

Parc éolien en mer
de la baie de Saint-
Brieuc

**Suivi par
acoustique passive
des mammifères
marins**

Rapport final de la
première année de
suivi – Etat de
référence

Citation recommandée	Chompret J., Clorennec D., Le Bras Y, Ringelstein J. (2021), Suivi en acoustique passive des cétacés – rapport final pour l'état de référence, août 2021. Ailes Marines.37 pages.	
Version/Indice	V2.4	
Date	09/08/2021	
Nom de fichier	STB_BIOTOPE_QUIET_OCEANS_ACOUSTIQUE_Etat de référence_V4.pdf	
Mandataire	Ailes Marines SAS	
Interlocuteurs	Camille HERVY, Lucie LEPISSIER, Marie THABARD	
Quiet-Oceans	Expertise Instrumentation Marine	Philippe BILLAND
	Expertise acoustique	Justine CHOMPRET & Dominique CLORENNEC
	Validation	Thomas FOLEGOT
BIOTOPE	Expertise acoustique	Julien RINGELSTEIN & Yves LE BRAS
	Validation	Florian LECORPS

Sommaire

1	Contexte	1
2	Introduction	3
1	La problématique du bruit sous-marin	3
2	Approche retenue pour l'évaluation de l'état de référence	4
3	Matériel et méthode	5
1	Protocole géographique et temporel	5
2	Enregistreurs acoustiques mis en œuvre	7
3	Déploiements et relevages	8
3.1	LEG 01	8
3.2	LEG 02	9
3.3	LEG 03	11
3.4	LEG 04	12
3.5	LEG 05	13
3.6	LEG 06	14
3.7	LEG 06b	15
3.8	LEG 07	16
4	Enregistrements acoustiques collectés	17
5	Connaissance biologique du site	19
5.1	Classification des espèces	19
5.2	Fréquentation connue du site par les mammifères marins	19
5.3	Signature acoustique des mammifères marins	21
6	Portée de détection des hydrophones	24
7	Traitement bioacoustique des enregistrements	26
7.1	Algorithmes de détection et d'identification des évènements sonores	26
7.2	Validation des évènements sonores	27
4	Résultats	29
1	Fréquentation du site par les mammifères marins	29
2	Comportements observés	32
5	Synthèse et perspectives	34
6	Annexes	35
1	Lexique des termes techniques utilisés	35

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Emplacement des stations acoustiques (avril 2019)	5
Tableau 2 : Caractéristiques techniques des enregistreurs (Wildlife Acoustics)	8
Tableau 3 : Synthèse des informations sur les LEG réalisés durant cette étude	8
Tableau 4 : Appareils déployés lors du LEG 01	9
Tableau 5 : Appareils récupérés lors du LEG 02	10
Tableau 6 : Appareils déployés lors du LEG 02	11
Tableau 7 : Appareils récupérés lors du LEG 03	12
Tableau 8 : Appareils déployés lors du LEG 03	12
Tableau 9 : Appareils récupérés lors du LEG 04	13
Tableau 10 : Appareils déployés lors du LEG 04	13
Tableau 11 : Appareil déployé lors du LEG 05	14
Tableau 12 : Appareils récupérés lors du LEG 06	14
Tableau 13 : Appareils déployés lors du LEG 06	15
Tableau 14 : Appareils récupérés lors du LEG 06b	15
Tableau 15 : Appareils déployés lors du LEG 06b	16
Tableau 16 : Appareils récupérés lors du LEG 07	16
Tableau 17 : Synthèse des enregistrements acoustiques collectés	18
Tableau 18 : Principaux mammifères marins susceptibles de fréquenter la zone d'étude selon l'étude d'impact (InVivo, 2015)	20
Tableau 19 : Diversité des sifflements émis par les delphinidés susceptibles de fréquenter la baie de Saint-Brieuc.	22
Tableau 20 : Synthèse des portées de détection pour les delphinidés potentiellement présents en baie de Saint-Brieuc pour chaque station d'enregistrement	25
Tableau 21 : Performance des détections automatiques pour chaque catégorie de signaux détectés (BIOTOPE)	28

Liste des Figures

Figure 1 : Contexte géographique – Suivi acoustique sous-marin – Parc éolien en mer de la Baie de Saint-Brieuc (BIOTOPE)	2
Figure 2 : Echelle qualitative des niveaux de bruits sous-marins	3
Figure 3 : Emplacement des enregistreurs acoustiques (BIOTOPE)	6
Figure 4 : Cage équipée d'un enregistreur acoustique autonome (Quiet-Oceans)	7
Figure 5 : TSM KERMOR (gauche) et TSM DORA (droite) (TSM Group)	9
Figure 6 : CERES II (gauche) et JIF LACYDON (droite) (CERES/JIFMAR)	10
Figure 7 : Bilan des données acoustiques collectées pour l'année de référence (mars 2020 – mars 2021)	17
Figure 8 : Classification scientifique des mammifères marins	19
Figure 9 : Dauphin de Risso (<i>Grampus griseus</i>). Source : GREC.	20
Figure 10 : Groupe de Marsouins communs (<i>Phocoena phocoena</i>). Source : GREMM.	20
Figure 11 : Phoque gris (<i>Halichoerus grypus</i>). Source : Agence des Aires Marines Protégées.	20
Figure 12 : Sifflements de delphinidés émis entre 2 kHz et 25 kHz. Source : Quiet-Oceans.	21
Figure 13 : Clics de delphinidés émis entre 10 kHz et 180 kHz. Source : Quiet-Oceans.	21
Figure 14 : Spectrogramme illustrant des clics de Marsouins communs émis dans la bande fréquentielle 110 à 150 kHz.	23
Figure 15 : Spectrogramme illustrant des clics de Marsouins communs lors d'une activité de chasse (clics d'écholocation).	23
Figure 16 : Spectrogramme illustrant des grognements de Phoque gris émis entre 50 Hz et 400 Hz (Source : NOAA).	23
Figure 17 : Spectrogramme illustrant des rugissements de Phoque veau marin émis entre 0,025 kHz et 1,5 kHz (Source : NOAA).	23
Figure 18 : Procédure générale appliquée à la donnée brute pour le traitement bioacoustique des enregistrements sonores.	26

Figure 19 : Capture d'écran du spectrogramme de l'enregistrement du 14/05/2020 à 00h00 (station d'enregistrement R6). On peut distinguer des sifflements et clics typiques de Grands Dauphins (<i>Tursiops truncatus</i>).	27
Figure 21 : : Effectifs des observations de mammifères marins confirmées visuellement sur l'ensemble des stations d'enregistrements (R1 à R7).	30
Figure 22. Détail de la répartition temporelle des détections confirmées visuellement. La zone ombrée représente la période diurne entre le lever et le coucher du soleil.	31
Figure 23 : Matrice de co-occurrences présentant les différents comportements associés aux observations manuelles réalisées pour les delphinidés – Campagne 1,2,3,4 (2020-2021) : S : sociabilisation ; E : écholocation ; H : chasse ; B : Burst Pulse cris pulsés).	32
Figure 24 : Matrice de co-occurrences présentant les différents comportements associés aux observations manuelles réalisées pour les Grand Dauphins – Campagne 1,2,3,4 (2020-2021) : S : sociabilisation ; E : écholocation ; H : chasse ; B : Burst Pulse cris pulsés).	33

Contexte

Le projet de parc éolien en mer de la baie de Saint-Brieuc, situé à environ 16 km du littoral (cap Fréhel), comprend 62 éoliennes de 8 MW de puissance unitaire maximale, soit une capacité totale installée de 496 MW. Chaque éolienne est reliée par un réseau de câbles inter-éoliennes jusqu'à une sous-station électrique en mer. Le raccordement de cette sous-station au réseau public de transport d'électricité (maîtrise d'ouvrage : RTE) est composé de deux liaisons électriques d'une longueur unitaire de 49 km, jusqu'au poste existant de La Doberie (commune d'Hénansal).

En accord avec l'arrêté du Préfet des Côtes d'Armor autorisant la réalisation d'un parc éolien en mer et sa sous station électrique en baie de Saint Brieuc (AU-IOTA), une mesure de suivi des mammifères marins est prévue par acoustique passive (MS3).

Cette mesure est destinée à caractériser la présence et le comportement des mammifères marins durant toutes les phases du projet (travaux, exploitation, démantèlement), ainsi que lors de l'état de référence (année précédant le démarrage des travaux d'installation).

Ce document synthétise les événements de collectes ainsi que les résultats du suivi de l'état de référence du projet. La collecte de données s'est déroulée sur quatre campagnes du 07/03/2020 au 22/03/2021.

La société Ailes Marines bénéficie d'un arrêté autorisant, au titre de l'article L214-3 du code de l'environnement, l'aménagement et l'exploitation d'un parc éolien en mer au large de Saint-Brieuc. Un article décrit les suivis des effets du projet sur l'environnement. Ces suivis concernent plusieurs compartiments et doivent être réalisés selon le principe BACI (*Before After Control Impact*) avant et pendant les travaux d'installation du projet éolien, puis pendant la phase d'exploitation du projet.

Les objectifs de l'état de référence comportent trois volets :

- L'acquisition en mer des données d'acoustique passive avec des enregistreurs autonomes (Volet 1) ;
- Le traitement et l'interprétation des données recueillies en vue de caractériser l'occupation et les comportements des mammifères marins (Volets 2 et 3).

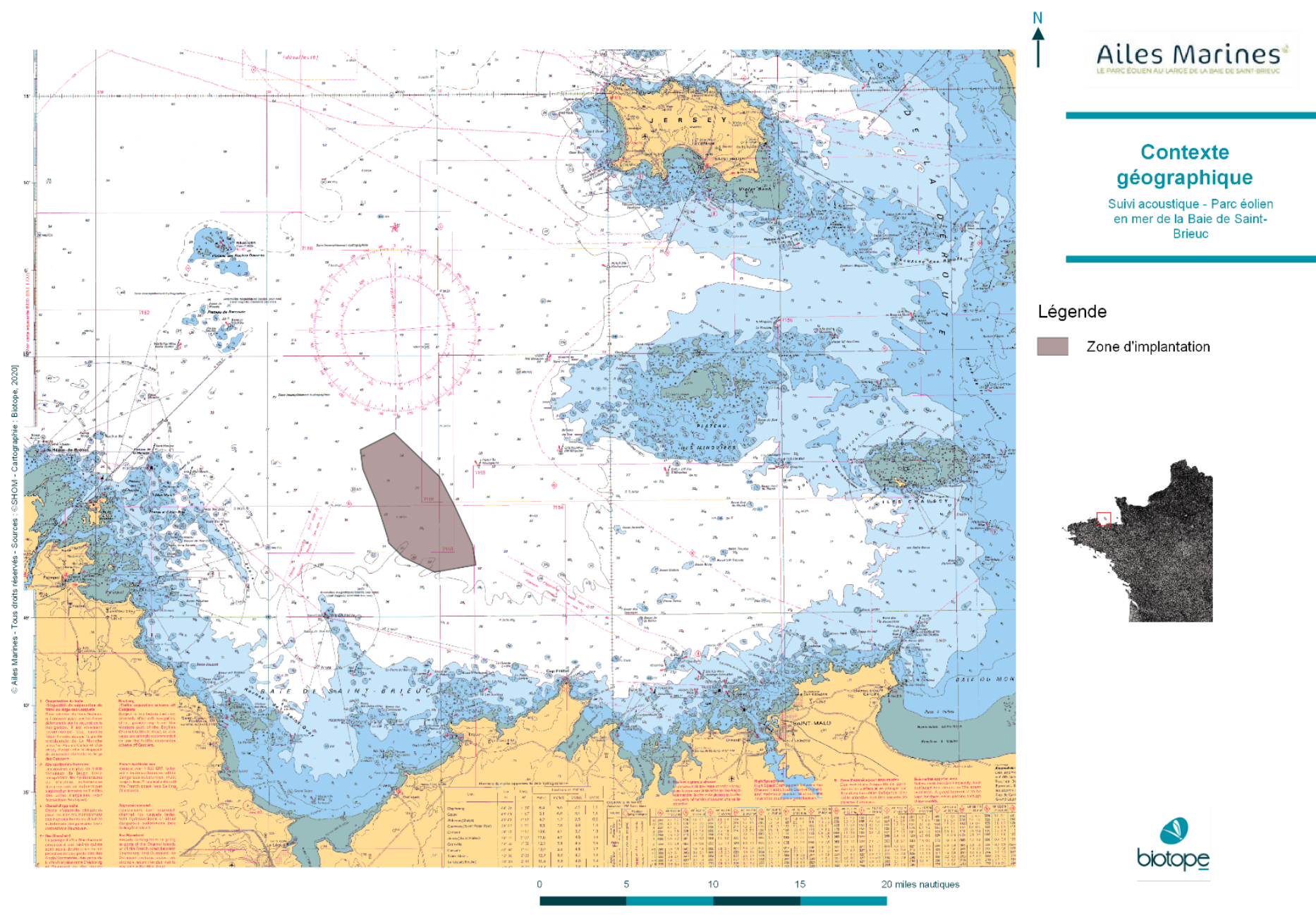


Figure 1: Contexte géographique – Suivi acoustique sous-marin – Parc éolien en mer de la Baie de Saint-Brieuc (BIOTOPE)

Introduction

1 La problématique du bruit sous-marin

Le monde sous-marin est tout sauf silencieux, et est caractérisé par un chorus sonore regroupant trois familles de bruits : les bruits naturels (vagues, écoulements, craquements sismiques...), les bruits biologiques (mammifères marins, crustacés...) et les bruits anthropiques (activités humaines, trafic maritime...).

Ces bruits sont de natures bien différentes selon les endroits, les saisons, les conditions climatiques, l'heure de la journée, etc. Ainsi, le bruit sous-marin constitue une composante physique à évaluer dans un contexte géographique donné, et dont les modifications peuvent potentiellement avoir des conséquences sur l'écosystème et certains organismes marins sensibles.

Les niveaux de bruit sous-marin ne sont pas à comparer avec les niveaux de bruit aérien. En effet, le niveau de référence est de $1 \mu\text{Pa}$ en acoustique sous-marine, contre $20 \mu\text{Pa}$ dans l'air. De plus, avec une densité environ 1000 fois plus élevée que l'air, le milieu océanique est considéré comme un milieu de propagation incompressible contrairement à l'air. Ainsi, toute comparaison est à proscrire.

La Figure 2 donne une illustration des niveaux sonores émis, par les activités humaines, par la faune marine, par les conditions environnementales.

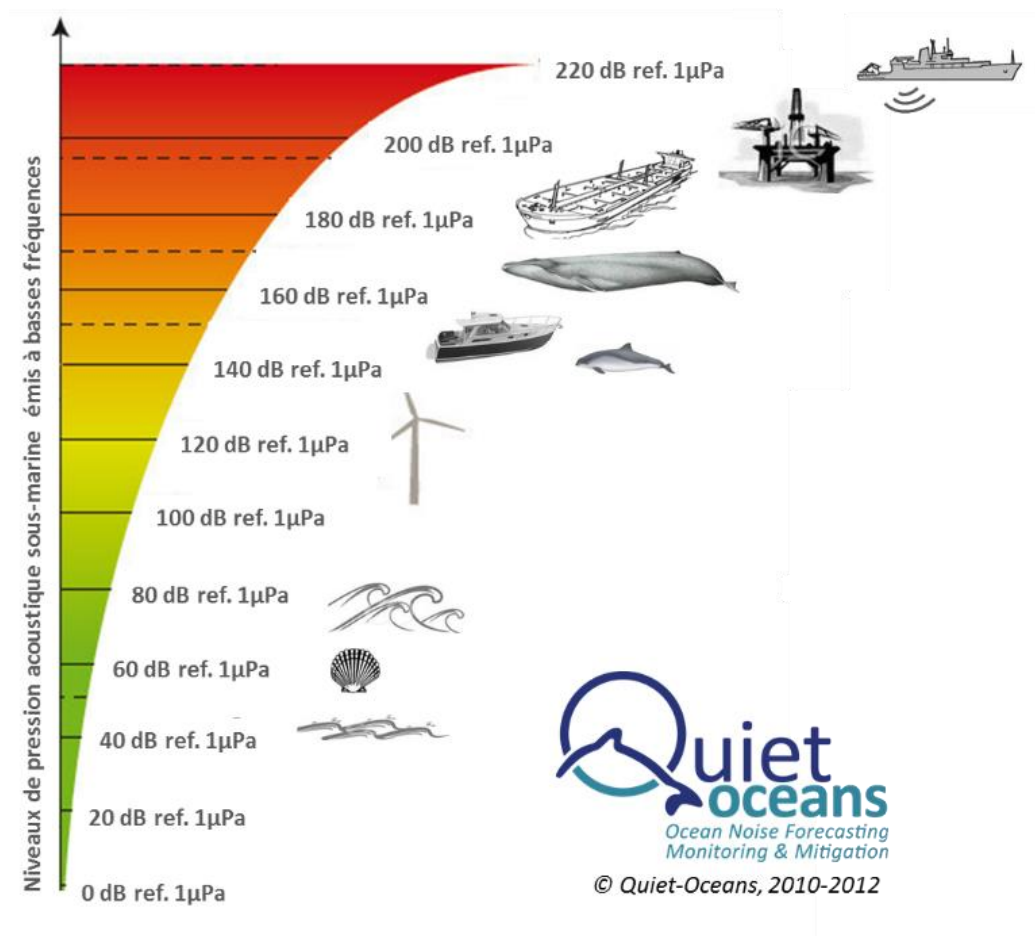


Figure 2 : Echelle qualitative des niveaux de bruits sous-marins
Bruits émis large bande à un mètre

2 Approche retenue pour l'évaluation de l'état de référence

Intérêt du suivi acoustique

Le suivi par acoustique passive est une technique de plus en plus utilisée pour étudier la présence des cétacés, leurs comportements et l'utilisation de leurs habitats en particulier lorsque les conditions d'observations classiques sont mauvaises ou lorsque les espèces sont discrètes (Samaran F. et al, 2015). Le postulat de départ est que toutes les espèces de cétacés produisent des sons relativement bien stéréotypés, ce qui permet de les identifier dans un enregistrement du bruit ambiant marin (Richardson et al, 1995).

Par ailleurs, ce type de suivi présente l'avantage de permettre un suivi en continu. Complémentaire des autres types de suivis (aériens, bateaux) qui couvrent une zone étendue à un instant donné, l'acoustique passive (système non-invasif) couvre des zones semi-étendues sur une large plage temporelle autour de chaque hydrophone mais sans contrainte météorologique et à un coût avantageux.

La méthodologie proposée repose sur deux étapes :

- Le déploiement et le relevage de cages équipées de systèmes autonomes d'acoustique passive en 7 positions durant une année dans et à l'extérieur, du périmètre du parc éolien ;
- L'analyse du bruit d'origine biologique (biophonie) concentrée sur les mammifères marins afin de connaître les espèces de mammifères marins présentes (inventaire taxonomique) et décrire la phénologie de leur fréquentation et de leur comportement.

Matériel et méthode

Le protocole de suivi acoustique a été défini en concertation avec le donneur d'ordre et les parties prenantes. Ce protocole impose des mesures par acoustique passive pendant une année avant le démarrage des travaux.

Afin d'aider à la compréhension de ce document, il faut distinguer :

- Les LEG, terme employé dans le domaine de l'instrumentation afin de caractériser une mission en mer sur une ou plusieurs journées. En d'autres termes, les LEG correspondent aux opérations de relevage et de déploiement des enregistreurs acoustiques sur site et donc à une sortie bateau ;
- Les campagnes qui concernent les périodes de données collectées.

1 Protocole géographique et temporel

Le protocole mis en œuvre a été défini dans un cahier des charges, présenté au Comité de Gestion et de Suivi (CGS) en avril 2019.

Le suivi des mammifères marins par acoustique passive est mis en œuvre via sept stations acoustiques, notées R1 à R7, positionnées à différents emplacements de la zone d'étude (Tableau 1). Deux stations sont positionnées à l'intérieur du périmètre d'installation du parc éolien tandis que les 5 autres stations sont disposées en étoiles autour du parc à 10 et 20 km de distance du centre.

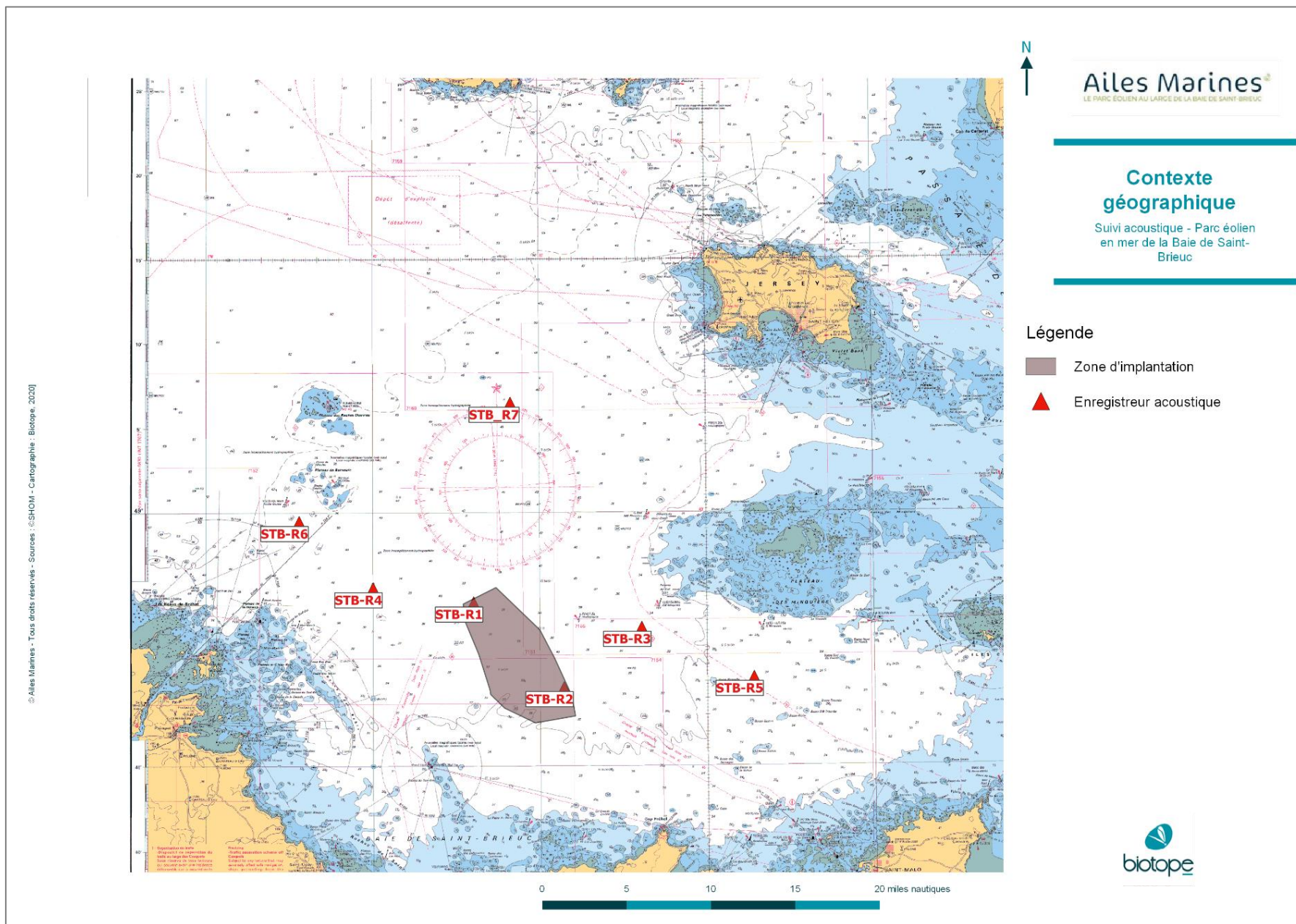
Chaque station dispose d'un hydrophone large bande permettant d'enregistrer les hautes fréquences (i.e. les clics haute fréquence émis par les cétacés tels que les phocoénidés) ainsi que les basses fréquences (signaux émis par les cétacés basse et moyenne fréquence, bruit ambiant).

Un déploiement/relevage est prévu environ tous les 3 mois selon les possibilités météo-océanographiques du site afin (1) de récupérer la donnée acoustique et (2) de procéder au reconditionnement et déploiement des enregistreurs acoustiques sur site. En effet, l'autonomie énergétique de chaque système acoustique permet l'enregistrement de 20 minutes/heure toutes les heures, pour une durée d'environ 90 jours (soit 3 mois). Le rapport cyclique d'acquisition (duty cycle) est donc de 30%, ce qui représente un bon compromis entre durée d'enregistrement et autonomie du système compte tenu de la difficulté d'accès au site (conditions météo-océanographiques complexes ne permettant pas une maintenance à très haute fréquence).

Tableau 1 : Emplacement des stations acoustiques (avril 2019)

Station	Longitude (WGS84)	Latitude (WGS84)	Bathymétrie (m)
R1	2° 36.050' W	48° 54.468' N	41
R2	2° 27.970' W	48° 49.422' N	41
R3	2° 20.956' W	48° 52.961' N	41
R4	2° 45.082' W	48° 55.332' N	45
R5	2° 10.901' W	48° 49.991' N	37
R6	2° 51.721' W	48° 59.266' N	40
R7	2° 32.682' W	49° 06.284' N	45

Figure 3 : Emplacement des enregistreurs acoustiques (BIOTOPE)



2 Enregistreurs acoustiques mis en œuvre

Un enregistreur acoustique, équipé d'un hydrophone, permet d'enregistrer les bruits dans un périmètre plus ou moins large autour de sa position.

Les enregistreurs acoustiques déployés sont de type SM3M (caractéristiques en Tableau 2), produits par la société Wildlife Acoustics. L'enregistreur SM3M est particulièrement adapté à l'étude des bruits biologiques en baie de Saint-Brieuc. Le système d'acquisition permet de collecter, sur une large plage temporelle et sur une large gamme de fréquences, la diversité des bruits émis dans la zone d'étude (bruits anthropiques, bruits naturels et bruits biologiques). Toutefois, pour des raisons logistiques, des enregistreurs SM2M ont dû être exceptionnellement utilisés pour deux stations lors de la 1^{ère} campagne. Ces enregistreurs sont également produits par la société Wildlife Acoustics mais leur fréquence d'échantillonnage est plus basse que celle des enregistreurs SM3M, avec respectivement 96 kHz contre 384 kHz (Tableau 2). L'enregistreur SM2M n'a donc pas permis de capter les signaux très hautes fréquences tels que ceux émis par les phocœnides à 110 kHz (voir partie 5.3.2).

Les instruments sont intégrés dans une cage de fond équipée et lestée (entre 150 et 180 kg). Par sa faible hauteur (35 cm) et son centre de gravité très bas, la cage constitue un équipement adapté au contexte environnemental de la baie de Saint Brieuc contrairement à un mouillage classique qui entrave la colonne d'eau et occasionne une gêne à la navigation.

Cette cage de fond permet le placement de l'enregistreur acoustique à environ 0,5 m au-dessus du fond, de façon fixe sur un support rigide (qualité de la mesure optimisée liée à la pollution par les vibrations parasites), sans entrave pour l'écoute avec une directivité omnidirectionnelle.

Un système de mise à l'eau spécifique permet de poser la cage sur le fond marin à l'aide d'un crochet auto-largable, sécurisant la manœuvre de déploiement qui ne nécessite normalement pas l'intervention de plongeurs et permettant un déploiement très rapide dépassant rarement quelques minutes. Une flottaison embarquée dans la cage, largable depuis le navire par commande acoustique permet de simplifier la récupération de la cage. Cette solution, issue d'un programme de recherche menée par Quiet-Oceans est éprouvée par plus de 18 années cumulées de déploiement.

Les signaux bruts au format Wac (format propriétaire) de chaque hydrophone sont sauvegardés sur un disque de grande capacité, intégré à l'enregistreur.

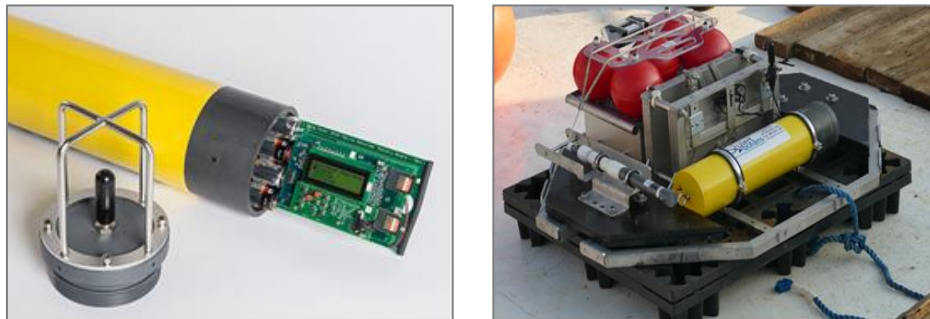


Figure 4 : Cage équipée d'un enregistreur acoustique autonome (Quiet-Oceans)

Tableau 2 : Caractéristiques techniques des enregistreurs (Wildlife Acoustics)

Type	Enregistreur SM3M	Enregistreur SM2M
Hydrophone	HTI99HF omnidirectionnel	HTI96MIN omnidirectionnel
Bande de fréquence	10Hz-180kHz (10 Hz à 80 kHz dans une bande +/- 2 dB)	10Hz – 40kHz avec une réponse plate à +/-1dB
Fréquence d'échantillonnage	384 kHz	96 kHz
Sensibilité	-165 dB ref. 1V/ μ Pa	-165 dB ref. 1V/ μ Pa
Gain	12 dB	12 dB
Format des fichiers audio	Wac	Wac
Longueur	79,4 cm	79,4 cm
Diamètre	16,5 cm	16,5 cm
Poids	13,5 kg avec 32 piles	13,5 kg avec 32 piles
Profondeur maximale	150 m	150 m
Plage de températures	-20°C to 50°C	-20°C to 50°C

3 Déploiements et relevages

Le Tableau 3 synthétise les informations générales sur les LEG réalisés durant cette étude, à savoir le numéro de campagne (période de données collectées) associé à chaque LEG ainsi que l'activité correspondante (déploiement et/ou relevage des enregistreurs acoustiques). A noter qu'une veille constante des conditions météorologiques sur site a débuté en février 2020. Cette étape, indispensable pour le bon déroulement de l'installation des stations acoustiques en mer, a permis d'anticiper le début de l'étude planifiée pour le 01^{er} mars 2020. À la suite d'un créneau météorologique favorable, l'installation des stations acoustiques pour le début de l'étude a pu être réalisée le 07 mars 2020.

Une demande de publication d'un avis urgent aux navigateurs (AVURNAV) a été sollicitée par Quiet-Oceans auprès de la Préfecture Maritime Atlantique et la Préfecture Maritime Manche Mer du Nord dès le LEG 01 de manière à prévenir l'ensemble des usagers de la mer des positions exactes de dépôts des instruments.

Tableau 3 : Synthèse des informations sur les LEG réalisés durant cette étude

N° LEG	N° Campagne	Date	Activité(s)	Station(s) concernée(s)
01-1	01	07.03.2020	Déploiement	R1 à R5
01-2	01	18.04.2020	Déploiement	R6 et R7
02	01 et 02	22.06.2020 ; 24.06.2020	Relevage/déploiement	R1 à R7
03	02 et 03	17.10.2020	Relevage/déploiement	R1 à R7
04	03 et 04	06.01.2021	Relevage/déploiement	R1 à R7
05	04	25.02.2021	Déploiement	R6
06	04 et 05	22.03.2021	Relevage/déploiement	R1 à R7
06b	05	18.04.2021	Relevage/déploiement	R1, R2 et R5
07	02 et 04	05.06.2021	Récupération par ROV	R4, R7, R6b et R7b

3.1 LEG 01

Le LEG 01 a été mené en deux temps : LEG 01-1 et LEG 01-2, tous deux associés à un déploiement d'enregistreurs acoustiques. Le LEG 01-1 a été réalisé le samedi 7 mars 2020 à bord du TSM KERMOR et le LEG 01-2 a été réalisé le samedi 18 avril 2020 à bord du TSM DORA.

3.1.1 Moyens à la mer

Les moyens supports utilisés pour les déploiements à la mer sont :

- Le navire TSM KERMOR de la société TSM (IMO : 9712412, MMSI : 228123800, Figure 5 - gauche) pour la première partie du LEG01 ;

- Le navire TSM DORA de la société TSM (IMO : 8417508, MMSI : 227016100, Figure 5 - droite) pour la seconde partie du LEG01.

A savoir que ces navires ont été utilisés en remplacement du navire initialement prévu en raison d'une avarie mécanique.



Figure 5 : TSM KERMOR (gauche) et TSM DORA (droite) (TSM Group)

3.1.2 Appareils déployés

Le Tableau 4 spécifie les informations de déploiements concernant les stations R1 à R5 (LEG 01-1) ainsi que pour les stations R6 et R7 (LEG01-2). Pour rappel, des enregistreurs SM2M ont dû être utilisés pour des raisons logistiques au niveau de ces deux dernières stations (voir partie 3.1.3).

Tableau 4 : Appareils déployés lors du LEG 01

Station	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
Référence Enregistreur	SM3-Somme	ENR.011	ENR.030	ENR.030	ENR.013	SM2-Somme	SM2-Somme-1
Type Enregistreur	SM3M	SM3M	SM3M	SM3M	SM3M	SM2M	SM2M
Latitude (Deg Min)	48°54.466N	48°49.413N	48°52.970N	48°55.346N	48°49.991N	48°59.263N	49°06.290N
Longitude (Deg Min)	02°36.061W	02°27.963W	02°20.955W	02°45.074W	02°10.910W	02°51.716W	02°32.692 W
Hauteur d'eau (m)	41	41	41	45	37	51	55
LEG	LEG 01-1	LEG 01-1	LEG 01-1	LEG 01-1	LEG 01-1	LEG 01-2	LEG 01-2
Date de mouillage	07.03.2020	07.03.2020	07.03.2020	07.03.2020	07.03.2020	18.04.2020	18.04.2020
Heure de mouillage (UTC)	09:21	13:37	07:56	10:25	06:45	18 :15	20 :00

3.1.3 Difficultés rencontrées

Pour le LEG 01-1, il n'a pas été possible de se procurer 7 enregistreurs SM3M avant le début souhaité du suivi. Il a donc été décidé de déployer cinq SM3M et deux SM2M. Le choix a été fait d'installer les SM2M sur les stations R6 et R7 (les plus éloignées du périmètre de parc), d'autant plus que la pose (sur R6 et R7) devait être repoussée dans le temps en raison des conditions de mer trop dures le 07/03/2020.

Lors de la journée du 07/03/2020, une tentative de mise à l'eau a eu lieu au point R6. Les conditions rencontrées à l'arrivée au point se sont avérées trop dangereuses pour le personnel et le matériel. Les mouvements du navire ne permettaient pas le déploiement de la cage en raison de la houle plus importante en ce point plus exposé que les précédents dans les conditions météorologiques de déploiement de ce samedi 7 mars 2020. L'équipe a dû renoncer au déploiement des cages aux stations R6 et R7 (également très exposées). Une seconde mission de déploiement a été programmée tout en tenant compte des conditions météo-océanographiques et de la crise sanitaire (covid-19), et a eu lieu à la mi-avril 2020,

3.2 LEG 02

Le LEG 02 correspond à une activité de relevage et de déploiement d'enregistreurs acoustiques sur la journée du 22/06/2020.

3.2.1 Moyens à la mer

Le navire utilisé pour cette opération est le CERES II de la société CERES (MMSI : 232022312, Figure 6 - gauche). A la demande d'Ailes Marines, le navire JIF LACYDON de la société JIFMAR (MMSI : 228390900, Figure 6 - droite) a été affrété et placé en stand-by au port de Saint-Quay-Portrieux afin de pouvoir intervenir en support en cas de défaillance du navire CERES II.



Figure 6 : CERES II (gauche) et JIF LACYDON (droite) (CERES/JIFMAR)

3.2.2 Appareils récupérés

Le Tableau 5 spécifie les informations de relevage concernant les stations R1 à R7 (LEG 02) correspondant à la fin de la campagne 01. A noter que l'enregistreur placé à la station R1 a été récupéré auprès de la DDTM de la Manche après un échouage sur une plage du Cotentin (voir partie 3.2.4).

Tableau 5 : Appareils récupérés lors du LEG 02

Station	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
Référence Enregistreur	SM3-Somme	ENR.011	ENR.030	ENR.031	ENR.013	SM2_S_1	SM2_S_2
Type Enregistreur	SM3M	SM3M	SM3M	SM3M	SM3M	SM2M	SM2M
Latitude (Deg Min)	48°54.466N	48°49.413N	48°52.970N	48°55.346N	48°49.991N	48°59.266N	49°06.284N
Longitude (Deg Min)	02°36.061W	02°27.963W	02°20.955W	02°45.074W	02°10.910W	02°51.721W	02°32.682W
Hauteur d'eau (m)	41	41	41	45	37	51	55
Date de mouillage	07.03.2020	07.03.2020	07.03.2020	07.03.2020	07.03.2020	18.04.2020	18.04.2020
Heure de mouillage (UTC)	09:21	13:37	07:56	10:25	06:45	18 :15	20 :00
Date de relevage	Absence De la cage	Avant le 23.05.2020	24.06.2020	22.06.2020	24.06.2020	22.06.2020	24.06.2020
Heure de relevage (UTC)	-	Inconnue	07 :36	13:16	08 :17	14:42	02 :34

3.2.3 Appareils déployés

Le Tableau 6 spécifie les informations de déploiement concernant les stations R1 à R7 (LEG 02) correspondant au début de la campagne 02.

Tableau 6 : Appareils déployés lors du LEG 02

Station	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
Référence Enregistreur	ENR.045	ENR.038	ENR.040	ENR.041	ENR.042	ENR.043	ENR.037
Type Enregistreur	SM3M	SM3M	SM3M	SM3M	SM3M	SM3M	SM3M
Latitude (Deg Min)	48°54.462N	48°49.415N	48°52.972N	48°55.344N	48°49.990N	48°59.266N	49°06.291N
Longitude (Deg Min)	02°36.055 W	02°27.975 W	02°20.959 W	02°45.074 W	02°10.913 W	02°51.721 W	02°32.690 W
Hauteur d'eau (m)	42	50	45	42	39	51	48
Date de mouillage	24.06.2020	22.06.2020	24.06.2020	22.06.2020	24.06.2020	22.06.2020	24.06.2020
Heure de mouillage (UTC)	04 :24	11 :37	10 :06	14 :07	09 :12	16 :25	03 :14

3.2.4 Difficultés rencontrées

Les stations de déploiement R1 et R2 se trouvent à proximité de zones de pêche. La présence de bouées très proches (entre 50 et 100 m) à proximité des cages instrumentées de Quiet-Oceans entraîne un risque important de croche. Cette information a été confirmée d'une part par la perte de la cage en R1 et d'autre part, par le relevage prématuré de la cage en R2 (avant le 23/05/2020). En effet, le largeur de la cage située à la station R1 n'a pas répondu à la balise d'interrogation de surface malgré une recherche dans un rayon de 500 m. Après investigation, cette cage a vraisemblablement été relevée par des pêcheurs professionnels comme le supposent les échanges trouvés sur les réseaux sociaux. Suite à un signalement de la DDTM50, l'enregistreur a pu être récupéré début juillet à Granville (50). Dans un contexte similaire, la cage située à la station R2 a été récupérée par anticipation suite à un chalutage par des pêcheurs professionnels. Quiet-Oceans a été informé le 02/06/2020 de la présence d'une cage dans la zone de débarque du port de Saint-Cast-Le-Guildo. Quiet-Oceans s'est rapproché de la capitainerie pour y accéder et récupérer son matériel. L'ensemble de la ligne de récupération (ligne, flotteur, ainsi que la balise satellitaire) avaient disparu. L'équipement récupéré a été jugé opérationnel après quelques tests, les pièces manquantes ont été remplacées et le reste reconditionné pour le nouveau déploiement, réalisé le 22/06/2020 (Tableau 6).

Lors de la récupération de la cage positionnée à la station R3, il apparaît que l'hydrophone de l'enregistreur a souffert d'une croche lors du déploiement ou ultérieurement. L'hydrophone a donc été endommagé mais reste opérationnel.

Le déploiement des cages aux points R6 et R7 est délicat, notamment en R6 où la présence de fond rocheux rend la pose compliquée. Un levé bathymétrique (environ 100 m x 100 m) permettrait de sécuriser les opérations par une meilleure connaissance des fonds.

Le déroulement de cette mission a été modifié suite à une levée de boucliers des pêcheurs en raison de la mobilisation du navire JIF LACYDON et de sa présence (en stand-by) au port de Saint-Quay-Portrieux le 22/06/2020. Le navire CERES II, utilisé pour ce LEG 02, s'est alors vu notifier par le comité départemental des pêches des Côtes d'Armor une interdiction de stationner dans tout port des Côtes d'Armor. Suite à cet événement, Ailes Marines a ordonné un jour de stand-by entre les deux jours d'opération. Le navire CERES II et son équipage sont donc allés stationner à Carteret le 22/06/2020 au soir, avant de reprendre les activités sur site le 24/06/2020 au matin.

3.3 LEG 03

Le LEG 03 correspond à la fois à une activité de relevage et de déploiement d'enregistreurs acoustiques sur les journées du 17 et 18 octobre 2020.

3.3.1 Moyens à la mer

Le navire utilisé pour cette opération est le CERES II de la société CERES (MMSI : 2320223112, Figure 6 - gauche).

3.3.2 Appareils récupérés

Le Tableau 7 spécifie les informations de relevage concernant les stations R1 à R7 (LEG 03) correspondant à la fin de la campagne 02. Les forts courants de surface ainsi que le déplacement/retournement de certaines cages par activité de pêche n'ont pas permis la récupération des cages situées aux stations R4, R6 et R7, comme expliqué dans la partie 3.3.4.

Tableau 7 : Appareils récupérés lors du LEG 03

Station	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
Référence Enregistreur	ENR.045	ENR.038	ENR.040	ENR.041	ENR.042	ENR.043	ENR.037
Type Enregistreur	SM3M	SM3M	SM3M	SM3M	SM3M	SM3M	SM3M
Latitude (Deg Min)	48°54.462N	48°49.415N	48°52.972N	48°55.344N	48°49.990N	48°59.266N	49°06.291N
Longitude (Deg Min)	02°36.055W	02°27.975W	02°20.959W	02°45.074W	02°10.913W	02°51.721W	02°32.690W
Hauteur d'eau (m)	42	50	45	42	39	51	48
Date de mouillage	24.06.2020	22.06.2020	24.06.2020	22.06.2020	24.06.2020	22.06.2020	24.06.2020
Heure de mouillage (UTC)	04 :24	11 :37	10 :06	14 :07	09 :12	16 :25	03 :14
Date de relevage	17.10.2020	17.1.2020	18.10.2020	Cage non récupérée	18.10.2020	Cage non récupérée	Cage non récupérée
Heure de relevage (UTC)	13 :50	08 :20	12 :15		13 :30		

3.3.3 Appareils déployés

Le Tableau 8 spécifie les informations de déploiement concernant les stations R1 à R7 (LEG 03) correspondant au début de la campagne 03. L'ensemble des déploiements s'est déroulé nominale pour les cages positionnées aux stations R2, R3 et R5. Les cages des stations R4, R6 et R7 n'ont pas pu être déployées car non récupérées, et le matériel de rechange à bord avait déjà été exploité pour la station R1. En effet, en raison d'un problème de flotteur sur la cage située en R1, la cage de rechange en possession de Quiet-Oceans a été déployée sur cette station afin de palier à ce problème.

Tableau 8: Appareils déployés lors du LEG 03

Station	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
Référence Enregistreur	ENR.017	ENR.012	ENR.030	Cage non récupérée et absence de déploiement	ENR.015	Cage non récupérée et absence de déploiement	Cage non récupérée et absence de déploiement
Type Enregistreur	SM3M	SM3M	SM3M		SM3M		
Latitude (Deg Min)	48°54.444N	48°49.413N	48°52.971N		48°49.986N		
Longitude (Deg Min)	02°36.008 W	02°27.989 W	02°20.973 W		02°10.915 W		
Hauteur d'eau (m)	45	44	37		29		
Date de mouillage	18.10.2020	17.10.2020	18.10.2020		18.10.2020		
Heure de mouillage (UTC)	09 :40	09 :10	12 :41		14 :43		

3.3.4 Difficultés rencontrées

Durant le LEG 03, les cages situées aux stations R4 et R7 ont été probablement retournées et déplacées par activité de pêche. La cage initialement déployée à la station R4 était présente mais non localisable au sondeur, tandis que pour la station R7, la cage a été localisée à 188 m du point de mouillage grâce au sondeur. La récupération et le redéploiement de ces cages n'ont pas pu être réalisés.

L'intervalle de temps pour les opérations de récupération et de déploiement est limité aux périodes des étales (moment entre deux marées où le courant est quasi-stationnaire). Le raccourcissement de cette période de travail combiné à la fois à la limite du temps de manipulation (deux jours) et aux conditions de forts courants rencontrés dans la zone ont mené le chef de mission à choisir de ne pas se diriger sur la station R6. Ce choix a permis de privilégier les récupérations des autres stations et ainsi sécuriser le résultat du LEG 03.

3.4 LEG 04

Le LEG 04 correspond à une activité de relevage et de déploiement d'enregistreurs acoustiques sur les journées du 06, 07 et 08 janvier 2021.

3.4.1 Moyens à la mer

Le navire utilisé pour cette opération est le CERES II de la société CERES (MMSI : 2320223112, Figure 6 - gauche).

3.4.2 Appareils récupérés

Le Tableau 9 spécifie les informations de relevage concernant les stations R1 à R7 (LEG 04) correspondant à la fin de la campagne 03. Les forts courants de surface, la profondeur d'eau importante ainsi que le déplacement/retournement de

certaines cages par activité de pêche n'ont pas permis la récupération des cages situées aux stations R4, R6 et R7 (voir 3.4.4).

Tableau 9 : Appareils récupérés lors du LEG 04

Station	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
Référence Enregistreur	ENR.017	ENR.012	ENR.030	ENR.041	ENR.015	ENR.043	ENR.037
Type Enregistreur	SM3M	SM3M	SM3M	SM3M	SM3M	SM3M	SM3M
Latitude (Deg Min)	48°54.444N	48°49.413N	48°52.971N	Cage non récupérée	48°49.986N	Cage non récupérée	Cage non récupérée
Longitude (Deg Min)	02°36.008W	02°27.989W	02°20.973W		02°10.915W		
Hauteur d'eau (m)	45	44	37		29		
Date de mouillage	18.10.2020	17.10.2020	18.10.2020		18.10.2020		
Heure de mouillage (UTC)	09 :40	09 :10	12 :41		14 :43		
Date de relevage	06.01.2021	06.01.2021	08.01.2021		08.01.2021		
Heure de relevage (UTC)	10 :00	08 :15	07 :52		08 :40		

3.4.3 Appareils déployés

Le Tableau 10 spécifie les informations de déploiement concernant les stations R1 à R7 (LEG 04) correspondant au début de la campagne 04. L'ensemble des déploiements s'est déroulé nominalement pour les stations R1, R2, R3 et R5. La récupération des cages situées aux stations R4, R6 et R7 n'ayant pas été possible suite aux conditions de courants de surface et leur déplacement/retournement par activité de pêche, deux cages de rechange ont été déployées aux stations R4 (R4b) et R7 (R7b).

Tableau 10 : Appareils déployés lors du LEG 04

Station	R1	R2	R3	R4b	R5	R6	R7b
Référence Enregistreur	ENR.013	ENR.044	ENR.030	ENR.017	ENR.042	Cage non récupérée et absence de déploiement	ENR.012
Type Enregistreur	SM3M	SM3M	SM3M	SM3M	SM3M		SM3M
Latitude (Deg Min)	48°54.448N	48°49.417N	48°52.953N	48°55.380N	48°49.984N		49°06.288N
Longitude (Deg Min)	02°36.014W	02°27.966W	02°20.938W	02°40.088W	02°10.918W		02°32.703W
Hauteur d'eau (m)	43	43	37	48	32		52.1
Date de mouillage	06.01.2021	06.01.2021	08.01.2021	06.01.2021	08.01.2021		07.01.2021
Heure de mouillage (UTC)	15 :10	09 :14	10 :05	14 :19	09 :18		16 :39

3.4.4 Difficultés rencontrées

Durant le LEG 04, les cages situées aux stations R4 et R6 ont bien été localisées mais n'ont pas pu être récupérées en raison de la profondeur d'eau trop importante sur site, avec respectivement 48 m et 57 m, et d'une interdiction de plongée imposée par les règles HSE du projet. Toutefois, pour palier à l'absence de remontée de la cage située en R4, une nouvelle cage de rechange a été déployée au niveau de cette station pour permettre la continuité de l'acquisition acoustique sur ce point.

Une tentative de récupération de la cage située à la station R7 a été réalisée à l'aide d'un ROV (*Remotely Operated underwater Vehicle*), le 07/01/2021. La visualisation de la cage par le ROV a confirmé le retournement de cette dernière empêchant le fonctionnement du système de largage. Toutefois, la récupération de cette cage n'a pas pu être réalisée suite à la reprise du courant qui a empêché toute manœuvre du ROV. Dans ce contexte, une cage de rechange a été déployée au niveau de la station R7.

3.5 LEG 05

Le LEG 05 correspond à une activité de déploiement d'un enregistreur au niveau de la station R6 sur la journée du 25/02/2021.

3.5.1 Moyens à la mer

Le navire utilisé pour cette opération est le CERES II de la société CERES (MMSI : 2320223112, Figure 6 - gauche).

3.5.2 Appareils déployés

Lors du LEG 04, la cage située à la station R6 n'a pas pu être récupérée (3.4.4). Cette station est donc restée non instrumentée. Afin de palier à ce problème, une nouvelle cage a été déployée au niveau de la station R6 (R6b) le 25/02/2021 (LEG 05) à 13h00 UTC et par 51 m de fond (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Ce déploiement est donc associé à la campagne 04.

Station	R6b
Référence Enregistreur	ENR.031
Type Enregistreur	SM3M
Latitude (Deg Min)	48°59.269N
Longitude (Deg Min)	02°51.736W
Hauteur d'eau (m)	51
Date de mouillage	25/02/2021
Heure de mouillage (UTC)	13 :00

Tableau 11 : Appareil déployé lors du LEG 05

3.6 LEG 06

Le LEG 06 correspond à une activité de relevage et de déploiement d'enregistreurs acoustiques sur les journées du 22 et 23 mars 2021.

3.6.1 Moyens à la mer

Le navire utilisé pour cette opération est le CERES II de la société CERES (MMSI : 2320223112, Figure 6 - gauche).

3.6.2 Appareils récupérés

Le Tableau 12 spécifie les informations de relevage concernant les stations R1 à R7 (LEG 06) correspondant à la fin de la campagne 04.

Pour rappel, des cages de rechange ont été respectivement déployées aux stations R4 et R7 lors du LEG 04 (R4b et R7b – voir 3.4.3) et à la station R6 lors du LEG 05 (R6b – voir 3.5.2). La cage R4b a bien été récupérée à l'inverse des cages R6b et R7b restées sur le fond comme expliqué dans la partie 3.6.4.

Tableau 12 : Appareils récupérés lors du LEG 06

Station	R1	R2	R3	R4b	R5	R6b	R7b
Référence Enregistreur	ENR.013	ENR.044	ENR.030	ENR.017	ENR.042	ENR.031	ENR.012
Type Enregistreur	SM3M	SM3M	SM3M	SM3M	SM3M	SM3M	SM3M
Latitude (Deg Min)	48° 54.448 N	48°49.417N	48°52.953N	48°55.380N	48°49.984N	Cage non récupérée	Cage non récupérée
Longitude (Deg Min)	002°36.014 W	02°27.966W	02°20.938W	02°40.088W	02°10.918W		
Hauteur d'eau (m)	43	43	37	48	32		
Date de mouillage	06.01.2021	06.01.2021	08.01.2021	06.01.2021	18.10.2020		
Heure de mouillage (UTC)	15 :10	09 :14	10 :05	14 :19	09 :18		
Date de relevage	23.03.2021	22.03.2021	22.03.2021	22.03.2021	22.03.2021		
Heure de relevage (UTC)	12 :45	08 :54	15 :12	10 :11	16 :05		

3.6.3 Appareils déployés

Le Tableau 13 spécifie les informations de déploiement concernant les stations R1 à R7 (LEG 06) correspondant au début de la campagne 05. L'ensemble des déploiements s'est déroulé nominale pour les stations R3, R4b et R5. Pour les stations R4, R6 et R7, les conditions de courants de surface et le déplacement/retournement des cages par activité de pêche n'ont pas permis la récupération de ces dernières. Pour les stations R1 et R2, les dégâts présents sur chacune des cages n'ont pas permis de déployer à nouveau les cages à leurs positions.

Tableau 13: Appareils déployés lors du LEG 06

Station	R1	R2	R3	R4b	R5	R6 et R6b	R7 et R7b
Référence Enregistreur	Cage récupérée mais dégâts trop importants pour redéploiement	Cage récupérée mais dégâts trop importants pour redéploiement	ENR.042	ENR.017	ENR.030	Cages non récupérées et absence de déploiement	Cages non récupérées et absence de déploiement
Type Enregistreur			SM3M	SM3M	SM3M		
Latitude (Deg Min)			48°52.954N	48°55.378N	48°49.987N		
Longitude (Deg Min)			02°20.941W	02°45.086W	02°10.921W		
Hauteur d'eau (m)			41	46	34		
Date de mouillage			22.03.2021	22.03.2021	22.03.2021		
Heure de mouillage (UTC)			16 :45	12 :47	15 :24		

3.6.4 Difficultés rencontrées

Durant le LEG 06, les cages situées aux stations R6, R6b, R7 et R7b n'ont pas pu être récupérées. Le largage des flottabilités n'a pas fonctionné.

Les cages situées aux stations R1 et R2 ayant été significativement abîmées (déplacement/retournement des cages par activité de pêche), il n'a pas été possible de procéder au redéploiement de ces dernières.

3.7 LEG 06b

Le LEG 06b correspond à une activité de déploiement d'enregistreurs acoustiques sur la journée du 18/04/2021.

3.7.1 Moyens à la mer

Le navire utilisé pour cette opération est le CERES II de la société CERES (MMSI : 2320223112, Figure 6 - gauche).

3.7.2 Appareils récupérés

Le Tableau 14 spécifie les informations de relevage concernant la station R5 (LEG 06b) et marque la fin de la campagne 05 pour cet enregistreur. La cage positionnée à la station R5 a été récupérée pour être déplacée à la station R1 (voir Tableau 15). Ce déplacement était nécessaire pour disposer de deux points de suivi dans la zone du parc lors du début des travaux.

Tableau 14 : Appareils récupérés lors du LEG 06b

Station	R5
Référence Enregistreur	ENR.030
Type Enregistreur	SM3M
Latitude (Deg Min)	48°49.987N
Longitude (Deg Min)	02°10.921W
Hauteur d'eau (m)	34
Date de mouillage	22.03.2021
Heure de mouillage (UTC)	15 :24
Date de relevage	18.04.2021
Heure de relevage (UTC)	07 :36

3.7.3 Appareils déployés

Le Tableau 15 spécifie les informations de déploiement concernant les stations R1 et R2 (LEG 06b) correspondant au début de la campagne 06. Ces déploiements ont été réalisés afin de palier à l'absence de cages à ces deux stations.

Tableau 15 : Appareils déployés lors du LEG 06b

Station	R1	R2
Référence Enregistreur	ENR.30	ENR.15
Type Enregistreur	SM3M	SM3M
Latitude (Deg Min)	48° 54.448 N	48°49.417N
Longitude (Deg Min)	002°36.014 W	02°27.966W
Hauteur d'eau (m)	43	43
Date de mouillage	18.04.2021	18.04.2021
Heure de mouillage (UTC)	08 :25	09 :02

3.8 LEG 07

Le LEG 07 est un LEG particulier qui correspond à une activité de récupération d'enregistreurs acoustiques sur les journées du 05 au 09 juin 2021 à l'aide d'un ROV (Remotely Operated underwater Vehicle).

3.8.1 Moyens à la mer

Le navire utilisé pour cette opération est le CERES II de la société CERES (MMSI : 2320223112, Figure 6 - gauche).

3.8.2 Appareils récupérés

Le Tableau 16 spécifie les informations de relevage par ROV concernant les stations R4, R7, R6b et R7b. Ces récupérations ont permis de compléter la donnée des campagnes 02 (R4 et R7) et 04 (R6b et R7b). La donnée de chacune de ces quatre stations est actuellement en cours d'analyse.

La cage positionnée à la station R6 et contenant la donnée de la campagne 02 n'a pas pu être récupérée malgré de nombreuses tentatives pour cause des conditions de site difficiles.

Tableau 16: Appareils récupérés lors du LEG 07

Station	R4	R6	R7	R6b	R7b
Campagne	02	02	02	04	04
Référence Enregistreur	ENR.041	ENR.043	ENR.037	ENR.031	ENR.012
Type Enregistreur	SM3M	SM3M	SM3M	SM3M	SM3M
Latitude (Deg Min)	48°55.344N	48°59.266N	49°06.291N	48°59.269N	49°06.288N
Longitude (Deg Min)	02°45.074W	02°51.721W	02°32.690W	02°51.736W	02°32.703W
Hauteur d'eau (m)	42	51	48	51	52.1
Date de mouillage	22.06.2020	22.06.2020	24.06.2020	25/02/2021	07.01.2021
Heure de mouillage (UTC)	14 :07	16 :25	03 :14	13 :00	16 :39
Date de relevage	08.06.2021	Cage non récupéré	09.06.2021	06.06.2021	05.06.2021
Heure de relevage (UTC)	19 :02		07 :35	18 :25	17 :04

4 Enregistrements acoustiques collectés

Le Tableau 17 synthétise l'ensemble des données acoustiques collectées pour chaque campagne. Le tableau donne les dates de début et fin d'enregistrement pour chaque station, l'enregistreur utilisé, le type d'enregistreur, la durée totale de la campagne en jours, la durée cumulée des données collectées en heures, le nombre de fichiers audio collectés et la quantité de donnée associée.

La

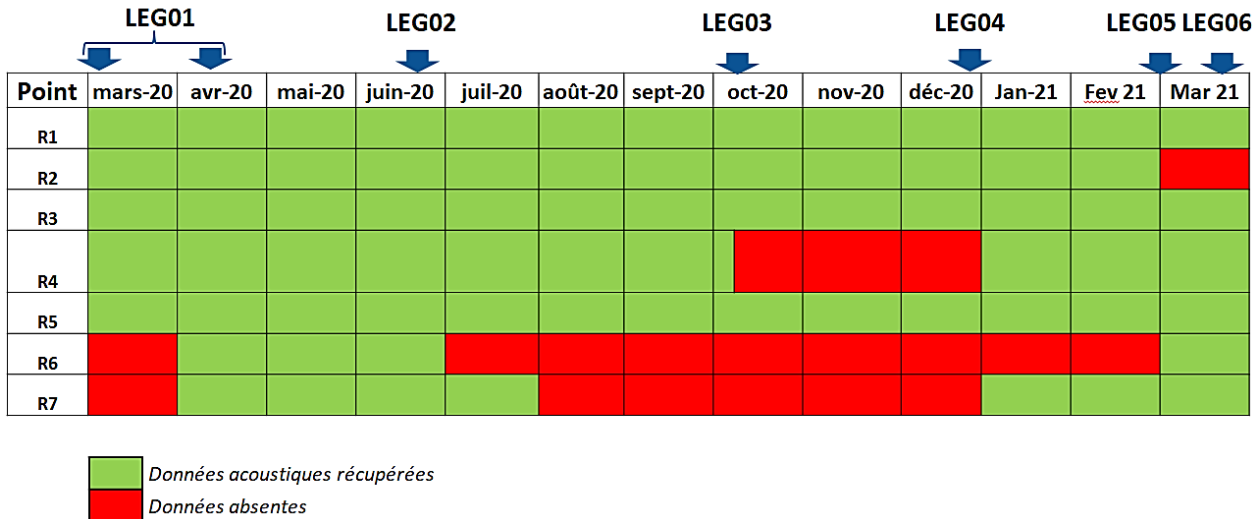


Figure 7 correspond au bilan des données acoustiques collectées pour l'année de référence, entre mars 2020 et mars 2021 pour chacune des stations d'enregistrements (R1 à R7). Le taux d'acquisition global se situe à environ 80% du volume maximal de données qu'il est possible de récupérer sur 12 mois et 7 enregistreurs (entre mars 2020 et mars 2021). Le taux d'acquisition pour chaque station d'enregistrement est le suivant :

- Station R1 : 100% ;
- Station R2 : 92% ;
- Station R3 : 100% ;
- Station R4 : 78% ;
- Station R5 : 100% ;
- Station R6 ; 30% ;
- Station R7 : 54%.

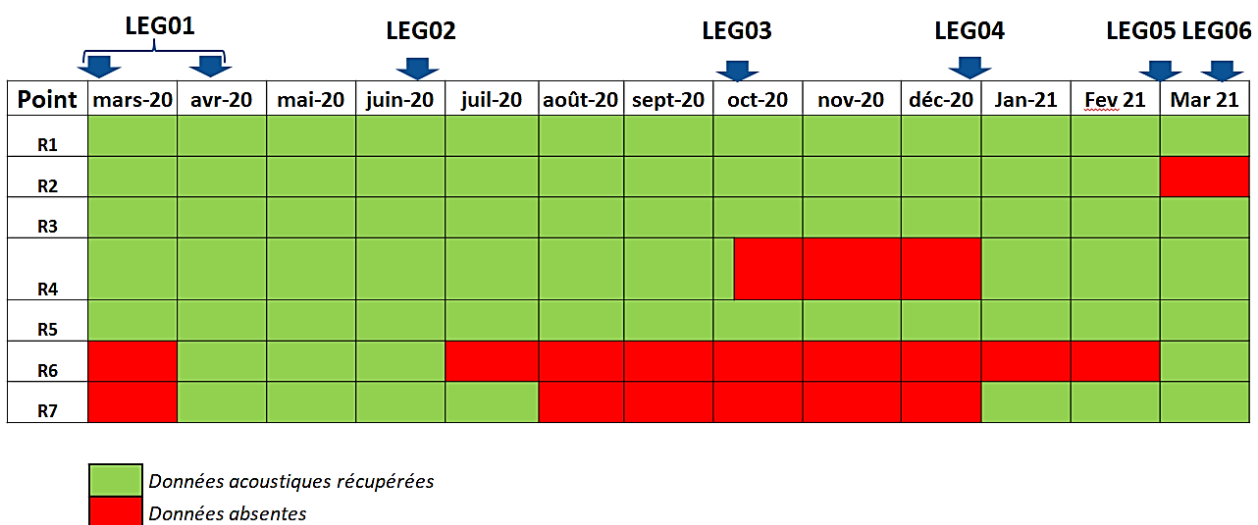


Figure 7 : Bilan des données acoustiques collectées pour l'année de référence (mars 2020 – mars 2021)

Tableau 17 : Synthèse des enregistrements acoustiques collectés

Campagne	Date de début	Date de fin	Station	Enregistreur acoustique	Type d'enregistreur	Durée de la campagne (jours)	Durée enregistrée (heures)	Nombre de fichiers	Quantité de données (Go)	Commentaires
01	07.03.2020	31.05.2020	R1	ENR-SM3-R1	SM3M	101,5	679,2	2070	1032	
	07.03.2020	23.05.2020	R2	ENR-011	SM3M	84,2	667,2	2007	1012	
	07.03.2020	22.06.2020	R3	ENR-030	SM3M	109,3	842,4	2587	1257	
	07.03.2020	22.06.2020	R4	ENR-031	SM3M	109,0	852	2611	1270	Arrêt inexpliqué. Les données valides couvrent une période de 59 jours
	07.03.2020	04.05.2020	R5	ENR-013	SM3M	59,3	472,8	1425	728	
	17.04.2020	23.06.2020	R6	ENR-SM1-R6	SM2M	69,0	552	1657	196,9	
	17.04.2020	22.06.2020	R7	ENR-SM2-R7	SM2M	68,9	552	1656	183,2	
02	22.06.2020	06.10.2020	R1	ENR-045	SM3M	106,5	847,2	2553	1238	
	22.06.2020	06.10.2020	R2	ENR-038	SM3M	105,9	840	2542	1226	
	24.06.2020	18.09.2020	R3	ENR-040	SM3M	88,4	703,2	2122	1037	
	22.06.2020	05.10.2020	R4	ENR-041	SM3M	105,5	720	2177	1084	Données récupérées par ROV
	24.06.2020	08.10.2020	R5	ENR-042	SM3M	108,6	854,4	2607	1273	
	22.06.2020	*	R6	ENR-043	SM3M	Absence de données, cage non récupérée				
	24.06.2020	31.08.2020	R7	ENR-037	SM3M	70	561,6	1689	780	Données récupérées par ROV Chalutage le 30/07/2020 vers 18h12 UTC, après cette date : donnée non valide (23 jours de données exploitables)
03	18.10.2020	06.01.2021	R1	ENR-017	SM3M	81,2	640,8	1938	995,7	
	17.10.2020	06.01.2021	R2	ENR-012	SM3M	81,3	645,6	1948	934	
	18.10.2020	08.01.2021	R3	ENR-030	SM3M	83,0	660	1992	981,7	
	*	*	R4	ENR-041	SM3M	Absence de déploiement				
	18.10.2020	07.01.2021	R5	ENR-015	SM3M	82,0	648	1966	993,6	
	*	*	R6	ENR-043	SM3M	Absence de déploiement				
	*	*	R7	ENR-037	SM3M	Absence de déploiement				
04	06.01.2021	23.03.2021	R1	ENR-013	SM3M	76	604,8	1824	921,7	
	06.01.2021	05.03.2021	R2	ENR-044	SM3M	57,3	456	1375	695	
	08.01.2021	22.03.2021	R3	ENR-030	SM3M	73,3	583,2	1758	865,5	
	06.01.2021	22.03.2021	R4b	ENR-017	SM3M	75	600	1801	934	
	08.01.2021	22.03.2021	R5	ENR-042	SM3M	73,4	547,2	1669	796	
	25.02.2021	05.06.2021	R6b	ENR-031	SM3M	102	796,8	2421	1181	Données récupérées par ROV
	07.01.2021	10.04.2021	R7b	ENR-012	SM3M	94	710,4	2162	1024	Données récupérées par ROV

5 Connaissance biologique du site

5.1 Classification des espèces

Les mammifères marins sont classés selon trois ordres : les cétacés, les pinnipèdes et les siréniens (Figure 8).

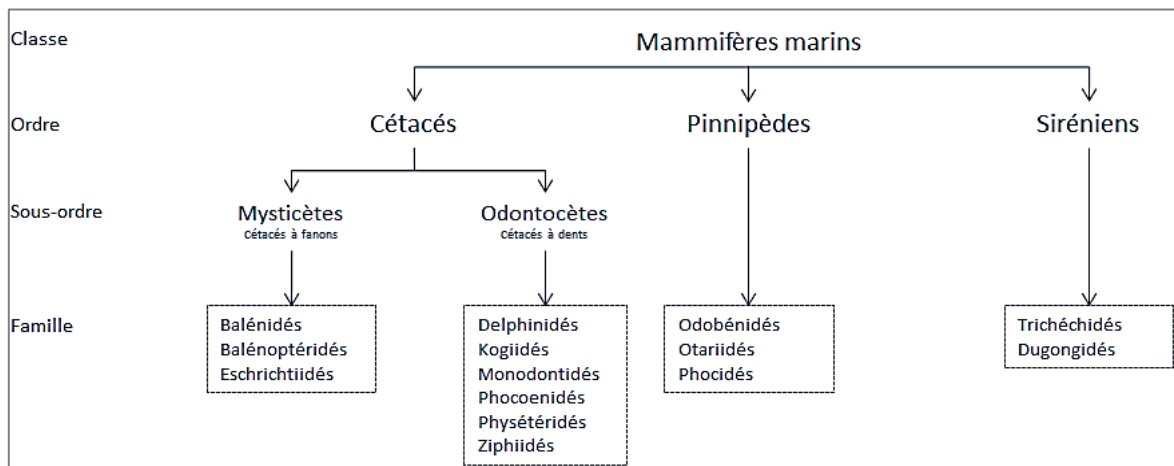


Figure 8 : Classification scientifique des mammifères marins

L'ordre des cétacés est divisé en mysticètes (cétacés à fanons) et odontocètes (cétacés à dents). Chacun de ces sous-ordres comporte des familles dans lesquelles sont réparties les différentes espèces de mammifères marins :

- ✓ Sous-ordre des mysticètes
 - Famille des balénidés regroupant les espèces de Baleine franche ;
 - Famille des balénoptéridés regroupant les espèces de Rorquals et la Baleine à bosse ;
 - Famille des eschrichtiidés ne comportant qu'une seule espèce, la Baleine grise (*Eschrichtius robustus*) ;
- ✓ Sous-ordre des odontocètes
 - Famille des delphinidés regroupant les espèces de dauphins, orques et de globicéphales ;
 - Famille des kogiidés ne comportant que deux espèces, le Cachalot pygmé (*Kogia breviceps*) et le Cachalot nain (*Kogia simus*) ;
 - Famille des monodontidés ne comportant que deux espèces, le Béluga (*Delphinapterus leucas*) et le Narval (*Monodon monoceros*) ;
 - Famille des phocoenidés regroupant les espèces de Marsouins ;
 - Famille des physétéridés ne comportant qu'une seule espèce, le Cachalot macrocéphale (*Physeter macrocephalus*) ;
 - Famille des ziphiidés regroupant les espèces de Baleines à bec.

L'ordre des pinnipèdes est composé de trois familles. La famille des odobénidés dont la seule espèce caractéristique est le Morse (*Odobenus rosmarus*), la famille des otariidés qui regroupe les espèces d'otaries et le Lion de mer, et la famille des phocidés qui regroupe les phoques et l'Eléphant de mer (*Mirounga sp.*).

L'ordre des siréniens est divisé en deux familles de mammifères marins herbivores, la famille des Trichéhidés (qui regroupe les lamantins) et la famille des dugongidés qui est représentée uniquement par le Dugong (*Dugong dugong*).

5.2 Fréquentation connue du site par les mammifères marins

Le Tableau 18 présente la liste des principales espèces de mammifères marins susceptibles d'être observées en baie de Saint-Brieuc, à proximité de la zone d'étude. La présence de ces espèces à proximité du projet de parc éolien est attestée d'une part par la bibliographie, et d'autre part par les résultats de campagnes d'observations (avion, bateau, acoustique) menées en 2016 pour les besoins de l'étude d'impact environnementale, sous la responsabilité du porteur de projet (Ailes Marines). Ces espèces relèvent des familles des delphinidés, des phocoenidés et des phocidés.

Trois espèces sont communément présentes dans la zone d'étude :

- Le Dauphin de Risso, *Grampus griseus* (Figure 9) ;
- Le Marsouin commun, *Phocoena phocoena* (Figure 10) ;
- Le Phoque gris, *Halichoerus grypus* (Figure 11).

Tableau 18 : Principaux mammifères marins susceptibles de fréquenter la zone d'étude selon l'étude d'impact (InVivo, 2015)

Famille	Espèce		Statu UICN France	Statut de fréquentation du site
	Nom Usuel	Nom Latin		
Delphinidés	Dauphin commun	<i>Delphinus delphis</i>	LC	Occasionnel
	Dauphin de Risso	<i>Grampus griseus</i>	NT	Permanent
	Grand Dauphin	<i>Tursiops truncatus</i>	LC	Occasionnel
	Dauphin bleu-et-blanc	<i>Stenella coeruleoalba</i>	LC	Erratique
	Globicéphale noir	<i>Globicephala melas</i>	LC	Erratique
Phocoenidés	Marsouin commun	<i>Phocoena phocoena</i>	NT	Permanent
Phocidés	Phoque gris	<i>Halichoerus grypus</i>	NT	Permanent
	Phoque veau marin	<i>Phoca vitulina</i>	NT	Erratique



Figure 9 : Dauphin de Risso (*Grampus griseus*). Source : GREC.



Figure 10 : Groupe de Marsouins communs (*Phocoena phocoena*). Source : GREMM.



Figure 11 : Phoque gris (*Halichoerus grypus*). Source : Agence des Aires Marines Protégées.

5.3 Signature acoustique des mammifères marins

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

5.3.1 Sons émis par les delphinidés

Les delphinidés se caractérisent acoustiquement par des sifflements (signaux transitoires) et des clics (signaux impulsifs) représentés respectivement par la Figure 12 et la Figure 13.

Les sifflements, utilisés pour la communication entre les différents individus (but social), sont émis dans une bande fréquentielle allant généralement de 2 à 25 kHz. Chaque espèce de delphinidé a sa propre gamme d'émissions, caractéristique pour une grande diversité de sifflements émis (Tableau 19). Il est possible à partir des caractéristiques acoustiques de ces signaux, d'identifier les espèces de delphinidés émettrices. Toutefois, la similarité de ces caractéristiques pour certaines espèces peut complexifier l'exercice de leur classification¹.

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'écholocalisation². 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.

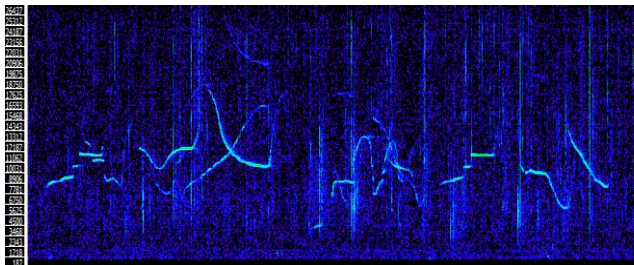


Figure 12 : Sifflements de delphinidés émis entre 2 kHz et 25 kHz. Source : Quiet-Oceans.

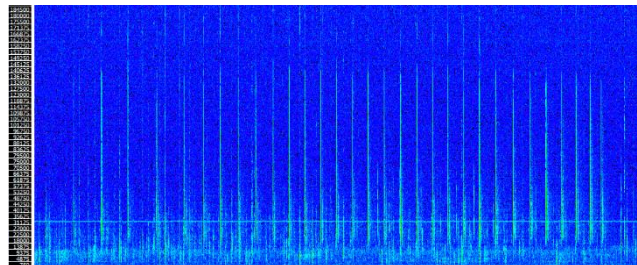
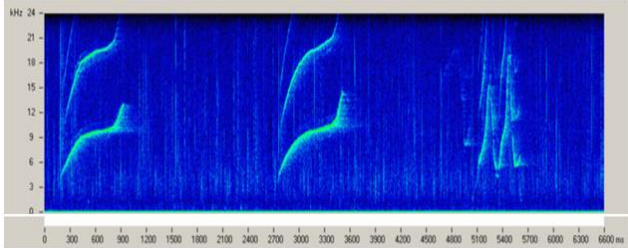
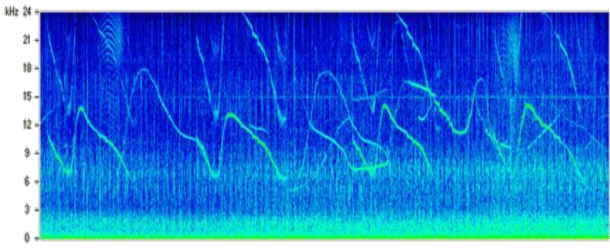
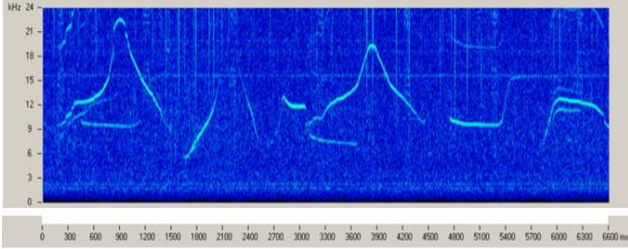
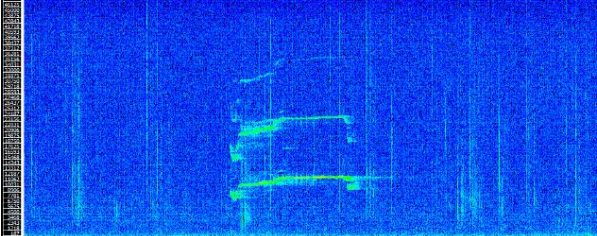
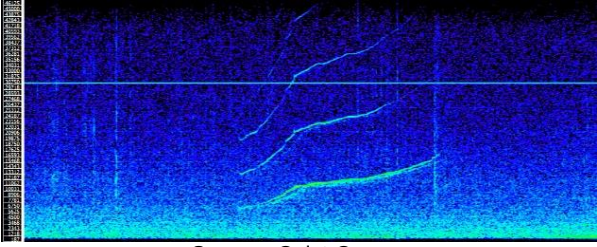


Figure 13 : Clics de delphinidés émis entre 10 kHz et 180 kHz. Source : Quiet-Oceans.

¹ La classification permet d'associer l'espèce animale correspondante à un signal biologique.

² Evènement renseignant les delphinidés sur le milieu dans lequel ils évoluent mais également indicateur d'une quête de nourriture.

Tableau 19 : Diversité des sifflements émis par les delphinidés susceptibles de fréquenter la baie de Saint-Brieuc.

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

5.3.2 Sons émis par les phocœnidés

Les émissions acoustiques du Marsouin commun (*Phocoena phocoena*) sont des clics (signaux impulsifs) haute fréquence dont la bande fréquentielle d'émission est concentrée entre 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 (Figure 14) mais également pour l'écholocalisation (Figure 15).

L'écholocalisation, indicateur d'une quête de nourriture, se traduit par un changement d'intervalle de temps entre deux clics consécutifs, 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).

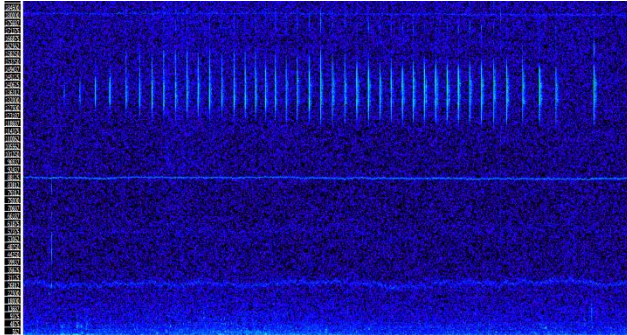


Figure 14 : Spectrogramme illustrant des clics de Marsouins communs émis dans la bande fréquentielle 110 à 150 kHz.

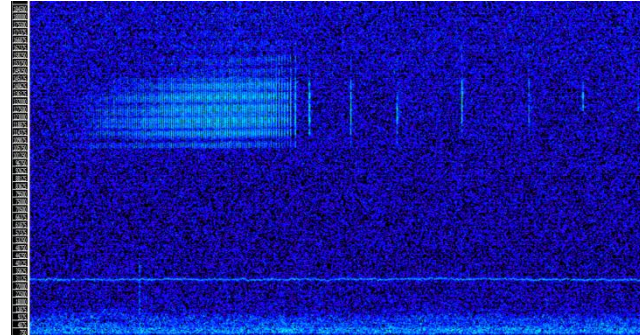


Figure 15 : Spectrogramme illustrant des clics de Marsouins communs lors d'une activité de chasse (clics d'écholocalisation).

5.3.3 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 reste connu comme étant le moins vocal de la famille des phocidés. Il émet des clics (signaux impulsifs) dans la bande fréquentielle de 0,5 à 12 kHz et des grognements basses fréquences, inférieurs à 500 Hz avec des harmoniques pouvant aller jusqu'à 4 kHz (Schusterman et al., 1970; Stansbury et al., 2015). Il apparaît que ces vocalises ne sont produites que lors d'une interaction sociale ou lors d'un épisode de chasse.

Concernant le Phoque veau marin, 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 1,2 kHz durant la saison des amours pour attirer la femelle ou entrer en compétition avec d'autres mâles (Schusterman et al., 1970).

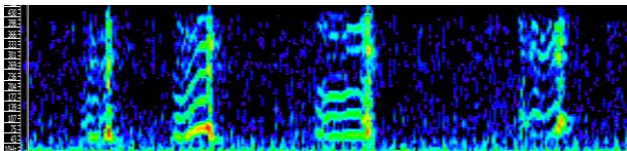


Figure 16 : Spectrogramme illustrant des grognements de Phoque gris émis entre 50 Hz et 400 Hz (Source : NOAA).

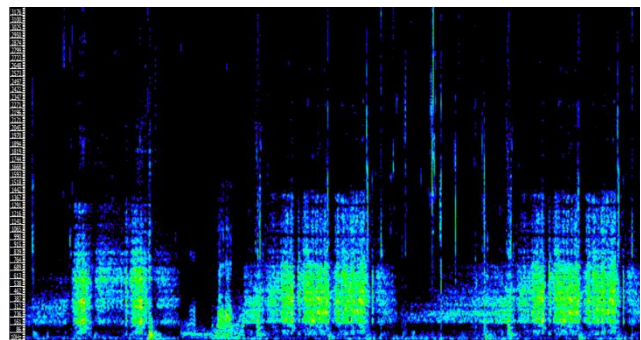


Figure 17 : Spectrogramme illustrant des rugissements de Phoque veau marin émis entre 0,025 kHz et 1,5 kHz (Source : NOAA).

6 Portée de détection des hydrophones

Pour certaines des espèces recensées en baie de Saint-Brieuc, les caractéristiques acoustiques des émissions sonores de type sifflements sont connues et disponibles dans la littérature (Richardson et al., 2013) :

- Le Grand dauphin (*Tursiops truncatus*) émet des sifflements à des niveaux sonores compris entre 125 et 173 dB ref. 1µPa @1m dans la bande de fréquence [800 Hz - 24 kHz] ;
- Le Dauphin bleu et blanc (*Stenella coeruleoalba*) émet des sifflements à des niveaux sonores de l'ordre de 130 dB ref. 1µPa @1m dans la bande de fréquence [6 kHz - 24 kHz] ;
- Le Dauphin commun (*Delphinus delphis*) émet des sifflements à des niveaux sonores de l'ordre de 172 dB ref. 1µPa @1m dans la bande de fréquence [5 kHz - 20 kHz] ;
- Le Globicéphale noir (*Globicephala melas*) émet des sifflements à des niveaux sonores de l'ordre de 180 dB ref. 1µPa @1m dans la bande de fréquence [2 kHz – 8 kHz].

La portée acoustique de détection des individus est fonction du bruit ambiant instantané, des caractéristiques acoustiques d'émission des espèces et des conditions de propagation des signaux des espèces autour de l'hydrophone. En effet, plus le bruit environnant est élevé, plus il est difficile de capter le son d'un animal lointain. De même, plus l'espèce émet un son fort, plus il sera possible de capter ses sons à de grandes distances. Enfin, plus les sons des mammifères marins sont absorbés par le milieu marin, plus il sera difficile de capter un son lointain. La connaissance de ces paramètres permet donc d'estimer les portées de détection pour chacune des espèces étudiées. Ces paramètres sont calculés (1) à partir du bruit ambiant mesuré par les enregistreurs acoustiques et (2) par modélisation des signaux des espèces recensées pour différentes situations environnementales représentatives de la période de mesure. Le calcul du rapport signal (des espèces) sur bruit (ambiant) permet alors d'évaluer les distances de détection.

Le Tableau 20 synthétise les statistiques des distances de détection pour les delphinidés potentiellement présents en baie de Saint-Brieuc pour chaque station d'enregistrement (R1 à R7) et pour différentes proportions de temps (95%, 50%...). Les résultats mettent en évidence une différence significative de portée de détection entre les différentes espèces de delphinidés. Cette différence peut être expliquée d'une part, par l'écart entre les niveaux d'émission de chaque espèce et d'autre part, par l'intensité du bruit existant dans la bande de fréquence spécifique du signal bioacoustique de l'espèce considérée.

Le calcul des portées de détection pour les émissions de type clics ne peut être réalisé faute d'informations suffisantes sur leurs caractéristiques acoustiques. Toutefois, la littérature renseigne sur la portée de détection des clics de Marsouins communs. Ces derniers émettent des clics très haute fréquence, entre 110 et 150 kHz, qui sont généralement audibles dans un rayon de 200 à 300 m autour de l'enregistreur acoustique (Bailey et al., 2010; Tougaard et al., 2006).

Tableau 20 : Synthèse des portées de détection pour les delphinidés potentiellement présents en baie de Saint-Brieuc pour chaque station d'enregistrement

Familie	Espèce	Station	Proportion du temps (%)				
			95	75	50	25	5
			Portée de détection (m)				
Delphinidés	Grand dauphin <i>Tursiops truncatus</i>	R1	342	559	806	1132	1501
		R2	356	849	1327	2343	4678
		R3	533	1018	1406	1851	2439
		R4	391	658	803	960	1178
		R5	484	659	760	918	1130
		R6	492	667	792	941	1198
		R7	659	1021	1368	1901	2756
	Dauphin bleu et blanc <i>Stenella coeruleoalba</i>	R1	95	144	163	190	226
		R2	134	213	280	368	561
		R3	134	192	219	253	301
		R4	57	85	104	123	141
		R5	73	93	109	123	140
		R6	63	86	102	122	144
		R7	89	140	185	243	328
	Dauphin commun <i>Delphinus delphis</i>	R1	10426	15228	17852	21559	26223
		R2	14803	23634	32393	44659	74647
		R3	15524	22256	26052	30652	37193
		R4	7150	10650	12982	15195	17336
		R5	8594	10775	12474	14157	16406
		R6	7853	11054	12918	15368	17884
		R7	11268	16690	21916	29215	40498
	Globicéphale noir <i>Globicephala melas</i>	R1	13301	21750	31462	43513	57634
		R2	18813	34152	53532	101159	227372
		R3	23449	39976	56897	79539	108107
		R4	22064	31928	41836	52477	69300
		R5	18583	24667	28820	35986	45346
		R6	20847	32311	43324	55375	74712
		R7	27909	42478	58234	82768	120159

7 Traitement bioacoustique des enregistrements

Un traitement bioacoustique de la donnée recueillie par les enregistreurs acoustiques a été réalisé afin de déterminer la fréquentation des mammifères marins couramment présents dans et à proximité de la zone d'étude, mais également de déterminer le comportement des espèces identifiées. Ce traitement bioacoustique consiste à détecter les signaux biologiques dans les données brutes à l'aide d'un logiciel dédié, puis à réaliser le contrôle et l'analyse des résultats obtenus via une validation manuelle des événements sonores (Figure 18).

Le traitement bioacoustique a été réalisé pour les trois familles de mammifères marins susceptibles d'être présentes sur site (delphinidés, phocœnidés et phocidés). Concernant les phocidés, le traitement bioacoustique a été ciblé sur les signaux émis par le Phoque gris (*Halichoerus grypus*), espèce considérée comme commune en baie de Saint-Brieuc.

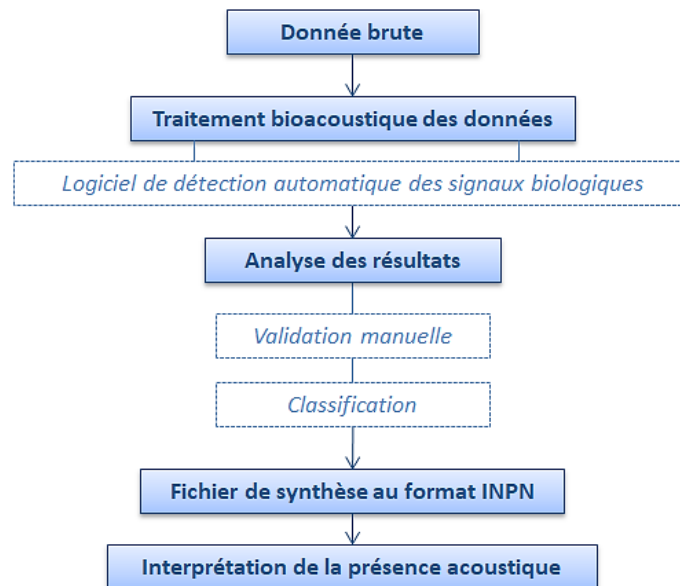


Figure 18 : Procédure générale appliquée à la donnée brute pour le traitement bioacoustique des enregistrements sonores.

7.1 Algorithmes de détection et d'identification des événements sonores

7.1.1 Algorithme de détection automatique

La détection automatique des signaux biologiques dans les enregistrements sonores a été réalisée à l'aide du logiciel PAMGuard développé par le laboratoire *Sea Mammal Research Unit* (SMRU) de l'Université de Saint-Andrews en Ecosse. Il s'agit d'un logiciel libre d'utilisation qui a été développé dans le but de fournir une interface universelle pour la détection, la classification et la localisation des signaux émis par les mammifères marins. 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, les algorithmes de détections proposés par PAMGuard peuvent générer deux types d'erreurs sur les détections réalisées :

- Type I ou faux positif, qui consiste à identifier un signal bioacoustique quand ce dernier est absent dans la donnée ;
- Type II ou faux négatif, qui consiste à ne pas identifier un signal bioacoustique pourtant présent dans la donnée.

Afin de limiter les erreurs de type I ou de type II, il est nécessaire de trouver le meilleur compromis selon les coûts associés à chaque type d'erreur. A noter que le temps indispensable au traitement des données par les algorithmes de PAMGuard représente un coût horaire important. Les erreurs de type II (faux négatifs) amènent à manquer d'éventuels signaux et conduisent à sous-estimer la fréquentation du site par les mammifères marins, et donc, les enjeux sur ces espèces. Cependant, une fois les données traitées par PAMGuard, il est aisé d'obtenir des informations utiles pour discerner les

bonnes détections (vrais positifs) des fausses alertes (faux positifs) à l'aide de la durée du signal, fréquence minimale, fréquence maximale, etc..., et ainsi de limiter le nombre de faux positifs.

7.1.2 Détection des signaux biologiques transitoires

Dans le cadre de cette étude, des détecteurs de signaux transitoires ont été créés et calibrés afin de permettre la détection de signaux transitoires d'origine biologique de type « sifflement » émis par les delphinidés et de type « grognement » émis par le Phoque gris.

Ces détecteurs permettent la détection de signaux transitoires allant de 2 kHz à 20 kHz et de 80 Hz à 1,5 kHz, couvrants respectivement la bande fréquentielle des différentes variétés d'émissions de sifflements par les delphinidés et les grognements émis par le Phoque gris.

7.1.3 Détection des signaux biologiques impulsifs

La détection automatique des signaux impulsifs est fondée sur l'émergence d'énergie sonore dans la bande d'émission préférentielle de chaque famille de mammifères marins. Deux détecteurs spécifiques ont donc été créés et calibrés afin d'obtenir une détection optimale des signaux de type « clics » émis par les delphinidés entre 25 et 85 kHz, et les phocénidés entre 100 et 150 kHz.

7.2 Validation des évènements sonores

7.2.1 Vérification manuelle des détections et classification taxonomique

Afin de mesurer la justesse et la cohérence des résultats issus des algorithmes de détection automatique, une validation manuelle (visuelle et auditive) a été réalisée par les experts bioacoustique de Quiet-Oceans et de Biotope. Cette validation permet d'une part de qualifier l'ensemble des résultats de détection automatique et d'autre part d'analyser finement le comportement des espèces détectées.

La reconnaissance taxonomique fait intervenir des critères portant sur la gamme fréquentielle (fréquence de début et de fin des signaux, fréquences min et max) et la durée des vocalises, ainsi que sur le nombre de points d'inflexion et d'harmoniques. Pour des signaux de forte intensité (signe que la source est relativement proche et détectable), l'abondance des signaux donne également un indice exploitable car les espèces ont tendance à former des groupes d'effectif plus ou moins important. Par exemple, la taille moyenne des groupes est de 10-15 individus chez le Dauphin Commun et le Dauphin Bleu et Blanc mais plutôt de 3-7 individus chez le Grand Dauphin (Laran et al. 2017).

Ce travail de vérification manuel s'accompagne de la capture (Figure 19) des plus beaux spécimens de détection au sein du fichier (selon des critères de typicité ou au contraire d'originalité et d'amplitude) afin d'illustrer ce rapport et de faciliter, ultérieurement, d'éventuelles revalorisations ou vérifications du travail effectué.

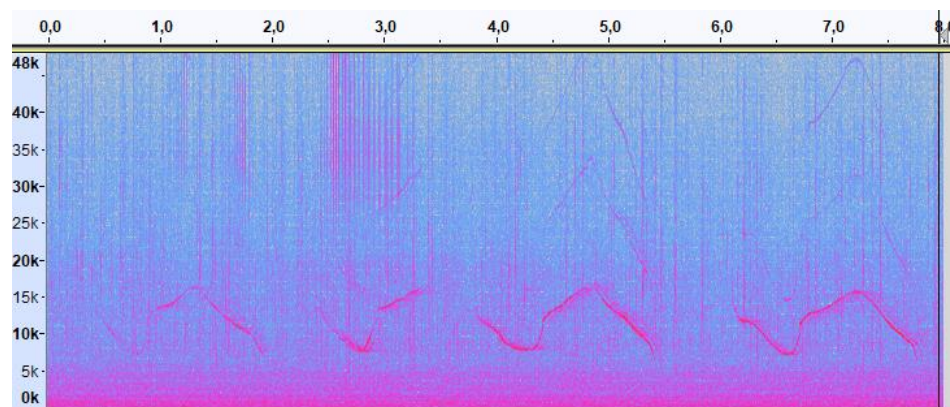


Figure 19 : Capture d'écran du spectrogramme de l'enregistrement du 14/05/2020 à 00h00 (station d'enregistrement R6). On peut distinguer des sifflements et clics typiques de Grands Dauphins (*Tursiops truncatus*).

7.2.2 Performance des algorithmes de détection automatique

En statistique, l'évaluation de la performance des algorithmes de détection se mesure par la sensibilité du test (capacité à donner un résultat positif) et par sa spécificité (capacité à donner un résultat négatif). Pour notre étude, nous nous sommes concentrés sur la probabilité que les détections soient positives (évaluation de la sensibilité). Pour cela nous avons réglé les filtres du logiciel PAMGUARD de façon à « perdre » le moins de vrai positif et donc d'opter pour des réglages moins stricts (prise en compte du bruit ambiant). Ceci implique que les taux de vrais positifs sont moyens à faible en fonction des espèces (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Ainsi, nous gagnons en robustesse, car le nombre vérification manuelle pour distinguer les vrais positifs, des faux positifs est plus important. Si nous avions opté pour un réglage plus strict de PAMGUARD (réglage strictement calqué sur les caractéristiques acoustiques des signaux des mammifères marins sans interférences), nous aurions eu des taux de vrais positifs plus élevé mais avec le risque élevé de perdre des détections de mammifères marins.

Tableau 21 : Performance des détections automatiques pour chaque catégorie de signaux détectés (BIOTOPE)

Type de détection	Nombre de validations	Taux de vrais positifs
Clics de delphinidés	150	2,67 %
Clics de phocœnidés	2167	31 %
Grognements (phoques)	2356	0.6 %
Sifflements (delphinidés)	2485	20.12 %

Le bruit géophonique et anthropophonique (passage de bateaux, bruits de marnage, etc) sont des sources sonores très présentes dans les enregistrements. Elles peuvent être considérées comme similaires à des bruits biologiques par les algorithmes de détection. De nombreux audios vérifiés visuellement ne sont en réalité que des faux-positifs, avec une composante anthropophonique.

Les détections de clics de delphinidés et la détection de grognements émis par les phocidés sont rendues difficile par ce phénomène de bruit ambiant. Concernant les grognements, le faible taux de vrais positifs (0.6%) semble être dues à la présence de bruits à basse fréquence dans les enregistrements.

Concernant les clics de delphinidés, les ajustements méthodologiques n'ont pas permis une augmentation des performances. Nous avons fait le choix d'arrêter les validations visuelles pour cet algorithme lors de la quatrième campagne. Nous continuerons à chercher une alternative pour les prochaines campagnes pour améliorer la performance des détections de clics de delphinidés. Si les clics et les sifflements peuvent être émis de façon concomitante, une sous-estimation des détections de signaux biologiques est possible lorsque que l'on ne prend pas en compte les clics de delphinidés.

Enfin, une amélioration de la connaissance de la performance des algorithmes mis en œuvre, consisterait à évaluer la spécificité de la détection. Ceci implique un travail conséquent de vérifications manuelles de l'ensemble des résultats négatifs (vrais négatifs/faux positifs). Cette analyse, très chronophage n'a pas été mise en œuvre pour l'instant.

Résultats

1 Fréquentation du site par les mammifères marins

1.1 Espèces présentes

Six espèces de mammifères marins ont pu être formellement identifiées, par ordre d'importance en termes d'effectif d'observations confirmées (Figure 20) sur l'ensemble des données acquises sur les 7 enregistreurs lors des quatre campagnes :

- Marsouin Commun (*Phocoena phocoena*) : 673 détections de signaux biologiques validées
- Grand Dauphin (*Tursiops truncatus*) : 77 détections de signaux biologiques validées
- Dauphin Commun (*Delphinus delphis*) : 6 détections de signaux biologiques validées
- Phoque veau marin (*Phoca vitulina*) : 6 détections de signaux biologiques validées
- Phoque gris (*Halichoerus grypus*) : 5 détections de signaux biologiques validées
- Dauphin de Risso (*Grampus griseus*) : 3 détections de signaux biologiques validées

Un grand nombre d'observations n'a pu être lié à l'espèce de façon totalement catégorique. Ainsi, le nombre de détections de delphinidés non identifiés est importante (667 détections validées). Cependant, une grande partie de ces signaux (identifiés au niveau de la famille) s'apparentent tout de même plus au Grand Dauphin et au Dauphin commun qu'aux autres espèces de delphinidés susceptibles d'être rencontrées. En revanche, l'identification du Marsouin Commun est plus aisée au vu des paramètres caractéristiques de ses clics hautes fréquences (Figure 14).

Notre méthodologie de détection des clics de Delphinidés s'est révélée peu performante dans cette zone d'étude. Les clics produits par les mammifères marins se rapprochent de nombreux autres sons dans l'environnement. En cela, ils sont plus difficiles à distinguer avec précision que les sifflements. En dehors du cas des marsouins, les clics sont également plus semblables d'une espèce à l'autre que les sifflements. L'information taxonomique qu'ils apportent est donc moins riche que ces derniers. C'est pourquoi, l'abondance de certaines espèces est probablement sous-estimée. Aucun baléoptère n'a été détecté, mais nous n'excluons pas la possibilité de leur présence, notamment en raison du bruit environnemental important dans les basses fréquences. Ce bruit ambiant est également une des raisons pour lesquels peu de détection de pinnipèdes n'a été faite. Les phoques gris en particulier fréquentent régulièrement la zone, leur présence a certainement également été sous-estimée.

Le nombre d'observation est très contrasté en fonction des stations d'enregistrement, plusieurs raisons expliquent ce constat. Concernant les stations R6 et R7, les détections sont uniquement basées sur la première campagne. Les enregistreurs de ces stations n'ont pas encore pu être exploités pour les campagnes 2 et 3 (Tableau 17). En ce qui concerne la station R4, les données proviennent des campagnes 1 et 4. Ainsi, le manque de données de ces stations explique les grandes différences d'effectifs de détections confirmés visuellement. Tout en étant mesuré sur nos conclusions, on peut toutefois noter que les stations R1 et surtout R2 se détachent en termes de nombre de détection de Delphinidés sp. et de Marsouin Commun.

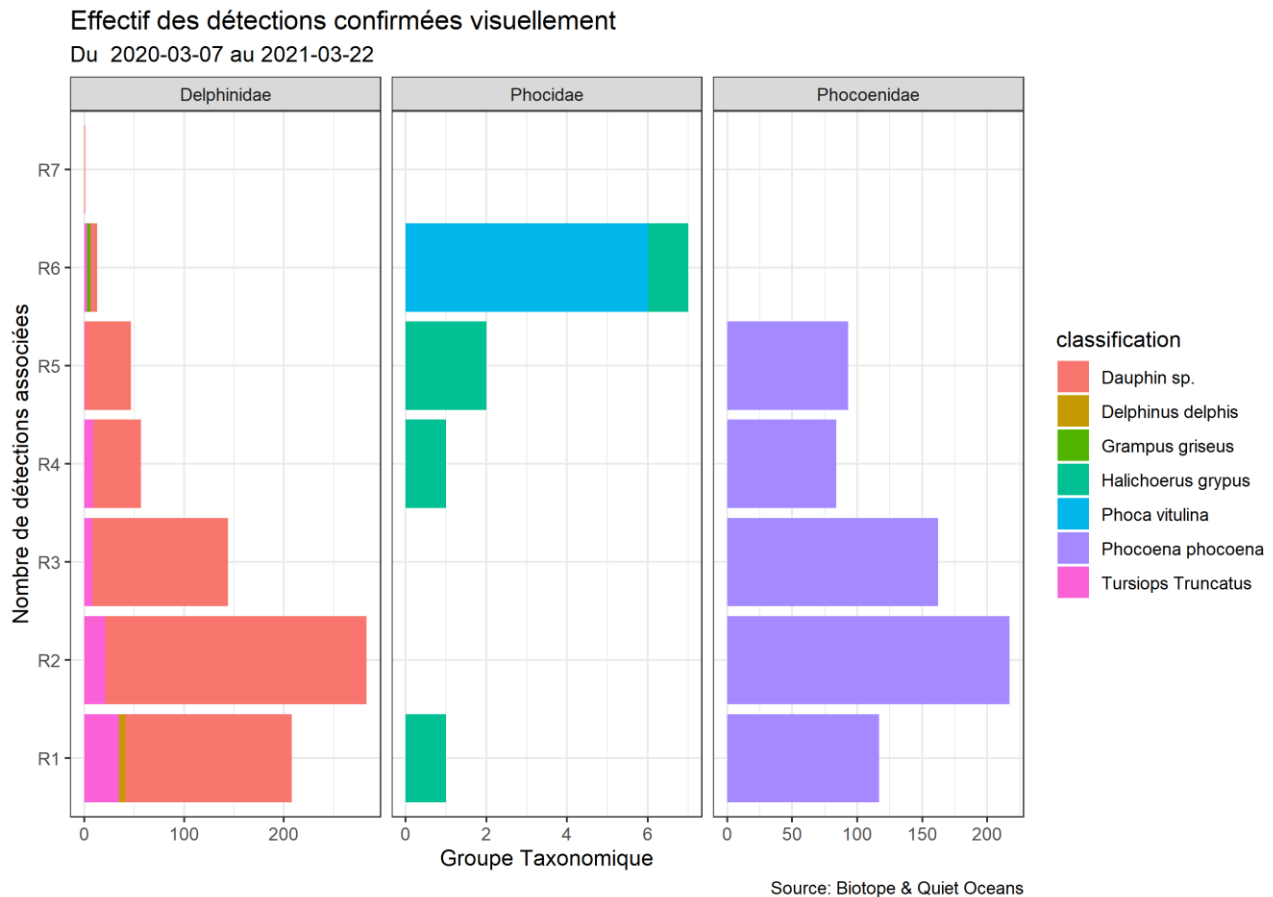


Figure 20 : Effectifs des observations de mammifères marins confirmées visuellement sur l'ensemble des stations d'enregistrements (R1 à R7).

1.2 Phénologie de fréquentation des mammifères marins

L'abondante quantité de données collectées permet la mise en évidence de certaines tendances dans la fréquentation de la zone d'étude (Figure 21). Il apparaît que la fréquentation évolue au cours de la journée. Les Phoques ont été détectés principalement en période nocturne alors que les Marsouins Communs plutôt de jour. Ce constat nécessite d'être confirmé par les données des enregistrements qui seront réalisés dans les prochaines campagnes.

Ces quatre campagnes nous permettent également de percevoir des patrons saisonniers. Les Delphinidés ont été plus présents dans la période estivale (juillet à septembre) et hivernale (janvier à février) alors que les Phocoénidés ont été détectés principalement en hivers et au printemps.

Là encore ces constats nécessitent d'être confirmés par les données des enregistrements des prochaines campagnes. Par ailleurs, la récupération des enregistrements de R4, R6, R7 permettra également d'avoir une vision plus spatialisée des fréquentations de mammifères marins en comparant l'ensemble des sites d'enregistrements.

Répartitions temporelles des détections confirmées visuellement lors des 4 campagnes

Du 2020-03-07 au 2021-03-22



Source: Biotope & Quiet Oceans

Figure 21. Détail de la répartition temporelle des détections confirmées visuellement. La zone ombrée représente la période diurne entre le lever et le coucher du soleil.

2 Comportements observés

Dans les enregistrements dans lesquels une détection a été confirmée manuellement, le type d'activité dominante a été évaluée. Une grande quantité de clics et de buzz indiquent une activité d'écholocation intense associée à la recherche alimentaire, tandis que la dominance de sifflements ou de « bray calls » est révélatrice de comportements de socialisation. Les « burst-pulse » (sons pulsés explosifs) jouent également un rôle dans les interactions sociales et sont souvent observés lors d'interactions antagonistes.

Les résultats de ce travail indiquent que les delphinidés observés dans la zone d'étude pratiquent au moins quatre types d'activités (chasse, écholocation, socialisation et burst-pulse). Les matrices présentées ci-après (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, Figure 23) présentent les co-occurrences de comportement par espèce. Elles permettent à la fois de visualiser le nombre d'observations de comportements simultanées dans une période et sa densité, c'est à dire la proportion des comportements sur l'ensemble des comportements observés. Plus le nombre d'événements représentatifs d'un comportement est important, plus la partie du diagramme concernée apparaît en foncée.

Pour l'ensemble des Delphinidés, il apparaît que l'activité dominante est le « Burst pulse » qui traduit des interactions sociales antagonistes entre les individus. La co-occurrence « sifflement/écholocation », notable pour les Delphinidés, traduit un comportement de socialisation et de déplacement.

En ce qui concerne les Grands Dauphins, les co-occurrences « sifflement/chasse » et « écholocation/chasse » indiquent que la recherche alimentaire est observée le plus fréquemment.

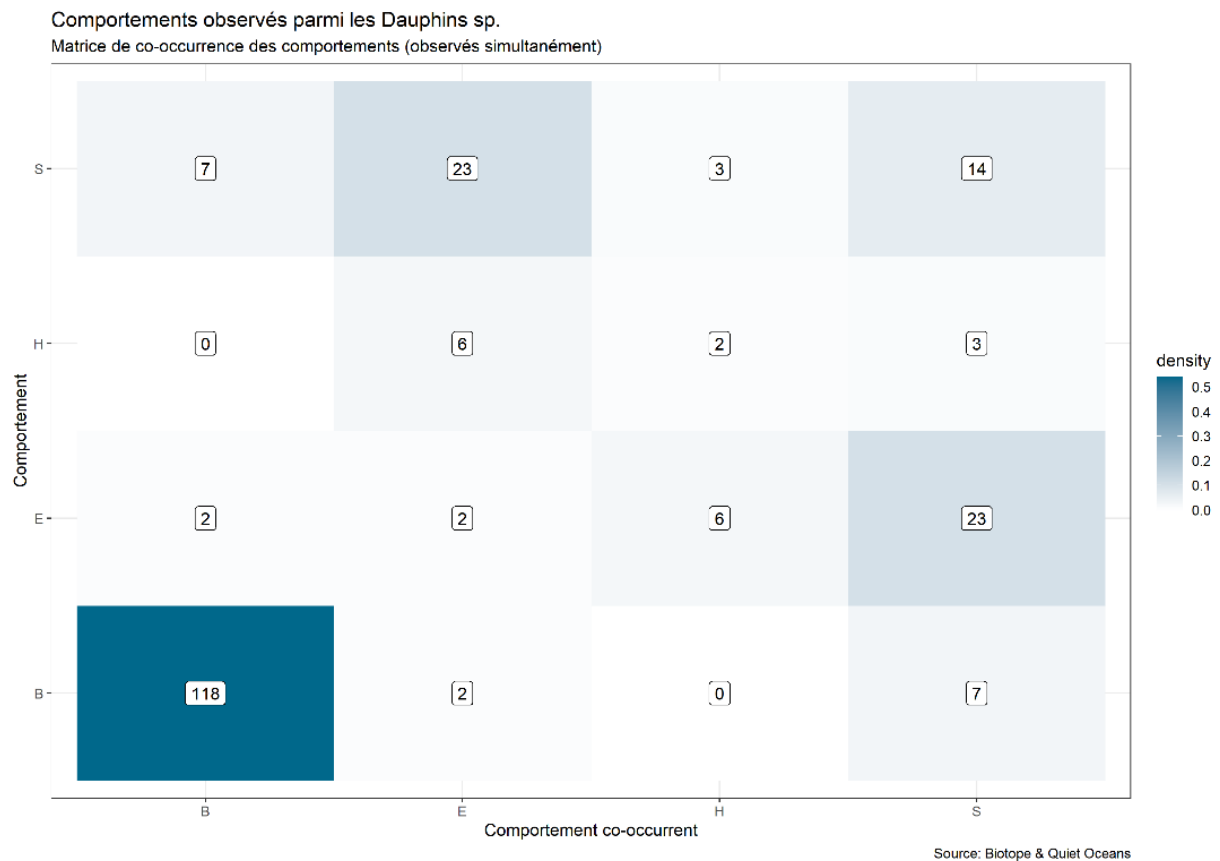


Figure 22 : Matrice de co-occurrences présentant les différents comportements associés aux observations manuelles réalisées pour les delphinidés – Campagne 1,2,3,4 (2020-2021) : S : sociabilisation ; E : écholocation ; H : chasse ; B : Burst Pulse cris pulsés).

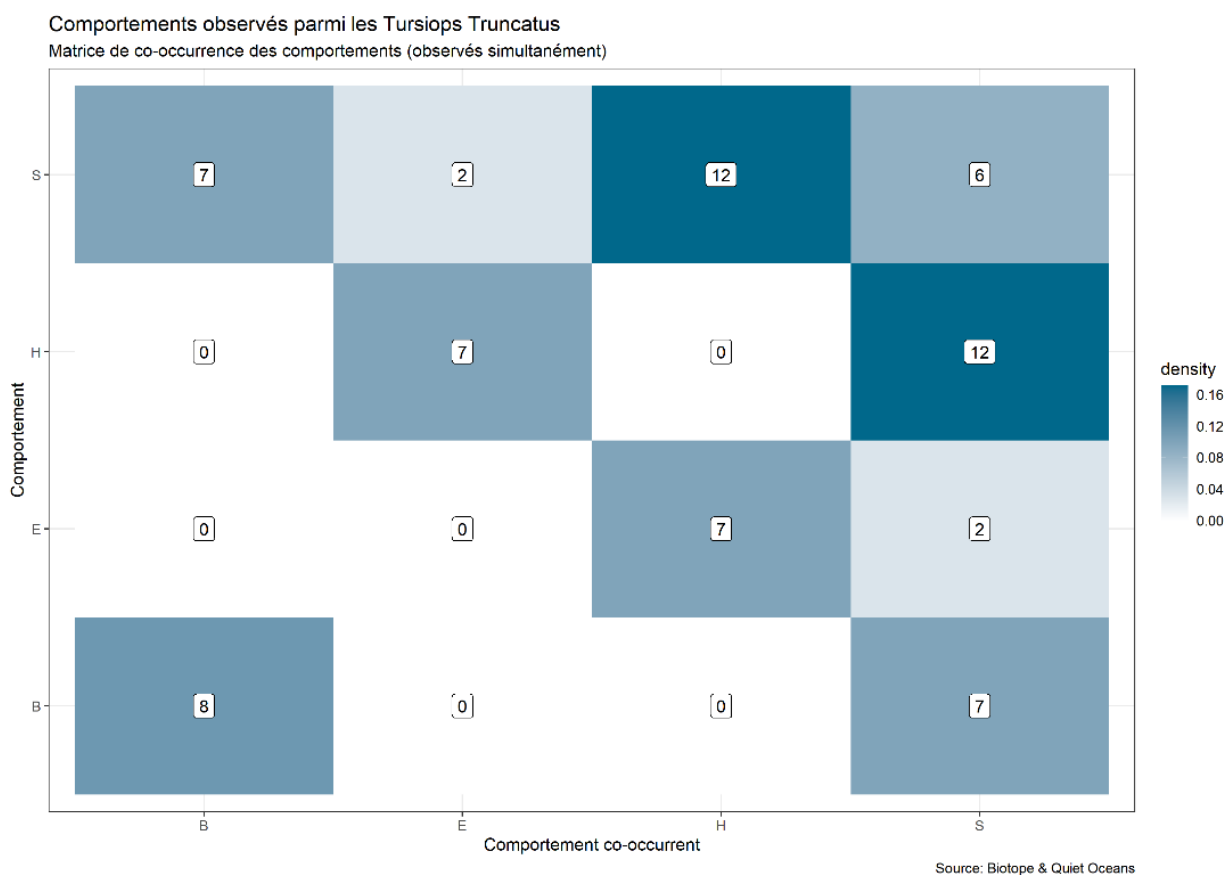


Figure 23 : Matrice de co-occurrences présentant les différents comportements associés aux observations manuelles réalisées pour les Grand Dauphins – Campagne 1,2,3,4 (2020-2021) : S : sociabilisation ; E : écholocation ; H : chasse ; B : Burst Pulse cris pulsés).

Synthèse et perspectives

Ce rapport est basé sur quatre campagnes de suivi par acoustique passive sous-marine des mammifères marins, réalisées sur un cycle biologique d'une année complète. Il permet d'intégrer l'état de référence du projet de parc éolien en mer de la baie de Saint-Brieuc. La collecte de données a été effectuée sur six LEG et concerne la période du 07/03/2020 au 22/03/2021, à partir de 7 enregistreurs de type SM2M et SM3M déployés sur la zone d'étude.

Des événements indépendants de notre volonté (action de pêche sur positions couvertes par AVURNAV) ont toutefois perturbé les opérations, et réduit pour certains enregistreurs la durée de données valides et exploitables. Cela a ainsi été le cas pour trois stations (R4, R6, R7) dont les enregistreurs ont tous été récupérés à ce jour et leurs données qui sont en cours d'expertises actuellement, viendront compléter l'analyse actuelle dans une version ultérieure à ce document. Néanmoins, les autres enregistrements acoustiques collectés ont pu être traités et analysés afin d'obtenir des résultats sur la fréquentation du site par les mammifères marins.

La couverture temporelle des jeux de données de l'ensemble des campagnes reste néanmoins très satisfaisante. Elle ne remet pas en cause la robustesse des analyses de cet état de référence. La réalisation d'un suivi en acoustique passive quasi continu (20 min/heure toutes les heures) sur une année complète est pertinente pour évaluer des tendances journalière et saisonnière. Nous avons pu détecter des mammifères marins tout le long de l'année. Il reste toutefois souhaitable à l'avenir de pouvoir exploiter des jeux de données les plus complets possibles.

Ces quatre campagnes ont également permis d'affiner les différents réglages et méthodologies de traitement et d'analyse des signaux, de manière spécifique et adaptée au secteur d'étude et aux espèces potentiellement rencontrées. Cependant, des améliorations méthodologiques restent à mettre œuvre afin de prendre en compte les détections de clics de delphinidés.

Nous avons pu mettre en évidence l'existence de périodes d'activités importantes de mammifères marins. En effet, les Delphinidés et les Marsouins commun fréquentent très régulièrement la zone du projet éolien et au-delà.

Six espèces de mammifères marins sont identifiées dans le secteur : le Marsouin Commun, le Grand Dauphin, le Dauphin commun, le Dauphin de Risso, le Phoque veau marin et le Phoque gris.

Des patrons saisonniers de fréquentation du site sont perceptibles. Les Delphinidés ont une présence plus marquée en été et en hiver, alors que les Phocoénidés fréquentent la zone de préférence en automne et en hivers. Ces tendances pourront être affinées à une échelle spatiale plus large dès que nous aurons récupéré l'ensemble des données de campagnes exploitables.

Les campagnes de la 2^{ème} année de suivi en phase de construction, nous permettront d'estimer une éventuelle variation interannuelle sur le site.

Annexes

1 Lexique des termes techniques utilisés

L'acoustique sous-marine est un domaine scientifique de la mécanique des fluides. Elle utilise son propre vocabulaire et ses propres unités. Une définition des principaux termes utilisés est présentée dans ce lexique afin de faciliter la compréhension du document par le lecteur.

Acoustique active

Emission de signaux acoustiques de référence afin de quantifier les pertes subies par les ondes acoustiques lorsqu'elles se propagent dans le milieu marin.

Acoustique passive

Mesure du bruit ambiant sans générer de bruit parasite qui puisse affecter l'observation du chorus sonore.

AIS

Automated Identification System est un système à bord des navires qui transmet à un réseau d'observation leurs identifications et leurs localisations en quasi temps-réel. Différentes stations réceptrices, mis en œuvre par les services de l'Etat ou des sociétés privées permettent ainsi de surveiller le trafic maritime en quasi-temps-réel. La couverture maximale peut atteindre 30 miles nautiques des côtes en fonction des conditions climatiques.

Chorus sonore

Le chorus sonore représente la diversité des sources sonores présentes dans le milieu marin. Il se compose de trois natures de bruits : les bruits naturel (ou géophonie), les bruits biologiques (ou biophonie) et les bruits d'origine humaine (anthropophonie).

CPA

Closest Point of Approach (en anglais) correspond à la distance minimale entre une trajectoire linéaire d'un navire et une position géographique (hydrophone par exemple).

Décibel

Le décibel (dB) est une mesure du niveau de pression acoustique, une quantité qui se trouve à la base de la perception du volume sonore. C'est une échelle logarithmique qui décrit un multiple d'une valeur de référence. Lorsque la puissance sonore double, la valeur en décibel augmente de 3 dB. En acoustique sous-marine, le niveau de référence du décibel est 1 μ Pa (micro Pascal), référence différente de l'acoustique aérienne. Les deux échelles ne sont donc pas comparables.

Empreinte sonore

Une empreinte sonore représente la distribution du niveau sonore d'une source de bruit qui émerge au-dessus du bruit existant lorsque cette source est absente.

Energie acoustique reçue

L'énergie reçue est égale au carré du signal de pression acoustique reçu. Elle s'exprime en dB réf. 1 μ Pa².

Fréquence sonore

La fréquence correspond au nombre d'oscillations de la pression sonore en une seconde. Les sons graves ont une fréquence basse, les sons aigus ont une fréquence élevée. L'unité de la fréquence est l'Hertz (Hz). A titre d'illustration, l'oreille humaine ne perçoit que les fréquences comprises entre 20 Hz et 20 kHz, bien que la limite supérieure diminue généralement avec l'âge. Les espèces sous-marines ont un spectre auditif différent.

Gabarit de bruit

Niveau de pression ou d'énergie sonore émis par une source à un mètre de distance, décrit en fonction de la fréquence.

Hydrophone

Un hydrophone est un microphone destiné à être utilisé sous l'eau. Il convertit une variation de pression en variation de tension électrique permettant ainsi l'enregistrement de la pression acoustique en fonction du temps.

ICI

ICI (Inter-Click Interval) fait référence à l'intervalle de temps entre deux clics (signaux impulsifs) consécutifs émis par un mammifère marin.

IPI

IPI (Inter-Pulse Interval) fait référence à l'intervalle de temps entre deux pulses consécutifs émis par un mammifère marin.

Mitigation

Mesure de réduction de bruit qui agit soit au niveau de la source soit au niveau de la propagation.

Octave

Une octave est l'intervalle séparant deux sons dont la fréquence fondamentale de l'un vaut le double de la fréquence de l'autre. Un tiers ou dixième d'octave est une fraction d'octave. La norme américaine American National Standard Institut (ANSI S1.11 2004) définit les fréquences centrales et les caractéristiques des filtres servant à les distinguer.

Marnage

Modification de la hauteur d'eau principalement lié à l'effet des marées. Il s'exprime en mètres et est référencé sur le zéro hydrographique. Le zéro hydrographique est voisin du niveau des plus basses mers astronomiques.

Niveau d'exposition sonore

Le niveau d'exposition sonore est l'intégrale de l'énergie acoustique reçue sur une bande de fréquence de sensibilité biologique (bande de fréquence effectivement perçue par une espèce) pendant une durée donnée. Il s'exprime en dB réf. $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$.

PAM (Passive Acoustic monitoring).

Système de mesures acoustiques temps-réel et/ou autonome permettant le suivi sur de longues périodes de la présence/fréquentation des espèces marines et des niveaux sonores.

Percentile, ou centile, quantile

Un percentile correspond à la proportion du temps et de l'espace pour lequel le bruit dépasse un niveau donné. Dans le cas de cette étude, un percentile N donne donc le niveau de pression acoustique minimum que l'on mesurerait avec une probabilité de N% dans la zone géographique et la période de temps considérée.

Cette notion est très répandue, même dans la vie de tous les jours. A titre d'exemple, les carnets de santé de chaque individu présentent des courbes de répartition du poids de la population infantile en fonction de l'âge en percentiles : on peut par exemple y voir, pour chaque âge, « le poids moyen du dernier percentile », c'est-à-dire le poids moyen des 10 % des enfants les plus lourds, ou encore, le poids moyen des 5 % des enfants les plus légers. Le 50ième percentile représente quant à lui le poids médian, c'est-à-dire le poids de 50% des enfants d'un même âge.

Pertes de propagation

Les pertes de propagation acoustique correspondent à l'atténuation des ondes causée par le milieu de propagation en fonction de la distance à la source.

Pression acoustique crête à crête

La pression acoustique crête à crête est la différence d'amplitude de la pression acoustique entre sa valeur maximale et sa valeur minimale sur une période.

Pression acoustique émise

La pression acoustique émise par une source de bruit est l'amplitude du signal qui serait généré à un mètre de cette source si celle-ci était ponctuelle. Cette pression peut être exprimée en valeur instantanée, valeur moyenne, valeur efficace, ou en valeur maximale. Elle s'exprime en dB réf. $1\mu\text{Pa}$ @1m.

Pression acoustique reçue

La pression acoustique reçue est l'amplitude du signal acoustique tel qu'il peut être mesuré sur la bande de fréquences de réception d'un hydrophone à une distance donnée de toute source sonore. Cette pression peut être exprimée en valeur instantanée, valeur efficace, ou valeur maximale. Elle s'exprime en dB réf. $1\mu\text{Pa}$.

Profil de célérité

La célérité décrit la vitesse à laquelle les ondes sonores se déplacent dans le milieu marin. Elle est fonction de la profondeur, de la température et de la salinité. Sa variabilité est temporelle (en fonction des saisons, des événements météorologiques, etc.) et spatiale.

Quantile

Voir percentile.

Spectrogramme

Un spectrogramme est le résultat d'un traitement du signal acoustique qui permet la visualisation de ce signal en fonction du temps et de la fréquence. Cette représentation du signal offre des possibilités intéressantes quant à son analyse

