Levée des risques pour l'appel d'offres Eolien au large de Dunkerque par Acoustique Passive

Programme DUNKRISK
Campagne LEDKAP

Rapport final scientifique de campagne

juin 2018

Béesau Julie (UMR 6285 – Lab STICC)
Samaran Flore (UMR 6285 – Lab STICC)

Lab-STICC (UMR 6285)
ENSTA Bretagne – Pôle STIC/AP
2 rue François Verny
29806 Brest Cedex 9 - France
http://www. ensta-bretagne.fr

AGENCE FRANÇAISE POUR LA BIODIVERSITÉ
ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION 1

1.1 CONTEXTE 1

1.2 OBJECTIFS PRINCIPAUX ET CHOIX DE LA METHODOLOGIE 2

2. DESCRIPTION DE LA CAMPAGNE 3

2.1 CALENDRIER PREVISIONNEL 3

2.2 ZONE D'ETUDE 4

2.3 EFFORT D'OBSERVATION 5

3. METHODOLOGIE 7

3.1 INSTRUMENTATION 7

3.2 INSTALLATION DES INSTRUMENTS 8

3.3 MAINTENANCE DES INSTRUMENTS 10

4. RESULTATS 11

4.1 CALENDRIER DE DEPLOIEMENT A JOUR ET EFFORT D'OBSERVATION REALISE 11

4.2 METRIQUES UTILISEES 13

4.3 BILAN DES DISPOSITIFS DE DETECTION 14

4.4 ANALYSES DU SUIVI SUR LES 4 SITES 22

4.4.1 Détection de navires 23

4.4.2 Détection de cétacés 25

4.4.2.1 Site d'écoute DY1 27

4.4.2.2 Site d'écoute DY2 31

4.4.2.3 Site d'écoute DY3 35

4.4.2.4 Site d'écoute DY4 39

4.5 BILAN DE LA CAMPAGNE LEDKAP 43

4.5.1 Bilan technique 43

4.5.2 Bilan scientifique 43

ANNEXE 1 : Formulaire de déploiement et de récupération des C-PODs 45

REFERENCES 48

Citation du document : Béesau J. et Samaran F. 2018. Levée des risques pour l'appel d'offres éolien au large de Dunkerque par acoustique passive. Programme DUNKRISK - Campagne LEDKAP. Rapport final de campagne. Lab-STICC - ENSTA Bretagne / Agence Française pour la Biodiversité. 44 pages + annexes.

1. INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE

L'Agence Française pour la Biodiversité (AFB) a pour mission, en ce qui concerne le milieu marin, d'apporter un appui aux politiques publiques en matière de création et de gestion d'aires marines protégées, de gérer les moyens des parcs naturels marins et d'apporter une assistance aux gestionnaires d'aires marines protégées. Elle participe notamment dans ce cadre à la mise en place du réseau Natura 2000 en mer. Pour mener à bien cette mission, elle s'attache à constituer une base de connaissance en rassemblant les données existantes ou, le cas échéant, en organisant leur acquisition.

L'Ecole Nationale Supérieure de Techniques Avancées de Bretagne (ENSTA Bretagne) est une école nationale supérieure d'ingénieurs à vocation pluridisciplinaire et un centre de recherche. Elle forme des ingénieurs de haut niveau aptes à maitriser des problèmes complexes et à exercer, dans un contexte international, des responsabilités techniques élevées dans les domaines des industries mécaniques, électroniques et pyrotechniques. Basée à Brest, elle offre des cursus de formation dédiés aux sciences et technologies de la mer. Au sein du pôle STIC (Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication) de l'ENSTA Bretagne et du laboratoire Lab-STICC (UMR 6285), l'équipe AP (Acoustique Passive) a pour thématique l'acoustique sous-marine appliquée à la veille environnementale.

La Coordination Mammalogique du Nord de la France (CMNF) est une association de type loi 1901, créée en 1994, qui poursuit ses objectifs au titre de la politique environnementale en région Nord – Pas de Calais. Une centaine d'adhérents(es) interviennent sur l'ensemble de ce territoire, se donnant pour objectif d'œuvrer à l'amélioration de la connaissance, d'inventorier et suivre l'évolution des mammifères sauvages sur ce territoire tout en veillant à leur préservation, à leur protection et en sensibilisant un public varié. Elle conduit également des études spécifiques pour mieux connaitre la répartition, la biologie et l'évolution de certaines espèces de mammifères au travers d'études scientifiques de terrain, ou élaborer des protocoles de sciences participatives (suivi annuel des populations de chauve-souris, programme de photo-identification des phoques gris pour ne citer que ces exemples). La création d'un groupe « Mammifères Marins » au sein de la CMNF en 1996 a permis le développement d'un suivi des populations de mammifères marins le long des côtes du Nord –Pas de Calais en l'inscrivant dans le cadre d'études scientifiques. Elle coordonne, au niveau local pour le Ministre lié à l'Environnement, via l'Observatoire Pelagis UMS 3462 basé à La Rochelle, le Réseau National des Echouages pour la partie Manche Est – mer du Nord. La CMNF se veut donc un acteur, un partenaire actif de ces actions en intervenant sur le terrain par des opérations concrètes de mise en protection de site, ou en accompagnant et en conseillant les gestionnaires de sites naturels et les collectivités locales lors de leur action en faveur des mammifères sauvages.

L'AFB, l'ENSTA Bretagne et la CMNF ont un intérêt commun à la mise en œuvre du projet « Levée des risques pour l'appel d'offres Eolien au large de Dunkerque par Acoustique Passive » (LEDKAP). En effet, ce projet contribue à la levée des risques pour le 3ème appel d'offres national pour le développement d'un parc éolien en mer, dans le site retenu au large de Dunkerque. Les études de cette levée des risques sont commanditées par la DGEC (Direction Générale Energie Climat), pour le compte du MTES (Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire). Le site retenu présente des enjeux importants de préservation du patrimoine naturel, notamment des espèces protégées d'oiseaux et de mammifères qui pourraient être affectées significativement par un parc éolien.

En conséquence, l'AFB, l'ENSTA Bretagne et la CMNF sont impliquées dans les études naturalistes préalables à la conception de ce projet éolien. Ces études permettront de rassembler et d'affiner les connaissances actuelles sur la faune en présence, puis de proposer des compléments de connaissance à acquérir en amont de la réalisation du parc éolien. Dans le cas de la présente étude, il est proposé de réaliser une campagne d'observation par acoustique passive des mammifères marins, afin d'améliorer les connaissances sur la zone, de façon adaptée aux besoins de connaissances en vue de l'implantation potentielle d'un parc éolien au large de Dunkerque.

C'est donc dans ce cadre qu'une campagne d'observation par acoustique passive est mise en œuvre en 2017-2018. Cette campagne est réalisée sous le pilotage d'un Comité de suivi commun aux différentes campagnes de ce projet, réunissant l'Observatoire PELAGIS (UMS CNRS/université de La Rochelle), la CMNF, le Groupe Ornithologique et Naturaliste du Nord – Pas-de-Calais (GON-Nord), l'ENSTA Bretagne et l'AFB. Ce Comité se réunit pour définir les protocoles des trois campagnes (acoustique, nautique, aérienne) et leurs plans d'échantillonnages, pour échanger sur les difficultés rencontrées et, à l'issue des campagnes, pour mener une analyse croisée des résultats. Le choix des protocoles a été fait en tenant compte des objectifs décrits dans le cahier des charges de l'étude, mais aussi des contraintes techniques, des compétences et du matériel localement disponibles. Ce comité intervient donc à différentes étapes des campagnes d'observations.

L'ENSTA-Bretagne est le maître d'œuvre du projet et l'AFB est le maître d'ouvrage. La CMNF et les Phares & Balises de Dunkerque sont partenaires techniques du projet.

1.2 OBJECTIFS PRINCIPAUX ET CHOIX DE LA METHODOLOGIE

La mise en place d'un suivi par acoustique passive pendant une année permet l'acquisition en continu de signaux acoustiques des petits cétacés dans la zone. Cette méthode consiste à immerger des capteurs qui enregistrent l'activité acoustique des petits cétacés pour suivre leur présence. Le suivi concerne prioritairement le marsouin commun (*Phocoena phocoena)*. Les capteurs enregistrent exclusivement l'activité d'écholocation des animaux. En effet, l'écholocation est le sens le plus développé chez les cétacés à dents et est utilisé pour leurs fonctions vitales comme la communication, la navigation ou encore la recherche de nourriture. Ainsi, l'enregistrement de cette activité d'écholocation permet d'identifier facilement la présence des espèces dans la zone (Samaran et al, 2015).

Le protocole d'étude est basé sur le retour d'expérience du projet MARSAC, mené par l'Agence des aires marines protégées et l'Observatoire Pelagis, entre 2012 et 2013 (Samaran et al, 2015[1]).
L'instrument choisi pour ce projet (Figure 1) est un détecteur de clics d'écholocation de type C-PODs (Cetacean POrpoise Detector, Chelonia Ldt). L'analyse des données acoustiques permet de décrire la fréquentation (saisonnière, journalière) ainsi que l'utilisation fonctionnelle (principalement activités d'alimentation) des sites d'écoutes par les espèces détectées.

Le rapport final du projet MARSAC, décrivant le protocole d'acquisition de données, est accessible librement sur le site de l'Observatoire Pelagis : http://crmm.univ-lr.fr/images/pdf/synthese_marsac_fs_24062015_dc.pdf

Figure 1. Photographie des C-PODs mise à disposition par l'AFB.

Les avantages du suivi par acoustique passive à l'aide de C-PODs :

- L'acquisition en continu 24h/24, de jour comme de nuit et indépendamment des conditions météorologiques,
- Une grande autonomie (2 à 3 mois),
- Une relative facilité de traitement des données.

Les limites sont :

- La zone de détection du C-POD relativement petite (i.e. environ 300 m de rayon, d'après Kyhn et al, 2012),
- Une distinction acoustique difficile entre espèces proches des dauphins et des marsouins,
- L'abondance relative en terme de densité d'évènements acoustiques, mais pas d'abondance absolue (en terme de nombre d'individus).

2. DESCRIPTION DE LA CAMPAGNE

2.1 CALENDRIER PREVISIONNEL

La campagne LEDKAP est conduite au large de Dunkerque entre mai 2017 et mai 2018.
La campagne opérationnelle couvre 12 mois, avec un relevage des instruments tous les 2 mois environ. Le calendrier prévisionnel va de mai 2017 à mai 2018 (Tableau 1, ce calendrier reste à valider avec les opérateurs locaux : la subdivision de Dunkerque des Phares et Balises et la CMNF). Les opérations de terrains (relevage, redéploiement) sont réalisées en fonctions des contraintes météorologiques et de la disponibilité du personnel et des moyens maritimes. La première mise à l'eau des instruments a été effectuée le 22 mai 2017 à bord du baliseur le « Hauts de France » de la subdivision de Dunkerque des Phares et Balises. La récupération de la première phase de déploiement s'est effectuée le 4 juillet 2017. Cette première phase de déploiement est plus courte que les phases suivantes.

Tableau 1. Calendrier prévisionnel des opérations de récupérations/mise à l'eau des C-PODs sur les 4 sites d'écoute (le calendrier réalisé en fin de campagne est présenté dans le Tableau 3).

	2017								2018				
Date	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
1	L	J	S	M	V	D	M	V	L S1	J	J	D	M
2	M	V	D	M	S	L S40	J	S	M	V	V	L S14	M
3	M	S	L S27	J	D	M	V	D	M	S	S	M	J
4	J	D	M	V	L S36	M	S	L S49	J	D	D	M	V
5	V	L S23	M	S	M	J	D	M	V	L S6	L S10	J	S
6	S	M	J	D	M	V	L S45	M	S	M	M	V	D
7	D	M	V	L S	J	S	M	J	D	M	M	S	L S19
8	L	J	S	M	V	D	M	V	L S2	J	J	D	M
9	M	V	D	M	S	L S41	J	S	M	V	V	L S15	M
10	M	S	L S28	J	D	M	V	D	M	S	S	M	J
11	J	D	M	V	L S37	M	S	L S50	J	D	D	M	V
12	V	L S24	M	S	M	J	D	M	V	L S7	L S11	J	S
13	S	M	J	D	M	V	L S46	M	S	M	M	V	D
14	D	M	V	L S	J	S	M	J	D	M	M	S	L
15	L	J	S	M	V	D	M	V	L S3	J	J	D	M
16	M	V	D	M	S	L S42	J	S	M	V	V	L S16	M
17	M	S	L S29	J	D	M	V	D	M	S	S	M	J
18	J	D	M	V	L S38	M	S	L S51	J	D	D	M	V
19	V	L S25	M	S	M	J	D	M	V	L S8	L S12	J	S
20	S	M	J	D	M	V	L S47	M	S	M	M	V	D
21	D	M	V	L S	J	S	M	J	D	M	M	S	L
22	L S21	J	S	M	V	D	M	V	L S4	J	J	D	M
23	M	V	D	M	S	L S43	J	S	M	V	V	L S17	M
24	M	S	L S30	J	D	M	V	D	M	S	S	M	J
25	J	D	M	V	L S39	M	S	L S52	J	D	D	M	V
26	V	L S26	M	S	M	J	D	M	V	L S9	L S13	J	S
27	S	M	J	D	M	V	L S48	M	S	M	M	V	D
28	D	M	V	L S35	J	S	M	J	D	M	M	S	L
29	L S22	J	S	M	V	D	M	V	L S5		J	D	M
30	M	V	D	M	S	L S44	J	S	M		V	L S18	M
31	M	S	L S31	J		M		D	M		S		J

CPOD à l'eau
Prévision Mise à l'eau / Récupération
Phase de déploiement terminée

2.2 ZONE D'ETUDE

Pour la campagne LEDKAP, l'échantillonnage spatial consiste en 4 points d'enregistrements, situés dans la zone d'appel d'offres éolien ou à proximité (Figure 2). La localisation de ces 4 stations a été définie en concertation entre les partenaires en prenant en compte :

- les connaissances disponibles sur la distribution des cétacés, en s'appuyant autant que possible sur le rapport de synthèse réalisé dans un autre volet (rapport CMNF/CEBC d'avril 2017)
- la répartition des activités humaines, afin d'éviter les principaux axes de navigation (dispositif de séparation de trafic situé au nord de la zone, chenal d'accès au port, principales zones de pêche, etc…),
- la présence de support d'opportunité pour les instruments (balises de signalisations existantes),
- la nature et de la dynamique des fonds : pour l'installation d'une balise, il est nécessaire d'avoir un tirant d'eau suffisant pour faire intervenir le baliseur et d'un fond relativement stable (La balise a donc été installée dans une dépression entre 2 dunes hydrauliques du banc Breedt (environ 20m de profondeur)).
- l'avis des usagers maritimes recueilli lors d'une réunion de la commission Nautique Locale (le 20 mars 2017).

Trois des sites choisis sont les balises de signalisation déjà existantes : DY1, DY2 et DY3, tandis qu'une quatrième balise a été installée pour la réalisation de ce suivi : DY4 (Figure 2). Au préalable de l'installation de cette dernière balise, une Autorisation d'Occupation Temporaire a été obtenue auprès de la Direction Départementale des Territoire et de la Mer du Nord le 11 avril 2017 valable jusqu'au 1er mai 2018.

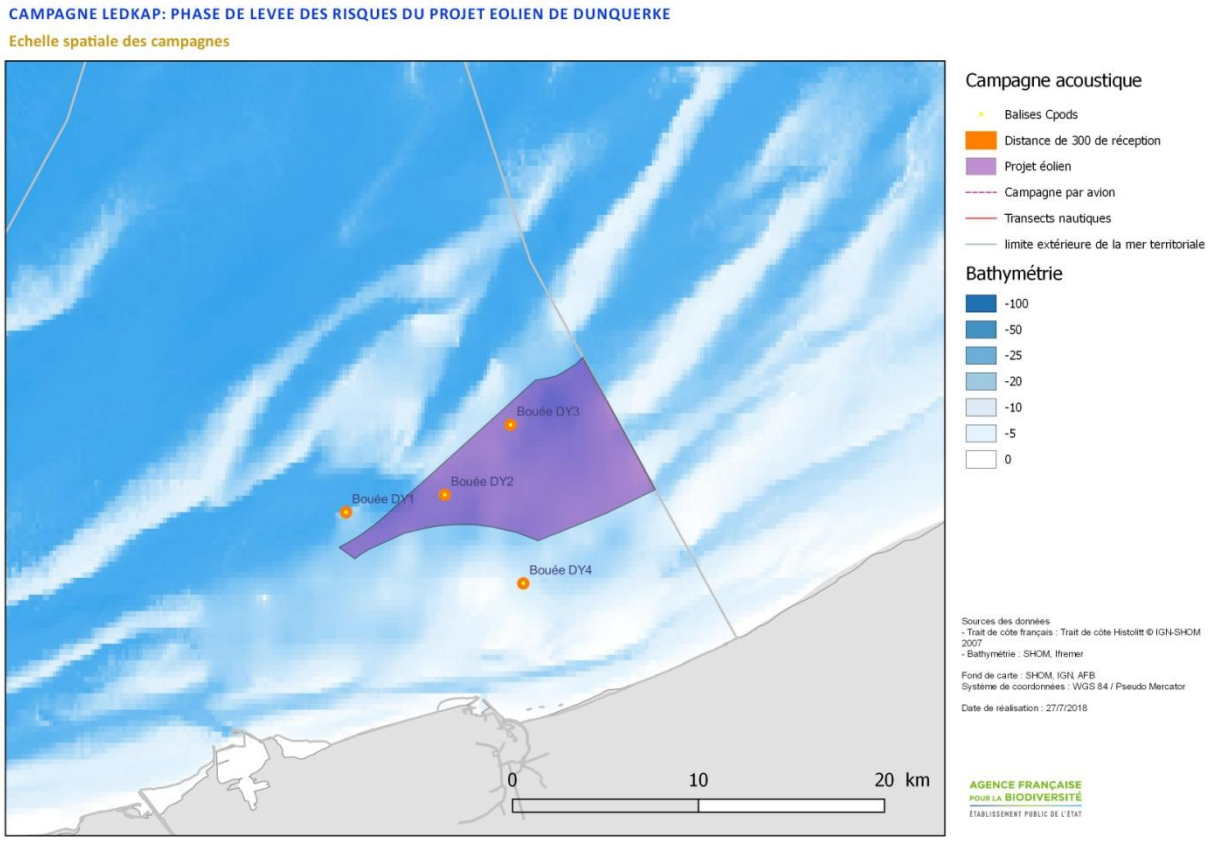

Figure 2. Carte de la zone d'étude avec les 4 sites d'écoute et la délimitation de la future zone d'implantation du parc éolien.

2.3 EFFORT D'OBSERVATION

La période d'acquisition s'étendra sur une année complète, en continu, afin d'obtenir l'intégralité du cycle saisonnier en termes d'utilisation de la zone par les cétacés. De brèves interruptions (inférieures à 1 heure) sont nécessaires tous les 2 mois environ pour relever les instruments, afin de récupérer les données et de remettre à l'eau de nouveaux instruments.
Afin de maximiser l'effort d'observation, 2 C-PODs sur chaque site sont immergés de part et d'autre des balises de signalisation. Cette redondance permet d'assurer la continuité de l'acquisition en cas de panne d'un des deux instruments équipant la bouée. Au total, 8 C-PODs seront donc déployés à chaque opération de maintenance.

Le tableau suivant compare les caractéristiques des 3 campagnes mises en œuvre dans le cadre de cette étude de levée des risques (Tableau 2). La portée indicative des C-PODs étant de 300m de rayon, on peut considérer que chaque balise permet d'échantillonner une zone de 0.28 km^2. A l'échelle de la zone d'étude rapprochée (les zones A et B de l'appel d'offres éolien), le taux de couverture spatiale de l'observatoire acoustique constitué par les 4 balises est donc relativement

faible. Cet inconvénient est compensé par une couverture temporelle optimale, puisque les instruments enregistrent en continu, 365 jours par an, de jour comme de nuit (hors opérations de maintenance, soit environ 1 heure tous les 2 mois). Rappelons cependant que les hydrophones ne permettent pas de détecter les pinnipèdes, puisque ceux-ci n'émettent aucun son sous l'eau.

Tableau 2. Comparaison des groupes d'espèces, des paramètres observables et des efforts d'observation pour chacune des 3 campagnes de l'étude.

Méthode d'acquisition	Observations aériennes	Observations nautiques	Acoustique passive
Groupes d'espèces ciblées			
Cétacés	++	+	++
Pinnipèdes (en mer)	+	+	-
Oiseaux (en mer)	++	++	-
Chiroptères	-	-	-
Paramètres relevés			
Composition peuplement	+	++ (OM)	-
Distribution des densités	++	+	-
Mouvements saisonniers	++	++	++
Mouvements fine échelle (jour/nuit)	-	-	++
Comportement	-	+ (OM)	++ (CET)
Caractéristiques des campagnes			
Zone d'étude	élargie	intermédiaire	rapprochée
Distance au projet de parc éolien	60 km	15 km	-
Surface de la zone d'étude	9 400 km²	1 155 km²	-
Linéaire parcouru par session	1 545 km	310 km	-
Couverture spatiale	7% (OM) / 16% (CET)	27 %	-
Couverture temporelle	6 par an	6 par an	1 an continu

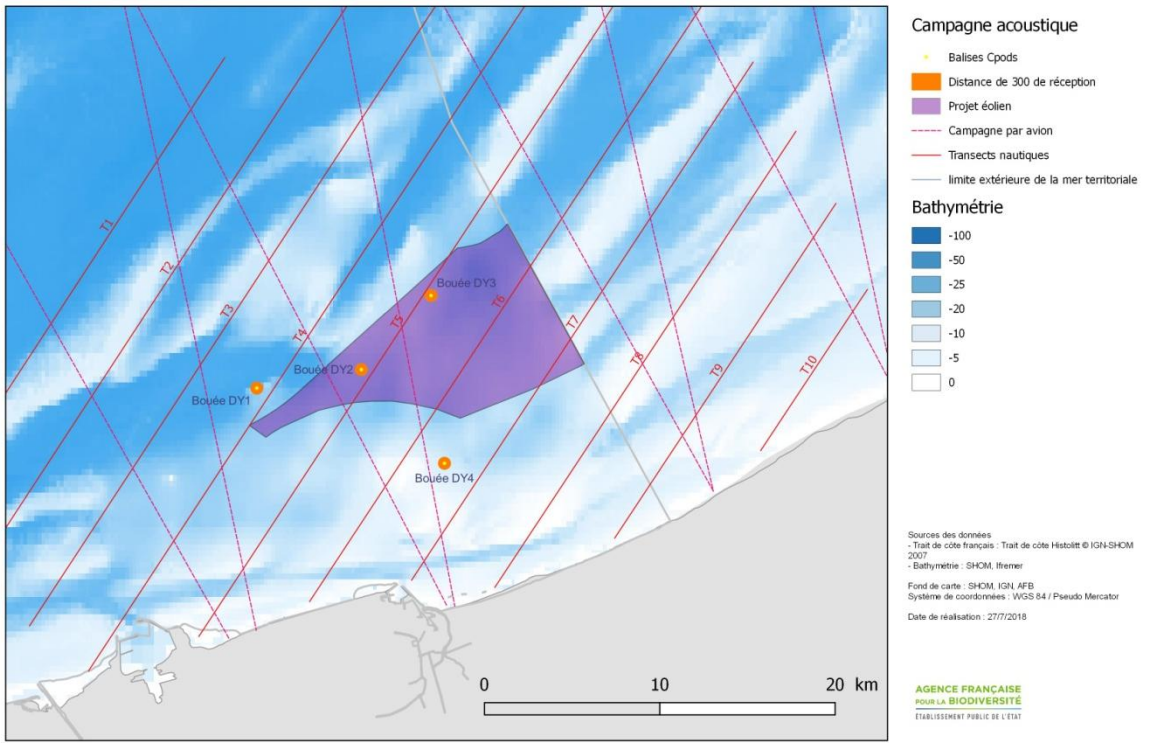

Figure 3. Localisation des 4 balises du suivi des cétacés par acoustique passive par rapport aux transects des campagnes d'observation aérienne et nautique.

3. METHODOLOGIE

3.1 INSTRUMENTATION

Le C-POD est un système acoustique intégré (hydrophone, processeur du signal embarqué, carte mémoire, tube de protection étanche), conçu pour détecter et enregistrer les signaux sonores de types impulsionnels présents dans la bande de fréquence de 20 à 160 kHz (typiquement les clics d'écholocation des cétacés). Le logiciel de post-traitement fourni avec l'instrument (CPOD.exe) permet de classifier dans ces signaux impulsionnels, via un algorithme spécifique (KERNO), les clics d'écholocation émis par les marsouins (labélisés NBHF), les clics d'écholocation émis par les delphinidés (labélisés Other Cet) et les signaux sonores produits par les sondeurs de bateaux (labélisés sonar).

Le C-POD est programmé à l'aide du logiciel CPOD.exe avant la mise à l'eau. Différents paramètres sont alors définis lors de la configuration du C-POD : la continuité des enregistrements (24h/24, 7j/7), le nombre maximal de clics pouvant être enregistrés durant une minute (i.e. 4096 clics), la fréquence minimale d'enregistrement des clics (i.e. > 20kHz), l'angle d'inclinaison du C-POD pour lequel il fonctionne (i.e. de 0° à 130°).

L'angle d'inclinaison correspond à l'angle du C-POD par rapport à la verticale. Chaque C-POD est solidaire du câble métallique qui le lie à la balise par un point d'attache situé en surface (Figure 5 et Fig. 6a,b). Ce câble s'incline dans le courant, au gré de la marée. L'inclinaison est donc maximale à mi-marée (i.e. toutes les 6 heures) et durant les périodes de vives-eaux. Même dans un courant très intense, le C-POD ne peut pas s'incliner à plus de 90° (cas d'une ligne de mouillage quasi-horizontale). Cependant, on a choisi arbitrairement un angle de 130° (Figure 4) afin de s'assurer que le C-POD

continue à acquérir des données quelques soit son inclinaison sur la ligne de mouillage, sauf si celui-ci se désolidariserait de la balise (en cas de rupture métallique).

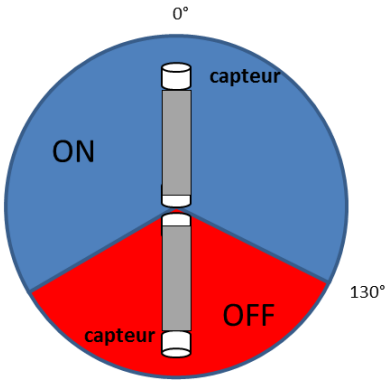

Figure 4. Schéma de l'angle d'inclinaison du C-POD, ON : le C-POD enregistre les signaux sonores de types impulsionnels, OFF : le C-POD n'enregistre plus les signaux sonores de types impulsionnels.

3.2 INSTALLATION DES INSTRUMENTS

Le dispositif de fixation des C-PODs sur les balises de signalisation comporte une cage en métal (Figure 5), dans laquelle vient se loger le C-POD, fixée sur un câble en acier de 24mm, avec un système de montage-démontage du C-POD robuste (un écrou-contre écrou laiton sécurisé par 2 goupilles). Le câble en acier est fixé sur une « main de fer » de la bouée par une manille démontable (vissée et sécurisée, Figure 6a). Sur la cage en métal est fixée une anode, permettant de diminuer l'oxydation de la ligne de mouillage. Un bout bleu relie le C-POD à la main de fer ou au pylône. Ce câble en acier est d'une longueur limitée de 2m à 2.5m et pend le long du flotteur. L'instrument est immergé à son extrémité à 2m environ sous la flottaison, ce qui le met juste au-dessus de la chaine de mouillage. Dans le cadre de la campagne LEDKAP, deux C-PODs sont donc immergés de part et d'autre de chacune des 4 balises de signalisation (Figure 6b).

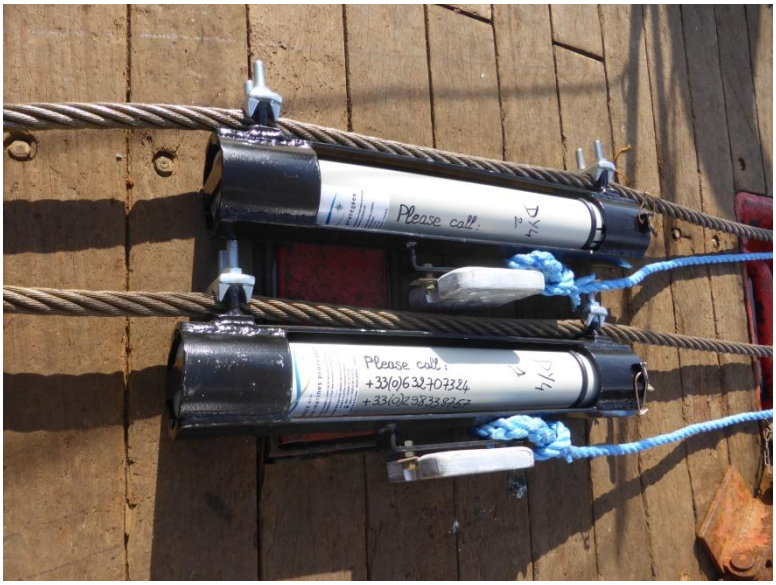

Figure 5. Fixation des C-PODs sur le câble en acier et anode fixée sur la cage

Figure 6a. Fixation du câble acier sur la balise.

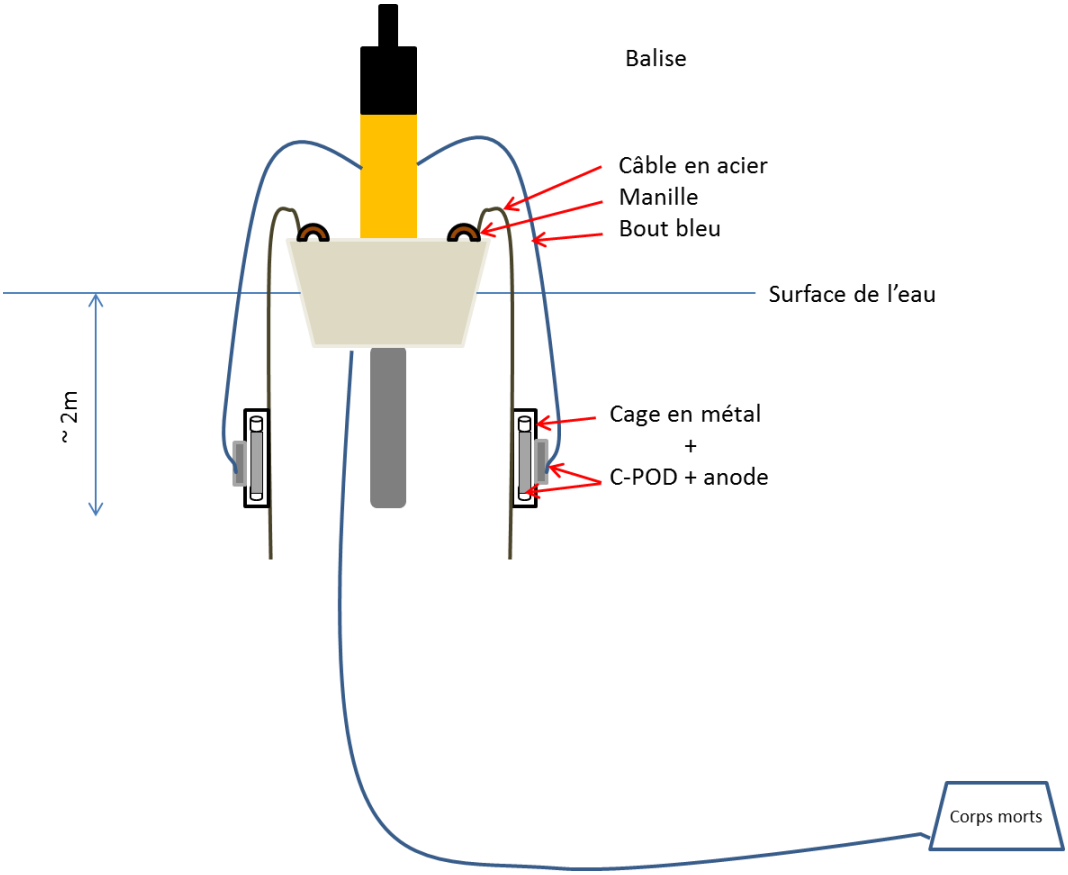

Figure 6b. Schéma du dispositif de mouillage sur une balise de signalisation (avec un C-POD de part et d'autre).

Dans le cadre de la convention de partenariat avec l'ENSTA Bretagne, la subdivision de Dunkerque des Phares et Balises met à disposition les moyens nautiques, le pilote de navire et les autres membres d'équipage afin d'assurer les opérations de mise à l'eau et de récupération des instruments (Figure 7). En complément, la CMNF, dans le cadre de la convention avec l'AFB et l'ENSTA Bretagne, met à disposition des opérateurs formés et expérimentés à la programmation et à la maintenance des C-PODs.

Figure 7. Opération de mise à l'eau des instruments sur une balise de signalisation.

3.3 MAINTENANCE DES INSTRUMENTS

La récupération et le redéploiement des C-PODs sont effectués le même jour sur chacun des 4 sites (selon la météo), afin d'optimiser les sorties en mer et de maintenir une collecte de données en continu.

En amont de chacune des sorties en mer, 8 nouveaux C-PODS sont reconditionnés et programmés avec des batteries neuves, afin d'être embarqués et redéployés lors de la récupération des instruments précédents. Cette organisation des opérations permet de faciliter les opérations en mer et de limiter la durée de l'intervention sur site.
A terre, les instruments sont nettoyés et les données sont ensuite envoyées à l'ENSTA Bretagne par la CMNF. Si besoin, les anodes de protection contre la corrosion sont remplacées par des anodes neuves. La CMNF et l'équipe des Phares et Balises de Dunkerque se chargent de remplir le formulaire de déploiement et/ou récupération des instruments. La CMNF se charge de l'envoyer à l'ENSTA Bretagne qui centralise toutes les informations (cf. annexe 1).

4. RESULTATS

4.1 CALENDRIER DE DEPLOIEMENT A JOUR ET EFFORT D'OBSERVATION REALISE

L'équipe des Phares et Balises a tout mis en œuvre pour respecter au mieux le calendrier prévisionnel. Les déploiements et les récupérations des instruments entre la phase 1 et la phase 5 ont cependant été légèrement décalés par rapport à ce qui était prévu au départ en raison des conditions météorologiques auxquelles il a fallu s'adapter (Tableau 3).

Tableau 3. Calendrier des opérations de récupérations/mise à l'eau des C-PODs sur les 4 sites d'écoute.

	2017								2018				
Date	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
1	L	J	S	M	V	D	M	V	L S1	J	J	D	M
2	M	V	D	M	S	L S40	J	S	M	V	V	L S14	M
3	M	S	L S27	J	D	M	V	D	M	S	S	M	J
4	J	D	M	V	L S36	M	S	L S49	J	D	D	M	V
5	V	L S23	M	S	M	J	D	M	V	L S6	L S10	J	S
6	S	M	J	D	M	V	L S45	M	S	M	M	V	D
7	D	M	V	L S31	J	S	M	J	D	M	M	S	L S19
8	L	J	S	M	V	D	M	V	L S2	J	J	D	M
9	M	V	D	M	S	L S41	J	S	M	V	V	L S15	M
10	M	S	L S28	J	D	M	V	D	M	S	S	M	J
11	J	D	M	V	L S37	M	S	L S50	J	D	D	M	V
12	V	L S24	M	S	M	J	D	M	V	L S7	L S11	J	S
13	S	M	J	D	M	V	L S46	M	S	M	M	V	D
14	D	M	V	L S32	J	S	M	J	D	M	M	S	L
15	L	J	S	M	V	D	M	V	L S3	J	J	D	M
16	M	V	D	M	S	L S42	J	S	M	V	V	L S16	M
17	M	S	L S29	J	D	M	V	D	M	S	S	M	J
18	J	D	M	V	L S38	M	S	L S51	J	D	D	M	V
19	V	L S25	M	S	M	J	D	M	V	L S8	L S12	J	S
20	S	M	J	D	M	V	L S47	M	S	M	M	V	D
21	D	M	V	L S33	J	S	M	J	D	M	M	S	L
22	L S21	J	S	M	V	D	M	V	L S4	J	J	D	M
23	M	V	D	M	S	L S43	J	S	M	V	V	L S17	M
24	M	S	L S30	J	D	M	V	D	M	S	S	M	J
25	J	D	M	V	L S39	M	S	L S52	J	D	D	M	V
26	V	L S26	M	S	M	J	D	M	V	L S9	L S13	J	S
27	S	M	J	D	M	V	L S48	M	S	M	M	V	D
28	D	M	V	L S35	J	S	M	J	D	M	M	S	L
29	L S22	J	S	M	V	D	M	V	L S5		J	D	M
30	M	V	D	M	S	L S44	J	S	M		V	L S18	M
31	M		L S31	J		M		D	M		S		J

Phase 1 Phase 2 Phase 3 Phase 4 Phase 5

CPOD à l'eau
Mise à l'eau / Récupération
Phase de déploiement terminée

La campagne LEDKAP s'est déroulée du 22 mai 2017 au 4 mai 2018 (Tableau 4). Les C-PODs ont été immergés au total pendant **346 jours** et environ 79% de données sont exploitables pour l'analyse. Certains C-PODs n'ont pas démarré correctement lors des phases 1, 2 et 4 sur DY1 (problèmes de fixation de l'alimentation). D'autres C-PODs se sont arrêtés prématurément, sans qu'on ait pu en identifier la cause (lors de la phase 2 sur DY2 et lors de la phase 5 sur DY1). Enfin, un C-POD s'est détaché de son support (lors de la phase 3 sur DY3), mais il a été retrouvé sur une plage de Belgique.

Tableau 4. Calendrier de déploiement et récupération et taux d'acquisition sur les 4 sites d'écoute ((1) pour CPOD-1 et (2) pour C-POD 2 et (3) pour C-POD 3)

Phase	Date de mise à l'eau	Date de récupération	SITE	N° C-POD + n° d'anneau entre ()	Taux de données exploitables	Remarques
1	22/05/2017	04/07/2017	DY1	2971 (1)	98%	
				2923 (2)	0%	Problème C-POD
			DY2	2972 (1)	100%	
				2973 (2)	100%	
			DY3	2974 (1)	100%	
				2975 (2)	100%	
			DY4	2983 (1)	100%	
				2985 (2)	0%	
2	04/07/2017	26/09/2017	DY1	1839 (1)	87%	TimeLost élevé
				2479 (2)	0%	Problème C-POD
			DY2	1840 (2)	85%	Arrêt avant récupération (le 13/09/2017)
				2480 (3)	100%	
			DY3	1849 (1)	100%	
				1850 (2)	99%	
			DY4	1851 (1)	69%	TimeLost élevé
				2847 (2)	99%	
3	26/09/2017	19/12/2017	DY1	2923 (1)	69%	TimeLost élevé
				2971 (2)	95%	
			DY2	2972 (1)	81%	TimeLost élevé
				2973 (2)	100%	
				1842 (3)	72%	Capteur vers bas ; TimeLost élevé
			DY3	2974 (1)	100%	
				2975 (2)	57%	CPOD échoué (le 13/11/2017)
			DY4	2983 (1)	100%	
				2985 (2)	100%	
4	19/12/2017	16/02/2018	DY1	2479 (1)	48%	TimeLost élevé
				1839 (1)	0%	Problème C-POD
			DY2	1840 (1)	58%	TimeLost élevé
				2480 (2)	100%	
				3057 (3)	93%	Capteur hors cage
			DY3	1849 (1)	76%	TimeLost élevé
				1850 (2)	98%	
			DY4	1851 (1)	100%	
				2847 (2)	75%	TimeLost élevé
5	16/02/2018	04/05/2018	DY1	2971 (1)	87%	TimeLost élevé
				2923 (2)	17%	Arrêt avant récupération (le 02/03/2018)
			DY2	2972 (1)	88%	TimeLost élevé
				2973(2)	100%	
			DY3	2974 (1)	95%	
				2975 (2)	100%	
			DY4	2983 (1)	100%	
				2985 (2)	100%	

⇨ Notons que durant les phases 3 et 4 un troisième C-POD a été installé sur la bouée DY2, afin de tester différentes hypothèses émises lors du premier rapport (cf. rapport intermédiaire n°1) suite aux différences de résultats entre les 2 C-PODs disposés sur une même balise. Ce troisième C-POD a été installé au niveau d'un troisième anneau de la balise (la balise comptant au total 4 anneaux). Dans la suite du rapport, les données de chaque C-POD sont traitées et analysées de manière indépendante.

4.2 METRIQUES UTILISEES

Les données acoustiques collectées permettent d'évaluer sur chaque site de déploiement le taux de rencontre acoustique de marsouins communs et de delphinidés acoustiquement actifs dans un rayon d'environ 300m autour de l'instrument. Le taux de détection atteint 100% si l'animal est situé dans un rayon de 100m (Kyhn et al, 2012) et s'il émet dans la direction du C-POD. En effet, les clics étant plus ou moins directionnels selon l'espèce, il faut aussi pour qu'ils soient détectés que l'animal émette dans la direction approximative de l'instrument (à 10° près environ pour le marsouin, dans un cône plus large pour les delphinidés – cf. Wei et al., 2017). Seuls les animaux qui émettent des clics d'écholocation seront détectés par l'instrument et ainsi indiqueront leur présence autour des sites d'écoute. Un animal silencieux passe donc inaperçu. A l'inverse, un unique animal peut émettre un grand nombre de clics d'écholocation en peu de temps.

- *Evaluation de la qualité du site pour le suivi acoustique*

Tout d'abord, une extraction des données environnementales est faite, ce qui permet de connaître pour chaque jour la température moyenne de l'eau, l'angle moyen d'inclinaison de l'instrument par rapport à la verticale, et le pourcentage moyen de *TimeLost*. Ce *TimeLost* correspond à la somme (converti en pourcentage) des secondes dans une minute d'enregistrement où le C-POD n'aurait pas pu détecter d'évènements acoustiques car le taux maximum de clics aurait été atteint selon les paramètres de configuration (i.e. 4096 clics par minute au maximum). Cette mesure permet rapidement de savoir si l'instrument a été déployé dans un environnement bruyant (e.g. avec une forte activité benthique) et s'il a, par conséquent, sous-échantillonné l'environnement sonore. Lorsque ce pourcentage est anormalement élevé, les journées d'enregistrement sont à considérer comme non-représentatives et peuvent, le cas échéant, être éliminées du jeu de données final.

Enfin, l'instrument détecte les impulsions produites par les sondeurs de navires passant à proximité du C-POD. Ces informations renseignent sur la fréquentation de la zone d'écoute par les activités humaines, notamment les activités de pêches ainsi que le reste du trafic maritime. La métrique choisie dans les analyses suivantes est le nombre moyen de minutes contenant des détections de sondeurs par semaine d'enregistrements (moyenne des *Détections Positives Minutes* par semaine).
Le C-POD détecte les sondeurs de bateaux qui envoient un faisceau sonore vers le fond de la mer. La distance de détection varie alors entre quelques dizaines de mètres et plus d'un kilomètre, selon la puissance d'émission du sondeur (source : comm. Pers. de Nick Tregenza de Chelonia Ltd).

- *Détections*

Différentes métriques sont utilisées pour analyser les détections de marsouins et petits delphinidés:

- Nombre de clics par jour

- DPD (Detection Positive Day) : nombre de jours par mois où il y a eu au moins une détection
- DPH (Detection Positive Heure) : nombre d'heures par jour où il y a eu au moins une détection.
- DPM (Detection Positives Minutes) : nombre de minutes par heure où il y a eu au moins une détection.

Pour décrire le patron saisonnier de la fréquentation des espèces présentes, la moyenne des DPH est calculée par mois.

Pour décrire le patron journalier de l'activité d'écholocation des espèces présentes, la moyenne des minutes positives à la détection (DPM) est calculée pour toutes les heures de la journée sur l'ensemble des données du déploiement (de la phase 1 à 5).

L'ensemble des métriques utilisées nous permet de décrire la fréquentation des marsouins et des petits delphinidés d'une large échelle (avec le pourcentage du nombre de jours positifs à la détection DPD par mois) jusqu'à une plus fine échelle (avec la moyenne des minutes positives à la détection DPM par heure).

4.3 BILAN DES DISPOSITIFS DE DETECTION

Afin d'évaluer l'efficacité du système de mouillage choisi pour cette étude, l'évolution de l'angle mesuré par le C-POD et le pourcentage de *TimeLost* sont analysés sur la période de déploiement. On entend par efficacité du mouillage le fait que (1) le C-POD soit resté le plus vertical possible, qu'il n'y ait pas de variation trop importante de l'inclinaison tout au long du déploiement ; (2) la ligne de mouillage soit restée en place quelles que soient les conditions météorologiques ; (3) le site d'écoute se situe dans un environnement peu bruyant.

Lors d'études similaires, nous avions remarqué qu'avec le dispositif de mouillage retenu, le coefficient de marée influe significativement sur l'angle du C-POD et parfois sur le pourcentage du *TimeLost*. En effet, plus le coefficient de marée est élevé, plus les courants de marée sont forts et inclinent le mouillage (dans une direction durant le jusant, dans la direction opposée durant le flot). Dans la zone d'étude, lors des marées de vives eaux (coefficients de marée élevés) le courant de flot, orienté vers le Nord-Est, est fort et peut atteindre 3 nœuds en fonction des sites. Un pourcentage de *TimeLost* peu élevé indiquerait alors que le courant ne génère pas trop de bruits parasites qui pourraient saturer les capteurs. Si on ne constate pas de corrélation entre l'inclinaison et le *TimeLost* et que celui-ci reste acceptable (de l'ordre de quelques pourcents), on, peut en déduire que la balise et son environnement ne perturbent pas l'acquisition acoustique.

Sur le site DY1, à l'exception de la phase 3, les deux C-PODs mis en place ont rarement fonctionné correctement en parallèle. L'évolution de l'angle du C-POD 1, sur l'ensemble de la période du déploiement, varie de 12° à 41° selon le coefficient de marée (avec un angle moyen de 26°). Le pourcentage moyen de *TimeLost* est de 17%, avec plusieurs pics, dont le maximum atteint 66%, lors de la phase 4 (Figure 8). Pour le C-POD 2, lors de la phase 3, l'angle varie de 9° à 21° (avec un angle moyen de 16°), et le pourcentage moyen de *TimeLost* est de 4% avec un maximum de 24%. Enfin, lors de la phase 5, sur les quelques jours disponible, l'angle du C-POD 2 varie de 3° à 15° (avec un angle moyen de 10°), et le pourcentage moyen de *TimeLost* est de 9%.
Les variations du pourcentage de *TimeLost* ne semblent pas suivre de manière régulière le coefficient de marée.

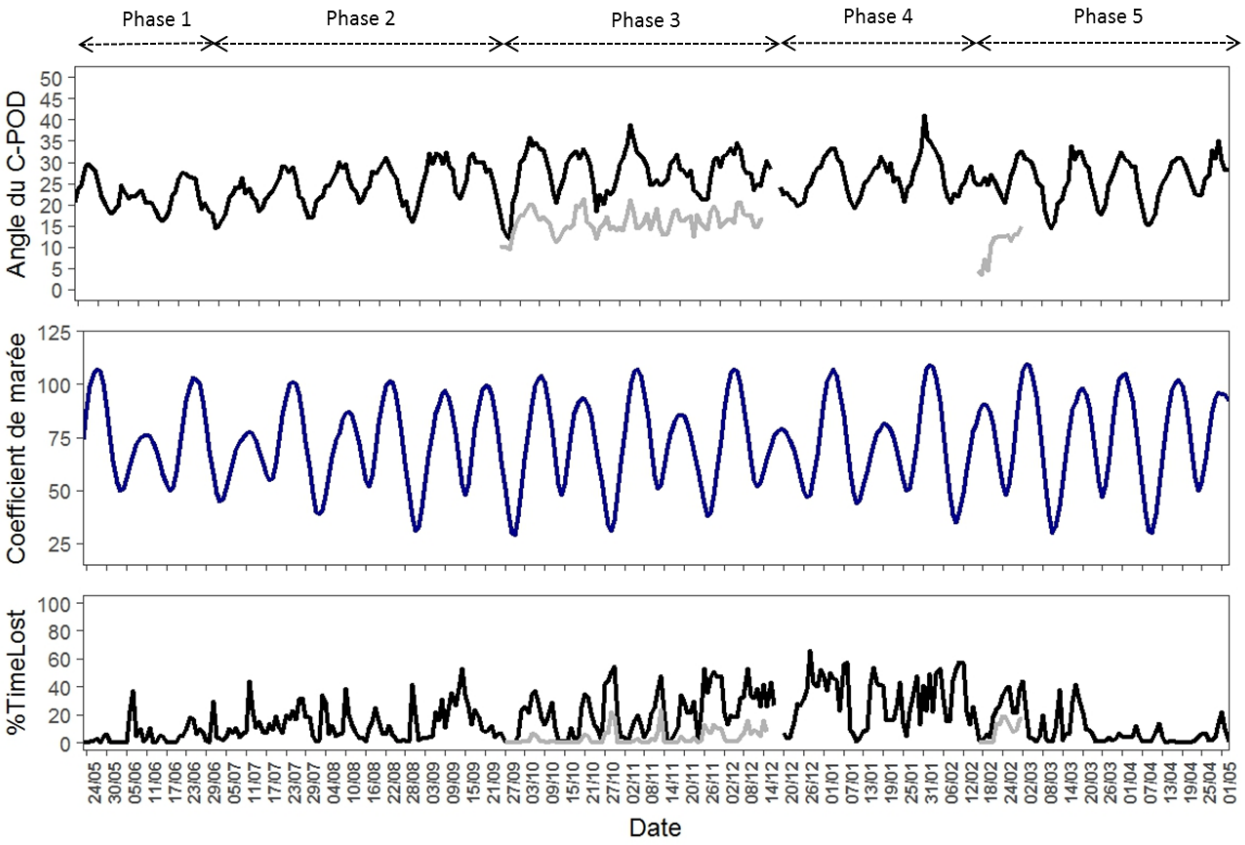

Figure 8. Evolution de l'angle du C-POD (1) (en noir) et du C-POD (2) (en gris), du coefficient de marée (en bleu foncé) (source SHOM) et du pourcentage de *TimeLost* (en noir) pour le C-POD (1) et (en gris) pour le C-POD (2), mesurés sur le site DY1 (moyennes journalières).

Sur le site DY2, l'évolution de l'angle des deux C-PODs varie globalement selon le coefficient de marée, mais de manière moins régulière que sur DY1. Sur l'ensemble du déploiement, l'angle moyen du C-POD 1 est de 24°, et l'angle moyen du C-POD 2 est de 17° (Figure 9). Le pourcentage de *TimeLost* moyen pour le C-POD 1 est de 11% et pour le C-POD 2 il est inférieur à 2% ce qui est bien moins élevé que sur le premier C-POD. On remarque que le pourcentage de *TimeLost* augmente nettement durant les phases 3, 4 et au début de la phase 5 notamment sur le C-POD 1.

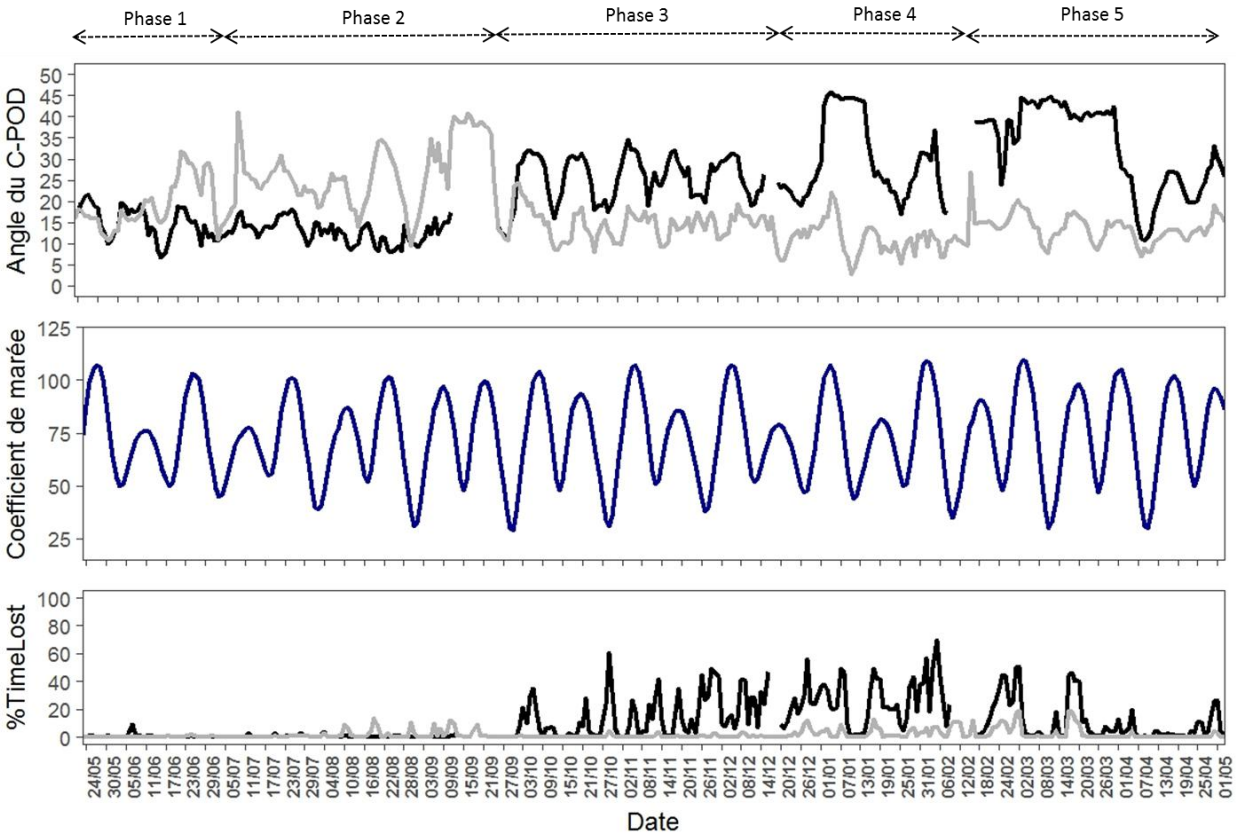

Figure 9. Evolution de l'angle du C-POD (1) (en noir) et du C-POD (2) (en gris) du coefficient de marée (en bleu foncé) (source SHOM) et du pourcentage de *TimeLost* (en noir) pour le C-POD (1) et (en gris) pour le C-POD (2), mesurés sur le site DY2 (moyennes journalières).

Sur le site DY2 un 3eme C-POD a été déployé pour tester l'effet de différentes configurations :

Configuration 1 : Durant les phases 3 et 4, un troisième C-POD a été installé sur DY2. Durant la phase 3, le C-POD a été installé dans la cage métallique avec le capteur/récepteur orienté vers le bas (dirigé vers le fond de la mer). Ce premier test a pour but de tester l'effet de l'orientation vertical du capteur vers le fond ou vers surface sur le nombre de détections.

Configuration 2 : Lors de la phase 4, le capteur a été de nouveau orienté vers le haut (dirigé vers la surface de la mer) mais cette fois-ci, l'instrument a été installé de manière à ce que le capteur sorte de la cage métallique (cf. Figure 10). Cette configuration permet alors de tester l'effet ou non de la cage métallique sur le nombre de détections.

Figure 10. Troisième C-POD déployé sur DY2 lors de la phase 4 (capteur hors de la cage).

L'angle moyen du C-POD 3 lors de la phase 3 (configuré pour enregistrer un angle de 50° à 180°, au lieu de 0 à 130° pour les autres instruments) est de 158°. Son pourcentage de *TimeLost* moyen est de 15%, en accord avec le pourcentage moyen enregistré sur le C-POD 1 lors de ces phases de déploiement.

Pour la phase 4, l'angle moyen est de 18° et pourcentage de *TimeLost* moyen de 10% (Figure 11). L'angle et le pourcentage de *TimeLost* ne semblent pas varier avec le coefficient de marée. On constate que le pourcentage de *TimeLost* est similaire à celui des C-PODs installés classiquement.

L'orientation du capteur et la position de la cage métallique ne semblent donc pas avoir d'influence sur les taux de données conservées (TimeLost) du C-POD.

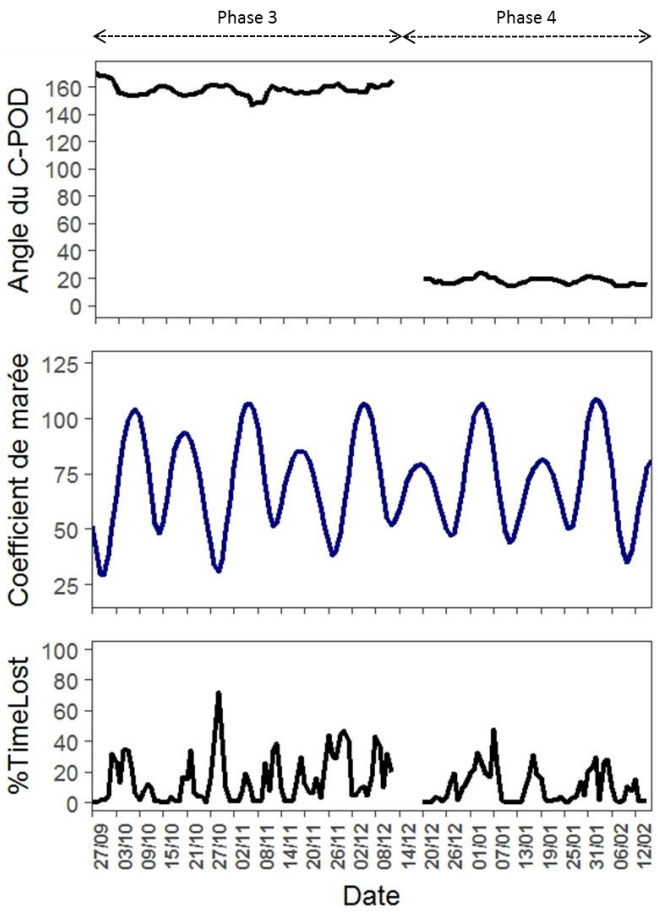

Figure 11. Evolution de l'angle du C-POD (3) (en noir), du coefficient de marée (en bleu foncé) (source SHOM) et du pourcentage de *TimeLost* (en noir), mesurés sur le site DY2 (moyennes journalières).

Sur le site DY3, pour les deux C-PODs, l'angle varie avec le coefficient de marée de manière plus régulière que sur DY2. On note que durant la phase 3, le C-POD 2 s'est détaché de la balise et a été retrouvé échoué sur une plage de Belgique mi-Janvier. En regardant plus en détail l'angle du C-POD, on s'aperçoit que le C-POD a dû se détacher du mouillage le 13/11/2017 car l'angle passe subitement de 19° à 70/80°. Ainsi dans la suite des analyses les données issues de ce C-POD seront stoppées le 13/11/2017. Un nouveau C-POD a été installé à sa place lors de la relève du 19/12/2017.

L'angle moyen du C-POD 1 est de 23° et du C-POD 2 est de 20°. Le pourcentage de *TimeLost* sur les deux C-PODs ne semble pas être influencé par le coefficient de marée. Sur le C-POD 2 il reste assez faible tout au long des déploiements, avec un pourcentage moyen de 2%, et pour le C-POD 1 il est de de 6% (Figure 12).

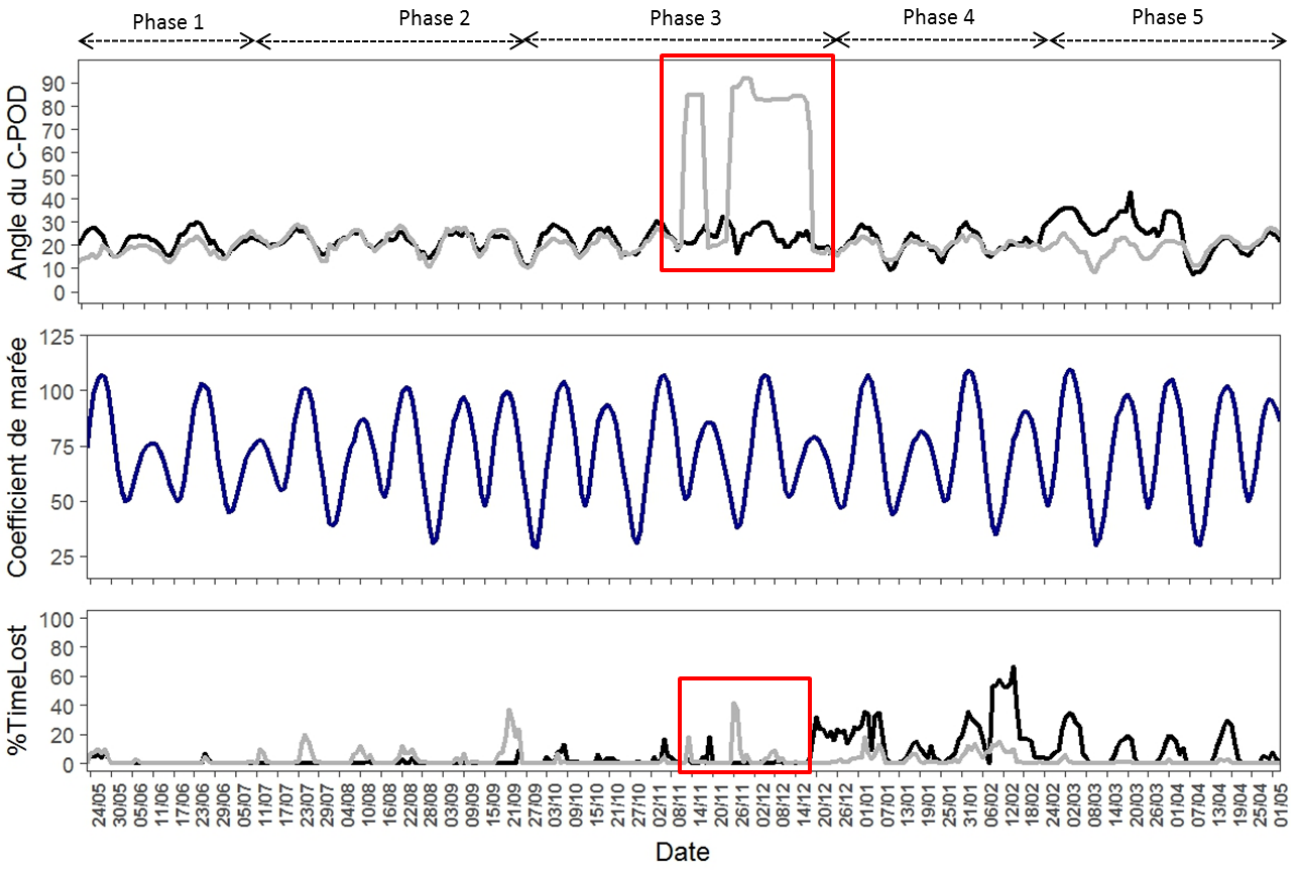

Figure 12. Evolution de l'angle du C-POD (1) (en noir) et du C-POD (2) (en gris), du coefficient de marée (en bleu foncé) (source SHOM) et du pourcentage de *TimeLost* (en noir) pour le C-POD (1) et (en gris) pour le C-POD (2), mesurés sur le site DY3 (moyennes journalières). Le cadre rouge correspond à la période où le C-POD (2) s'est détaché de la balise.

Sur le site DY4, pour les deux C-PODs, l'angle varie avec le coefficient de marée, avec un angle moyen pour le C-POD 1 de 20° et pour le C-POD 2 de 26° (Figure 13). Le pourcentage moyen de *TimeLost* est assez faible sur l'ensemble du déploiement sur le C-POD 1 (pourcentage moyen de 8%), excepté durant le mois de juillet et une journée en août où il atteint un maximum de 92% (ceci peut s'expliquer en partie par la visite de plaisanciers sur la bouée de manière régulière durant cette période). Et sur le C-POD 2, le pourcentage moyen de *TimeLost* est de 6%, avec une nette augmentation durant la phase 4 où le pourcentage peut atteindre un maximum de 46%, pour ensuite diminuer à nouveau lors de la phase 5.

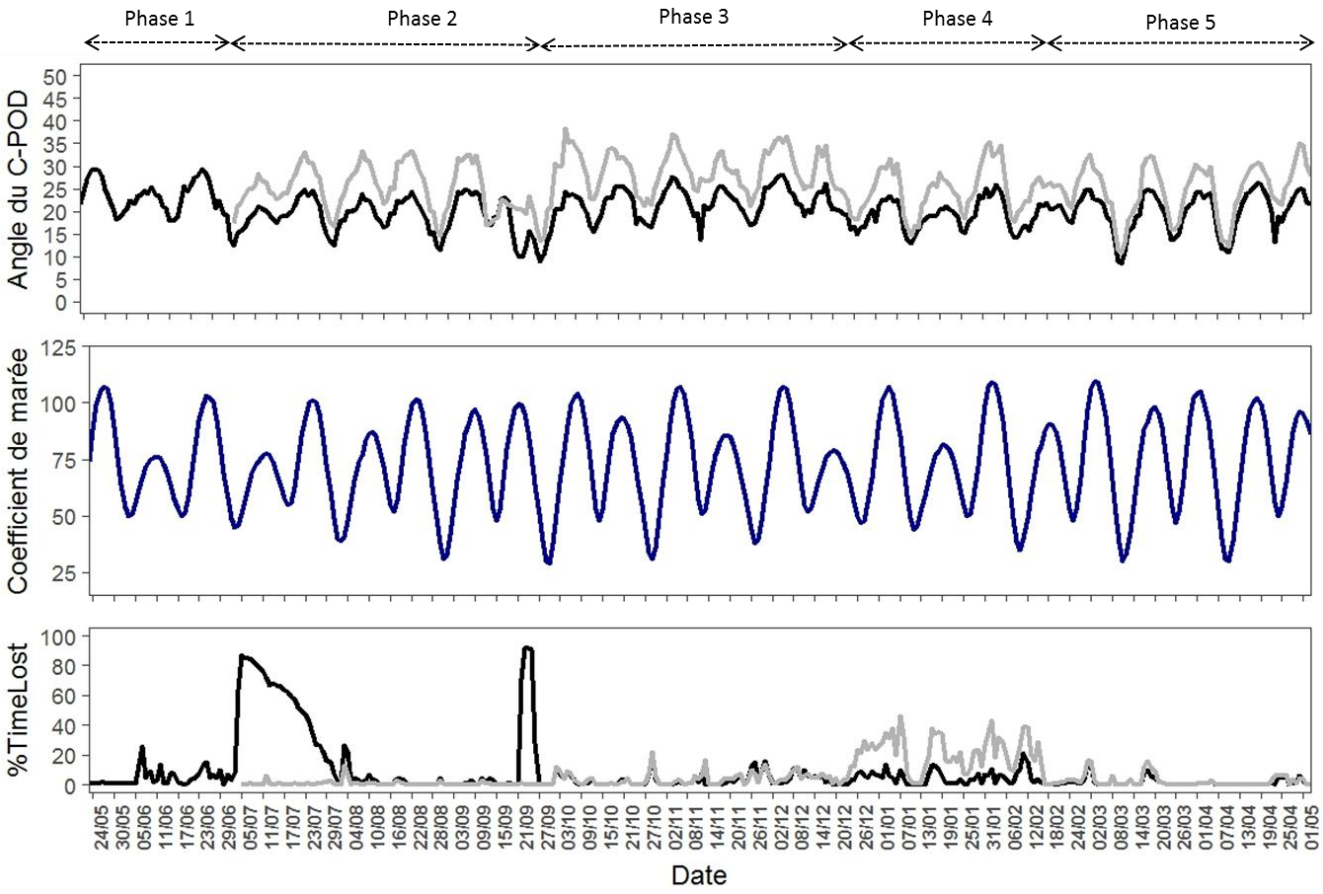

Figure 13. Evolution de l'angle du C-POD (1) (en noir) et du C-POD (2) (en gris), du coefficient de marée (en bleu foncé) (source SHOM) et du pourcentage de *TimeLost* (en noir) pour le C-POD (1) et (en gris) pour le C-POD (2), mesurés sur le site DY4 (moyennes journalières).

Bilan :

Pour résumer, sur les sites DY1, DY3 et DY4, l'angle des C-PODs semble être globalement corrélé avec les mouvements de la marée sur la bouée. Sur DY2, les C-PODs ne se comportent pas de la même façon avec les mouvements de la marée. Les conditions de courant, de topographie etc. peuvent expliquer cette différence par rapport aux 3 autres sites d'écoute. Le troisième C-POD, quelque soit l'orientation du capteur, ne varie pas non plus avec les mouvements de marée sur la bouée.

Le pourcentage de *TimeLost* varie selon les sites d'écoute et selon les C-PODs, mais ne semble pas toujours être corrélé aux coefficients de marée et donc aux mouvements de la bouée. Il est globalement plus élevé lors des phases 3 et 4 où les conditions météorologiques hivernales ont été les plus mauvaises, avec beaucoup de vent, de houles et probablement de courant générant ainsi plus de bruit que lors des phases précédentes (cf. Tableau 5). Comme indiqué dans le paragraphe 4.2, un pourcentage élevé induit un sous-échantillonnage de l'environnement sonore et donc les journées d'enregistrements avec un *TimeLost* élevé sont à considérer comme non représentatives. Ainsi, dans la suite des analyses, les jours où la moyenne journalière de *TimeLost* dépasse 30% ont été retirés du jeu de données exploitables.

Tableau 5. Résumé des paramètres d'efficacité des mouillages sur les 4 sites d'écoute (ND : pas de données).

Phase	Site	N° C-POD	Angle min. (moy. jour)	Angle moyen (moy. jour)	Angle max. (moy. jour)	% *TimeLost* moyen (moy. jour)	Nb de jours conservés / nb de jours à l'eau par phases
1	DY1	2971	16°	22°	29°	6%	41/42
1	DY1	2923	ND	ND	ND	ND	ND
1	DY2	2972	7°	15°	22°	0.7%	42/42
1	DY2	2973	11°	19°	32°	0.3%	42/42
1	DY3	2974	15°	22°	30°	1%	42/42
1	DY3	2975	12°	18°	24°	1.4%	42/42
1	DY4	2983	18°	23°	30°	5%	42/42
1	DY4	2985	ND	ND	ND	ND	ND
2	DY1	1839	15°	25°	32°	**14%**	73/84
2	DY1	2479	ND	ND	ND	ND	ND
2	DY2	1840	8°	13°	18°	0.6%	71/84
2	DY2	2480	10°	26°	41°	1.8%	84/84
2	DY3	1849	15°	22°	30°	0.2%	84/84
2	DY3	1850	11°	22°	29°	4%	83/84
2	DY4	1851	10°	19°	25°	**24%**	58/84
2	DY4	2847	14°	25°	33°	0.9%	83/84
3	DY1	2923	12°	28°	29°	22%	58/84
3	DY1	2971	9°	16°	21°	4%	80/84
3	DY2	2972	11°	25°	35°	15%	68/84
3	DY2	2973	8°	15°	25°	0.5%	84/84
3	DY2	1842	147°	158°	170	**15%**	60/83
3	DY3	2974	11°	23°	32°	1.7%	84/84
3	DY3	2975	10°	20°	27°	0.4%	48/84
3	DY4	2983	9°	21°	28°	3.5%	84/84
3	DY4	2985	13°	29°	38°	4%	84/84
4	DY1	1839	ND	ND	ND	ND	ND
4	DY1	2479	19°	27°	41°	**31%**	28/59
4	DY2	1840	17°	30°	46°	**26%**	34/59
4	DY2	2480	3°	11°	22°	3%	59/59
4	DY2	3057	14°	18°	23°	10%	55/59
4	DY3	1849	10°	20°	30°	**20%**	47/59
4	DY3	1850	14°	19°	25°	5%	58/59
4	DY4	1851	13°	19°	26°	5%	59/59
4	DY4	2847	15°	25°	35°	**21%**	44/59
5	DY1	2971	15°	26°	35°	10%	68/77
5	DY1	2923	4°	10°	15°	9%	13/77
5	DY2	2972	11°	33°	45°	11%	67/77
5	DY2	2973	7°	14°	20°	2%	77/77
5	DY3	2974	7°	25°	43°	8%	73/77
5	DY3	2975	9°	19°	27°	0.5%	77/77
5	DY4	2983	9°	20°	26°	2%	77/77
5	DY4	2985	11°	25°	35°	2%	77/77

Note :
- Le choix d'installer deux C-PODs de part et d'autre de chaque bouée a été fait afin d'assurer au mieux le suivi en cas de dysfonctionnement ou de perte d'instrument.
- Les mesures des angles des instruments durant leur immersion indiquent que dans certains cas les 2 C-PODs ne se comportent pas de la même façon et qu'ils ne sont probablement pas soumis aux mêmes conditions de courant, de part et d'autre de la bouée.
Enfin, il est important de préciser que les instruments ont une sensibilité différente (cf. le rapport final du projet MARSAC : Samaran et al, 2015), et également que les clics de marsouins sont très directionnels et ont une fréquence élevée induisant ainsi des différences de détection d'un instrument à l'autre, même espacés de quelques mètres (Koblitz et al, 2012 ; cf. Figure 14).

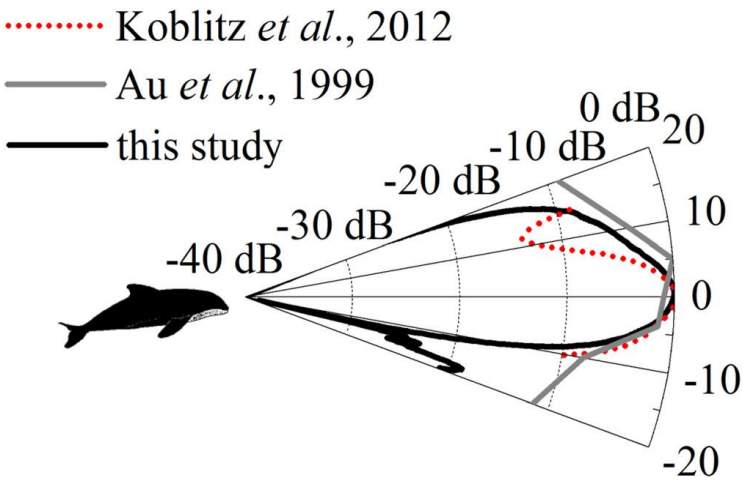

Figure 14. Atténuation de l'intensité acoustique (en décibels) reçue par un C-POD en fonction de l'angle entre la direction d'émission du clic d'un marsouin et le capteur du C-POD (d'après Wei et al. 2017).

4.4 ANALYSES DU SUIVI SUR LES 4 SITES

Les analyses sont faites à l'échelle du mois sur l'ensemble des données issues de chaque C-POD afin d'examiner la fréquentation saisonnière des espèces présentes dans la zone, en particulier celle du marsouin commun. Des analyses sont également faites à la l'échelle de la journée (c.à.d. en fonction des heures de la journée) afin de se rendre compte de la fréquentation journalière. Le nombre de jours d'enregistrements disponibles pour chaque mois, pour chaque C-POD et pour chaque site d'écoute est présenté dans le tableau suivant (Tableau 6).

Tableau 6. Nombre de jours d'enregistrement disponibles pour chaque mois (ND signifie No Data).

Nb jours disponibles / mois	DY1		DY2			DY3		DY4	
MOIS	C-POD (1)	C-POD (2)	C-POD (1)	C-POD (2)	C-POD (3)	C-POD (1)	C-POD (2)	C-POD (1)	C-POD (2)
Mai-17	9	ND	9	9	ND	9	9	9	ND
Juin-17	29	ND	30	30	ND	30	30	30	ND
Juillet-17	28	ND	31	31	ND	31	31	9	27
Août-17	28	ND	31	31	ND	31	31	31	31
Sept-17	25	4	16	30	4	30	29	26	30
Oct.-17	23	31	28	31	24	31	31	31	31
Nov.-17	22	30	25	30	24	30	12	30	30
Déc.-17	14	15	22	31	20	30	12	31	31
Janv.-18	15	ND	19	31	28	27	31	31	22
Fev.-18	17	12	13	28	15	18	28	28	23
Mars-18	25	1	25	31	ND	28	31	31	31
Avr.-18	30	ND	30	30	ND	30	30	30	30
Mai-18	3	ND	3	3	ND	3	3	3	3

4.4.1 Détection de navires

Sur le site DY1, très peu de sondeurs de bateaux ont été détectés sur l'ensemble de la durée de la campagne (en moyenne moins d'une minute par jour, excepté au mois de septembre où la fréquentation moyenne atteint 4 minutes par jour, et au mois d'avril où la fréquentation moyenne est de 1 minute par jour) (Figure 15).

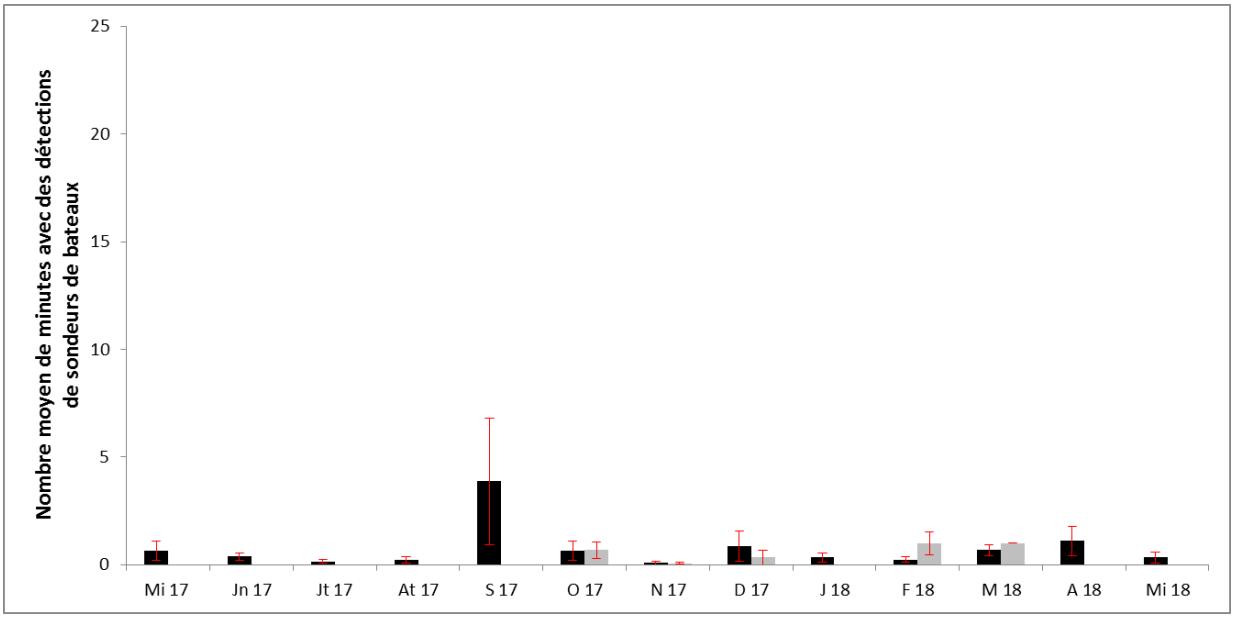

Figure 15. Moyennes par mois de la détection de sondeurs de bateaux (en minutes/jour) pour le C-POD (1) (en noir) et pour le CPOD (2) (en gris) sur le site de DY1 (+/- erreur standard).

Sur le site DY2, les sondeurs de bateaux sont détectés en moyenne à hauteur de moins de deux minutes par jour. Durant les mois de mai à septembre, des sondeurs de bateaux ont été détectés

d'avantage, et en particulier durant le mois de mai (en moyenne entre 5 et 8 minutes par jour) (Figure 16).

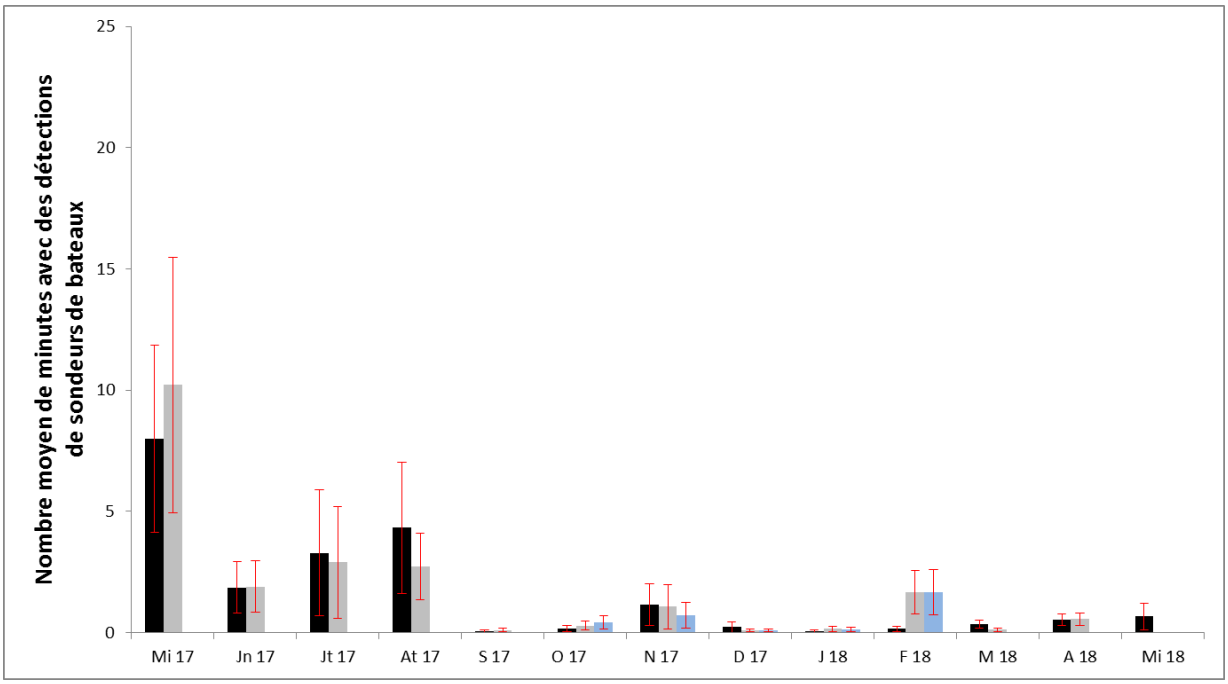

Figure 16. Moyennes par mois de la détection de sondeurs de bateaux (en minutes/jour) pour le C-POD (1) (en noir), pour le CPOD (2) (en gris) et pour le C-POD (3) (en bleu) sur le site de DY2 (+/- erreur standard).

Sur le site DY3, globalement très peu de sondeurs de bateaux ont été détectés sur l'ensemble de la période de déploiement (en moyenne moins d'une minute par jour) (Figure 17). Excepté le mois de mai 2017 qui présente des détections plus élevées (en moyenne 4 minutes par jour), et le mois de mars 2018 avec en moyenne 7 minutes par jour.

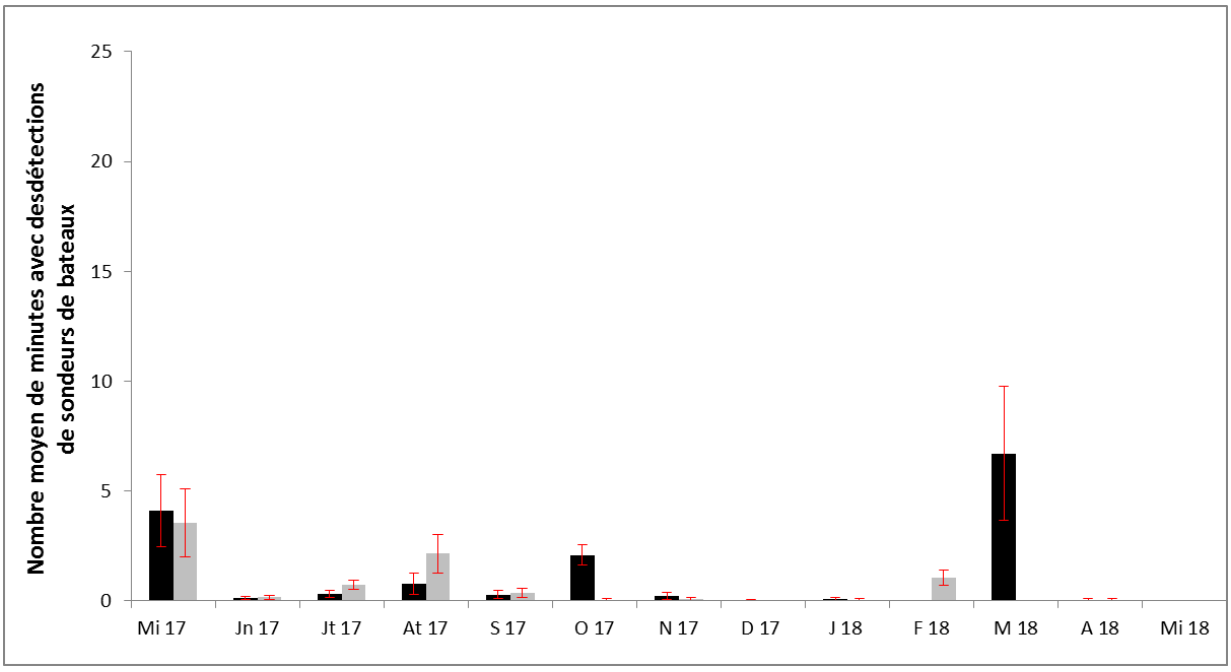

Figure 17. Moyennes par mois de la détection de sondeurs de bateaux (en minutes/jour) pour le C-POD (1) (en noir) et pour le CPOD (2) (en gris) sur le site de DY3 (+/- erreur standard).

Sur le site DY4, également peu de sondeurs de bateaux ont été détectés (en moyenne moins d'une minute par jour) (Figure 18). Comme pour le site DY2 et DY3, les mois de mai (2017 et 2018) présente des détections plus élevées (en moyenne 3 minutes par jour), ainsi que le mois de juin 2017 (avec en moyenne 3 minutes par jour).

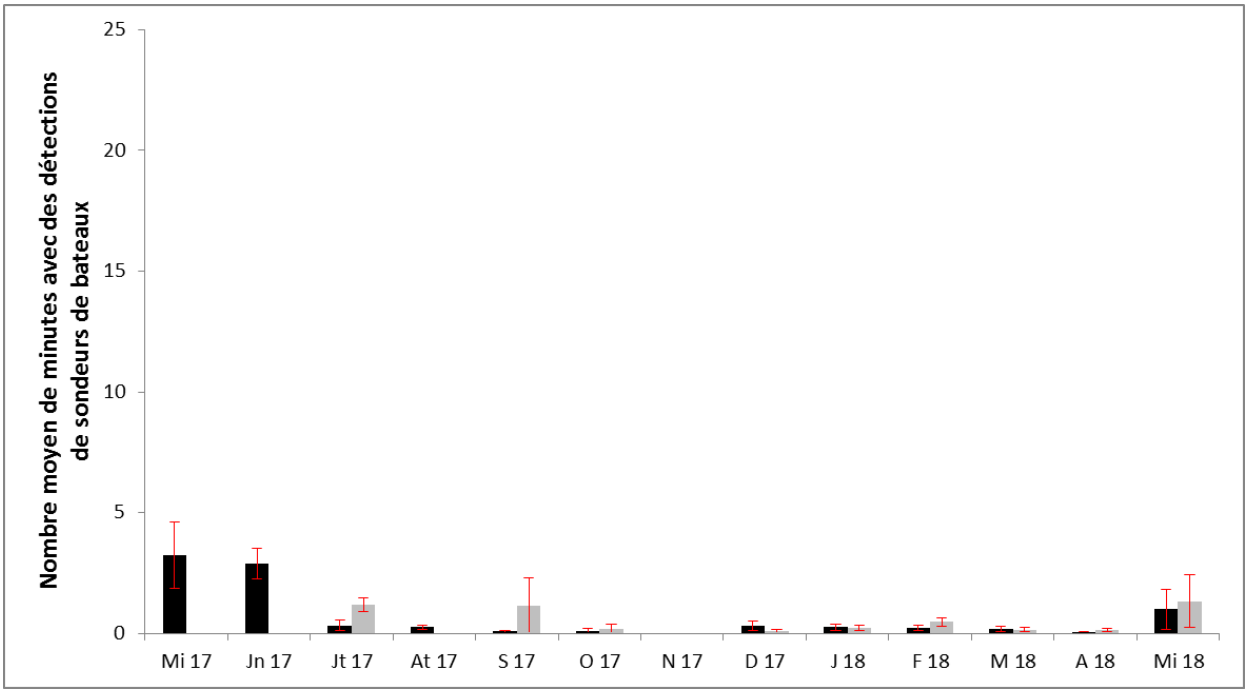

Figure 18. Moyennes par mois de la détection de sondeurs de bateaux (en minutes/jour) pour le C-POD (1) (en noir) et pour le CPOD (2) (en gris) sur le site de DY4 (+/- erreur standard).

Durant la période estivale (de mai à septembre), la probabilité que les bouées soient visitées régulièrement par des plaisanciers et/ou des pêcheurs est plus importante et expliquerait en partie que les détections de sondeurs de bateaux soient plus importantes.

4.4.2 Détection de cétacés

Dans la suite des analyses, sur chacun des sites les données issues de chaque C-POD seront analysées de manière indépendante. Dans ce rapport nous avons choisi de montrer les résultats obtenus sur chacun des C-PODs disposés sur chaque bouée. Dans le rapport d'analyse scientifique (à venir), nous présenterons par contre une seule série temporelle par point d'écoute.

Tableau 7. Résumé des détections de cétacés sur les 4 sites d'écoute. NB : Pour chaque phase et chaque C-POD, le nombre de jours de détection positive (DPD) est limité par le nombre de jours exploitables (4ème colonne) .

Phase	Site	C-POD	Nb de jours exploitables	Marsouin (NBHF)		Delphinidés (Othercet)	
				Nb de clics (total)	DPD (nb de jours total)	Nb de clics (total)	DPD (nb de jours total)
1	DY1	2971	41	10295	37	520	3
1	DY2	2972	42	10641	40	11413	9
1	DY2	2973	42	4523	35	11589	6
1	DY3	2974	42	8508	37	50943	18
1	DY3	2975	42	15445	38	49225	19
1	DY4	2983	42	3879	24	0	0
2	DY1	1839	72	50905	71	10283	3
2	DY2	1840	71	42403	69	29673	33
2	DY2	2480	84	14584	73	25331	31
2	DY3	1849	84	27932	81	48277	52
2	DY3	1850	83	13153	50	35636	28
2	DY4	1851	58	2607	32	0	0
2	DY4	2847	83	6428	67	10539	13
3	DY1	2923	58	10410	49	14819	13
3	DY1	2971	80	27131	73	11431	13
3	DY2	2972	68	36331	66	32858	24
3	DY2	2973	84	71066	82	24406	35
3	DY2	1842	60	51759	60	53509	27
3	DY3	2974	84	43389	75	42151	40
3	DY3	2975	48	29767	47	14358	21
3	DY4	2983	84	7488	61	455	3
3	DY4	2985	84	12163	57	677	2
4	DY1	2479	30	17067	21	10646	9
4	DY2	1840	32	19891	32	8655	6
4	DY2	2480	59	18460	48	7275	13
4	DY2	3057	55	100934	52	5213	12
4	DY3	1849	47	1610	27	69	1
4	DY3	1850	58	20565	54	3631	7
4	DY4	1851	59	4845	44	0	0
4	DY4	2847	44	4458	35	0	0
5	DY1	2971	68	57452	59	21649	12
5	DY1	2923	13	9448	8	300	2
5	DY2	2972	68	122897	65	846	3
5	DY2	2973	77	130102	74	158	6
5	DY3	2974	73	33015	61	7738	5
5	DY3	2975	77	118266	74	7537	6
5	DY4	2983	77	11509	55	98	1
5	DY4	2985	77	17819	61	0	0

4.4.2.1 Site d'écoute DY1

4.4.2.1.1 Les marsouins

Des marsouins ont été détectés durant 88% (C-POD 1) et 86% (C-POD 2) des jours d'immersion (Figure 19). Les marsouins fréquentent ce site quasiment tous les jours, exceptés durant le mois de février où moins de 50% des jours sont positifs à la détection.

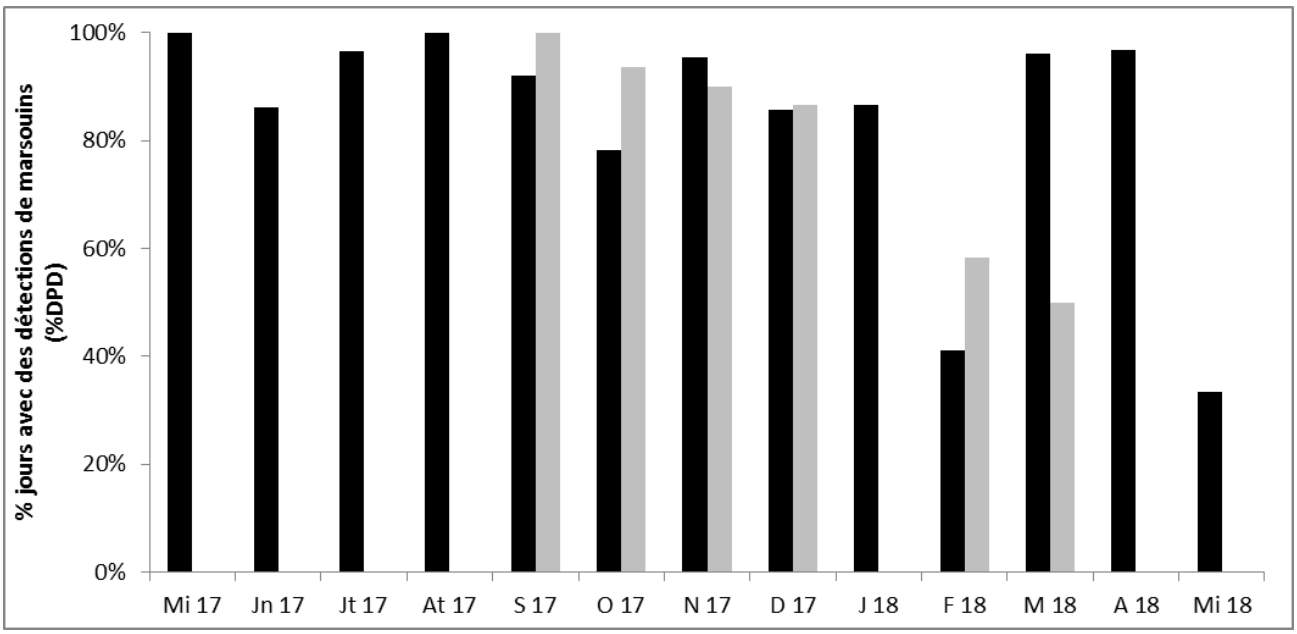

Figure 19. Distribution du pourcentage de jours d'enregistrement par mois contenant des clics de marsouins sur le C-POD (1) (en noir) et sur le C-POD (2) (en gris), sur le site DY1. (NB : Tous les mois ne sont pas complets, cf. Tableau 6).

Bien que les marsouins soient détectés quasiment tous les jours durant la durée de la campagne (sauf en février), la moyenne d'heures positives à la détection par mois révèle un patron saisonnier plus distinct et plus précis (Figure 20). En effet, les marsouins semblent fréquenter d'avantage ce site durant les mois de juillet et août (en moyenne 5 et 6 heures par jour) ainsi qu'en mars (en moyenne plus de 7 heures par jour). La fréquentation diminue de septembre à février et également de mars à mai, où la fréquentation atteint un minimum (une heure par jour environ).

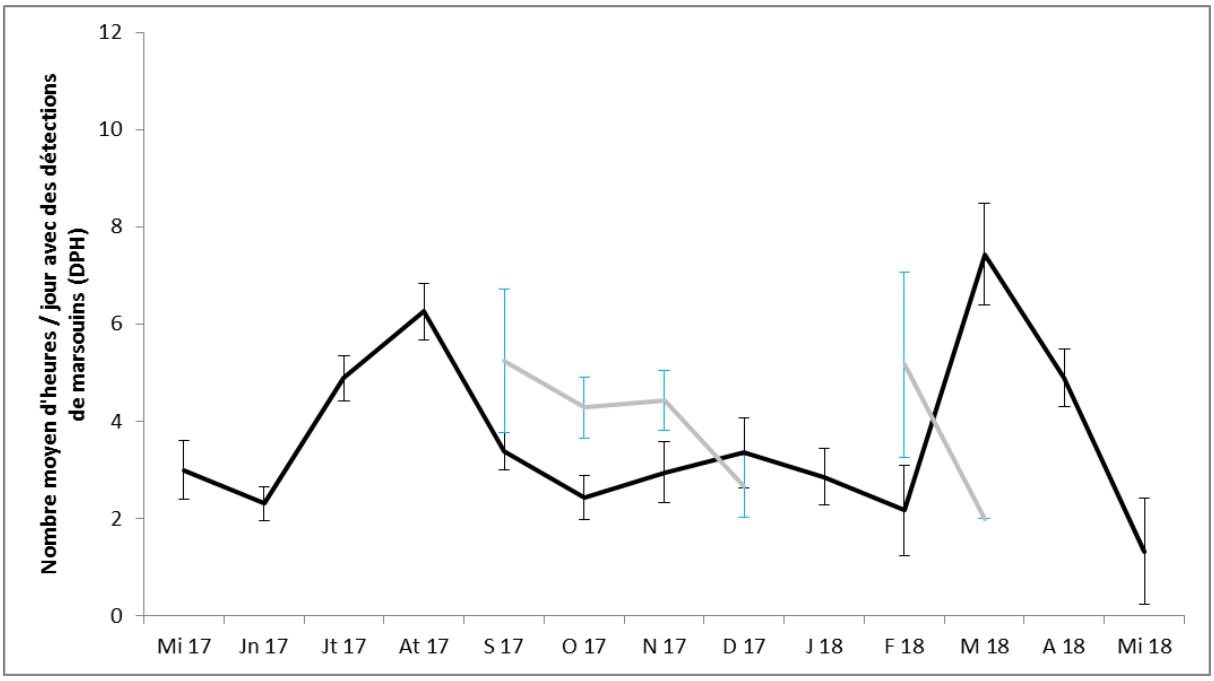

Figure 20. Distribution du nombre moyen d'heures d'enregistrement par jour contenant des clics de marsouins (+/- erreur standard) sur le C-POD (1) (en noir) et sur le C-POD (2) (en gris), sur le site DY1.

En regardant plus finement le nombre moyen de minutes positives à la détection selon les heures de la journée, les marsouins sont détectés toutes les heures. Globalement, les marsouins sont détectés d'avantage entre 15h et 16h, puis entre 21h et 23h, voire 02h pour le C-POD 2. Les détections sont moins importantes de 04h à 14h pour les 2 C-PODs (Figure 21).

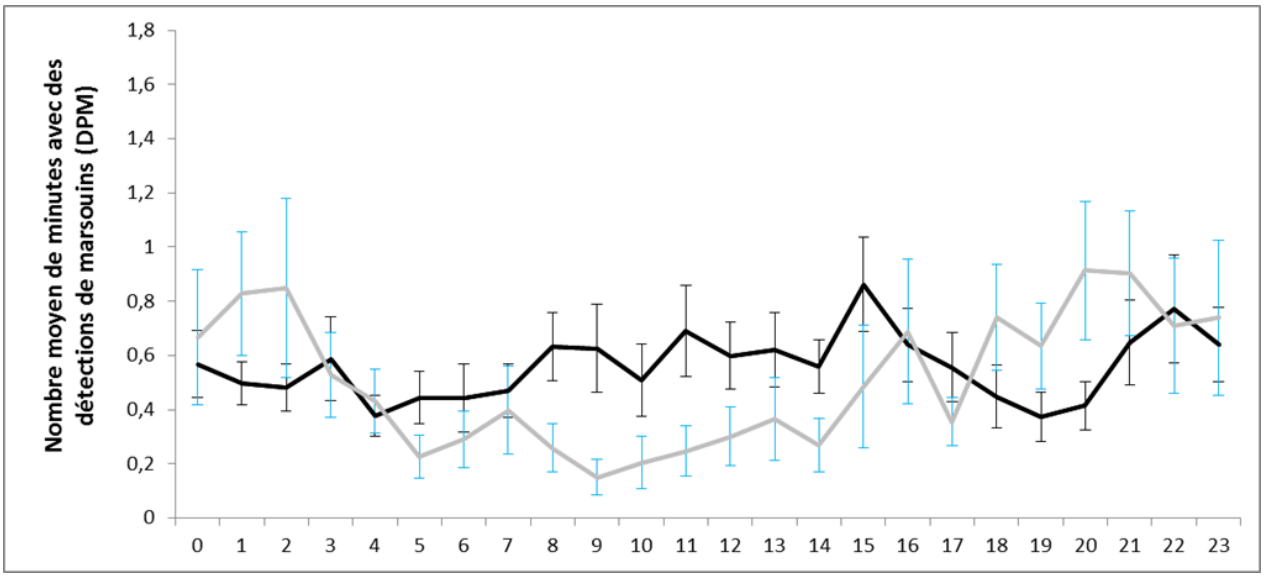

Figure 21. Distribution du nombre moyen de minutes d'enregistrement par heure contenant des clics de marsouins (+/- erreur standard) sur le C-POD (1) (en noir) et sur le C-POD (2) (en gris), sur le site DY1 (nombre d'heures total C-POD (1) = 6425 heures et nombre d'heures total C-POD (2) = 2232 heures).

4.4.2.1.2 Les delphinidés

Les delphinidés fréquentent globalement beaucoup moins ce site que les marsouins (moins de 20% du temps), sauf au mois de décembre, janvier et mai où leur fréquentation est plus élevée (avec environ 65% de jours positifs à la détection, Figure 22). A noter, que pour le mois de mai 2018, seulement 3 jours ont été échantillonnés.

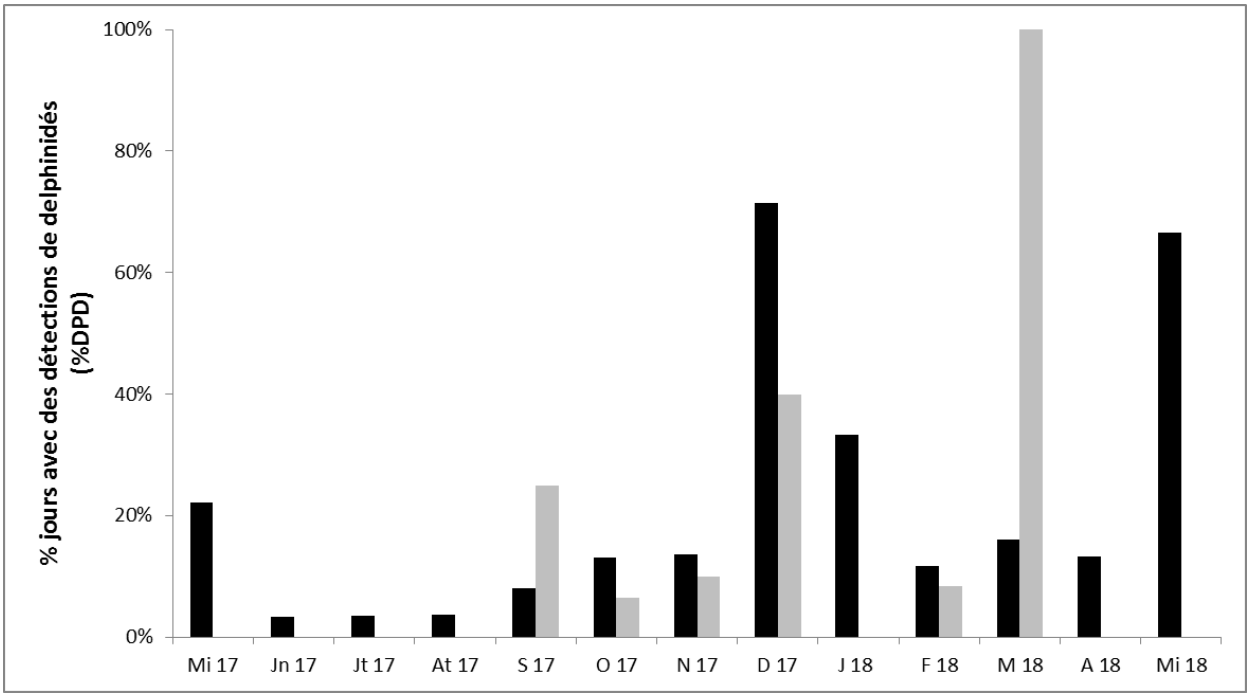

Figure 22. Distribution du pourcentage de jours d'enregistrement par mois contenant des clics de delphinidés sur le C-POD (1) (en noir) et sur le C-POD (2) (en gris), sur le site DY1. (NB : Tous les mois ne sont pas complets, cf. Tableau 6).

La moyenne d'heures positives à la détection par mois révèle également une fréquentation bien moins importante pour les delphinidés que pour les marsouins (en moyenne moins d'1 heure par jour) (Figure 23). Ces résultats ne révèlent pas de réel patron saisonnier sur ce site comme pour les marsouins, hormis un pic de fréquentation durant le mois décembre avec en moyenne 3 heures pour le C-POD 1 et 1 heure pour le C-POD 2.

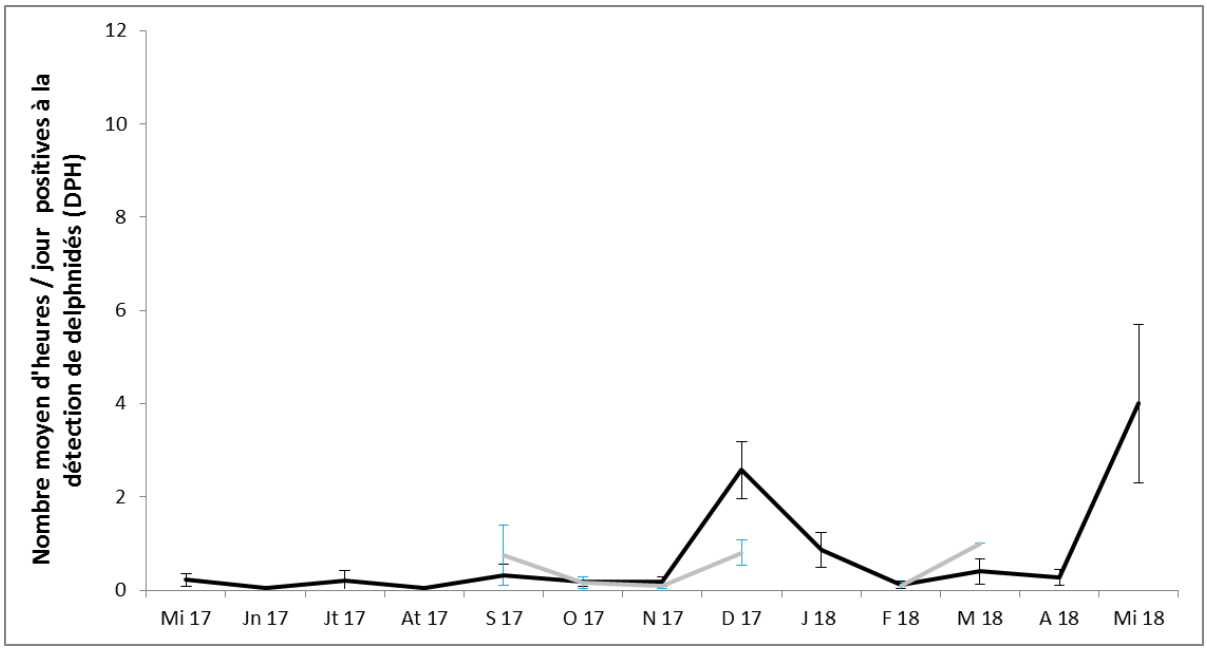

Figure 23. Distribution du nombre moyen d'heures d'enregistrement par jour contenant des clics de delphinidés (+/- erreur standard) sur le C-POD (1) (en noir) et sur le C-POD (2) (en gris), sur le site DY1.

Les delphinidés fréquentent beaucoup moins ce site que les marsouins et il ne se dégage pas de patron particulier à l'échelle de la journée (Figure 24).

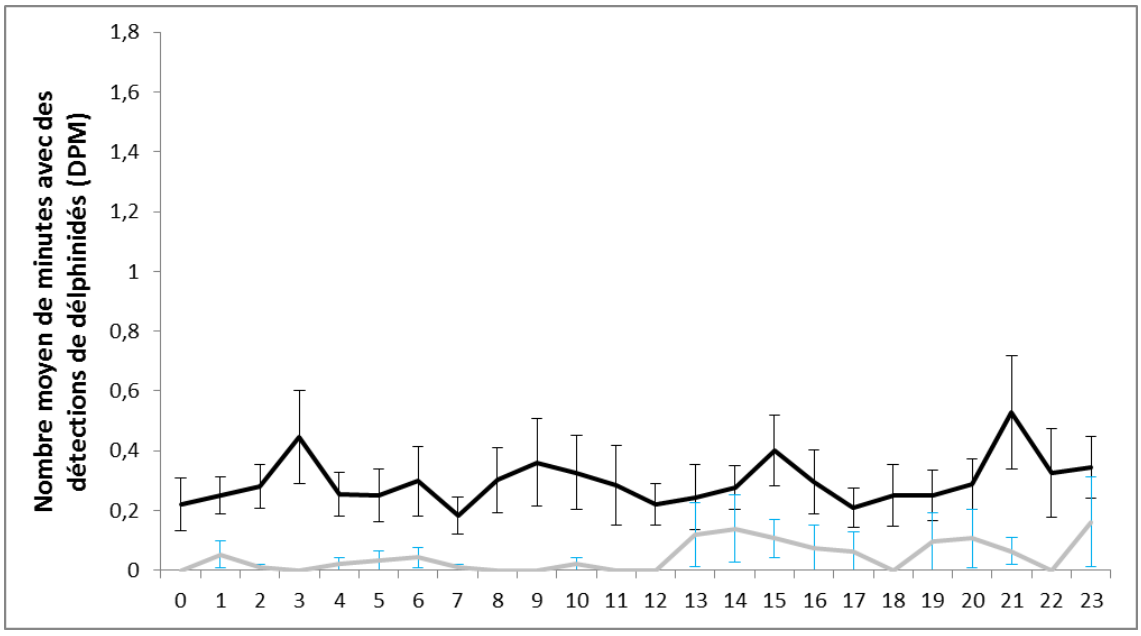

Figure 24. Distribution du nombre moyen de minutes d'enregistrement par heure contenant des clics de delphinidés (+/- erreur standard) sur le C-POD (1) (en noir) et sur le C-POD (2) (en gris), sur le site DY1 (nombre d'heures total C-POD (1) = 6425 heures et nombre d'heures total C-POD (2) =2232 heures).

4.4.2.2 Site d'écoute DY2

4.4.2.2.1 Les marsouins

Sur le site DY2, les marsouins fréquentent le site quasiment tous les jours sur les 3 C-PODs, (80% du temps d'immersion sur l'ensemble du déploiement ; Figure 25).

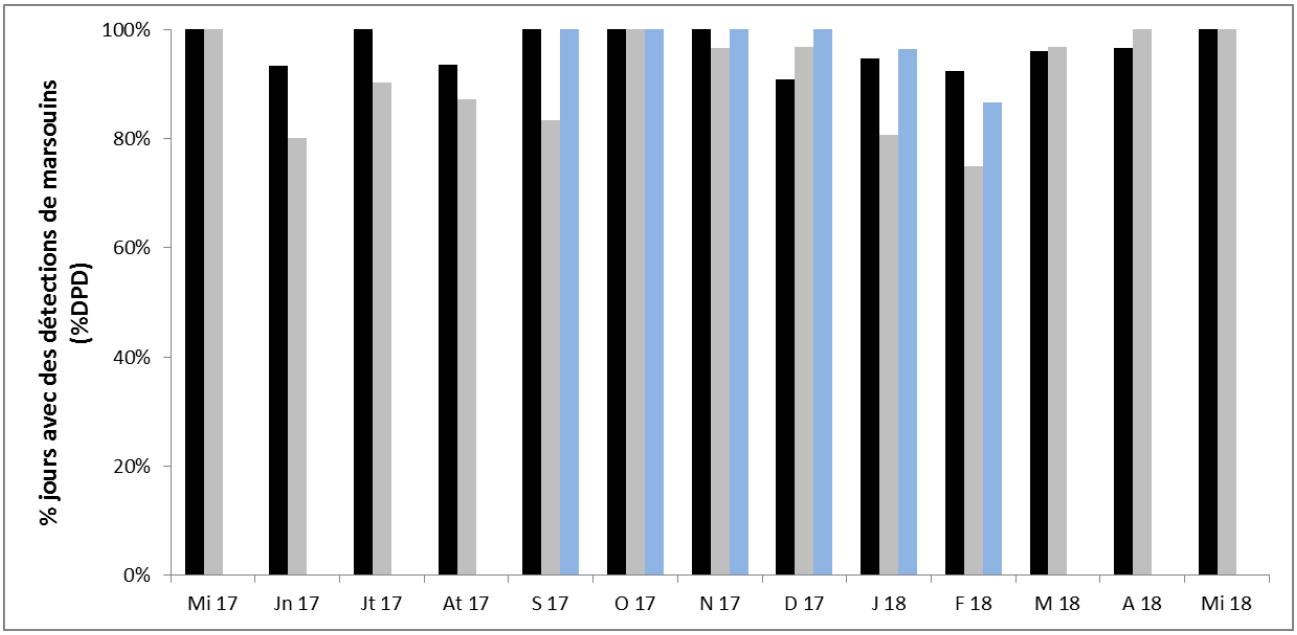

Figure 25. Distribution du pourcentage de jours d'enregistrement par mois contenant des clics de marsouins sur le C-POD (1) (en noir), sur le C-POD (2) (en gris) et sur le C-POD 3 (en bleu), sur le site DY2. (NB : Tous les mois ne sont pas complets, cf. Tableau 6).

Comme pour le site DY1, le nombre moyen d'heures avec des détections de marsouins apporte des précisions sur le patron saisonnier de présence de l'espèce. Sur la période de mai à octobre 2017, les résultats issus des 2 C-PODs diffèrent, mais à partir d'octobre les résultats issus des 2 C-PODs suivent la même tendance. D'après le C-POD1, de mai à octobre, les marsouins fréquentent la zone d'avantage entre juillet et septembre (avec en moyenne 6 heures positives), alors que d'après le C-POD 2 la fréquentation reste relativement homogène de mai à septembre pour ensuite augmenter en octobre. A partir d'octobre, la présence journalière diminue jusqu'à janvier (avec en moyenne moins de 5 heures positives), puis un pic de fréquentation est observé en mars et avril 2018 (avec en moyenne 9 heures positives par jour) (Figure 26).

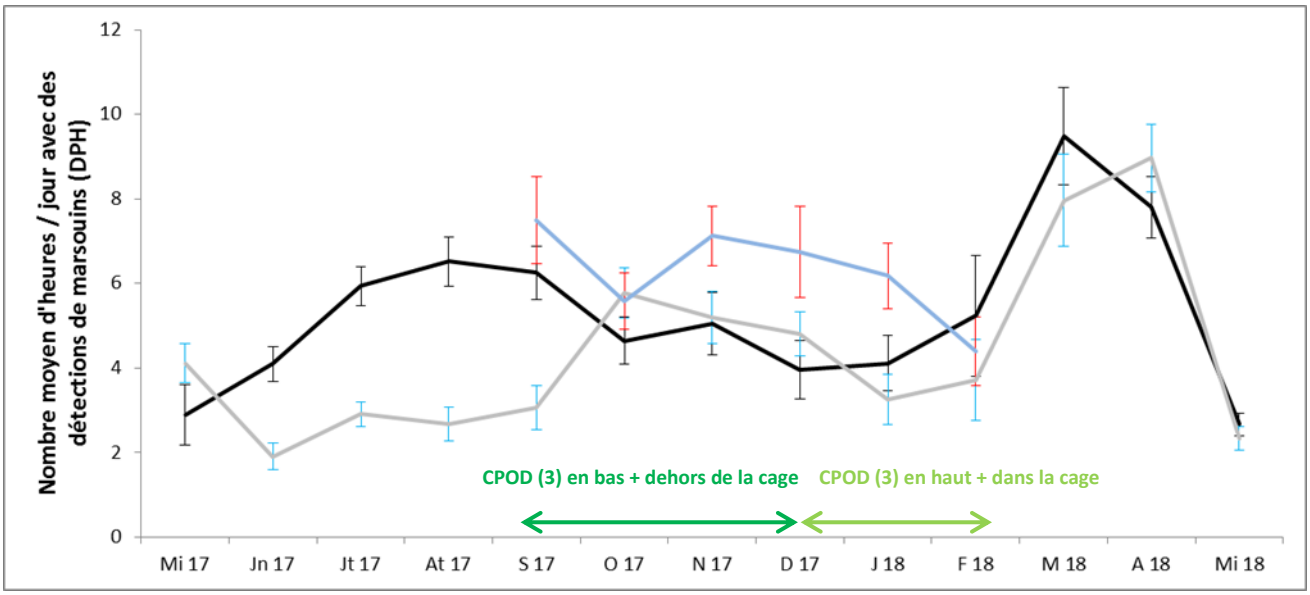

Figure 26. Distribution du nombre moyen d'heures d'enregistrement par jour contenant des clics de marsouins (+/- erreur standard) sur le C-POD (1) (en noir), sur le C-POD (2) (en gris) et sur le C-POD (3) (en bleu), sur le site DY2. La flèche vert foncé indique la période durant laquelle le C-POD (3) était orienté vers le bas et dans la cage, et la flèche vert clair la période quand le C-POD était orienté vers le haut et en dehors de la cage.

Les détections sur le 3^{e} C-POD, installé sur ce site de septembre à février, sont globalement plus importantes tout en suivant les mêmes tendances que les résultats issus du C-POD 1 de septembre à janvier. Pour le C-POD 2, les tendances suivent celles du C-POD 3 seulement durant les mois de novembre à janvier.

Les marsouins sont détectés plus souvent entre 19h et 03h du matin (Figure 27).

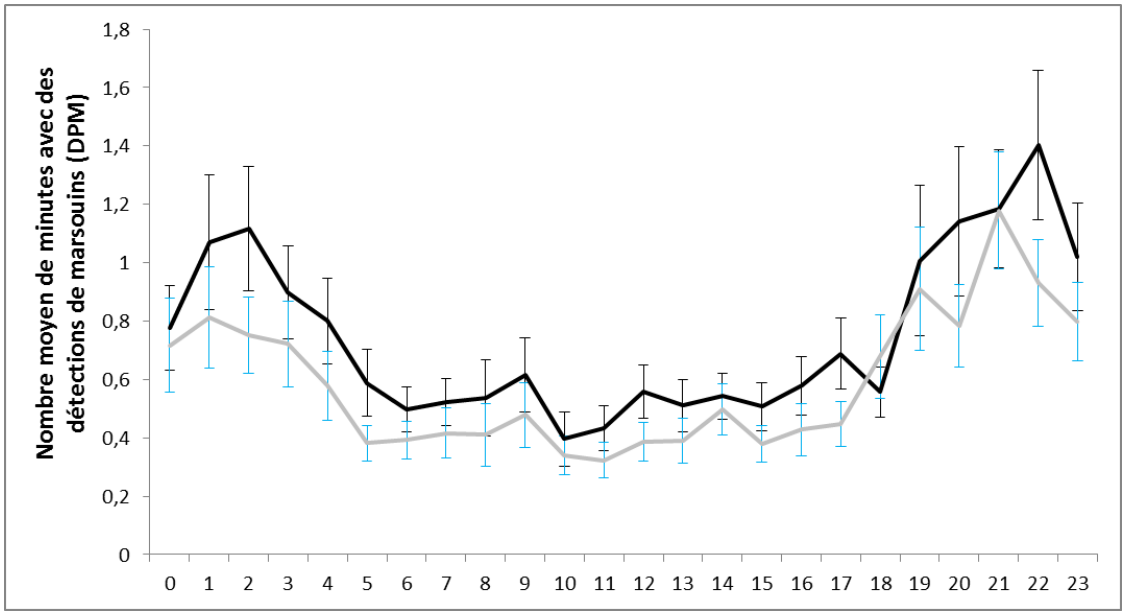

Figure 27. Distribution du nombre moyen de minutes d'enregistrement par heure contenant des clics de marsouins (+/- erreur standard) sur le C-POD (1) (en noir) et sur le C-POD (2) (en gris), sur le site DY2 (nombre d'heures total C-POD (1) = 6767 heures et nombre d'heures total C-POD (2) = 8292 heures).

Les résultats du C-POD 3, qui a été déployé seulement durant la phase 3 et 4, indique les mêmes tendances de fréquentation journalière des marsouins, avec d'avantage de détections entre 18h et 4h du matin (Figure 28).

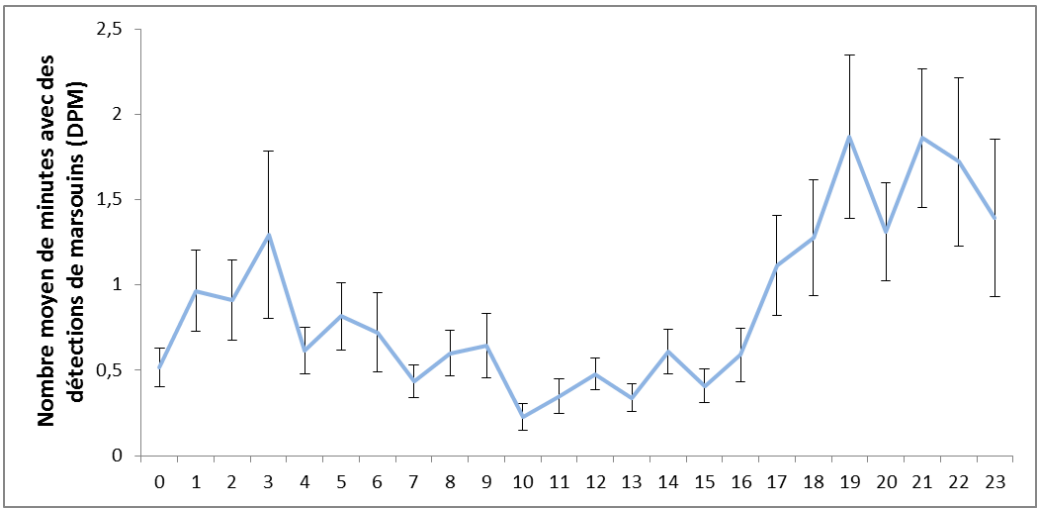

Figure 28. Distribution du nombre moyen de minutes d'enregistrement par heure contenant des clics de marsouins (+/- erreur standard) sur le C-POD (3) (en bleu), sur le site DY2 (nombre d'heures total C-POD (3) = 2761 heures).

4.4.2.2.2 Les delphinidés

Les delphinidés ont été détectés moins de 30 % du temps d'immersion (Figure 29). A la différence des marsouins, ils ne sont pas détectés tous les jours, ni tous les mois. Aucun delphinidé n'a été détecté en mai, mais les enregistrements ont été partiels durant ce mois (9 jours en 2017, 3 jours en 2018). En mars et en avril, les détections de delphinidés ont été très rares (sur le C-POD 2), voire absentes (sur le C-POD 1), bien que les enregistrements soient quasi-continus.

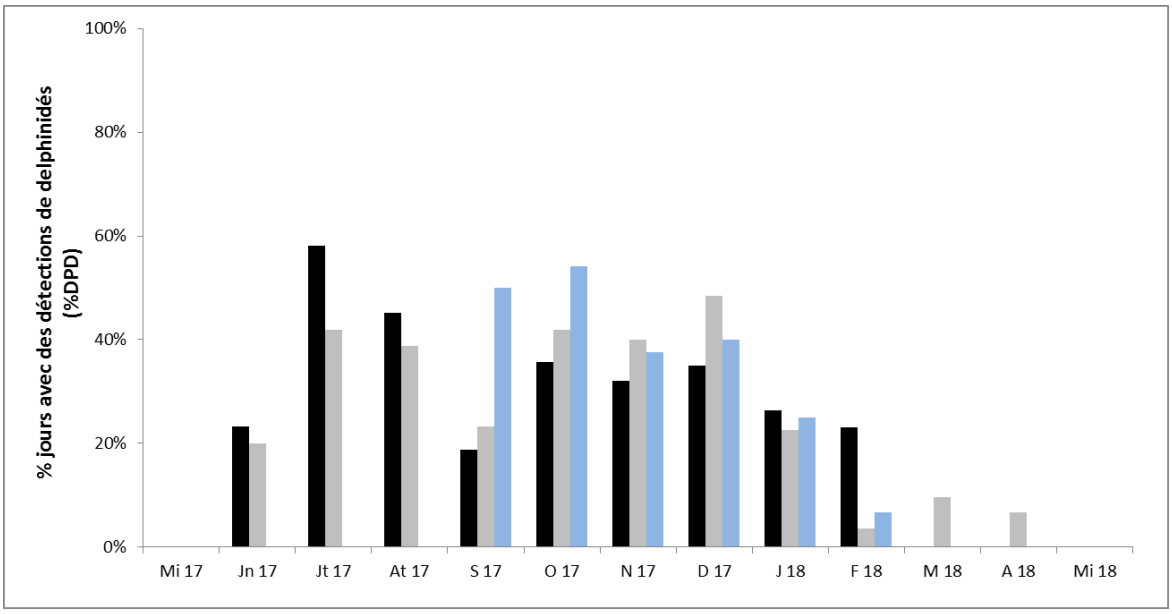

Figure 29. Distribution du pourcentage de jours d'enregistrement par mois contenant des clics de delphinidés sur le C-POD (1) (en noir), sur le C-POD (2) (en gris) et sur le C-POD (3) (en bleu), sur le site DY2. (NB : Tous les mois ne sont pas complets, cf. Tableau 6).

Comme sur le site DY1, les delphinidés ne montrent pas de patron saisonnier distinct. Ils semblent être présents quasiment tous les mois (sauf de mars à mai) mais avec des taux de détection assez faibles (en moyenne moins de 2 heures par jour selon les mois) (Figure 30).

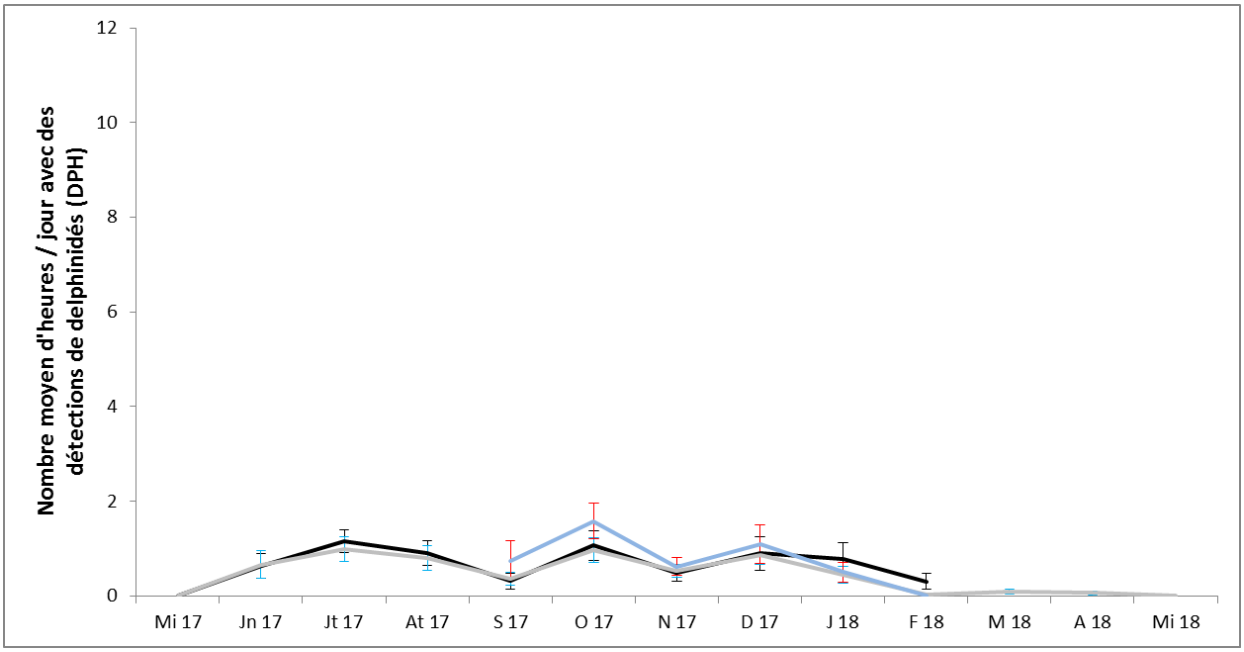

Figure 30. Distribution du nombre moyen d'heures d'enregistrement par jour contenant des clics de delphinidés (+/- erreur standard) sur le C-POD (1) (en noir), sur le C-POD (2) (en gris) et sur le C-POD (3) (en bleu), sur le site DY2.

Au niveau de leur présence répartie sur la journée, ils semblent fréquenter légèrement plus souvent le site entre 6h et 10h puis entre 16h et 21h (Figure 31). Sur le 3^{e} C-POD installé durant les phases 3 et 4, on observe quasiment la même tendance (Figure 32).

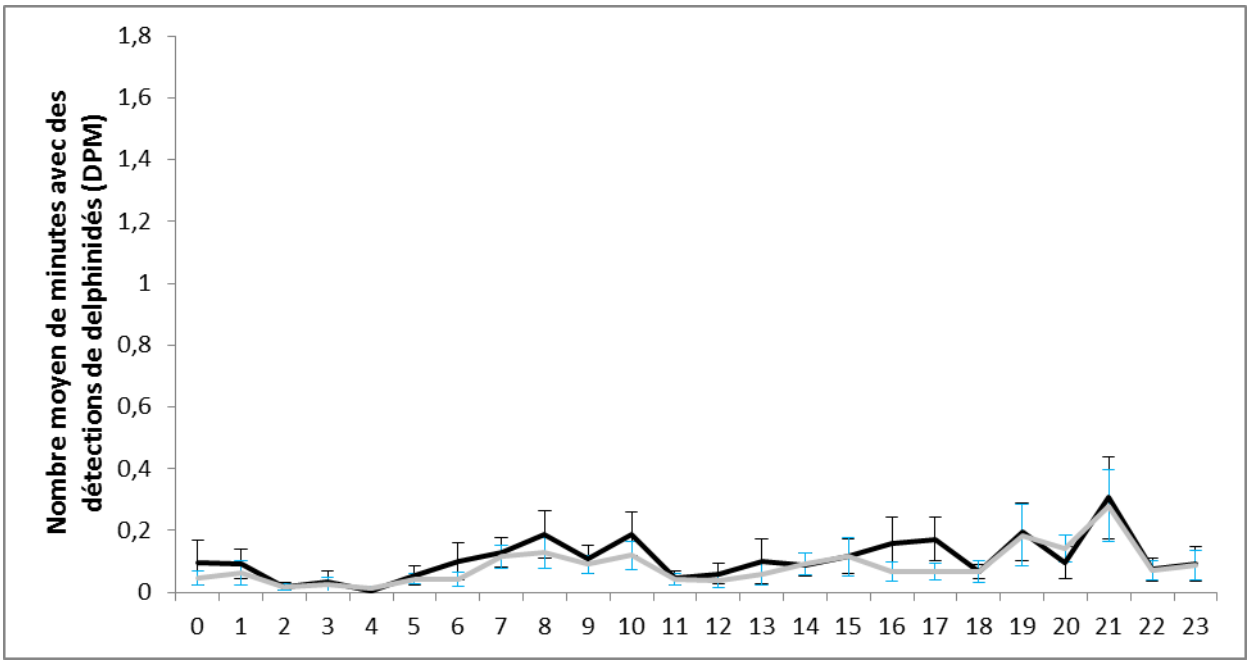

Figure 31. Distribution du nombre moyen de minutes d'enregistrement par heure contenant des clics de delphinidés (+/- erreur standard) sur le C-POD (1) (en noir) et sur le C-POD (2) (en gris), sur le site DY2 (nombre d'heures total C-POD (1) = 6767 heures et nombre d'heures total C-POD (2) = 8292 heures).

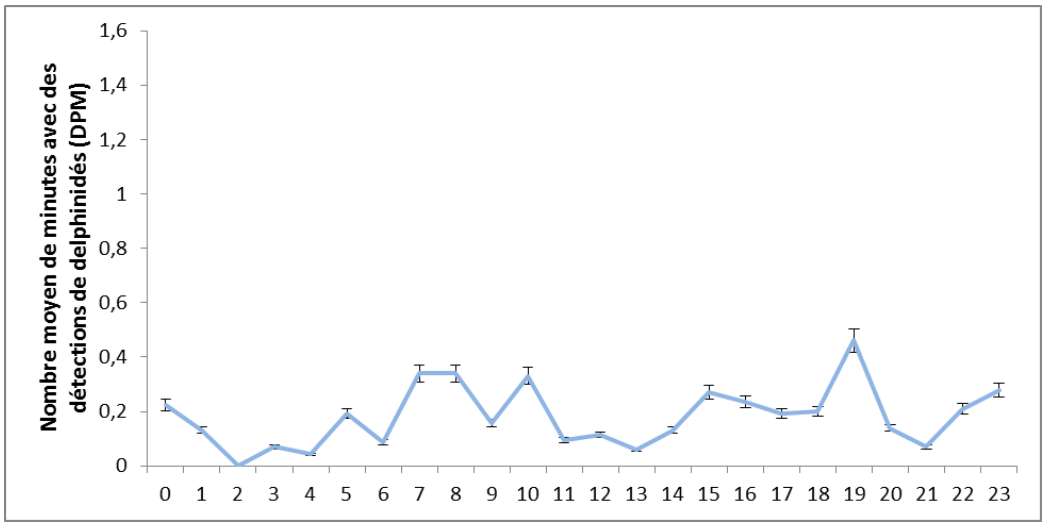

Figure 32. Distribution du nombre moyen de minutes d'enregistrement par heure contenant des clics de delphinidés (+/- erreur standard) sur le C-POD (3) (en bleu), sur le site DY2 (nombre d'heures total C-POD (3) = 2761 heures).

4.4.2.3 Site d'écoute DY3

4.4.2.3.1 Les marsouins

Sur le site DY3, les marsouins sont détectés quasiment tous les jours sur les 2 C-PODs durant plus de 85% du temps d'immersion (Figure 33). Cependant, au mois de juillet et uniquement sur le C-POD 2, très peu de jours présentent des détections de marsouins.

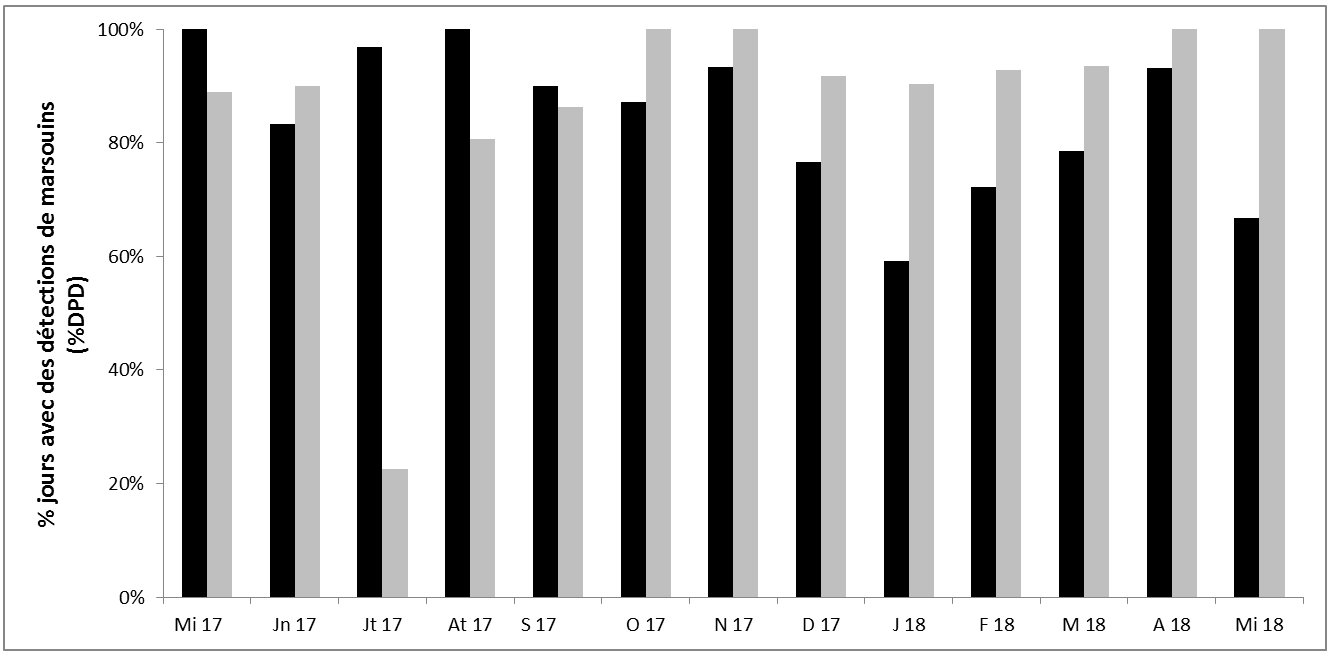

Figure 33. Distribution du pourcentage de jours d'enregistrement par mois contenant des clics de marsouins sur le C-POD (1) (en noir) et sur le C-POD (2) (en gris), sur le site DY3. (NB : Tous les mois ne sont pas complets, cf. Tableau 6).

Sur ce site, la fréquentation saisonnière des marsouins suit globalement la même tendance sur les deux C-PODs, sauf durant les mois de juillet et d'octobre où les résultats diffèrent d'un instrument à l'autre pour les raisons exposées précédemment. Une fréquentation plus importante est observée durant les mois de juillet à septembre (en moyenne entre 3 et 4 heures par jour avec des détections), puis une diminution relativement marquée est observée à partir de décembre jusqu'à atteindre un minimum en janvier (en moyenne moins de 3 heures par jour avec des détections de marsouins). Enfin en mars et avril la fréquentation est bien plus importante que les autres mois (avec en moyenne plus de 6 heures par jour) (Figure 34).

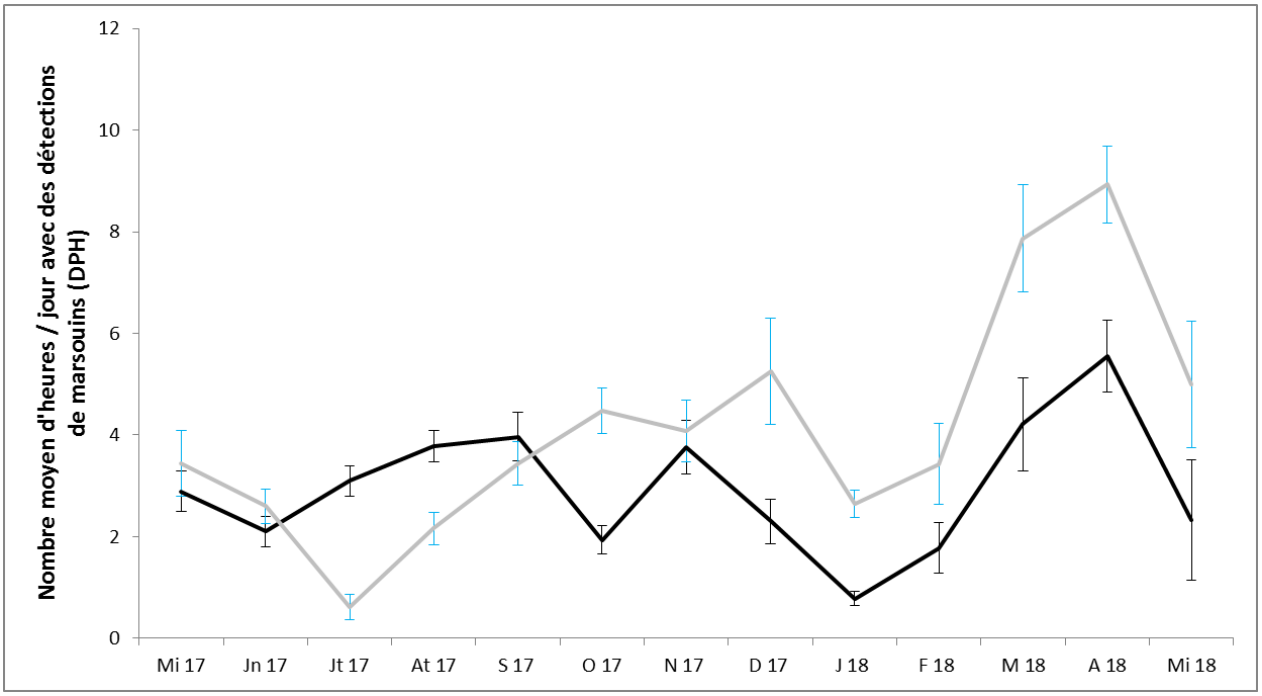

Figure 34. Distribution du nombre moyen d'heures d'enregistrement par jour contenant des clics de marsouins (+/- erreur standard) sur le C-POD (1) (en noir) et sur le C-POD (2) (en gris), sur le site DY3.

Les marsouins sont détectés toutes les heures de la journée de manière assez homogène avec une légère diminution entre 7h et 15h (Figure 35).

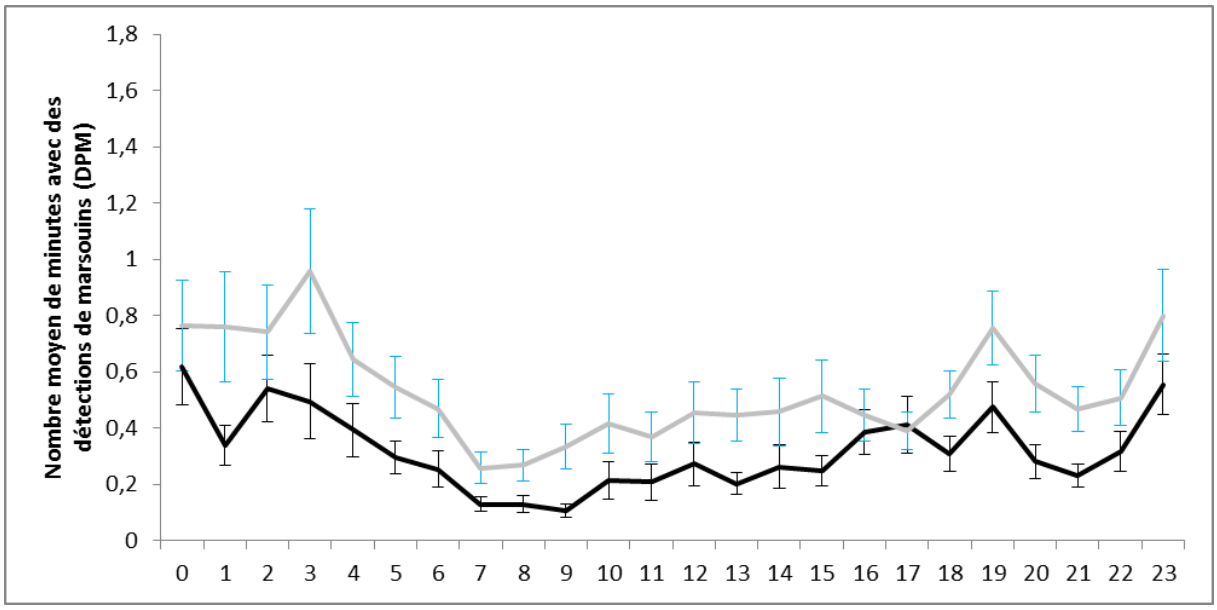

Figure 35. Distribution du nombre moyen de minutes d'enregistrement par heure contenant des clics de marsouins (+/- erreur standard) sur le C-POD (1) (en noir) et sur le C-POD (2) (en gris), sur le site DY3 (nombre d'heures total C-POD (1) = 7864 heures et nombre d'heures total C-POD (2) =7386 heures).

4.4.2.3.2 Les delphinidés

En moyenne sur l'année, les delphinidés sont détectés durant environ 30% du temps d'immersion et sur les deux C-PODs. Très peu de delphinidés ont été détectés à partir de décembre, et aucun delphinidé n'a été détecté en février (Figure 36).

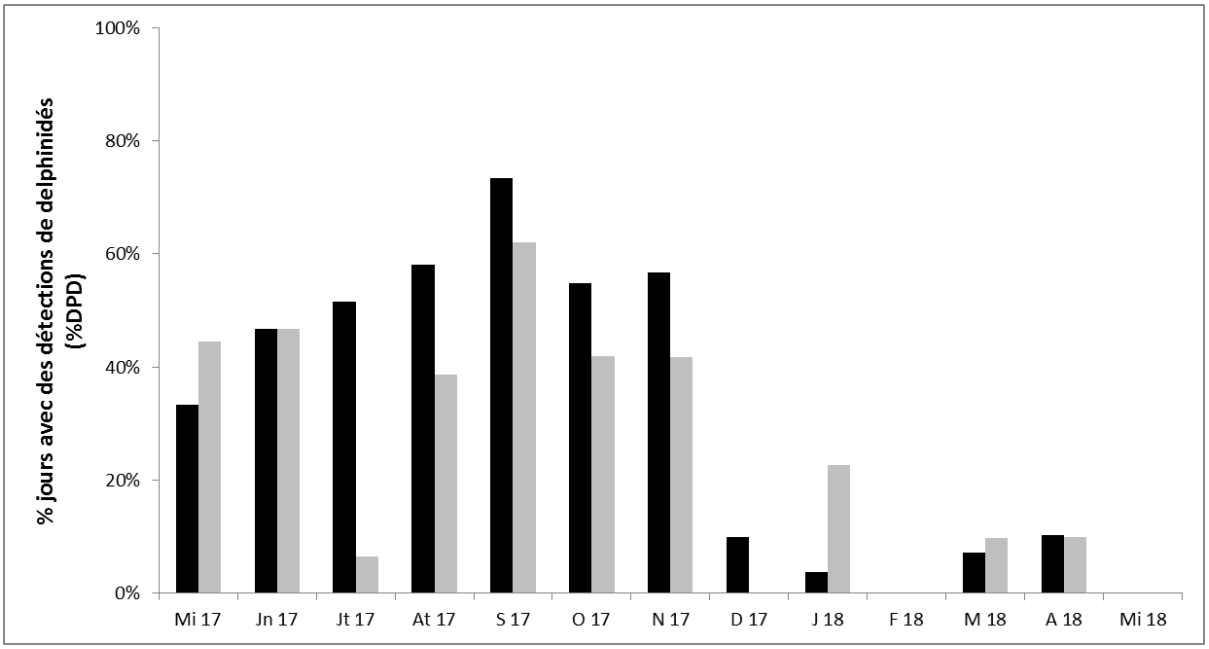

Figure 36. Distribution du pourcentage de jours d'enregistrement par mois contenant des clics de delphinidés sur le C-POD (1) (en noir) et sur le C-POD (2) (en gris), sur le site DY3. (NB : Tous les mois ne sont pas complets, cf. Tableau 6).

Tout comme, sur les sites DY1 et DY2, aucun patron saisonnier dans la présence de delphinidés ressort (Figure 37).

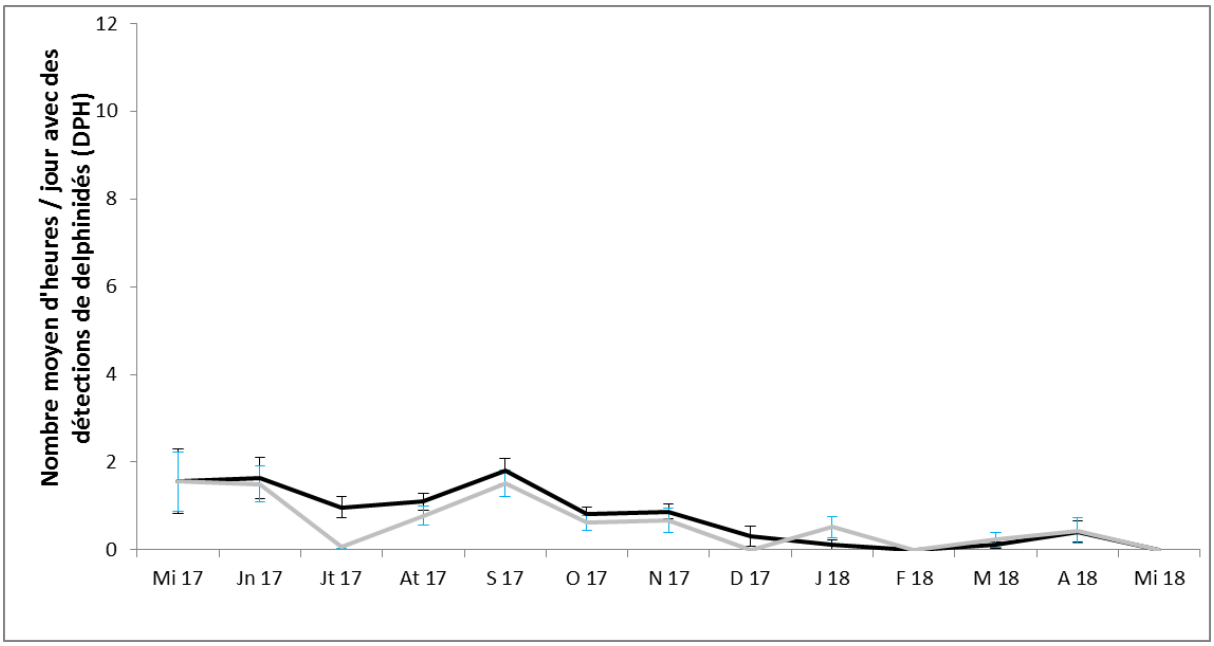

Figure 37. Distribution du nombre moyen d'heures d'enregistrement par jour contenant des clics de delphinidés (+/- erreur standard) sur le C-POD (1) (en noir) et sur le C-POD (2) (en gris), sur le site DY3.

Les delphinidés sont détectés à n'importe quelle heure de la journée de manière assez homogène (Figure 38).

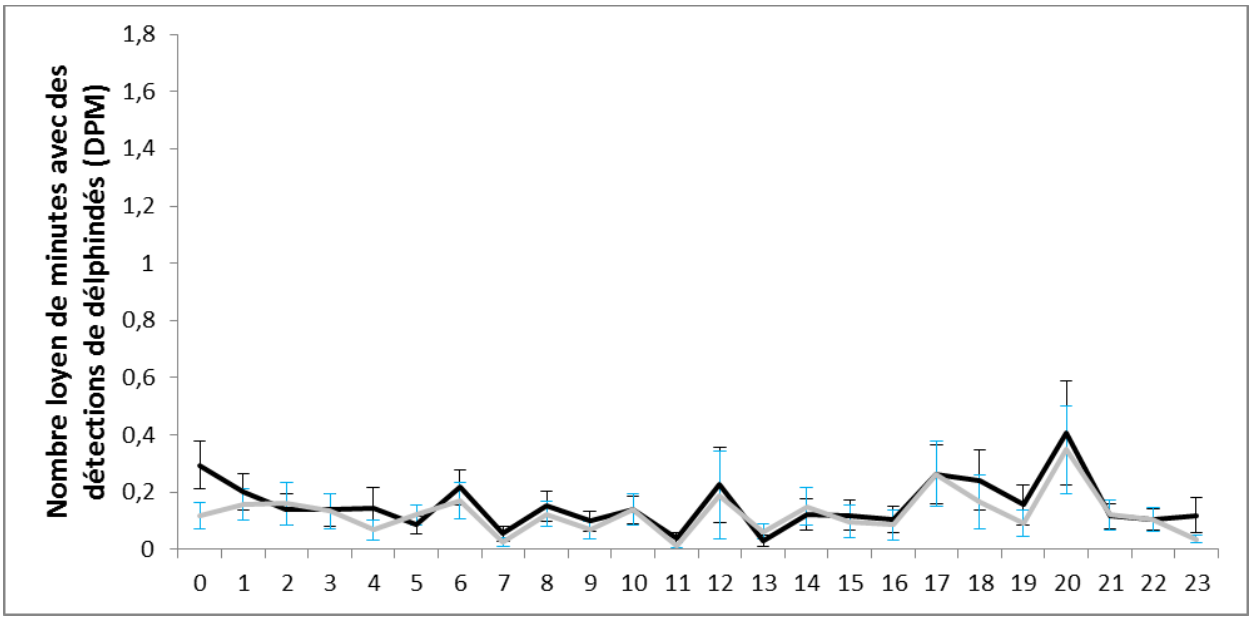

Figure 38. Distribution du nombre moyen de minutes d'enregistrement par heure contenant des clics de delphinidés (+/- erreur standard) sur le C-POD (1) (en noir) et sur le C-POD (2) (en gris), sur le site DY3 (nombre d'heures total C-POD (1) = 7864 heures et nombre d'heures total C-POD (2) = 7386 heures).

4.4.2.4 Site d'écoute DY4

4.4.2.4.1 Les marsouins

Sur ce site, les marsouins sont détectés beaucoup moins régulièrement que sur les autres sites, soit durant environ 60% du temps d'immersion sur l'ensemble de la durée de la campagne (Figure 39).

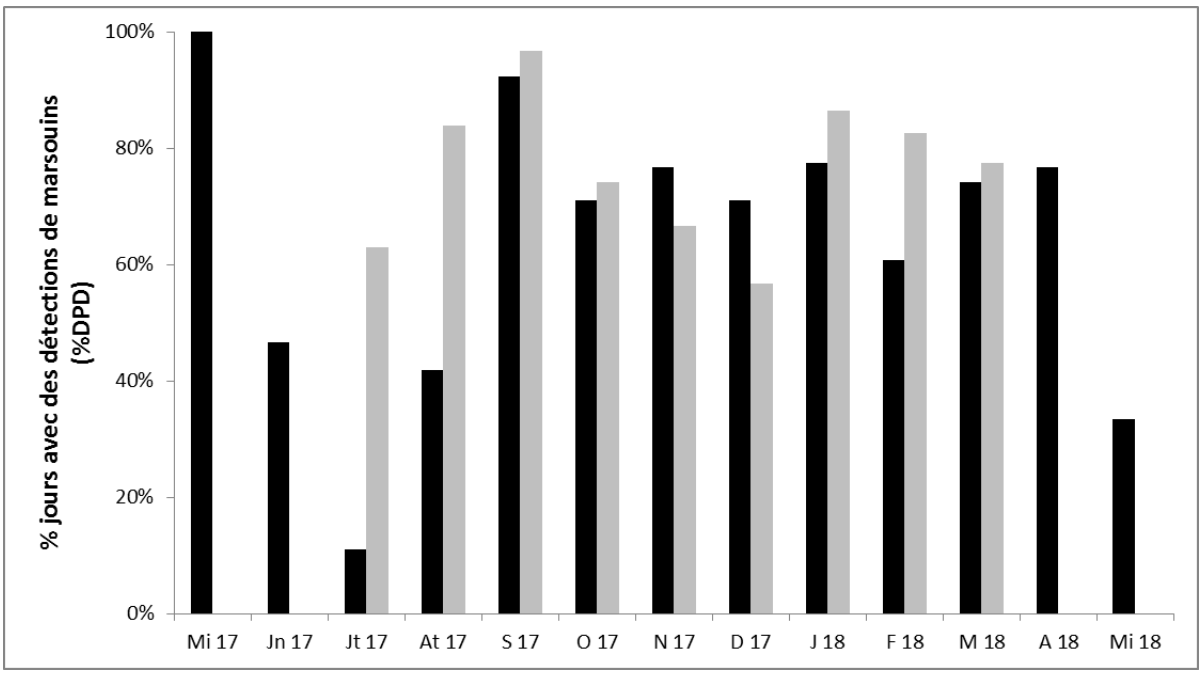

Figure 39. Distribution du pourcentage de jours d'enregistrement par mois contenant des clics de marsouins sur le C-POD (1) (en noir) et sur le C-POD (2) (en gris), sur le site DY4. (NB : Tous les mois ne sont pas complets, cf. Tableau 6).

Sur une journée, le nombre d'heures de détection est faible (< à 3 heures), sauf pour le mois de mai 2017 (moyenne de 4 heures par jour, Figure 40). De plus, contrairement aux autres sites, très peu de marsouins ont été détectés en juillet et en août. A partir de septembre une fréquentation relativement homogène est observée.

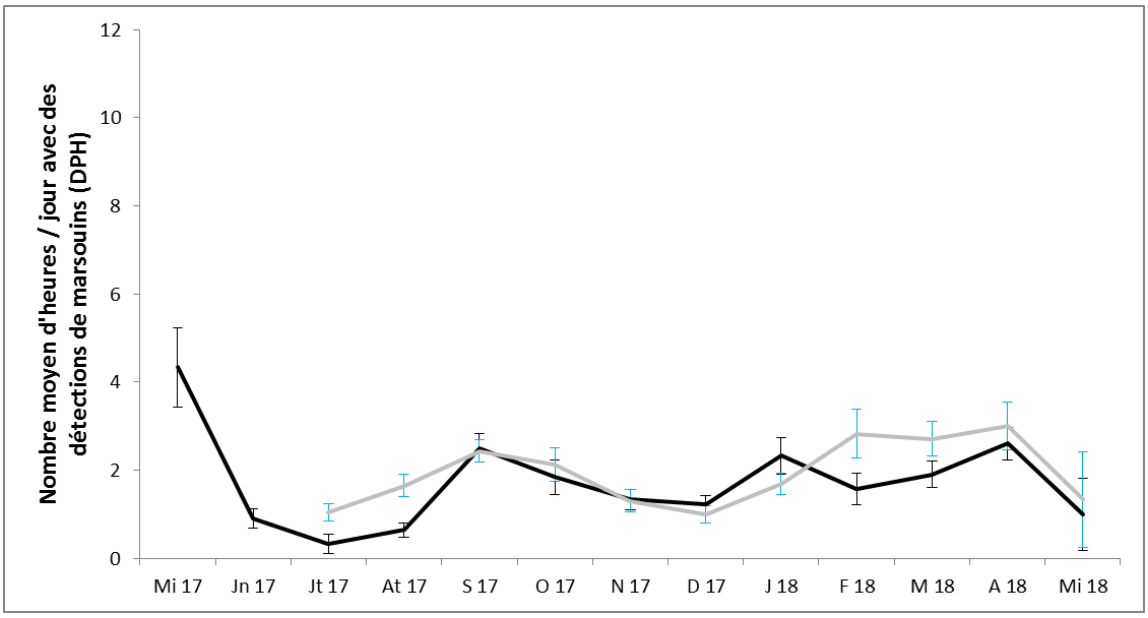

Figure 40. Distribution du nombre moyen d'heures d'enregistrement par jour contenant des clics de marsouins (+/- erreur standard) sur le C-POD (1) (en noir) et sur le C-POD (2) (en gris), sur le site DY4.

Les détections de marsouins ont lieu à toute heure sans patron journalier distinct (Figure 41).

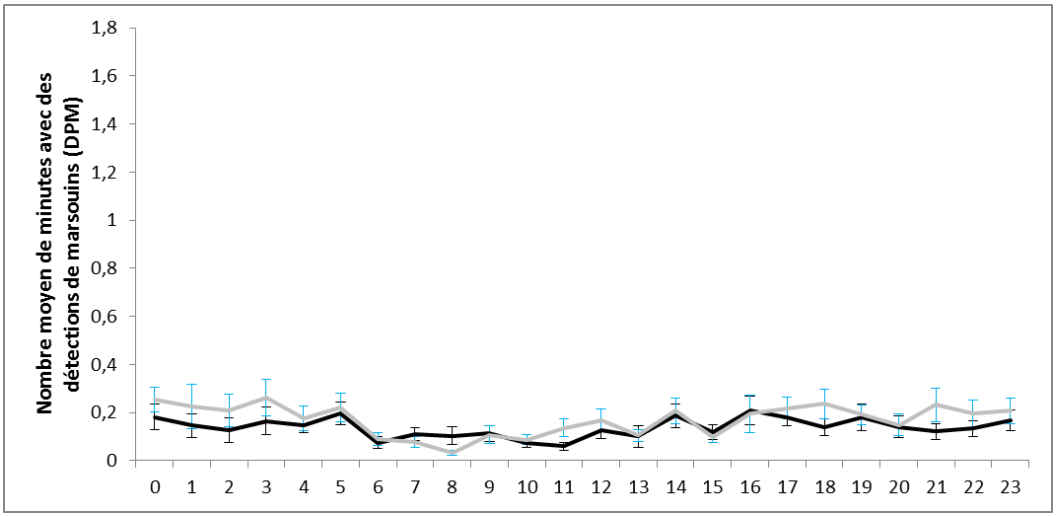

Figure 41. Distribution du nombre moyen de minutes d'enregistrement par heure contenant des clics de marsouins (+/- erreur standard) sur le C-POD (1) (en noir) et sur le C-POD (2) (en gris), sur le site DY4 (nombre d'heures total C-POD (1) = 7674 heures et nombre d'heures total C-POD (2) = 6904 heures).

4.4.2.4.2 Les delphinidés

Très peu de delphinidés ont été détectés sur ce site, seuls les mois de juillet, octobre, novembre et février présentent quelques détections (Figure 42).

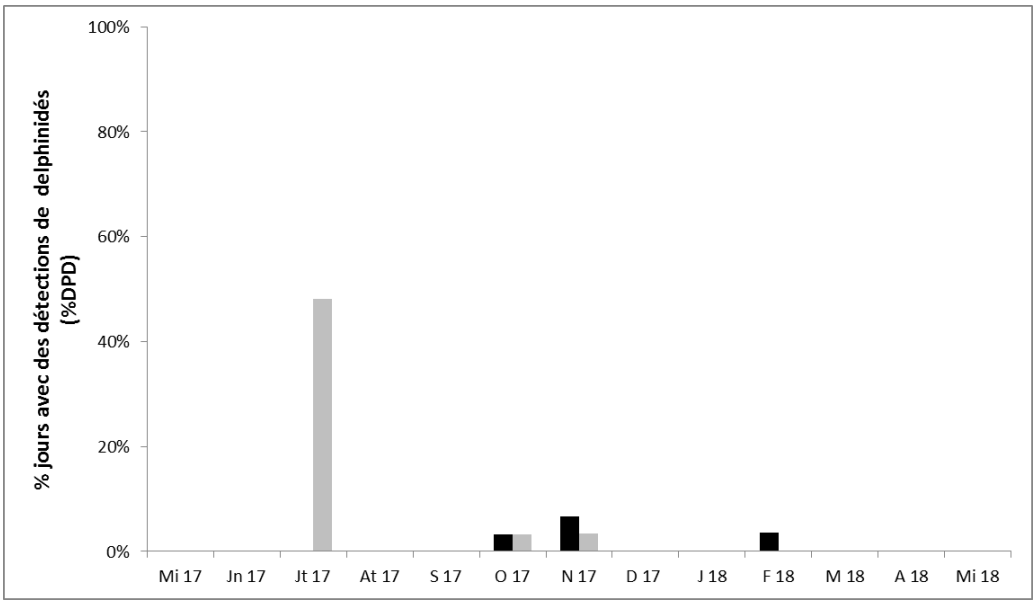

Figure 42. Distribution du pourcentage de jours d'enregistrement par mois contenant des clics de delphinidés sur le C-POD (1) (en noir) et sur le C-POD (2) (en gris), sur le site DY4. (NB : Tous les mois ne sont pas complets, cf. Tableau 6).

Au vue du peu de détections de delphinidés enregistrées sur ce site, les représentations graphiques, du nombre moyen d'heures positives par jour ainsi que le nombre moyen de minutes positives par heure ne sont pas pertinentes. Au mois de juillet, en moyenne les delphinidés sont détectés à hauteur de 1 heure par jour, et pour les mois d'octobre, novembre et février ils sont détectés en moyenne moins d'une heure par jour. Enfin, Sur le C-POD 1, sur les heures de la journée seules 4 heures présentent quelques minutes avec des détections. Et sur le C-POD 2 des delphinidés sont détectés à toute heure de la journée, mais avec des moyennes encore plus petites (inférieures à 0,02 minute par heure).

Tableau 8. Récapitulatif des données récoltées lors des 5 phases de déploiement sur les 4 sites d'écoute.

Phase	Localisation	C-POD	Marsouin (NBHF)			Delphinidés (Othercet)		
			Nb de clics moy. journ.	DPM moy. journ. (min./ jour)	DPD (%)	Nb de clics moy. journ.	DPM moy. journ. (min./ jour)	DPD (%)
1	Ouest	DY1	251	7	90%	12	0.07	7%
	Centre	DY2	253	8	95%	272	3	21%
		DY2	108	4	83%	276	3	14%
	Nord-Est	DY3	203	5	88%	1213	9	43%
		DY3	368	6	90%	1172	9	45%
	Sud-Est	DY4	92	3	57%	0	0	0%
2	Ouest	DY1	697	16	97%	141	1	**4%**
	Centre	DY2	597	17	97%	418	4	46%
		DY2	174	6	87%	302	3	37%
	Nord-Est	DY3	333	9	96%	574	5	62%
		DY3	158	4	60%	429	3	34%
	Sud-Est	DY4	45	1	55%	0	0	0
		DY4	77	3	81%	125	0.8	16%
3	Ouest	DY1	179	5	84%	256	2	22%
		DY1	339	11	91%	138	1	15%
	Centre	DY2	534	12	97%	483	4	35%
		DY2	846	16	98%	314	3	42%
		DY2	863	18	100%	892	7	45%
	Nord-Est	DY3	516	7	89%	502	4	48%
		DY3	620	12	98%	299	3	44%
	Sud-Est	DY4	89	3	72%	5	0.04	4%
		DY4	144	3	67%	8	0.05	2%
4	Ouest	DY1	569	9	72%	355	3	30%
	Centre	DY2	585	12	94%	255	2	18%
		DY2	313	9	81%	123	1	22%
		DY2	1835	24	95%	95	1	22%
	Nord-Est	DY3	36	1	60%	2	0.06	2%
		DY3	354	6	91%	62	0.7	12%
	Sud-Est	DY4	133	3	75%	0	0	0
		DY4	101	3	80%	0	0	0
5	Ouest	DY1	845	24	87%	318	2.7	18%
		DY1	727	22	62%	23	0.5	15%
	Centre	DY2	1834	34	95%	13	0.06	4%
		DY2	1690	31	96%	2	0.08	8%
	Nord-Est	DY3	452	13	84%	106	1.2	7%
		DY3	1536	32	96%	98	1.1	8%
	Sud-Est	DY4	150	5	71%	1	0.01	1%
		DY4	231	7	79%	0	0	0

4.5.1 Bilan technique

Sur l'ensemble de la durée de la campagne LEDKAP, le dispositif de suivi par acoustique passive a globalement bien fonctionné. Cependant, au total 4 C-PODs n'ont pas fonctionné correctement durant l'une des phases de déploiement (dont 2 sur la première phase), bien qu'une attention particulière ait été portée lors de chaque configuration des instruments. De plus, un C-POD a été retrouvé échoué sur une plage de Belgique mi-janvier. Enfin, lors de la dernière phase de déploiement un C-POD a stoppé son enregistrement prématurément bien avant sa récupération, sans aucune raison apparente. Des données en continu ont cependant été acquises sur chacun des sites d'écoute, grâce à l'installation de deux C-PODs par site.

Selon les sites d'écoute, les C-PODs ne se comportent pas de la même façon. En effet, l'angle d'inclinaison varie d'un instrument à l'autre sur une même bouée en raison des courants et des mouvements qu'ils imposent sur la bouée et les C-PODs immergés. De plus nous savons que les instruments ont une sensibilité différente (cf. le rapport final du projet MARSAC), ainsi les résultats peuvent différer sensiblement entre deux C-PODs voisins. Au vu des résultats des phases 3 et 4 sur le site DY2 où les tests ont été effectués, le positionnement du capteur dans la cage ou en dehors de la cage, ainsi que son orientation vers la surface ou vers le fond, semblent modifier légèrement le nombre de détections de marsouins enregistrés par le C-POD. Cependant la tendance dans les patrons saisonniers reste similaire à celle des autres C-PODs. Enfin, les différences observées entre C-PODs d'une même bouée au niveau des détections de marsouins peuvent être expliquées en partie par le caractère très directionnel des clics de marsouins (Koblitz et al, 2012), en comparaison avec les clics émis par les petits delphinidés.

4.5.2 Bilan scientifique

Durant l'année de suivi de la campagne LEDKAP, les marsouins ont fréquenté la zone durant plus de 80% des jours d'enregistrements sur les sites du nord (DY1, DY2 et DY3). On note donc une présence continue des marsouins dans la moitié nord de la zone d'étude. Le site le plus côtier (DY4), semble être légèrement moins fréquenté (environ 65% des jours d'enregistrements) (Figure 44). Un gradient côte-large apparaît donc sur l'ensemble du jeu de données. Dans la partie située plus au large, le site central (DY2) semble être le plus fréquenté par les marsouins (près de 6 heures par jour en moyenne), tandis que le site de l'est (DY3) est relativement moins fréquenté (3 heures par jour en moyenne).
Sur les 3 sites du nord, la campagne LEDKAP montre une fréquentation importante des marsouins toute l'année, avec deux pics de fréquentation : l'un entre juillet et septembre et l'autre entre mars et avril. Sur le site plus côtier, la fréquentation saisonnière est plus faible et moins variable, mais un minimum semble apparaître entre juin et août.

Contrairement aux marsouins, les delphinidés fréquentent beaucoup moins la zone, et ne semblent pas être présents partout. Très peu (voire aucune) détections de delphinidés ont été enregistrées sur le site le plus au sud (DY4). Un gradient ouest-est se dessine, dans la présence des delphinidés, avec une fréquentation plus importante sur le site le plus nord-est (DY3). De plus, la campagne LEDKAP ne montre pas de fréquentation saisonnière bien distincte des delphinidés.

La fréquentation journalière des marsouins et des delphinidés semble relativement homogène sur l'ensemble des heures de la journée. Sur les sites du nord, on constate cependant des détections de marsouins plus fréquentes durant la nuit qu'en milieu de journée. Cette conclusion sera affinée lors de l'analyse scientifique des résultats, en reliant les taux de détection à l'élévation du soleil (jour, nuit, aube ou crépuscule).

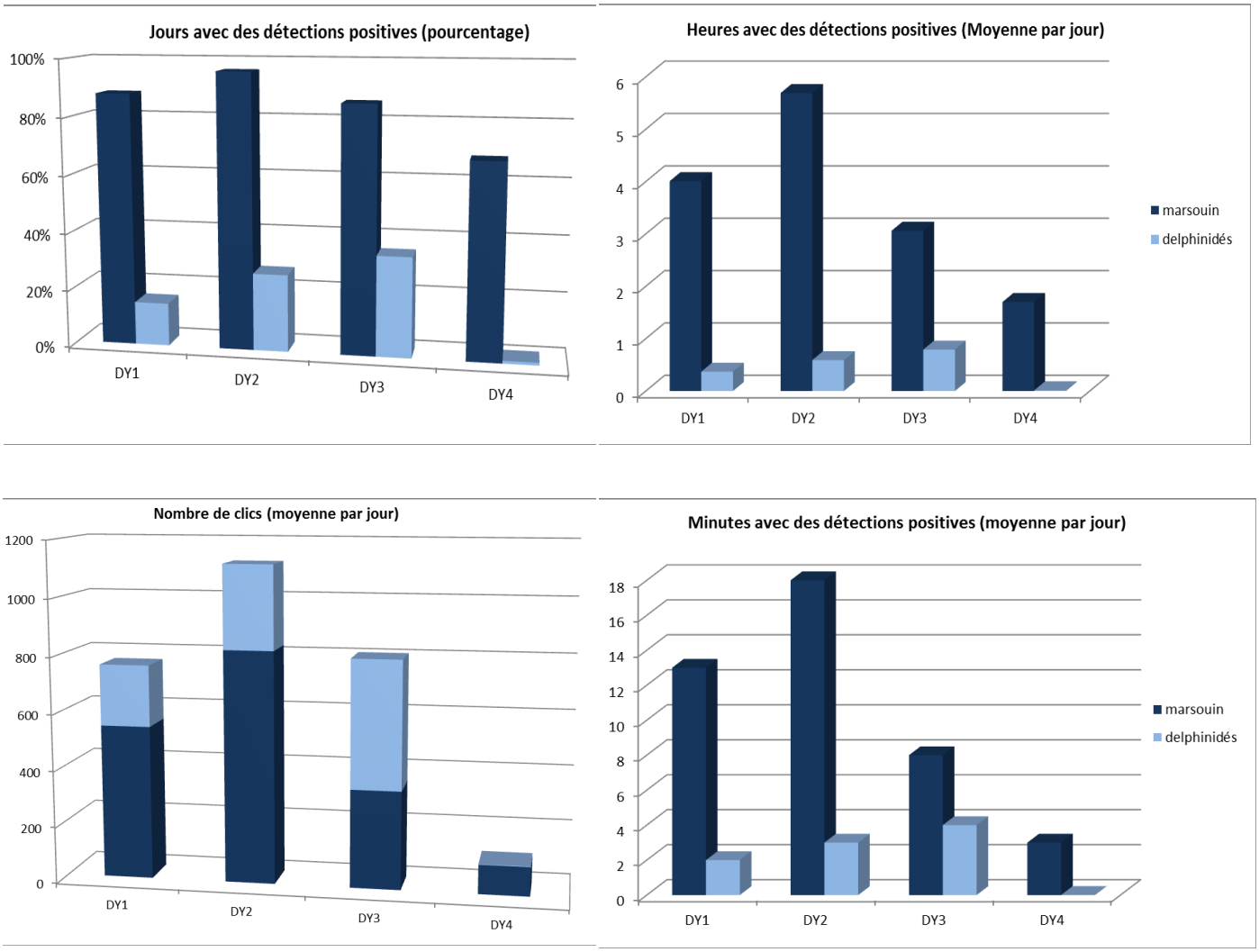

Figure 44. Bilan des données récoltées lors des phases 1 à 5 sur le C-POD (1) en termes nombre de jours positifs à la détection (DPD en haut à gauche), d'heures positives à la détection (DPH, en haut à droite), de nombre de clics (en bas à gauche) et de nombre de minutes positive à la détection (DPM, en bas à droite).

ANNEXE 1 : Formulaire de déploiement et de récupération des C-PODs

Localisation des mesures	
NOM DE LA CAMPAGNE	LEDKAP
NOM DE LA STATION	
PHASE	
NUMERO DU C-POD 1	
NUMERO DU C-POD 2	
POSITION THEORIQUE	

Configuration du C-POD 1		
OPERATEUR		
DATE	dd/mm/yyyy :	
HEURE de mise en route	hh:mm:ss : ☐ UTC ☐ UTC+1 ☐ UTC+2	
CONFIGURATION de la carte SD	☐ Continuous ☐ 1min Off ☐ 2 min off ☐ 4 min off ☐ 9 min off Limit on clicks logged : ☐ 1024 ☐ 4096 ☐ 65536 ☐ No limit High pass filter : ☐ 10 ☐ 20 ☐ 40 ☐ 80 Switch angle : to : from : 0	
RYTHME de la LED (C-POD tête en bas)	Connexion des piles	☐ 2x/sec ☐ autre :
	Insertion de la carte SD	☐ 1x/sec x2x/sec ☐ autre :
	Mise en route	☐ 1x/5sec ☐ autre :
	1 minute après mise en route	☐ 1x/2sec ☐ 2x/2sec ☐ autre :
COMMENTAIRES		
Configuration du C-POD 2		
OPERATEUR		
DATE	dd/mm/yyyy :	
HEURE de mise en route	hh:mm:ss : ☐ UTC ☐ UTC+1 ☐ UTC+2	
CONFIGURATION de la carte SD	☐ Continuous ☐ 1min Off ☐ 2 min off ☐ 4 min off ☐ 9 min off Limit on clicks logged : ☐ 1024 ☐ 4096 ☐ 65536 ☐ No limit High pass filter : ☐ 10 ☐ 20 ☐ 40 ☐ 80 Switch angle : to : from : 0	
RYTHME de la LED (C-POD tête en bas)	Connexion des piles	☐ 2x/sec ☐ autre :
	Insertion de la carte SD	☐ 1x/sec ☐ 2x/sec ☐ autre :
	Mise en route	☐ 1x/5sec ☐ autre :
	1 minute après mise en route	☐ 1x/2sec ☐ 2x/2sec ☐ autre :
COMMENTAIRES		

Mise à l'eau			
NAVIRE / opérateur			
DATE	dd/mm/yyyy :		
HEURE d'immersion **C-POD 1**	hh:mm:ss :	☐ UTC ☐ UTC+1 ☐ UTC+2	
HEURE d'immersion **C-POD 2**	hh:mm:ss :	☐ UTC ☐ UTC+1 ☐ UTC+2	
POSITION	Lat :	Lon :	☐ WGS 84 ☐ Europe 50 ☐ autre :
HAUTEUR D'EAU		☐ brute ☐ réduite de la marée	
TYPE DE MOUILLAGE	☐ châssis fond ☐ ligne subsurface ☐ ligne surface ☐ autre : Description :		
INTEGRATION des C-POD	☐ Tête en haut ☐ tête en bas ☐ horizontal Hauteur de l'hydrophone / fond : Mode de fixation :		
COMMENTAIRES			
Récupération			
NAVIRE / opérateur			
DATE	dd/mm/yyyy :		
HEURE de sortie de l'eau **C-POD 1**	hh:mm:ss :	☐ UTC ☐ UTC+1 ☐ UTC+2	
HEURE de sortie de l'eau **C-POD 2**	hh:mm:ss :	☐ UTC ☐ UTC+1 ☐ UTC+2	
POSITION	Lat :	Lon :	☐ WGS 84 ☐ Europe 50 ☐ autre :
HAUTEUR D'EAU		☐ brute ☐ réduite de la marée	
TYPE DE RECUPERATION	☐ planifiée ☐ non planifiée Si non planifiée, pourquoi :		
ETAT du mouillage	☐ RAS ☐ Abimé ☐ Perdu Description :		
ETAT du C-POD 1	☐ RAS ☐ Abimé ☐ Perdu Description :		
ETAT du C-POD 2	☐ RAS ☐ Abimé ☐ Perdu Description :		
COMMENTAIRES			

Transfert des données C-POD 1		
OPERATEUR		
DATE	dd/mm/yyyy :	
RYTHME de la LED	☐ 1x/2sec ☐ 2x/2sec ☐ autre :	
HEURE d'arrêt	hh:mm:ss :	
NOM DU FICHIER		
RESULTATS	☐ présence résumé	☐ présence de donnée
TENSION DES PILES	1ère colonne :	2ème colonne :
COMMENTAIRES		
Transfert des données C-POD 2		
OPERATEUR		
DATE	dd/mm/yyyy :	
RYTHME de la LED	☐ 1x/2sec ☐ 2x/2sec ☐ autre :	
HEURE d'arrêt	hh:mm:ss :	
NOM DU FICHIER		
RESULTATS	☐ présence résumé	☐ présence de donnée
TENSION DES PILES	1ère colonne :	2ème colonne :
COMMENTAIRES		

Annexes
COPIE D'ECRAN : configuration de la carte SD **C-POD 1**
PHOTO :

Annexes
COPIE D'ECRAN : configuration de la carte SD **C-POD 2**
PHOTO :

REFERENCES

Koblitz, J.C., Wahlberg M ., Stilz P., Madsen P.T., Beedholm K., Schnitzler H. 2012. Asymmetry and dynamics of a narrow sonar beam in an echolocating harbor porpoise. Acoustical Society of America 2315-2324.

Kyhn, L.A., J. Tougaard, L. Thomas, L.R. Duve, J. Stenback, M. Amundin, G. Desportes, and J. Teilmann. 2012. From echolocation clicks to animal density – Acoustic sampling of harbor porpoises with static dataloggers. The Journal of Acoustical Society of America 131 :550-560.

Samaran F, Corman D, Spitz J, and Ridoux V. 2015. Mise en place d'un suivi par acoustique passive des marsouins communs le long des côtes françaises. Rapport de Synthèse de l'étude – Rapport final. Université La Rochelle UMS 3462 / Agence des Aires Marines Protégées – 184p. http://crmm.univ-lr.fr/images/pdf/synthese_marsac_fs_24062015_dc.pdf

Samaran F, Corman D, 2013. Mise en place d'un suivi par acoustique passive des marsouins communs le long des côtes françaises - Rapport de mise en place du pilote – 43 pages. ftp://ftpaamp.aires-marines.fr/PACOMM/Volet4_MARSAC/Rapport/Pilote_MARSAC_FS_DC_13_02_14.pdf