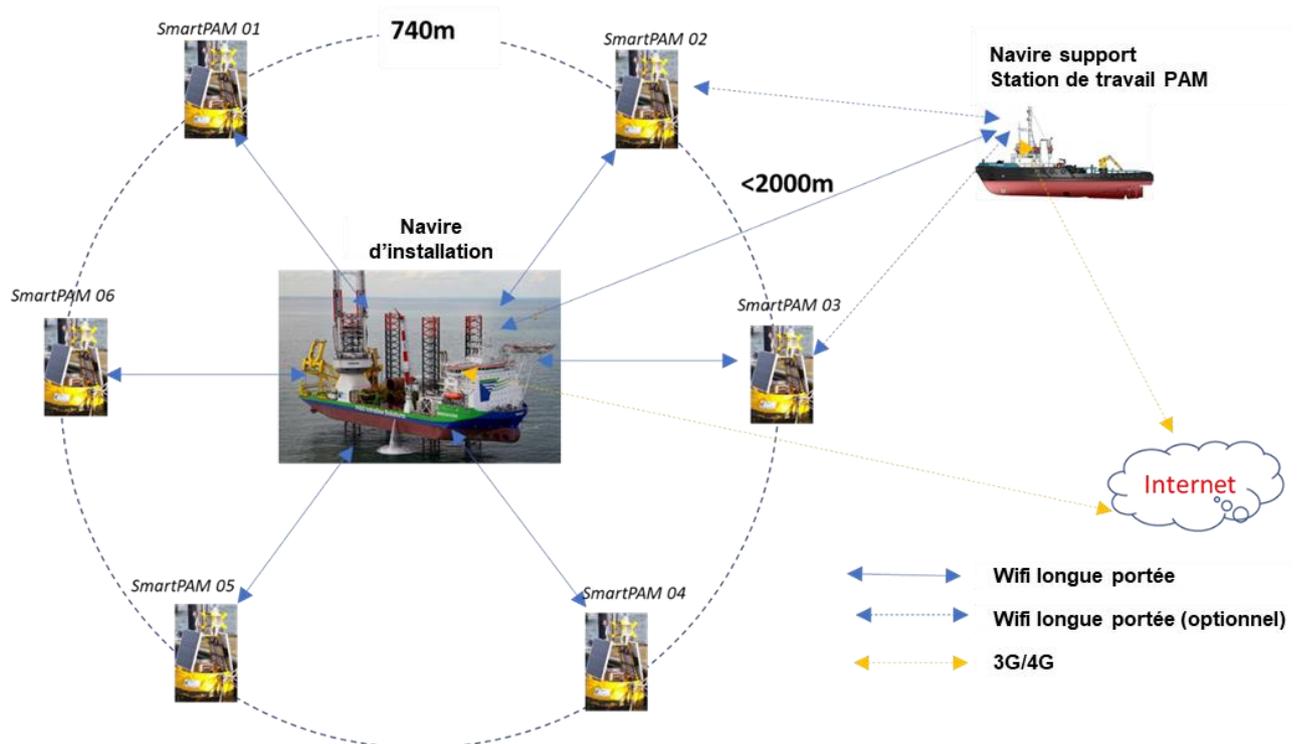


Figure 13 : Aperçu des systèmes de communication

1.7.6. Déploiement des bouées Smart-PAM

Le protocole standard de déploiement et de récupération de Smart-PAM est décrit dans l'annexe A.

Le bilan de tous les déploiements est répertorié dans le Tableau 4.

Tableau 4 : Synthèse des déploiements Smart-PAM

Pile	Type de fondation	Date de la pile	Nombre de personnel Quiet-Oceans pour le déploiement/récupération	Nombre de personnel Alma Kappa sur le pont	Nombre de personnel Quiet-Oceans pour le suivi
G04	Battage	06/05/2021	2	2	1
G06	Battage	20/05/2021	2	2	1
G07	Battage	27/05/2021	2	2	1
F06	Hybride	08/06/2021	2	2	1
F07	Hybride	12/06/2021	2	2	1
E12	Hybride	17/06/2021	2	2	1
F09	Hybride	20/06/2021	2	2	1
F08	Ungr. Hybride	27/06/2021	2	2	1
G08	Battage	23/07/2021	2	2	1
E11	Hybride	27/07/2021	2	2	1
G05	Battage	01/07/2021	2	2	1
E13	Hybride	30/07/2021	2	2	1
F10	Ungr. Hybride	09/07/2021	2	2	1
E15	Ungr. Hybride	03/08/2021	2	2	1
E14	Hybride	04/08/2021	2	2	1
A01	Hybride	21/08/2021	2	2	1
A05	Hybride	09/09/2021	2	2	1
B06	Hybride	08/10/2021	2	2	1
C05	Hybride	16/10/2021	2	2	1
C06	Hybride	28/10/2021	2	2	1
F05	Hybride	18/11/2021	2	2	1
E05	Hybride	20/11/2021	2	2	1
E06	Hybride	24/11/2021	2	2	1
E07	Hybride	28/11/2021	2	2	1
D01	Hybride	30/11/2021	2	2	1
D06	Hybride	20/12/2021	2	2	1
E04	Hybride	05/01/2022	2	2	1
D05	Hybride	14/01/2022	2	2	1
G03	Hybride	16/03/2022	2	2	1
D12	Ungr. Hybride	25/03/2022	2	2	1
G02	Driven	29/03/2022	2	2	1
D09	Driven	04/04/2022	2	2	1
D11	Hybride	19/04/2022	2	2	1
B08	Hybride	25/04/2022	2	2	1
C09	Hybride	27/04/2022	2	2	1
C11	Ungr. Hybride	03/05/2022	2	2	1
A08	Hybride	07/05/2022	2	2	1



Figure 14 : Équipe de déploiement et de récupération devant les bouées Smart-PAM du navire support Alma Kappa

I.8. Matrice de décision

Une matrice de décision (Figure 15, page suivante) a été conçue pour aider les opérateurs de DEME Offshore et les opérateurs PAM de Quiet-Oceans afin de respecter la mise en œuvre des mesures MR6, MR7 et MSU7.

Cette matrice a été complétée par un organigramme (Figure 16) visant à informer les opérateurs de Quiet-Oceans sur les étapes à suivre en cas de détection d'un mammifère marin durant la phase de pré-battage (30 minutes avant le début de battage) et durant la phase de battage.

As per regulatory authorizations, noise level regressed at 1m from source during piling shall not exceed 222dB.

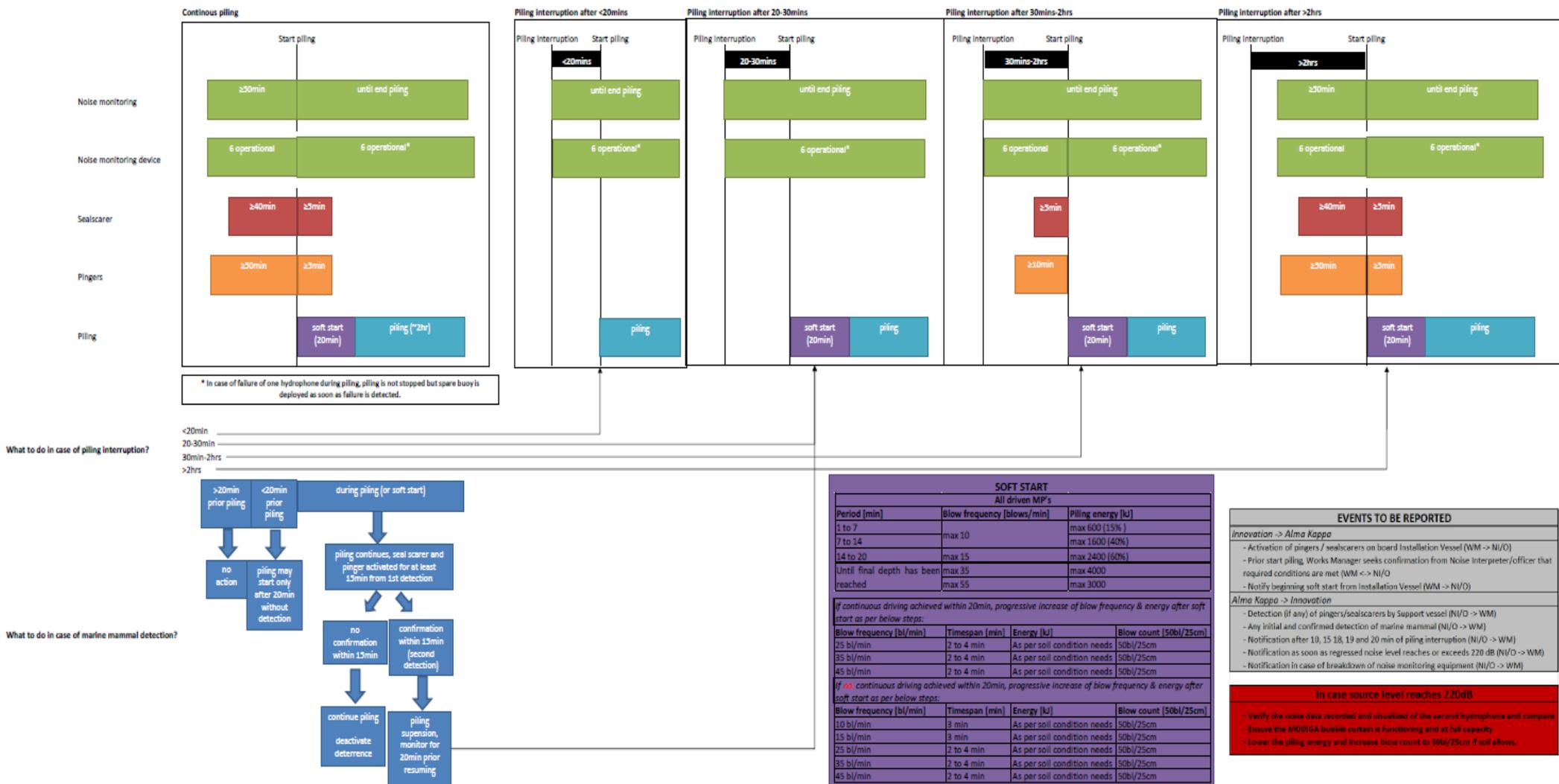


Figure 15 : Matrice de décision (source DEME)

Que faire en cas de présence de mammifères marins pendant le battage ?

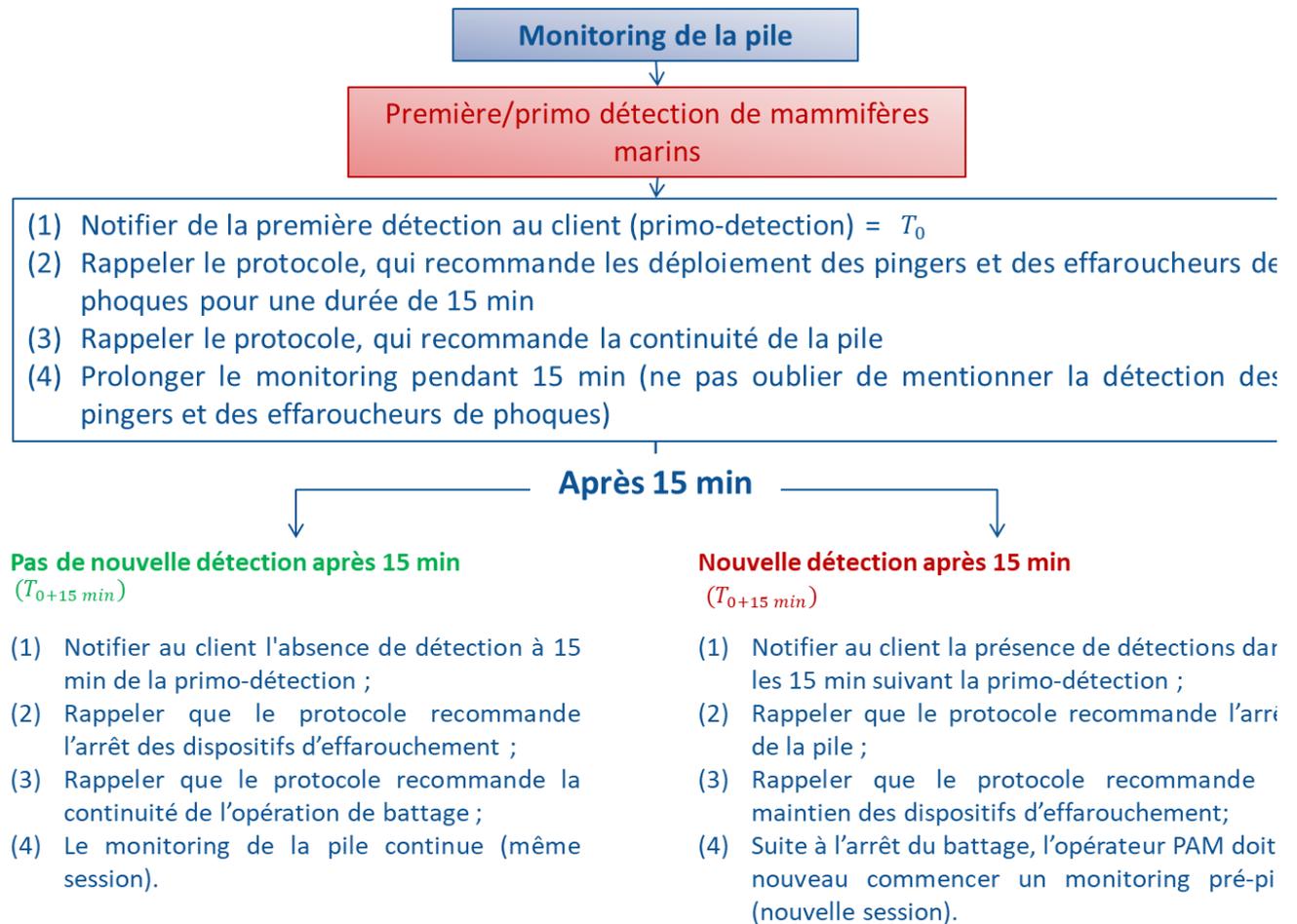


Figure 16 : Organigramme de décision en cas de détection acoustique d'un mammifère marin

Chapitre II. Résultats du monitoring du bruit sous-marin

Le Tableau 5 présente les principales informations sur le suivi de l'installation des fondations, à savoir les dates de battage, l'estimation des niveaux d'exposition sonores émis, les détections de soft-start, les détections (avec phases de travaux correspondantes) de mammifères marins et les détections d'utilisation des moyens d'effarouchement (pingers et effaroucheurs de phoques).

L'implantation géographique est présentée en Figure 17.

- ✓ En gris, les fondations avec opération de forage uniquement,
- ✓ En noir, les fondations avec battage de pieux
- ✓ En bleu clair, les fondations avec forage et battage de pieux (hybrides),
- ✓ En rouge, les bouées acoustiques dédiées à la détection des mammifères marins,
- ✓ En vert, les bouées acoustiques dédiées à la détection des mammifères marins et à la surveillance du bruit.

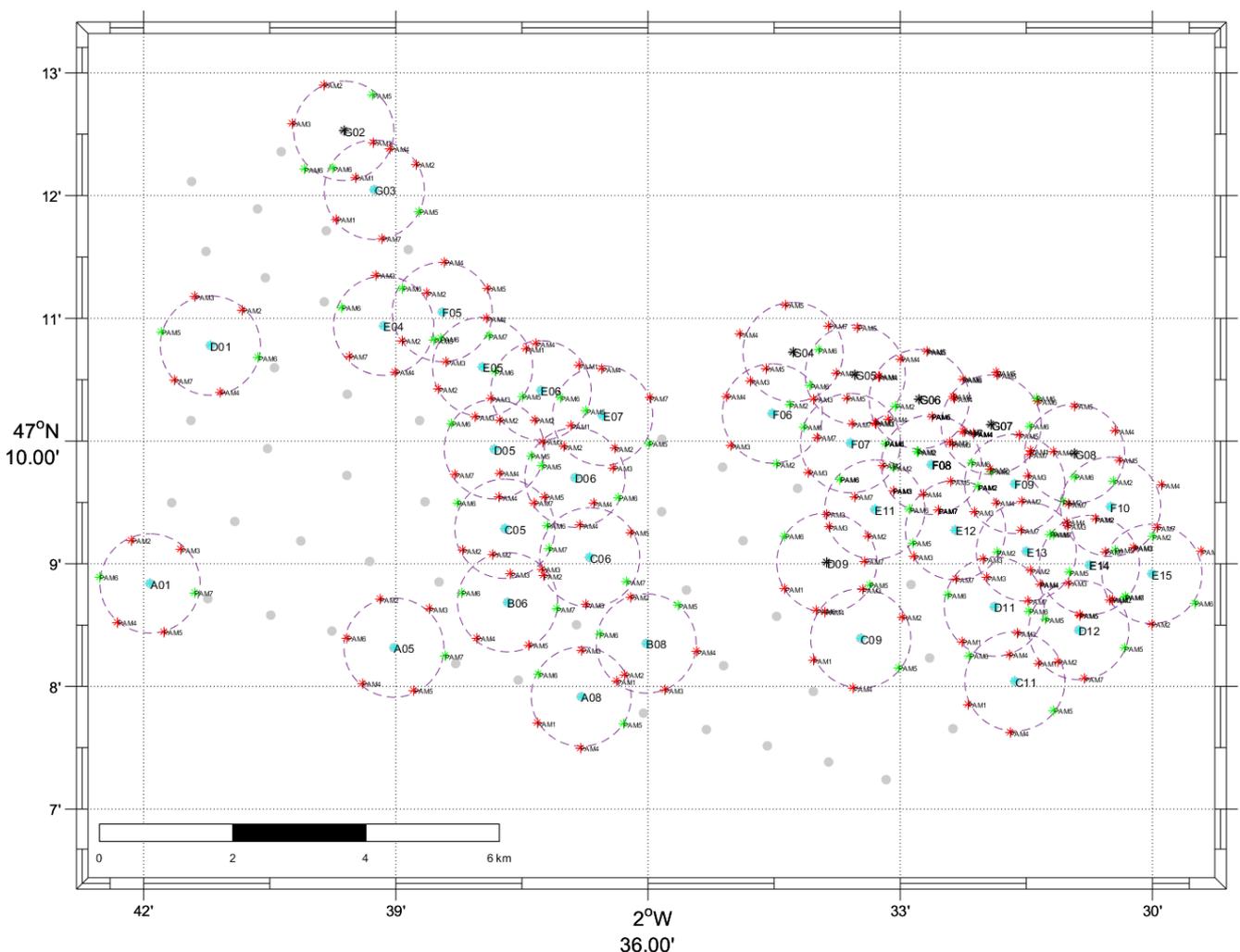


Figure 17 : Implantation géographique du suivi de l'installation des fondations

(● Forage ● Battage ● Hybride (forage + battage),

● Bouées acoustiques pour la détection de mammifères marins ● Bouées acoustiques pour la détection de mammifères marins et le monitoring acoustique)

Tableau 5 : Résumé des résultats de monitoring

Pile	Type de fondation	Date de la pile battue	Début du monitoring (UTC)	Fin du monitoring (UTC)	Début du battage (UTC)	Fin du battage (UTC)	Statut	Niveau de source max. estimé @1m (SEL) (dB ref 1µPa ² s)	MR7	MSU7				MR6
									Soft start	Présence de mammifères marins	Phase de présence de mammifères marins	Durée de présence de mammifères marins (HH:MM)	Détection confirmée (=arrêt du battage)	Effaroucheurs utilisés (pingers & phoques)
G04	Battage	06/05/2021	23:01	05:18	02:10	05:13	OK	215.7	Faiblement détecté	Non				Oui
G06	Battage	19/05/2021	22:24	01:57	01:00	01:57	OK	218.6	Faiblement détecté	Non				Oui
G06	Battage	20/05/2021	02:04	03:46	02:30	03:42	OK	219.5	Détecté	Non				Oui
G07	Battage	27/05/2021	01:15	03:18	02:48	02:48	OK	220.8	Faiblement détecté	Non				Oui
G07	Battage	27/05/2021	11:51	14:04	12:41	14:03	OK	229.9	Détecté	Non				Oui
F06	Hybride	08/06/2021	19:48	21:49	21:28	21:51	OK	202.7	Détecté	Non				Oui
F07	Hybride	12/06/2021	08:45	12:08	11:26	12:07	OK	207.2	Détecté	Non				Oui
E12	Hybride	17/06/2021	00:13	02:17	01:49	02:18	OK	198.5	Détecté	Non				Oui
F09	Hybride	20/06/2021	22:29	00:20	23:28	00:20	OK	212.0	Détecté	Non				Oui
F08	Ungr. Hybride	27/06/2021	12:29	16:48	16:16	16:46	OK	211.7	Détecté	Oui	Battage	Delphinidae 00:06	Oui	Oui
F08	Ungr. Hybride	27/06/2021	17:00	18:00	17:09	17:57	OK	207.9	Faiblement détecté	Non				Oui
G08	Battage	23/07/2021	02:51	08:00	06:23	07:59	OK	216.3	Faiblement détecté	Non				Oui
E11	Hybride	27/07/2021	19:10	20:57	20:28	20:55	OK	207.4	Détecté	Non				Oui
G05	Battage	01/07/2021	14:13	23:58	19:55	23:49	OK	224.2	Détecté	Oui	Battage	Delphinidae 00:13	Non	Oui
E13	Hybride	29/07/2021	22:15	01:06	00:25	01:06	OK	200.0	Détecté	Non				Oui
F10	Ungr. Hybride	09/07/2021	12:43	16:32	14:41	16:06	OK	202.7	Détecté	Non				Oui
E15	Ungr. Hybride	03/08/2021	00:01	05:21	03:42	05:17	OK	214.7	Détecté	Oui	Pre-Battage Battage	Delphinidae 03:03 Delphinidae 00:15	Oui Non	Oui

Pile	Type de fondation	Date de la pile battue	Début du monitoring (UTC)	Fin du monitoring (UTC)	Début du battage (UTC)	Fin du battage (UTC)	Statut	Niveau de source max. estimé @1m (SEL) (dB ref 1µPa ² s)	MR7	MSU7				MR6
									Soft start	Présence de mammifères marins	Phase de présence de mammifères marins	Durée de présence de mammifères marins (HH:MM)	Détection confirmée (=arrêt du battage)	Effaroucheurs utilisés (pingers & phoques)
E14	Hybride	04/08/2021	14:25	17:31	16:50	17:25	OK	204.3	DéTECTÉ	Oui	Pre-Battage Battage Battage	Delphinidae 01:14 Delphinidae 00:15 Delphinidae 00:17	Oui Oui Oui	Oui
E14	Hybride	04/08/2021	17:31	19:48	19:06	19:45	OK	207.3	DéTECTÉ	Oui	Pre-Battage Battage	Delphinidae 00:39 Delphinidae 00:15	Oui Oui	Oui
A01	Hybride	21/08/2021	16:29	18:03	17:33	18:02	OK	202.6	DéTECTÉ	Non				Oui
A05	Hybride	09/09/2021	08:41	10:41	10:09	10:42	OK	216.1	DéTECTÉ	Non				Oui
A05	Hybride	09/09/2021	11:18	12:17	12:15	12:15	OK	207.7	DéTECTÉ	Non				Oui
B06	Hybride	08/10/2021	00:40	02:51	02:26	02:51	OK	215.8	DéTECTÉ	Non				Oui
C05	Hybride	16/10/2021	10:40	12:16	11:43	12:15	OK	203.1	DéTECTÉ	Non				Oui
C06	Hybride	28/10/2021	08:59	10:39	10:06	10:35	OK	212.1	DéTECTÉ	Non				Oui
F05	Hybride	17/11/2021	22:09	01:00	00:29	00:59	OK	198.7	DéTECTÉ	Oui	Pre-Battage	Delphinidae 00:38	Oui	Oui
E05	Hybride	20/11/2021	04:26	05:29	04:57	05:29	OK	203.9	DéTECTÉ	Non				Oui
E06	Hybride	24/11/2021	21:00	22:47	22:10	22:47	OK	207.5	DéTECTÉ	Non				Oui
E07	Hybride	28/11/2021	16:53	18:59	18:18	18:59	OK	211.5	DéTECTÉ	Non				Oui
D01	Hybride	30/11/2021	14:36	16:29	15:58	16:29	OK	205.9	DéTECTÉ	Non				Oui
D06	Hybride	20/12/2021	00:23	02:25	01:58	02:24	OK	206.7	DéTECTÉ	Non				Oui
E04	Hybride	05/01/2022	16:40	18:08	17:46	18:08	OK	200.3	DéTECTÉ	Oui	Battage	Delphinidae 00:06	Non	Oui
D05	Hybride	14/01/2022	10:41	13:20	12:43	13:19	OK	208.1	DéTECTÉ	Non				Oui

Pile	Type de fondation	Date de la pile battue	Début du monitoring (UTC)	Fin du monitoring (UTC)	Début du battage (UTC)	Fin du battage (UTC)	Statut	Niveau de source max. estimé @1m (SEL) (dB ref 1µPa²s)	MR7	MSU7			MR6
									Soft start	Présence de mammifères marins	Phase de présence de mammifères marins	Durée de présence de mammifères marins (HH:MM)	Détection confirmée (=arrêt du battage)
G03	Hybride	16/03/2022	14:31	16:41	15:43	16:40	OK	203.7	Déecté	Non			Oui
D12	Ungr. Hybride	25/03/2022	10:38	14:43	12:09	14:38	OK	214.0	Déecté	Non			Oui
G02	Battage	29/03/2022	03:49	07:14	05:38	07:08	OK	216.2	Déecté	Non			Oui
D09	Battage	04/04/2022	21:51	01:26	23:23	01:04	OK	209.0	Déecté	Non			Oui
D11	Hybride	19/04/2022	13:35	15:09	14:45	14:48	OK	203.1	Déecté	Non			Oui
B08	Hybride	25/04/2022	18:59	21:17	20:44	21:16	OK	203.6	Déecté	Non			Oui
C09	Hybride	27/04/2022	16:31	18:30	17:50	18:29	OK	195.5	Déecté	Non			Oui
C11	Ungr. Hybride	03/05/2022	21:50	00:16	22:54	00:12	OK	204.8	Déecté	Non			Oui
A08	Hybride	07/05/2022	20:27	22:16	21:43	22:10	OK	204.7	Déecté	Non			Oui

Note : La colonne "statut suivi" indique le bon déroulement des sessions de monitoring ou non.

Chapitre III. Conclusions

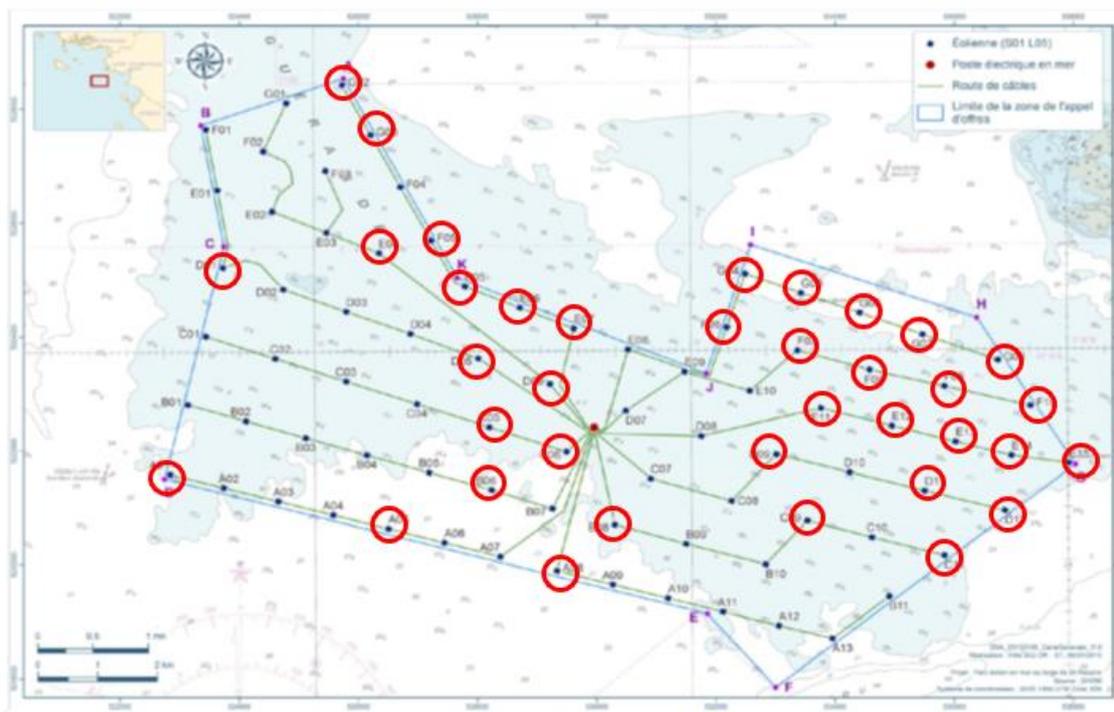
III.1. Rappel du contexte

DEME Offshore France (DEME) a été contractée par EDF dans le cadre de la construction du parc éolien en mer de Saint Nazaire constitué de 80 fondations.

Les monopieux sont enfoncées soit par forage soit par battage dans le fond marin par le navire de soutien offshore « Innovation ». Les suivis acoustiques sont systématiquement mis en œuvre lors des phases de battage. Des mesures d'effarouchement sont mises en place au préalable, afin d'éloigner les mammifères marins (delphinidés, marsouins et phoques) de la zone des travaux.

Afin de répondre aux exigences des autorités locales concernant le processus de construction, des mesures du bruit sous-marin, des procédures d'effarouchement acoustique et des mesures de surveillance des mammifères marins ont été effectuées pour tous les pieux battus.

Quiet-Oceans a été mandatée pour réaliser les suivis temps-réel du bruit sous-marin, les suivis temps-réel de la présence acoustique des mammifères marins, et pour fournir les moyens utiles à l'effarouchement pour 37 fondations battues.



III.2. Synthèse des résultats

Suite aux suivis acoustiques temps-réel des 37 battages de fondations réalisés au cours des années 2021 et 2022 (du 06/05/21 au 07/05/2022) :

- Aucun dysfonctionnement des systèmes d'effarouchement n'a été constaté,
- Aucun dysfonctionnement des systèmes de suivi n'a été constaté,
- Les démarrages progressifs (ou soft start) ont bien été appliqués selon le protocole défini,
- 2 dépassements du seuil d'exigence quant au niveau d'exposition sonore émis de 222 dB ref 1 μ Pa²s@1m ont été relevés
- 11 détections de mammifères marins (delphinidés) ont été perçues avant et/ou pendant le battage;

- 8 reports/arrêts de battage ont été mis en application suite à une confirmation de détection de delphinidés (suite à une nouvelle détection dans les 15 min suivant la primo-détection).

De manière générale, les travaux se sont bien conformés aux exigences des mesures de réductions MR6 (effarouchement) et MR7 (soft-start). Concernant la mesure de suivi MSU7, à chaque présence confirmée de mammifère marin dans la zone de surveillance acoustique, les opérations de battage ont été stoppées ou retardées conformément aux exigences du maitre d'œuvre.

Chapitre IV. Annexes

Ce chapitre énumère les annexes citées dans ce document :

Annexe A : Protocole standard de déploiement / récupération de la bouée et de du mouillage Smart-PAM

Annexe B : Rapports de monitoring acoustique des piles

Annexe A : Protocole standard de déploiement / récupération de la bouée et du mouillage Smart-PAM

Cette annexe consiste en une procédure qui définit les différentes étapes à suivre pour le déploiement et la récupération de la bouée acoustique Smart-PAM et de sa ligne de mouillage, à partir d'un navire support.

A.1 Description du mouillage

Le mouillage est défini dans le document [1] et présenté dans la Figure 18.

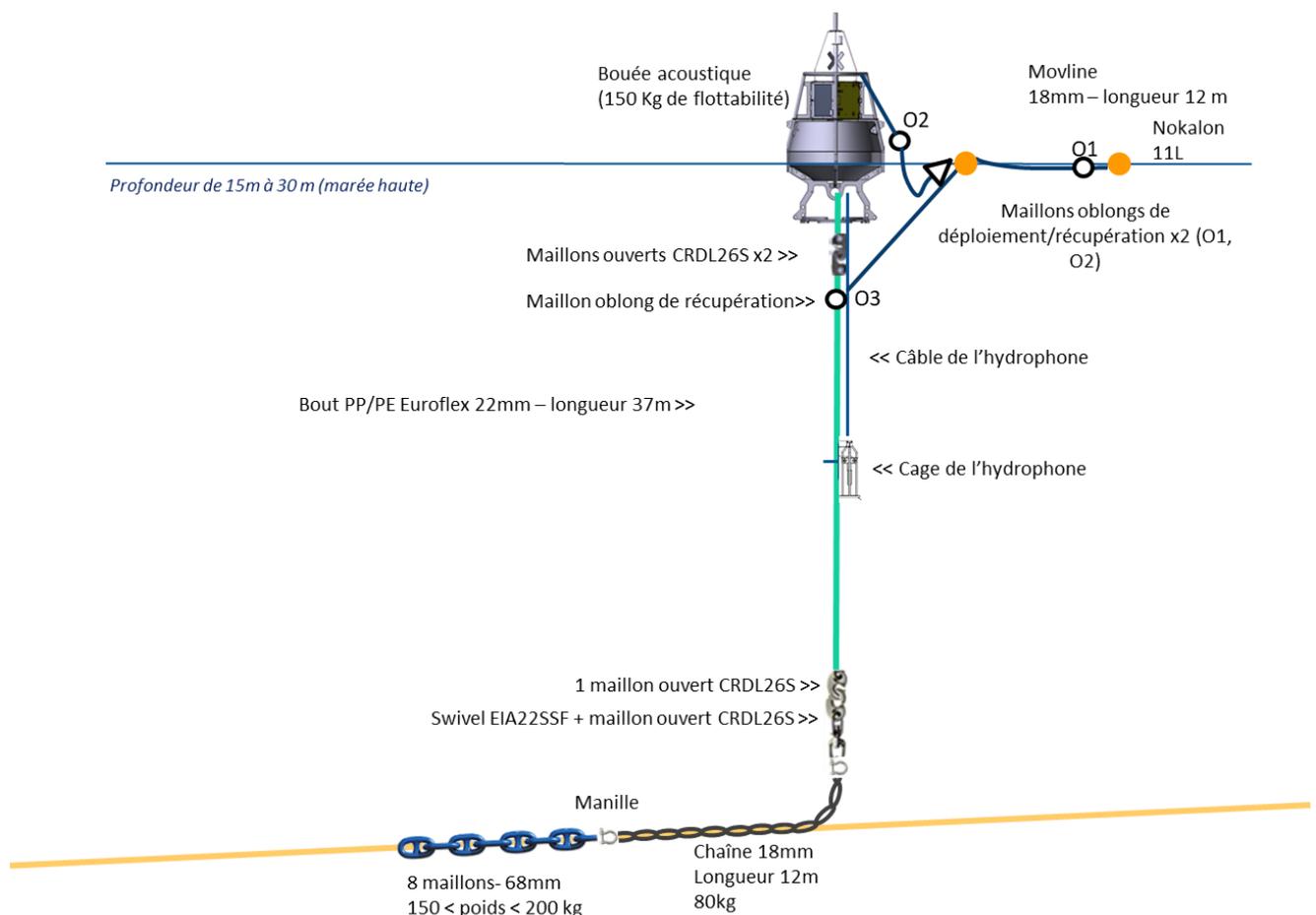


Figure 18 : Conception de la ligne de mouillage

A.2 Composition du mouillage

Les éléments du mouillage sont détaillés dans le Tableau 6.

Tableau 6 : Composition du mouillage

Élément	Poids dans l'air	Diamètre	Longueur/Hauteur	Charge/force minimum de rupture	Flottabilité
Bouée Smart-PAM	320kg				
Movline		Ø12mm	12m		
Flotteur Nokalon					+11 kg
Maillon principal oblong	2.8kg	Ø23mm	150mm/60mm	10T	-2.8kg
Maillon principal oblong	2.8kg	Ø23mm	150mm/60mm	10T	-2.8kg
Maillon ouvert en acier inoxydable	1.7kg	-	150mm	120kN	-1.5kg
Maillon ouvert en acier inoxydable	1.7kg	-	150mm	120kN	-1.5kg
Maillon principal oblong	2.8kg	Ø23mm	150mm/60mm	10T	-2.8kg
Bout PP/PES Euroflex	0.3kg/m	Ø22mm	25-45m	98kN	-0.3kg/m
Maillon ouvert en acier inoxydable	1.7kg	-	150mm	120kN	-1.5kg
Maillon ouvert en acier inoxydable	1.7kg	-	150mm	120kN	-1.5kg
Maillon ouvert en acier inoxydable	2.0kg	-	235mm/54mm	4.7T	2.0kg
Chaîne	84kg	Ø18mm	12m		-80kg
Manille	1.1kg	Ø19mm	80mm/57mm	1.1T	1.1kg
Chaîne d'ancrage	140-200kg	62-76mm			-130-190kg
Corde PP/PES Euroflex	0.3kg/m	Ø22mm	3m	98kN	-0.3kg/m
Maillon principal oblong	2.8kg	Ø23mm	150mm/60mm	10T	-2.8kg
Maillon principal oblong	2.8kg	Ø23mm	150mm/60mm	10T	-2.8kg

A.3 Préparation pré-déploiement

Un certain nombre de tâches de préparation de l'équipement (mise sous tension de l'électronique, vérification de la validité des données de positionnement GPS de la bouée, vérification du contrôle de la transmission des données acoustiques, ajustement des positions des hydrophones, etc.) doivent être effectuées avant le déploiement, et du temps doit être alloué pour effectuer cette dernière dans de bonnes conditions logistiques. Le responsable de la mission a autorité pour définir le moment et le lieu adéquats en fonction du contexte des opérations (temps de transit, conditions météorologiques, ...). Le résultat de la préparation technique préalable au déploiement est consigné dans le document de préparation de mouillage et la fiche de mouillage.

A.4 Inspection avant déploiement

Une vérification complète de la ligne de mouillage et de tous ses composants est effectuée avant le début des opérations de déploiement. Le résultat de cette vérification est consigné dans la liste de contrôle préalable au déploiement.

A.5 Protocole de déploiement

Ce chapitre détaille les exigences, les outils standard et les étapes à mettre en œuvre pour déployer la ligne d'amarrage de la bouée Smart-PAM depuis la poupe d'un navire support.

A.5.1 Exigences relatives au navire

Le navire de soutien doit être équipé au minimum :

- D'un échosondeur ;
- D'un DGPS ;
- D'un cabestan ou d'un treuil d'au moins 1 tonne ;
- D'une grue supportant au moins 1 tonne en bout de flèche ou d'un portique arrière supportant 1 tonne ;
- D'un câble de 100 m supportant au moins 1 tonne.

A.5.2 Information à l'intention de la direction du navire et de l'équipage

La procédure de déploiement est présentée en détail à l'encadrement et à l'équipage du navire pour modification et éventuellement validée par le capitaine du navire. Des ajustements à la marge peuvent être effectués en fonction des spécificités du navire, des conditions de mer ou de la zone de déploiement.

A.5.3 Rôles et responsabilités

Les opérations sur le navire et sur le pont sont effectuées sous l'entière responsabilité du capitaine et de l'équipage du navire. L'équipe de Quiet-Oceans assistera les opérations et sera responsable de l'enregistrement des informations techniques de l'opération dans un journal de bord dédié.

A.5.4 Procédure de déploiement

Cette section détaille les étapes du déploiement de la ligne de mouillage de la bouée Smart-PAM depuis la poupe d'un navire support.

A.5.4.1. Avant le départ du navire ou pendant le transit

1. Préparer l'ensemble du mouillage sur le pont ;
2. Noter l'équipement à déployer et sa configuration,
3. Ajuster et finaliser la position de l'hydrophone ;
4. Vérifier la conformité de la transmission des données sans fil par Wi-fi ;
5. Sécuriser toutes les connexions entre les parties de l'amarrage ;
6. Disposer les équipements en fonction de leur ordre de déploiement ;
7. Charger les lignes de mouillage sur le cabestan si nécessaire ;
8. La liste de contrôle de pré-déploiement est complétée.

A.5.4.2. En mer, à l'approche du point de mouillage

1. Reconnaissance visuelle de la zone et de la position d'amarrage pour s'assurer qu'il n'y ait pas de danger et que la zone soit dégagée pour le déploiement ;
2. Le navire navigue au-dessus de la position d'amarrage, mesure la profondeur de l'eau pour valider la cohérence de la ligne de mouillage (longueurs des pièces d'amarrage) avec les conditions in-situ ;
3. Un ajustement de la ligne est effectué si nécessaire sur la base des résultats de l'étape 2 ;
4. Décision de commencer le déploiement prise par le capitaine, s'assurer que tout le personnel concerné est informé du début de l'opération ;
5. Le navire effectue une boucle pour pouvoir revenir au point de déploiement (généralement une boucle de 500 à 1000 m selon l'état de la mer). La direction est décidée par le capitaine du navire en fonction du vent, de l'état de la mer et du courant ;
6. Le navire maintient une vitesse réduite d'environ 0,5 nœud et une direction rectiligne vers le point de déploiement ;
7. Le crochet libéré est attaché à la grue et au lien maître oblong O2 ;
8. Lorsque le navire se trouve à quelques centaines de mètres ou moins du point de déploiement, la bouée est mise à la mer avec la grue et le crochet de largage **(A)** ;
9. Lorsque la bouée flotte à la surface de la mer, le crochet est libéré et la ligne de récupération avec le flotteur Nokalon est embarquée à la main ;
10. La ligne d'amarrage et le câble de l'hydrophone sont déroulés doucement pendant que la bouée s'éloigne doucement du navire **(B)**. L'équipage surveille continuellement la tension de la ligne de mouillage, et la vitesse du navire est ajustée en conséquence pour maintenir la ligne droite derrière le navire ;
11. L'équipage prépare la grue pour soulever la chaîne avec le crochet de largage fixé au maillon principal oblong O4 ; Une ligne est doublée dans le maillon principal oblong O5 dont une extrémité est fixée sur un taquet et l'autre extrémité sur un treuil ;
12. A l'arrivée du navire à la position de déploiement, le navire s'arrête et la grue passe les chaînes par-dessus bord **(C)** ;
13. Lorsque la deuxième chaîne prend la charge, le crochet est libéré **(D)** ;
14. La descente de la chaîne se fait progressivement à l'aide du cabestan ou du treuil jusqu'à ce qu'elle atteigne le fond de la mer en utilisant la ligne passée en double dans le maillon principal oblong O5 ;
15. L'équipage informe les équipes de Quiet-Oceans et de la passerelle du navire que le ballast a atteint le fond de la mer afin d'enregistrer la position de déploiement ;
16. L'équipe de la passerelle du navire enregistre la position DGPS et l'heure ;
17. La ligne est finalement récupérée **(E)**.
18. Les informations sur la position, la profondeur, l'heure de mouillage (UTC) enregistrées par le bord et par Quiet-Oceans sont indiquées sur la fiche d'amarrage.

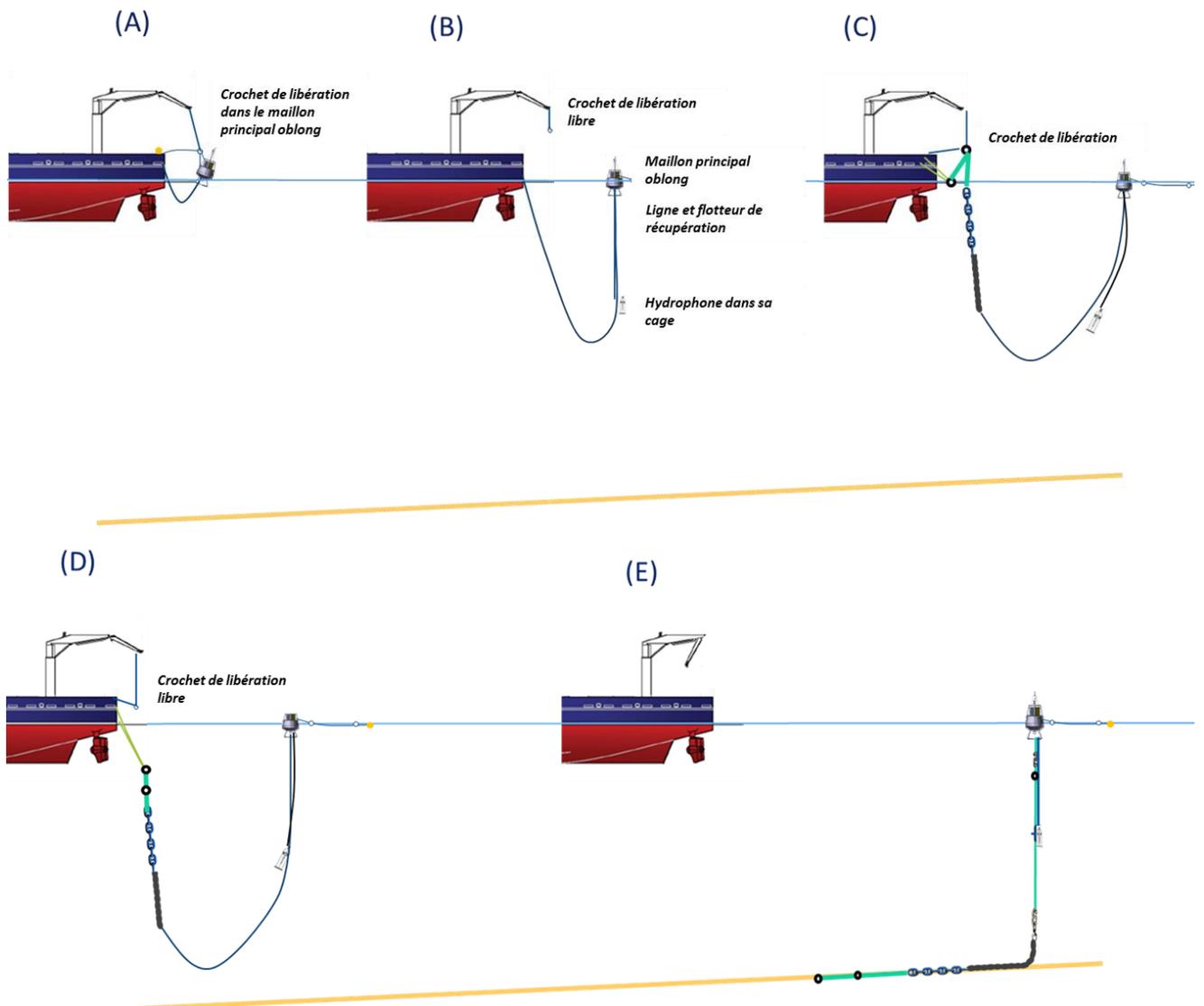


Figure 19 : Illustration du protocole de déploiement

A.6 Procédure de récupération

Ce chapitre détaille les exigences, les outils standard et les étapes à mettre en œuvre pour récupérer la ligne de mouillage de la bouée Smart-PAM depuis la poupe d'un navire support.

A.6.1 Exigences relatives au navire

Le navire de soutien doit être équipé au minimum :

- D'un échosondeur ;
- D'un DGPS ;
- D'un cabestan ou d'un treuil d'au moins 1 tonne ;
- D'une grue supportant au moins 1 tonne en bout de flèche ou d'un portique arrière supportant 1 tonne ;
- D'un câble de 100 m supportant au moins 1 tonne.

A.6.2 Information à l'intention de la direction du navire et de l'équipage

La procédure de déploiement est présentée en détail à l'encadrement et à l'équipage du navire pour modification et éventuellement validée par le capitaine du navire. Des ajustements à la marge peuvent être effectués en fonction des spécificités du navire, des conditions de mer ou de la zone de déploiement.

A.6.3 Rôles et responsabilités

Les opérations sur le navire et sur le pont sont effectuées sous l'entière responsabilité du capitaine et de l'équipage du navire. L'équipe de Quiet-Oceans assistera les opérations et sera responsable de l'enregistrement des informations techniques de l'opération dans un journal de bord dédié.

A.6.4 Procédure de récupération

Cette section détaille les étapes à effectuer pour récupérer la ligne de mouillage de la bouée Smart-PAM, depuis la poupe d'un navire support.

A.6.4.1. En mer, à l'approche du point de mouillage

1. L'équipage prépare les outils appropriés pour saisir le flotteur de surface.

A.6.4.2. A la position de la bouée de surface

2. Le navire s'approche en toute sécurité de la bouée et de la ligne de récupération **(F)** ;
3. L'équipage saisit la ligne de récupération sur le pont ou sur un bateau pneumatique à l'aide d'une ligne équipée d'un grappin et attache la ligne de récupération au maillon principal oblong **(G)** ;
4. La grue et le crochet de largage sont attachés au maillon maître oblong **(H)** ;
5. La bouée acoustique est soulevée à l'aide de la grue **(H)** ;
6. La ligne de mouillage est fixée à l'aide du maillon maître oblong 03 pour relâcher la tension sur la bouée acoustique **(I)** ;
7. Le câble de l'hydrophone et la cage de l'hydrophone sont récupérés et fixés **(J)** ;
8. La ligne de mouillage est déconnectée de la bouée acoustique grâce au maillon ouvert ;
9. La bouée est rangée et sécurisée **(K)** ;
10. La ligne de mouillage est attachée au treuil ou au cabestan ;
11. La ligne de mouillage et le lest sont chargés à bord, placés sur le pont et fixés **(L)** ;
12. Les informations relatives à la récupération sont enregistrées dans la fiche de mouillage.

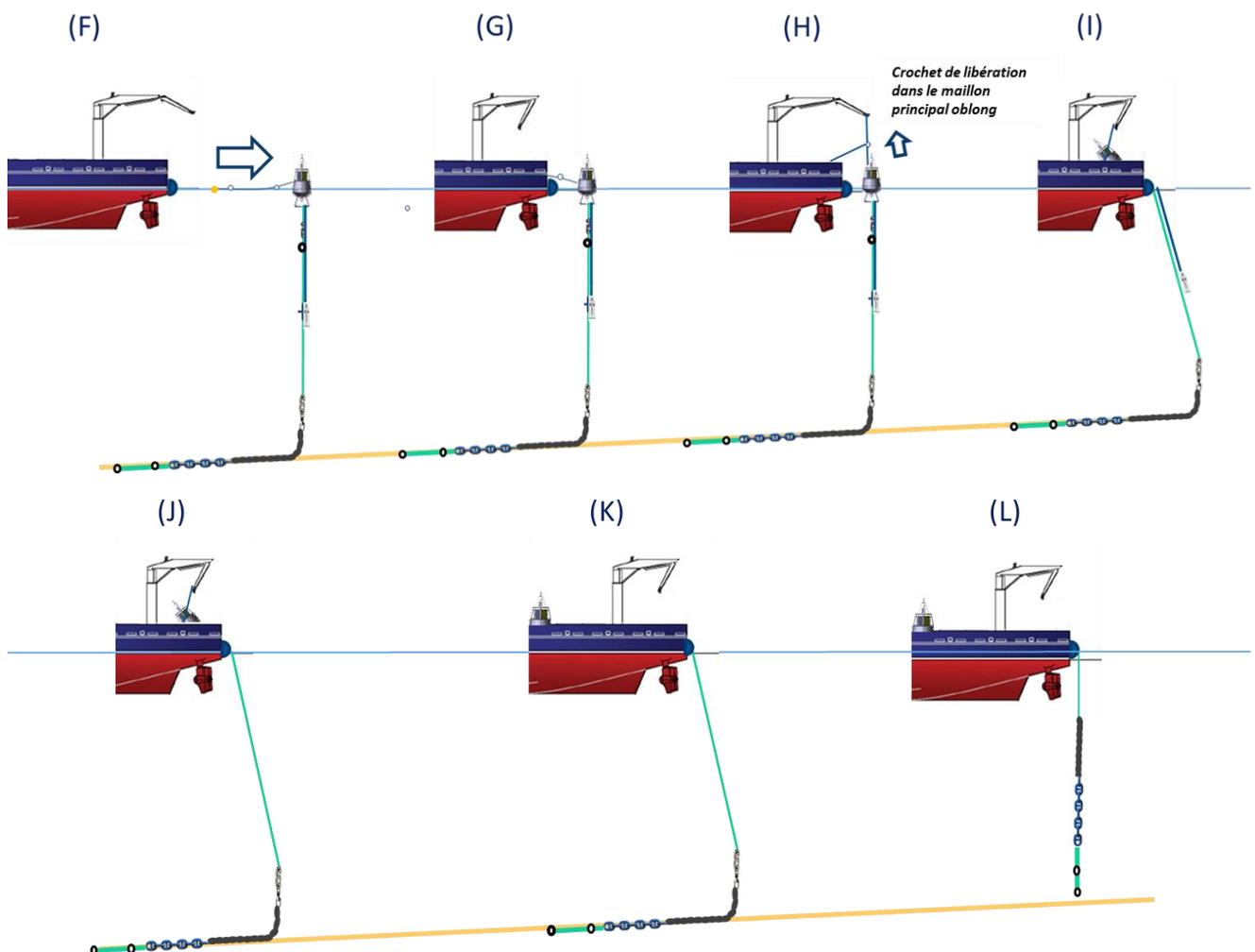


Figure 20 : Illustration du protocole de récupération

Annexe B : Rapports de monitoring acoustique des piles

Pile	Date de battage	Référence du rapport de monitoring de bruit de battage
G04	06/05/2021	QO.20190711.10.CER.001.03A.DEME.SNA.G04.Piling Monitoring Report.pdf
G06	20/05/2021	QO.20190711.10.CER.002.01A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report.G06_Session001.pdf QO.20190711.10.CER.003.01A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report.G06_Session002.pdf
G07	27/05/2021	QO.20190711.10.CER.004.01A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report.G07_session001.pdf QO.20190711.10.CER.005.01A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report.G07_session002.pdf
F06	08/06/2021	QO.20190711.10.CER.006.01A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report.F06_session001.pdf
F07	12/06/2021	QO.20190711.10.CER.007.01A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report.F07_session001.pdf
E12	17/06/2021	QO.20190711.10.CER.008.01A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report.E12_session001.pdf
F09	20/06/2021	QO.20190711.10.CER.009.01A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report.F09_Session001.pdf
F08	27/06/2021	QO.20190711.10.CER.010.01A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report.F08_Session001.pdf QO.20190711.10.CER.011.01A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report.F08_Session002.pdf
G08	23/07/2021	QO.20190711.10.CER.011.02A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report.G08_Session001.pdf
E11	27/07/2021	QO.20190711.10.CER.012.01A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report.E11_Session001.pdf
G05	01/07/2021	QO.20190711.10.CER.012.01A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report.G05_Session001.pdf
E13	30/07/2021	QO.20190711.10.CER.013.01A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report.E13_Session01.pdf
F10	09/07/2021	QO.20190711.10.CER.013.02A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report.F10_Session001.pdf
E15	03/08/2021	QO.20190711.10.CER.014.01A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report.E15_Session01.pdf
E14	04/08/2021	QO.20190711.10.CER.015.01A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report.E14_Session01.pdf QO.20190711.10.CER.015.01A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report.E14_Session02.pdf
A01	21/08/2021	QO.20190711.10.CER.016.01A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report_A01_Session01.pdf
A05	09/09/2021	QO.20190711.10.CER.017.01A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report_A05_Session02.pdf QO.20190711.10.CER.017.01A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report_A05_Session03.pdf
B06	08/10/2021	QO.20190711.10.CER.018.01A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report_B06_Session01.pdf
C05	16/10/2021	QO.20190711.10.CER.019.01A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report_PileC05_Session01.pdf
C06	28/10/2021	QO.20190711.10.CER.020.01A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report_PileC06_Session01.pdf
F05	18/11/2021	QO.20190711.10.CER.021.01A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report_PileF05_Session01.pdf
E05	20/11/2021	QO.20190711.10.CER.022.01A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report_PileE05_Session01.pdf
E06	24/11/2021	QO.20190711.10.CER.023.01A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report_PileE06_Session01.pdf
E07	28/11/2021	QO.20190711.10.CER.024.01A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report_PileE07_Session01.pdf
D01	30/11/2021	QO.20190711.10.CER.025.01A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report_PileD01_Session01.pdf
D06	20/12/2021	QO.20190711.10.CER.026.01A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report_PileD06_Session01.pdf
E04	05/01/2022	QO.20190711.10.CER.027.01A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report_PileE04_Session01.pdf
D05	14/01/2022	QO.20190711.10.CER.028.01A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report_PileD05_Session01.pdf
G03	16/03/2022	QO.20190711.10.CER.029.01A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report_PileG03_Session01.pdf
D12	25/03/2022	QO.20190711.10.CER.030.01A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report_PileD12_Session01.pdf

Pile	Date de battage	Référence du rapport de monitoring de bruit de battage
G02	29/03/2022	QO.20190711.10.CER.031.01A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report_PileG02_Session01.pdf
D09	04/04/2022	QO.20190711.10.CER.032.02A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report_PileD09_Session01.pdf
D11	19/04/2022	QO.20190711.10.CER.033.01A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report_PileD11_Session01.pdf
B08	25/04/2022	QO.20190711.10.CER.034.01A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report_PileB08_Session01.pdf
C09	27/04/2022	QO.20190711.10.CER.035.01A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report_PileC09_Session01.pdf
C11	03/05/2022	QO.20190711.10.CER.036.01A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report_PileC11_Session01.pdf
A08	07/05/2022	QO.20190711.10.CER.037.02A.DEME.SNA.Piling Monitoring Report_PileA08_Session01.pdf