



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

Programme DUNKRISK Campagne LEDKAP

Rapport Scientifique

août 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

**AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ**
ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT



SOMMAIRE

1. INTRODUCTION1
 - 1.1 OBJECTIFS PRINCIPAUX ET CHOIX DE LA METHODOLOGIE1
 - 1.2 PLAN D'ECHANTILLONNAGE2
2. RESULTATS3
 - 2.1 EFFORT DE COLLECTE3
 - 2.2 METRIQUES UTILISEES4
 - 2.3 ANALYSES DES DETECTIONS DE CETACES A L'EHELLE DE CHAQUE SITE D'ECOUTE6
 - 2.3.1 Fréquentation spatiale7
 - 2.3.2 Frequentation saisonniere8
 - 2.3.3 Fréquentation journalière12
 - 2.3.4 Indice d'activité13
 - 2.4 ANALYSES DES DETECTIONS DE CETACES A L'EHELLE « LARGE » ET « COTE »17
 - 2.4.1 Régime de lumière17
 - 2.4.2 Régime de marée19
 - 2.4.3 Coefficient de marée20
 - 2.4.4 Données relatives au vent22
3. CONCLUSION23
 - 3.1 BILAN SCIENTIFIQUE23

Remerciements

Nous souhaitons remercier tout particulièrement Jacky Karpouzopoulos de la Coordination Mammalogique du Nord de la France (CMNF) pour les opérations de maintenance à terre des instruments, Joël Romiguère de la Subvision des Phares et Balises de Dunkerque (Direction Interrégionale de la Mer Manche Est du Nord - DIRM MEMN) ainsi que tous les marins impliqués pour la mise en œuvre des mouillages et les opérations de maintenance sur le terrain des enregistreurs acoustiques.

Enfin nous remercions l'observatoire Pelagis et plus particulièrement Auriane Virgili et Sophie Laran pour leurs disponibilités et les échanges enrichissants.

1. INTRODUCTION

1.1 OBJECTIFS PRINCIPAUX ET CHOIX DE LA METHODOLOGIE

La mise en place d'un suivi par acoustique passive pendant une année permet d'identifier facilement la saisonnalité des espèces de petits cétacés présents dans la zone d'étude en enregistrant en continu les signaux acoustiques qu'ils produisent sous l'eau. En effet, les petits cétacés émettent des signaux sonores variables (sifflements et clics d'écholocation) qui peuvent être enregistrés par un capteur immergé dans l'eau (hydrophone). Ici, le suivi concerne prioritairement le marsouin commun (*Phocoena phocoena*) ; or cette espèce de petit cétacé émet exclusivement des clics d'écholocation de très hautes fréquences, quasi en continu, pour répondre à ses fonctions vitales (naviguer, trouver de la nourriture etc.).

L'instrument choisi pour ce projet est un détecteur de clics d'écholocation de type C-POD (Cetacean POrpoise Detector, Chelonia Ltd – Figure 1). L'analyse des données acoustiques permet de décrire la fréquentation (saisonnnière, journalière) ainsi que l'utilisation fonctionnelle (principalement l'activité d'alimentation) par les espèces détectées autour des sites d'écoutes équipés.



Figure 1. Photographie d'un C-POD (capteur à gauche).

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

- Le suivi par acoustique passive est bien adapté pour des espèces discrètes mais qui ont une forte activité d'écholocation comme le marsouin,
- Le suivi par acoustique passive offre un effort d'acquisition de données en continu, 24h/24, de jour comme de nuit et quasiment indépendamment des conditions météorologiques (haute résolution temporelle),
- L'utilisation de C-POD permet une autonomie importante (2 à 3 mois) afin de limiter les déplacements sur le terrain,
- Enfin, ce détecteur de clic n'enregistre que les clics dans une certaine bande de fréquence, les données sont ainsi plus simple à traiter qu'un hydrophone large bande qui enregistre tout le paysage acoustique sous-marin.

Cependant, cette méthode et cet instrument possèdent certaines limites :

- Le rayon de détection du C-POD est relativement petit (i.e. environ 300 m autour de l'instrument, d'après Kyhn et al, 2012). Le marsouin doit donc être proche de l'instrument pour être capté (faible résolution spatiale),
- De part son mécanisme d'écholocation, le marsouin émet des clics de façon très directionnelle. Si le clic n'est pas dirigé vers l'instrument, il peut ne pas être capté car son énergie sera moins puissante (cf. rapport final de campagne, §4.2),

- La distinction acoustique des différents clics entre des espèces proches comme les dauphins et les marsouins est possible mais entre espèces de dauphins non,
- Le suivi par acoustique passive permet de renseigner sur l'abondance relative d'une espèce (en terme de densité d'évènements acoustiques), mais pas sur l'abondance absolue (en terme de nombre d'individus).

1.2 PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE

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). Dans un souci logistique, trois des points d'enregistrements choisis sont sur des balises de signalisation déjà existantes (DY1, DY2, DY3). Une quatrième balise (DY4) a été installée exclusivement pour la réalisation de ce suivi acoustique. Dans la suite du présent rapport, les bouées DY1, DY2 et DY3 constituent les sites d'écoutes du 'large' et DY4, le site d'écoute 'côtier'.

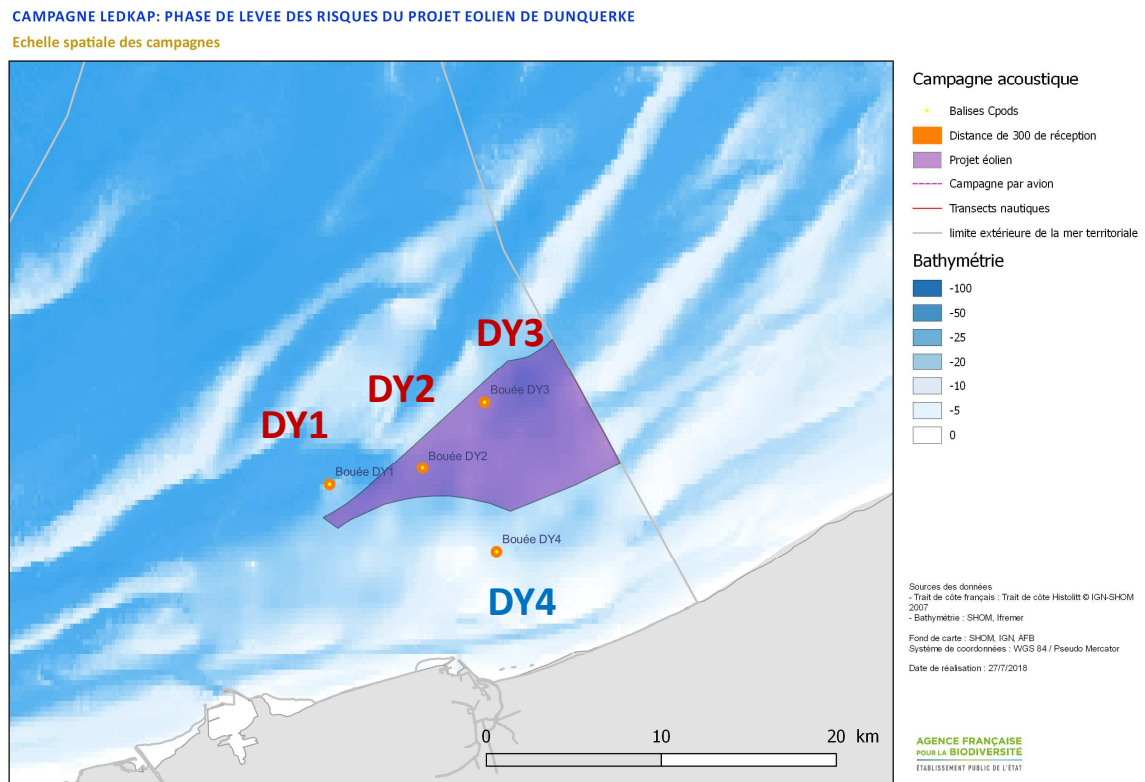


Figure 2. Carte de la zone d'étude avec les 4 sites d'écoute (en rouge sites « LARGE » et en bleu site « côtier ») et la délimitation de la future zone d'implantation du parc éolien.

Sur chaque site d'écoute, deux C-PODs ont été immergés de part et d'autre des balises de signalisation (cf rapport final de campagne § 3.2). Cette redondance permet d'assurer la continuité de l'acquisition en cas de panne ou de perte d'un des deux instruments. Ainsi, à chaque campagne, 8 C-PODs ont été déployés sur les 4 sites d'écoute. Les opérations de programmation et de maintenance des instruments ont été réalisées en étroite collaboration avec la CMNF et la

subdivision de Dunkerque des Phares et Balises, en respectant au mieux le calendrier prévisionnel établi par l'ENSTA Bretagne.

2. RESULTATS

Note : Dans ce rapport, afin d'avoir le maximum de données exploitables pour répondre aux objectifs du suivi acoustique, il a été choisi d'analyser les détections des deux C-PODs présents sur chaque site et de moyenner les détections obtenues afin d'avoir un unique point de mesure sur un même site.

2.1 EFFORT DE COLLECTE

Durant la campagne LEDKAP sur les 4 sites d'écoute, les C-PODs ont été immergés pendant 346 jours et ont collecté 97% de données exploitables pour les analyses (Figure 3).

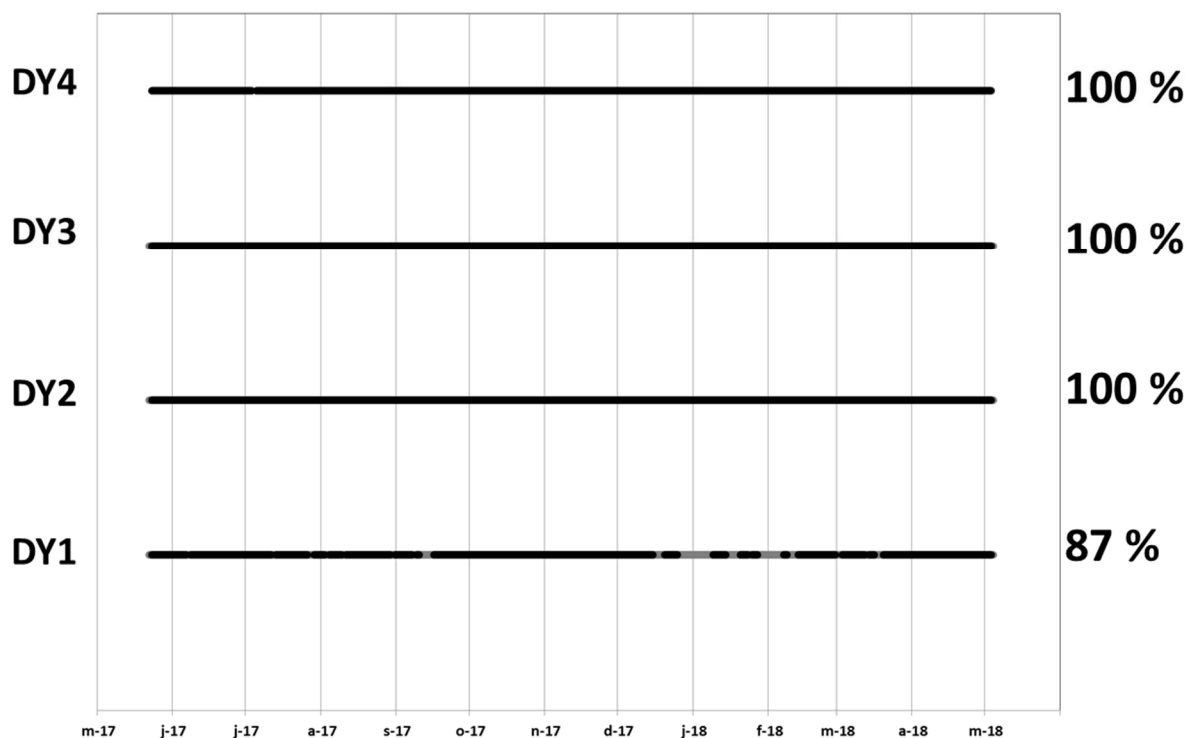


Figure 3. Résultats de l'effort de collecte réalisée par les 8 C-PODs utilisés et pourcentage de données exploitables associé à chacun des 4 sites d'écoute.

Rappels : Sur DY1, des problèmes techniques et physiques liés à l'instrument et à l'environnement sonore n'ont pas permis d'obtenir une série temporelle complète (cf. rapport final de campagne LEDKAP – juin 2018). Sur l'ensemble de la période d'enregistrement, les données sont exploitables pendant 87% du temps sur la balise DY1 (contre 100% pour les 3 autres sites).

Le nombre de jours disponibles par mois est indiqué dans le tableau suivant pour chacun des sites d'écoute. Seuls les mois de début et de fin de campagne (mai 2017 et mai 2018) sont incomplets en raison des contraintes calendaires de la campagne.

Tableau 1. Nombre de jours d'enregistrement disponibles pour chaque sur les 4 sites d'écoute.

Nb jours disponibles / mois	DY1	DY2	DY3	DY4
MOIS				
Mai-17	9	9	9	9
Juin-17	29	30	30	30
Juillet-17	28	31	31	30
Août-17	28	31	31	31
Sept-17	25	30	30	30
Oct.-17	31	31	31	31
Nov.-17	30	30	30	30
Déc.-17	22	31	31	31
Janv.-18	15	31	31	31
Fev.-18	20	28	28	28
Mars-18	26	31	31	31
Avr.-18	30	30	30	30
Mai-18	3	3	3	3
TOTAL	296	346	346	345

2.2 METRIQUES UTILISEES

Les données acoustiques collectées permettent d'évaluer sur chaque site d'écoute le taux de rencontre acoustique de marsouins communs et des dauphins (regroupés en *delphinidés*) acoustiquement actifs. 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. On estime que, pour le marsouin commun, s'il est présent dans un rayon inférieur à 300 m autour de l'instrument, et s'il dirige son signal vers l'instrument, alors il est détectable par le C-POD (cf. rapport final de campagne, §4.2). Si l'animal est à moins de 100 m autour de l'instrument, le taux de détection atteint 100% (Kyhn et al, 2012).

- Evaluation de la qualité du site pour le suivi acoustique

Tout d'abord, une extraction des données environnementales collectées par le C-POD 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 proportion de temps pendant lequel l'enregistreur est saturé (i.e., le C-POD ne peut plus détecter d'événements acoustiques). Le nombre maximal de clics qui peut être enregistré est fixé par 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 (i.e. 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 considérées comme non-représentatives et ont été éliminées du jeu de données final (seuil de *TimeLost* fixé ici à 30% ; cf. rapport final de campagne § 4.3).

Enfin, l'instrument détecte les impulsions produites par les sondeurs de navires passant à proximité du C-POD. Ces informations renseignent sommairement sur la fréquentation de la zone d'écoute par

les activités humaines, notamment les activités de pêches ainsi que le reste du trafic maritime utilisant des sondeurs. La métrique choisie dans le rapport de campagne est le nombre moyen de minutes contenant des détections de sondeurs par semaine d'enregistrements (moyenne des *Détections Positives Minutes* par semaine).

NB : Globalement sur les 4 sites d'écoutes, trop peu de détections de sondeurs ont été enregistrées sur l'ensemble de la période échantillonnée (<1 minutes par jour ; cf. rapport final de campagne §4.4.1) pour mettre en relation avec les détections de marsouins et dauphins.

- *Détections*

Différentes métriques sont utilisées pour analyser les détections de marsouins et petits delphinidés sur chacun des sites d'écoute :

- DPD (Detection Positive Day) : nombre de jours par mois où il y a eu au moins une détection
- DPH (Detection Positive Hour) : nombre d'heures par jour où il y a eu au moins une détection
- DPM (Detection Positive Minute) : nombre de minutes par heure où il y a eu au moins une détection.
- ICI (InterClickInterval) : correspond à l'intervalle de temps entre deux clics détectés par le CPOD. Le rythme d'émission des clics d'écholocation peut être un indicateur de l'activité d'alimentation des cétacés (Carlstrom 2005; Leeney, Carslake & Elwen 2011). On parle alors de clic d'alimentation : *feeding buzz*. Il peut être identifié grâce aux caractéristiques des intervalles de temps entre les clics émis durant un train de clics. Chez le marsouin commun, lors de l'émission d'un train de clics, si les intervalles inter clics sont inférieurs à 10 millisecondes (pour le marsouin commun) alors on a un *feeding buzz* indicateur de l'activité d'alimentation. Chez le grand dauphin, si les intervalles sont inférieurs à 18 millisecondes alors on a des *feeding buzz* (Elliott et al. 2011), mais certains auteurs soulignent qu'on peut également englober des clics indicateurs d'une activité sociale (Herzig 2004 ; Luis et al. 2016). On notera que cette information n'est pas disponible chez certaines espèces comme le lagénorhynque.

L'ensemble des métriques utilisées permet de décrire la fréquentation des marsouins et des petits delphinidés à différentes échelles :

- Variation spatiale (avec par exemple le pourcentage du nombre de jours positifs à la détection -DPD- calculé sur l'ensemble de la durée de la campagne),
- Fréquentation saisonnière (avec la moyenne des heures positives à la détection par jour - DPH/jour - calculées par mois et par saison :
 - Printemps : entre le 20 mars et 20 juin
 - Été : entre le 21 juin et le 21 septembre
 - Automne : entre le 22 septembre et le 20 décembre
 - Hiver : entre le 21 décembre et le 19 mars),
- Fréquentation journalière (avec la moyenne des minutes positives à la détection DPM calculée par heure – DPM/heure),
- Indice d'activité (avec le pourcentage de *feeding buzz* calculé sur l'ensemble du déploiement, ainsi que par mois et par régime de lumière).

- *Données environnementales*

Différentes variables environnementales sont extraites pour la zone de Dunkerque (51°00.85 N 002°11.86 E) afin de les mettre en relation avec les minutes positives à la détection (DPM) des marsouins et des delphinidés.

⇒ Régime de lumière basé sur l'altitude du soleil (<http://aa.usno.navy.mil>) :

- L'aube = débute lorsque le soleil est à 12 degrés sous l'horizon et se termine au lever du soleil
- Le jour = débute au lever du soleil et se termine au coucher du soleil
- Le crépuscule = débute au coucher du soleil et se termine lorsque le soleil est à 12 degrés sous l'horizon
- La nuit = lorsque le soleil est à 12 degrés sous l'horizon.

Le nombre de minutes positives à la détection a été moyenné sur la durée de chacun des régimes.

⇒ Régime de marée (cycle tidal) (<http://maree.shom.fr/>)

- Marée montante = période entre une heure après la marée basse et une heure avant la marée haute (durée de 4,25 heures environ)
- Marée descendante = période entre une heure après la marée haute et une heure avant la marée basse (durée de 4,25 heures environ)
- Etale = période d'une heure avant et une heure après la haute ou la basse mer (durée de 2 heures)

⇒ Coefficient de marée (<http://maree.shom.fr/>) :

- Marée de vives eaux = coefficient supérieur à 95
- Marée de mortes eaux = coefficient inférieur à 45
- Marée moyennes = coefficient compris entre 45 et 95.

⇒ Données relatives au vent (<http://meteofrance.fr/> - mesure de la vitesse moyenne du vent par heure) : Vitesse du vent (en m/s) catégorisé selon l'échelle de Beaufort :

- | | |
|-----------------|-------------------|
| - 0 à 0,3 = 0 | - 5,6 à 7,9 = 4 |
| - 0,4 à 1,5 = 1 | - 8 à 10,7 = 5 |
| - 1,6 à 3,3 = 2 | - 10,8 à 13,8 = 6 |
| - 3,4 à 5,5 = 3 | |

Les relations entre les variables environnementales et les détections de marsouins et delphinidés sont différenciées d'une part sur les sites du large (DY1, DY2 et DY3) et d'autre part sur le site côtier (DY4). Les moyennes des minutes positives à la détection (DPM) sont calculées pour chaque catégorie de variable environnementale.

2.3 ANALYSES DES DETECTIONS DE CETACES A L'ECHELLE DE CHAQUE SITE D'ECOUTE

Note : La balise DY4 est située à environ 6km de la côte la plus proche, tandis que les 3 autres balises sont situées à plus de 12km de la côte.

2.3.1 Variation spatiale

Sur les sites du large, des clics de marsouins sont détectés quasiment tous les jours durant la campagne de mesure, soit durant plus de 90% des jours d’immersion des instruments (Figure 4). Les marsouins semblent légèrement fréquentés le site côtier, présents 81% des jours d’immersions contiennent des détections de clics. Selon les moyennes des autres métriques (DPH et DPM), le site DY2 apparaît sensiblement plus fréquenté que les 2 autres sites du large (cf. rapport final de campagne, §4.5.2).

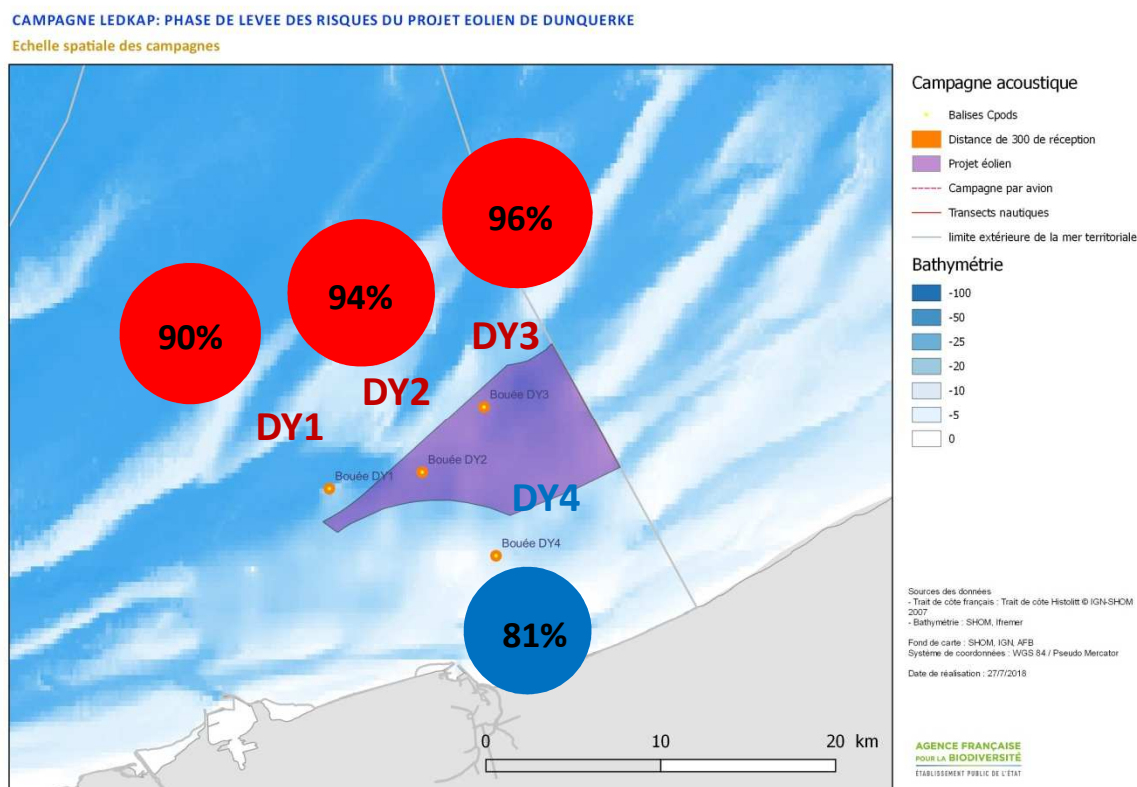


Figure 4. Représentation des jours positifs à la détection (%DPD) de marsouins sur les 4 sites d’écoute. (En rouge : les sites du large et en bleu : le site côtier).

Les clics des delphinidés sont beaucoup moins détectés sur l’ensemble de la zone d’étude (environ 30% des jours d’immersions sur les sites du large et seulement 5% sur le site côtier, Figure 5). Sur les sites du large, un gradient de fréquentation allant de l’ouest vers l’est apparait nettement pour les delphinidés.

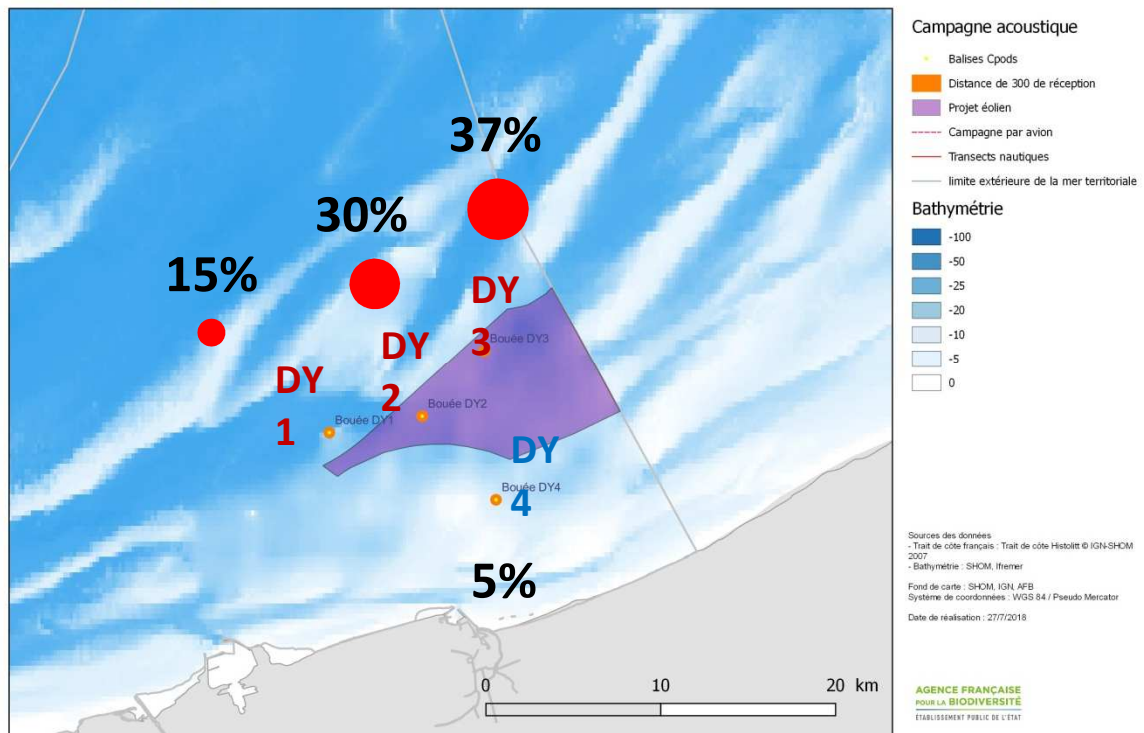


Figure 5. Représentation des jours positifs à la détection (%DPD) de delphinidés sur les 4 sites d'écoute. (En rouge : les sites du large et en bleu : le site côtier).

2.3.2 Fréquentation saisonnière

Sur les sites du large, la fréquentation des marsouins est importante toute l'année (plus de 2 heures par jour en moyenne sur l'ensemble de la durée de la campagne). La fréquentation augmente sensiblement, entre mars et avril ainsi que de juillet à septembre (atteignant un maximum de 8 heures par jour sur DY2 et DY3). Le site côtier est moins fréquenté et cette fréquentation semble homogène toute l'année (Figure 6).

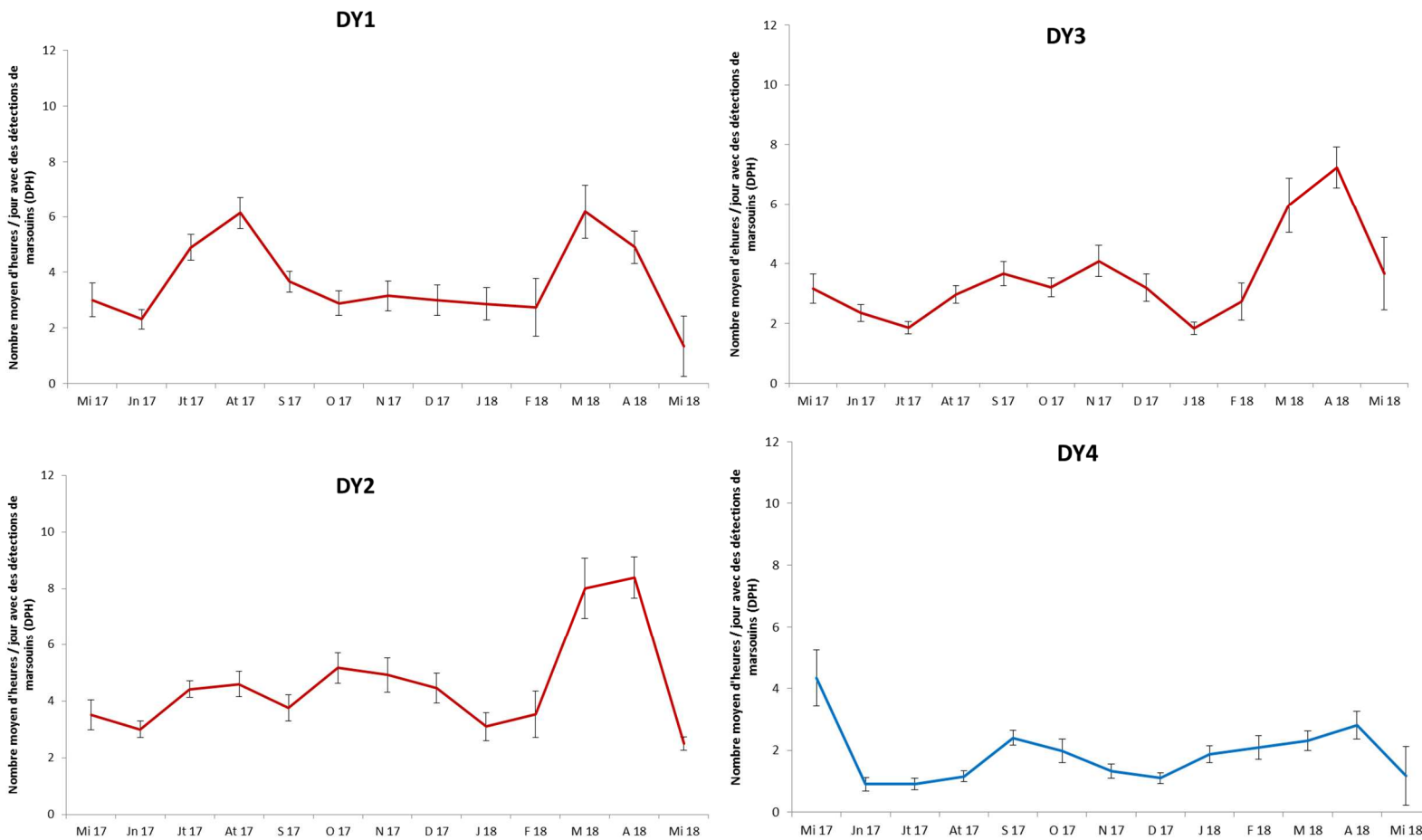


Figure 6. Fréquentation saisonnière des marsouins (en heures/jour, moyennées par mois).

En regroupant la fréquentation par saison, il apparaît que les marsouins sont davantage présents durant le printemps sur les sites du large (Figure 7). Sur le site côtier la fréquentation des marsouins est relativement homogène sur l'ensemble des saisons (en moindre mesure par rapport aux sites du large) avec des détections légèrement plus importantes en hiver et au printemps. Le minimum de fréquentation est observé en hiver sur les sites du large et, en été sur le site côtier. Un déplacement des marsouins vers la côte en hiver pour suivre leurs proies, pourrait expliquer ces différences de fréquentation (Sveegaard et al. 2012).

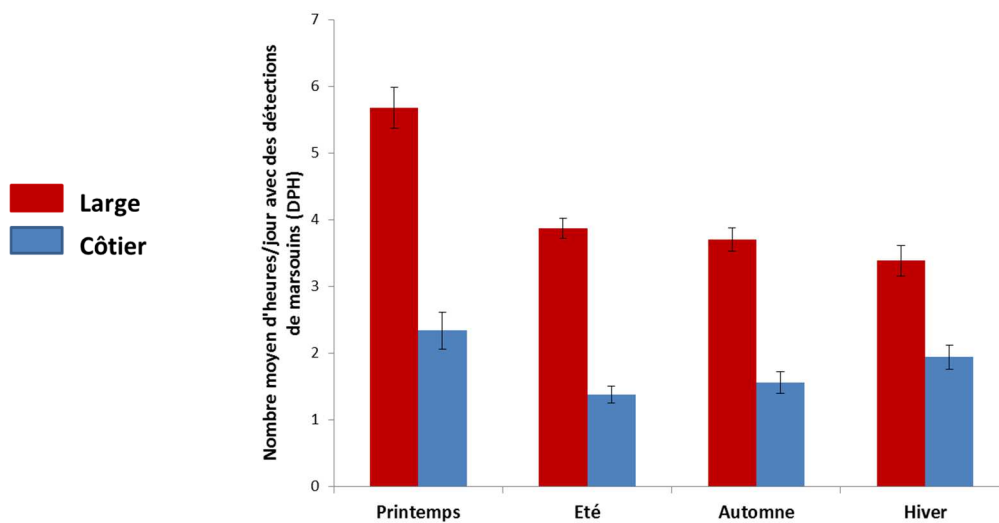


Figure 7. Fréquentation saisonnière des marsouins (en heures/jour), moyenné par saison (en rouge les sites du large et en bleu le site côtier).

Ces nouveaux résultats sur la fréquentation des marsouins au large de Dunkerque peuvent être mis en regard d'une étude similaire menée au large de Calais, sur un site côtier se situant à environ 3km de la côte la plus proche (projet Calais Port 2015 – Bouygues TP). La fréquentation des marsouins y est un peu plus importante mais les pics de fréquentation sont décalés (janvier et février pour l'étude à Calais i.e. hiver) (Figure 8). A l'échelle saisonnière, on observe une variabilité plus forte sur le site de Calais, avec un minimum au printemps et un maximum en hiver.

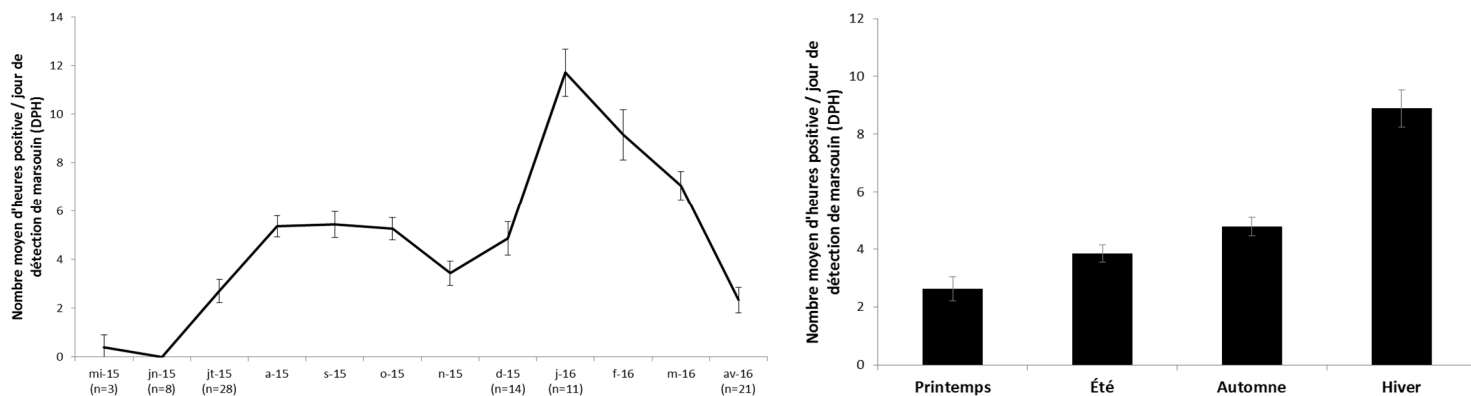


Figure 8. Fréquentation saisonnière des marsouins (en heures/jour, moyennée par mois et par saison, n correspond au nombre de jours disponibles dans le mois) lors d'une étude similaire en 2015-2016 au large de Calais (cf. « Projet Calais Port 2015 »).

Les delphinidés fréquentent beaucoup moins la zone (moins de 2 heures par jour sur l'ensemble des mois, Figure 9). On les détecte un peu plus souvent en été et en automne (Figure 10).

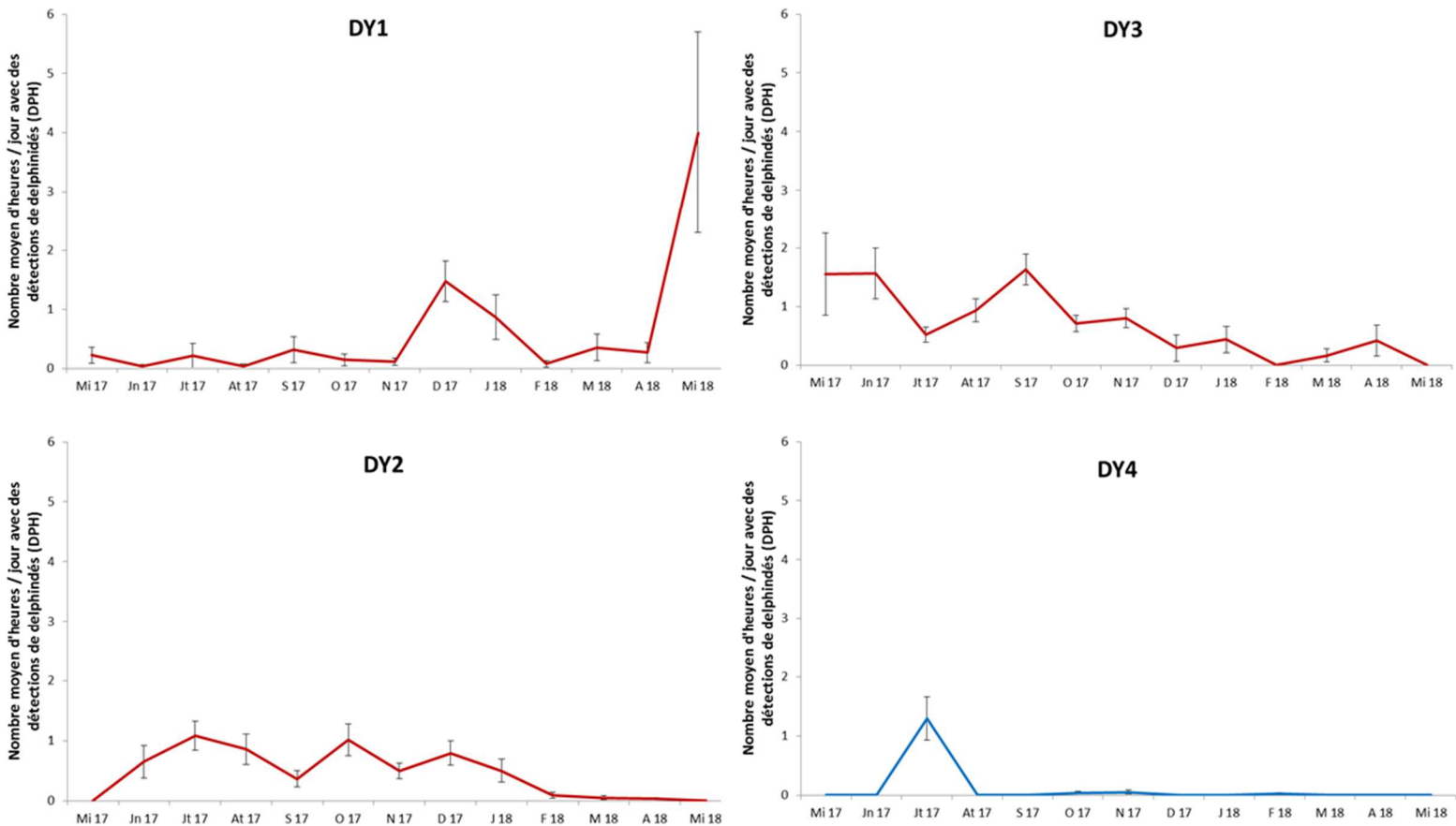


Figure 9. Fréquentation saisonnière des delphinidés (en heures/jour, moyennées par mois).

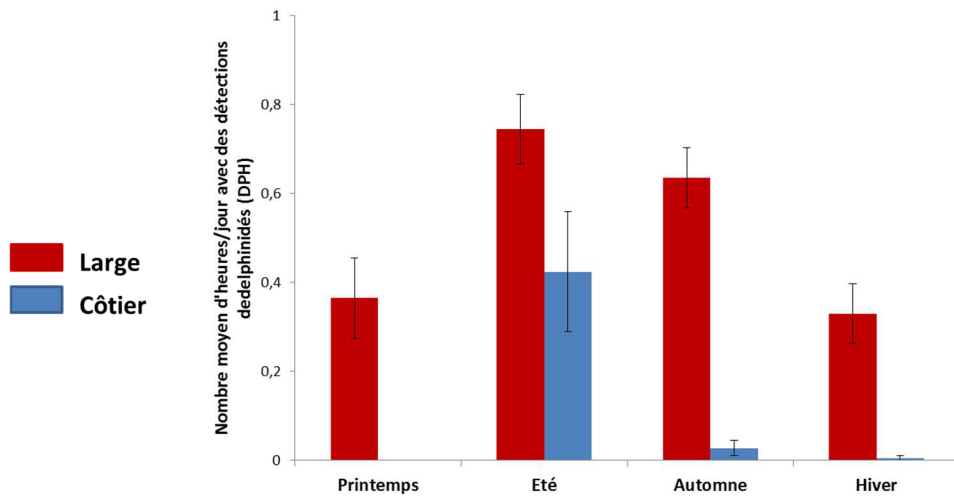


Figure 10. Fréquentation saisonnière des delphinidés (en heures/jour, moyennées par saison) (en rouge les sites du large et en bleu le site côtier).

2.3.3 Fréquentation journalière

L'analyse du nombre de minute par heure où les marsouins sont détectés révèlent qu'ils sont présents autour de la bouée à tout moment de la journée mais qu'ils y restent peu de temps (entre 0,4 et 1 minute par heure en moyenne sur les sites du large et en moyenne moins de 0,2 minute par heure sur le site côtier, Figure 11). Sur les sites DY2 et DY3 les marsouins semblent d'avantage présents pendant les heures de la nuit (entre 19h et 3h) alors que sur les DY1 et DY4 la fréquentation semble plus homogène quelques soient les heures de la journée.

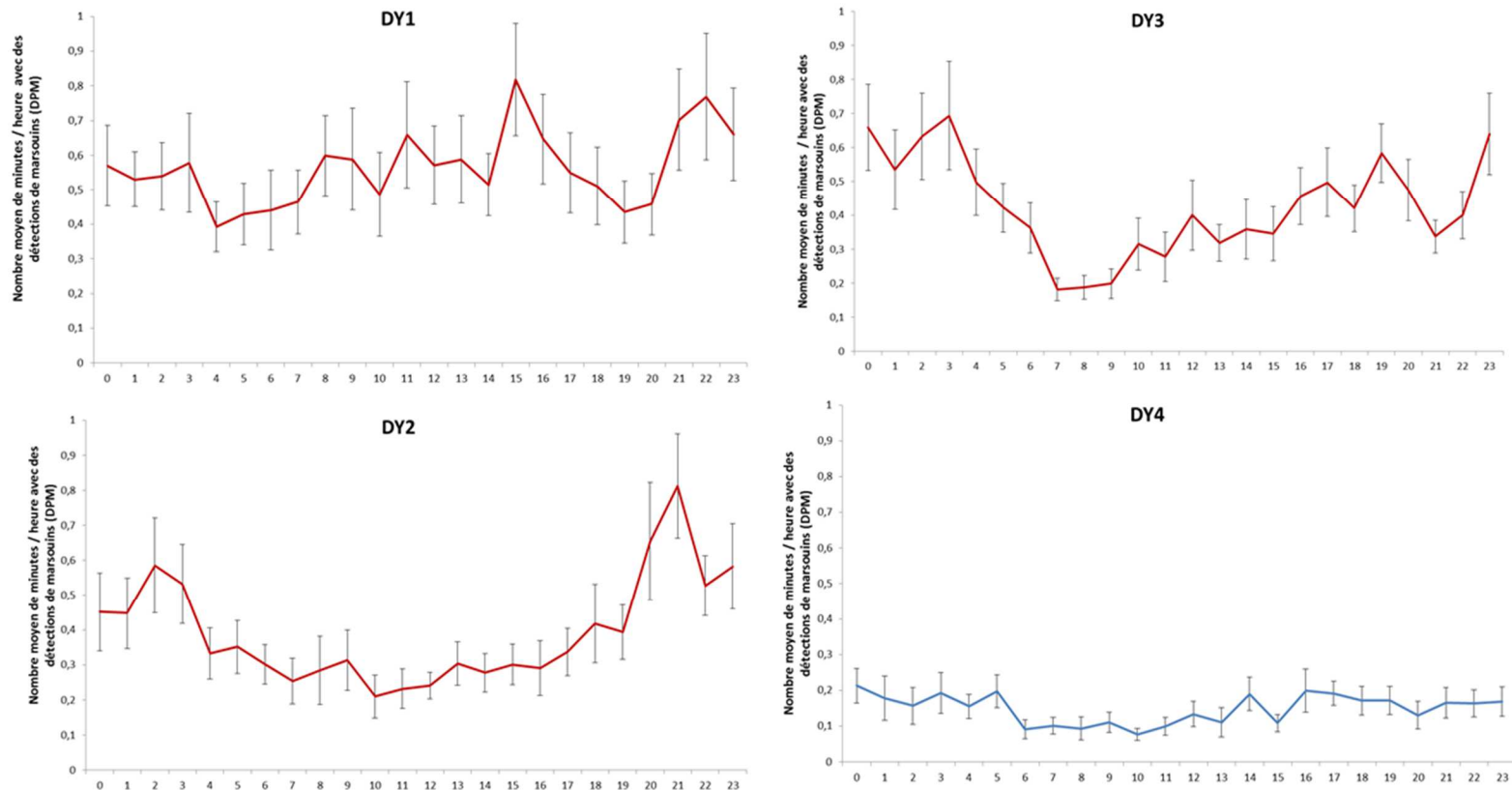


Figure 11. Fréquentation journalière des marsouins (en minutes/heure).

Les delphinidés sont présents à proximité de la bouée plus faiblement (en moyenne moins de 0,2 minutes par heure) sans réelle tendance journalière (Figure 12).

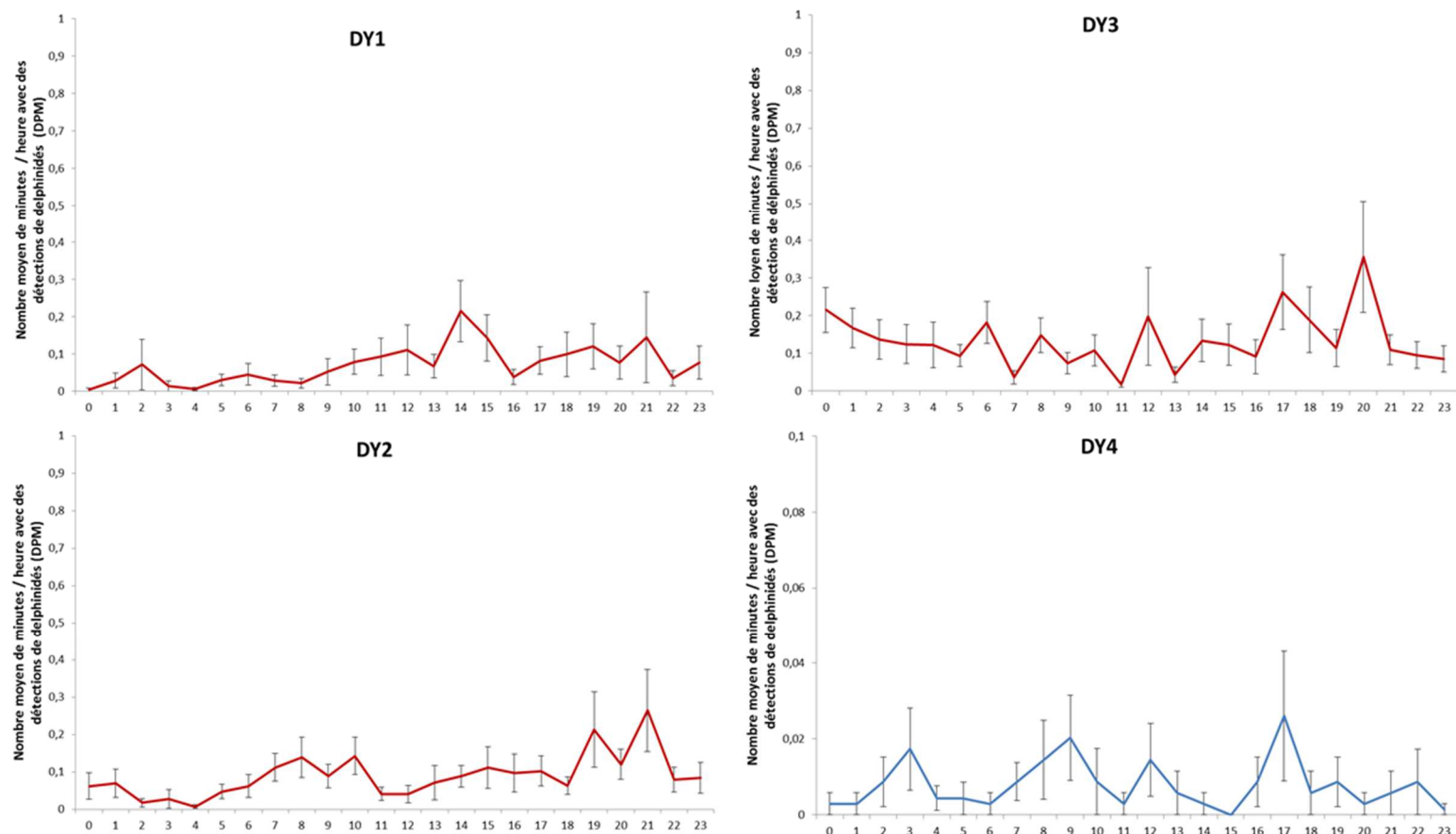


Figure 12. Fréquentation journalière des delphinidés (en minutes/heure)

2.3.4 Indice d'activité

Pour les marsouins globalement 20% des clics sont des clics liés à l'alimentation (*feeding buzz*), ce qui représente une proportion significative de leur activité (Figure 13). Ces résultats sont similaires aux résultats issus du projet à Calais où le pourcentage de *feeding buzz* est de l'ordre de 19% (Calais Port 2015). L'étude MARSAC sur les sites du Parc Marin d'Iroise et au large d'Arcachon a révélé une proportion de *feeding buzz* inférieur à 30% sur l'ensemble des sites, exceptés sur un site au nord du Parc Marin d'Iroise où la proportion de *feeding buzz* était d'environ 40% (Samaran et al. 2015, rapport MARSAC). De plus, d'autres études en Europe, présentent des proportions de *feeding buzz* d'environ 40% autour d'une campagne sismique au nord de l'Ecosse (Pirotta et al. 2014), et inférieur à 10% autour des îles Fehmarn en Allemagne (Ouest de la mer Baltique ; Schaffeld et al. 2016). Le marsouin montre différent comportement d'alimentation selon les zones d'études, mais aussi selon le types de proies présentes et chassées dans la zone (Schaffeld et al. 2016).

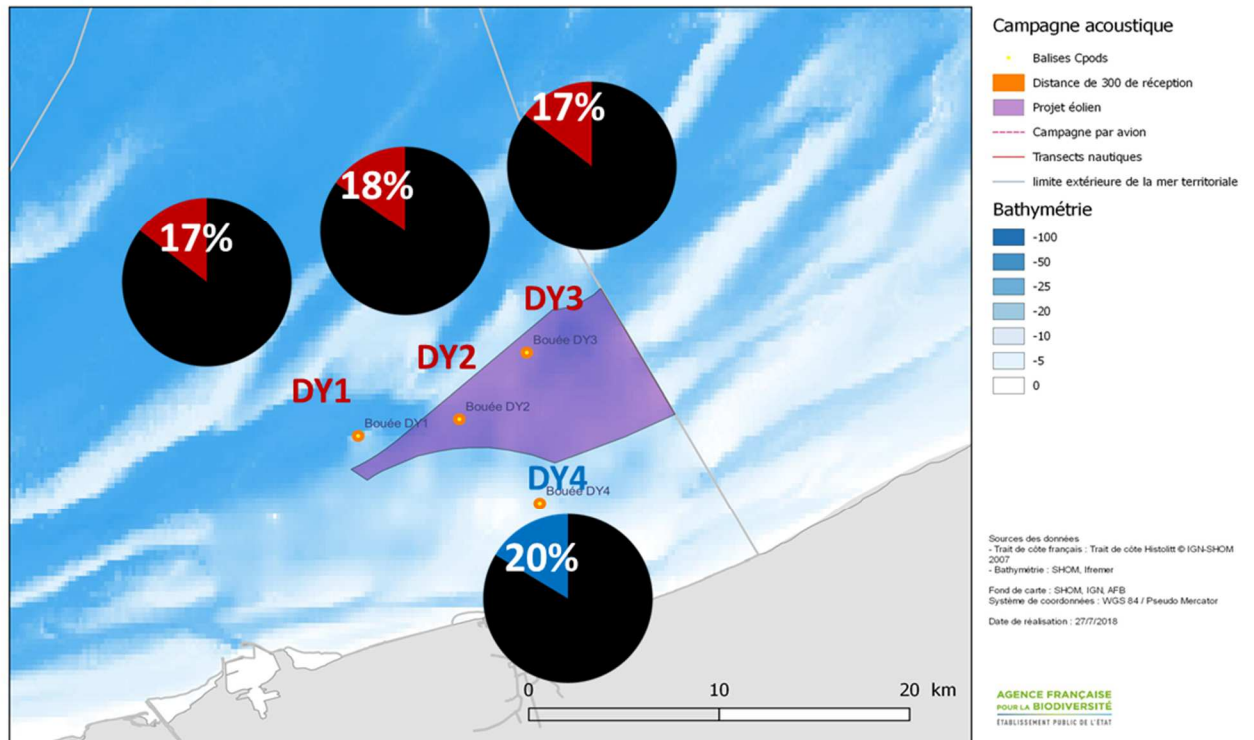


Figure 13. Pourcentage de clics de marsouins liés à l'alimentation (*feeding buzz*) sur les 4 sites d'écoute (en rouge les sites du large et en bleu le site côtier).

Le pourcentage de *feeding buzz* montre globalement peu de variations selon les différents mois échantillonnés (Figure 14), exceptés sur DY1 où le pourcentage de *feeding buzz* atteint 40% en juin 2017 et également sur les 3 jours du mois de mai 2018 où 60% de clics liés à l'alimentation ont été détectés. Cependant, ces 3 jours échantillonnés en mai 2018 ne sont pas représentatifs de l'ensemble du mois de mai, ainsi un échantillonnage complet pourrait apporter un pourcentage différent.

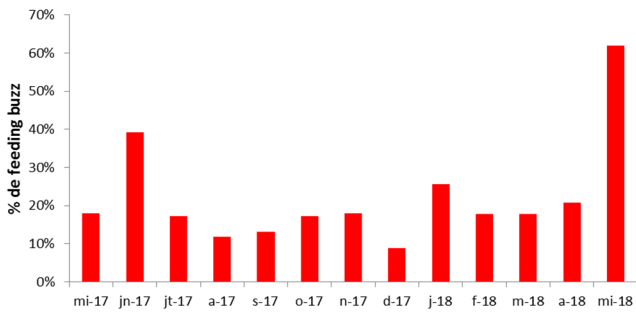
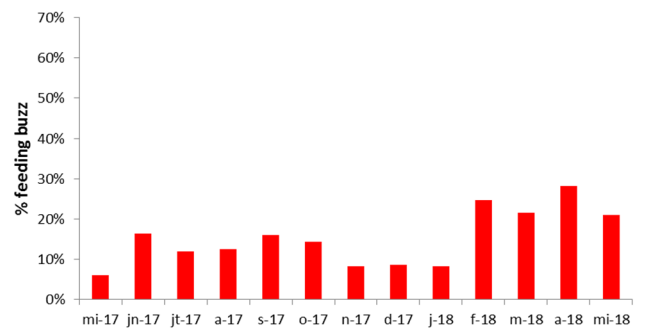
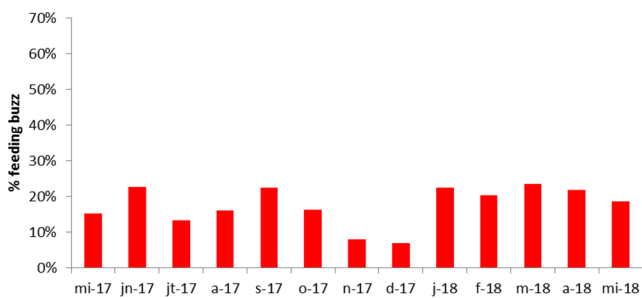
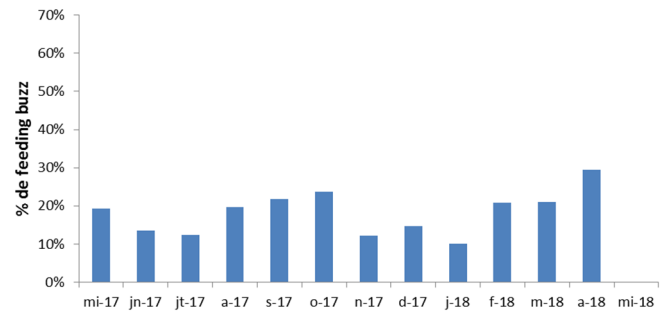
DY1**DY3****DY2****DY4**

Figure 14. Pourcentage de clics de marsouins liés à l'alimentation (*feeding buzz*) sur les 4 sites d'écoute par mois (en rouge les sites du large et en bleu le site côtier).

Sur l'ensemble des mois échantillonnés les *feeding buzz* sont d'avantage enregistrés durant la nuit sur les sites du large (tableau 2). Des études ont également montré, une activité d'alimentation plus importante durant la nuit que le jour (Carlstrom et al. 2005, Todd et al. 2009, Schaffeld et al. 2016).

Tableau 2. Résumé du pourcentage de *feeding buzz* selon les heures de jour et de nuit pour les 4 sites d'écoute sur l'ensemble des mois échantillonnés.

SITE	% Feeding buzz jour	% Feeding buzz nuit
DY1	12%	24%
DY2	14%	20%
DY3	13%	19%
DY4	21%	21%

Cette variation journalière varie selon les mois échantillonnés, en effet des variations plus marquées entre le jour et la nuit sont observées en particulier sur les sites du large (Figure 15).

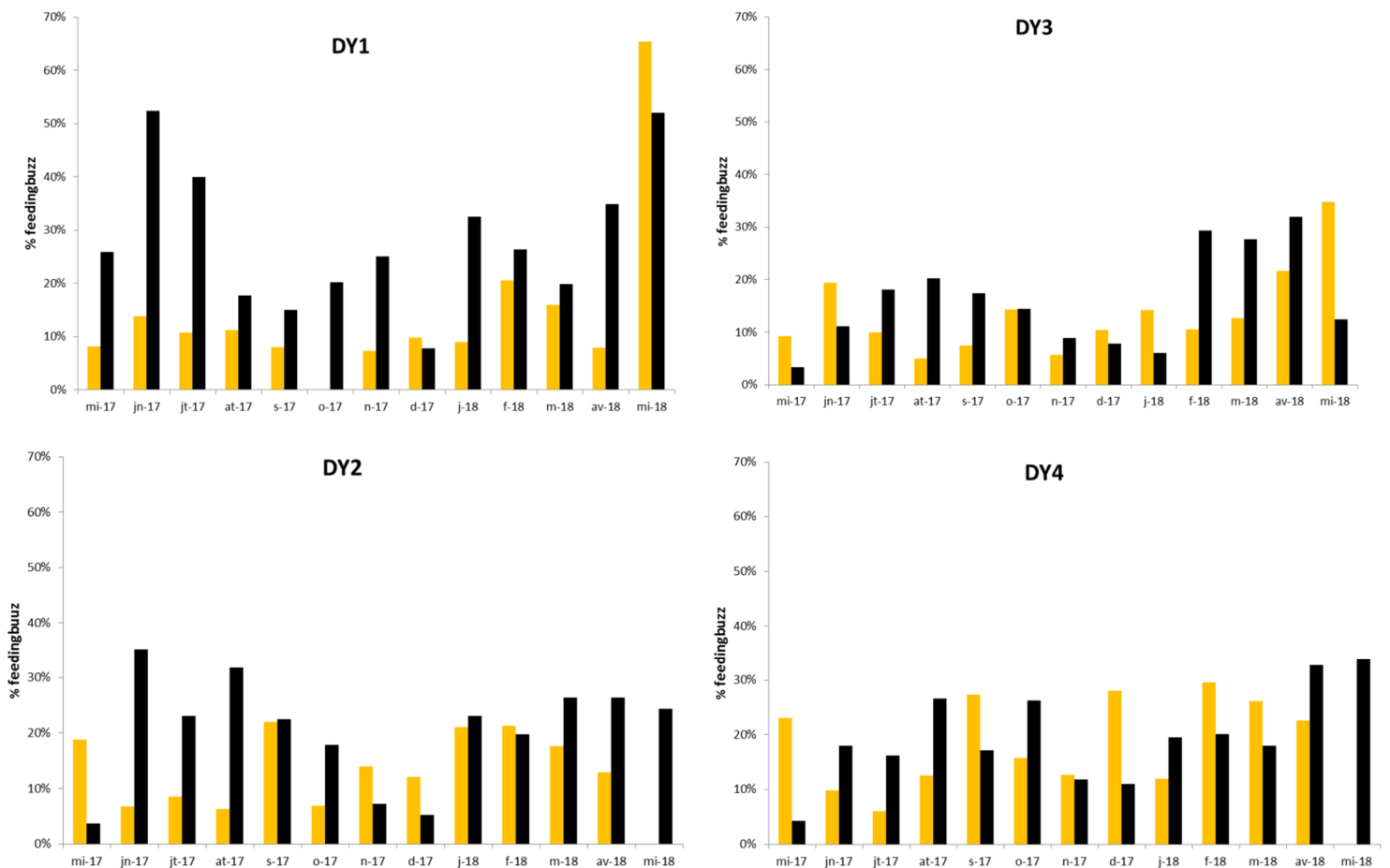


Figure 15. Pourcentage de clics de marsouins liés à l'alimentation (*feeding buzz*) sur les 4 sites d'écoute par mois (en noir pendant les heures de la nuit et en jaune pendant les heures de la journée).

Pour les delphinidés (à priori, principalement le grand dauphin et le lagénorhynque à bec blanc), aucune distinction entre ces espèces n'a pu être effectuée lors de cette étude. Cependant, pour avoir une idée de l'activité d'alimentation des delphinidés et au vue de la bibliographie, les *feeding buzz* des grands dauphins (*Tursiops truncatus*) ont été choisis comme référence.

L'analyse révèle une activité d'alimentation plus importante que les marsouins, plus de 45% des clics sont liés à une activité d'alimentation sur les sites du large (Figure 16). Un nombre trop insuffisant de clics de delphinidés a été détectés sur le site côtier, ainsi aucune analyse n'a pu être effectuée sur ce site. Cette analyse reste une approximation puisque plusieurs espèces de delphinidés sont présentes dans la zone. Enfin, il semble peu pertinent de pousser l'analyse par mois et en fonction des heures de jour et de nuit.

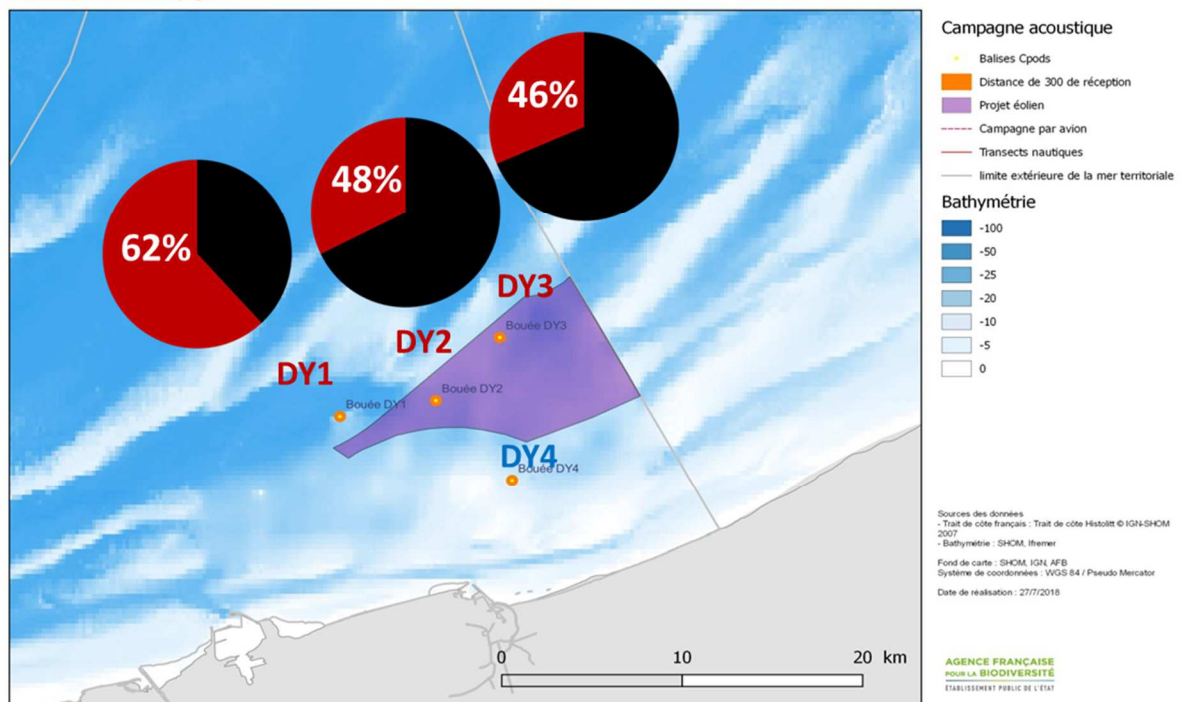


Figure 16. Pourcentage de clics de delphinidés liés à l'alimentation (*feeding buzz*) sur les 4 sites d'écoute (en rouge les sites du large et en bleu le site côtier).

2.4 ANALYSES DES DETECTIONS DE CETACES A L'ECHELLE « LARGE » ET « COTE »

Les différentes variables environnementales vont être croisées indépendamment avec les données de détections issues des deux zones (large et côte), afin de voir si elles influent sur les détections de marsouins et delphinidés.

2.4.1 Régime de lumière

La répartition des minutes positives à la détection de marsouin selon les régimes de lumière sur l'ensemble de la période de déploiement est représentée sur la figure ci-dessous (Figure 15). Sur les sites du large et sur le site côtier on note globalement une présence importante des marsouins sur les 4 régimes de lumière.

Afin de mieux représenter la distribution des détections de marsouins par régime de lumière, les moyennes des DPM ont été rapportées à la durée de chaque régime de lumière pour les deux zones.

Les marsouins semblent fréquenter les sites du large légèrement plus durant la nuit et l'aube tandis que sur le site côtier ils sont légèrement plus présents pendant l'aube et le crépuscule (Figure 17). Sur l'ensemble des sites, la fréquentation semble minimale durant les heures de journée.

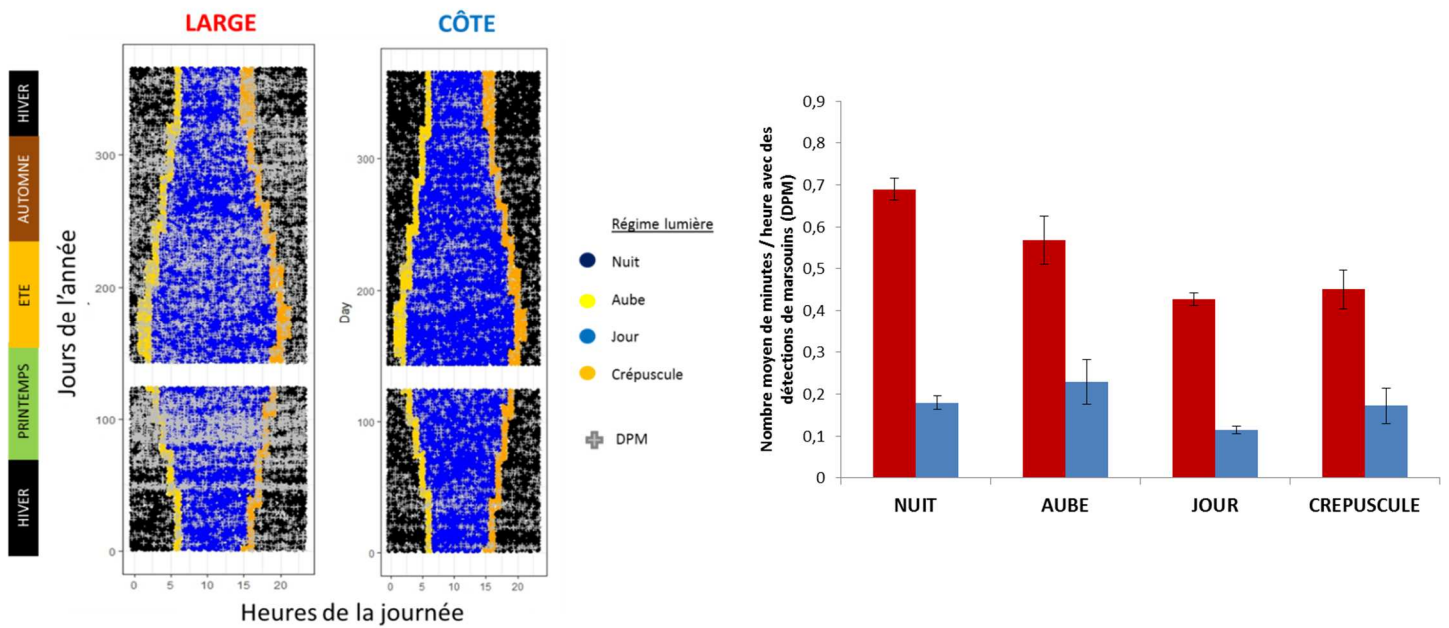


Figure 17. Représentation des détections de marsouins en minutes par heure de la journée et par régime de lumière (à gauche) et distribution du nombre moyen de minutes par heure contenant des clics de marsouins pour chaque régime de lumière (en rouge pour les sites du large et en bleu pour le site côtier).

Les delphinidés, dans une moindre mesure, fréquentent la zone du large de manière assez homogène selon les régimes de lumière, avec une fréquentation légèrement plus importante durant le crépuscule et très peu de détections sur le site côtier selon les 4 régimes de lumière (Figure 18).

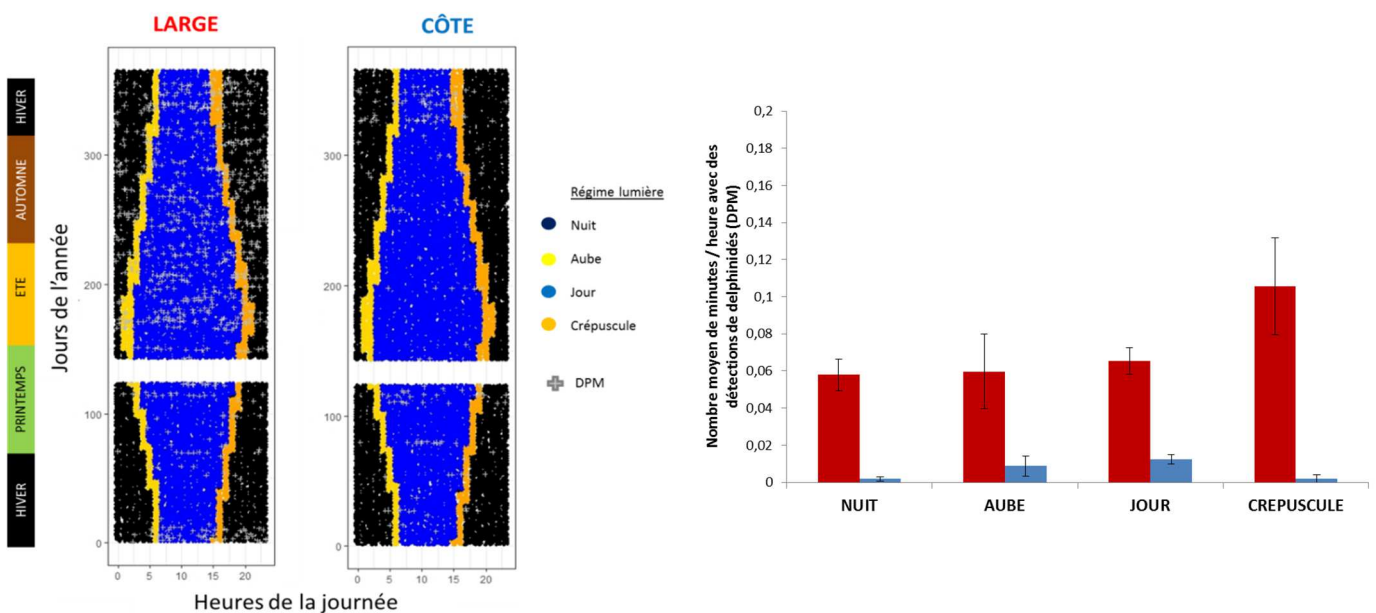


Figure 18. Représentation des détections de delphinidés en minutes par heure de la journée et par régime de lumière (à gauche) et distribution du nombre moyen par heure contenant des clics de delphinidés pour chaque régime de lumière (en rouge pour les sites du large et en bleu pour le site côtier).

2.4.2 Régime de marée

Les marsouins semblent globalement présents quel que soit le régime de marée, avec légèrement plus de détections pendant la marée descendante (Figure 19).

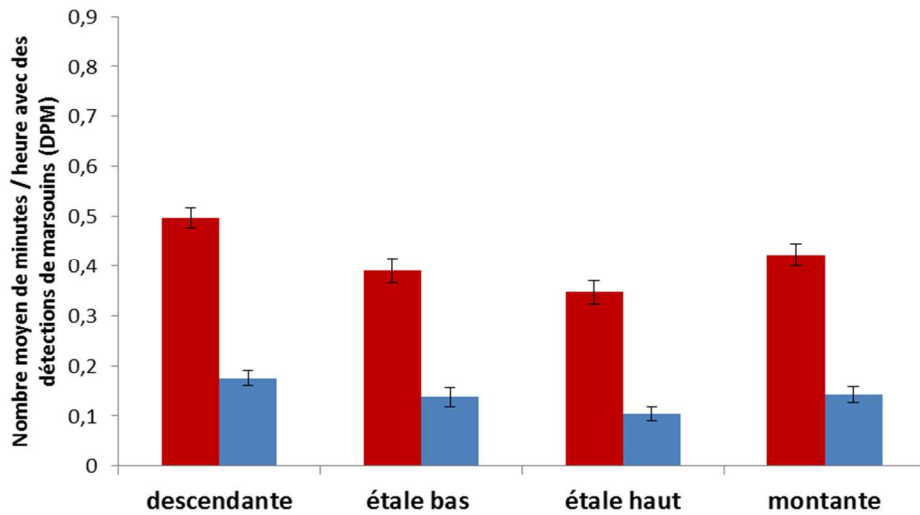


Figure 19. Distribution du nombre moyen de minutes contenant des clics de marsouins (en minutes/heure) par régime de marée (en rouge pour les sites du large et en bleu pour le site côtier).

Les delphinidés quant à eux fréquentent la zone du large de manière également homogène selon les régimes de marée (Figure 20). Ils semblent plus présents durant l'étale de basse mer.

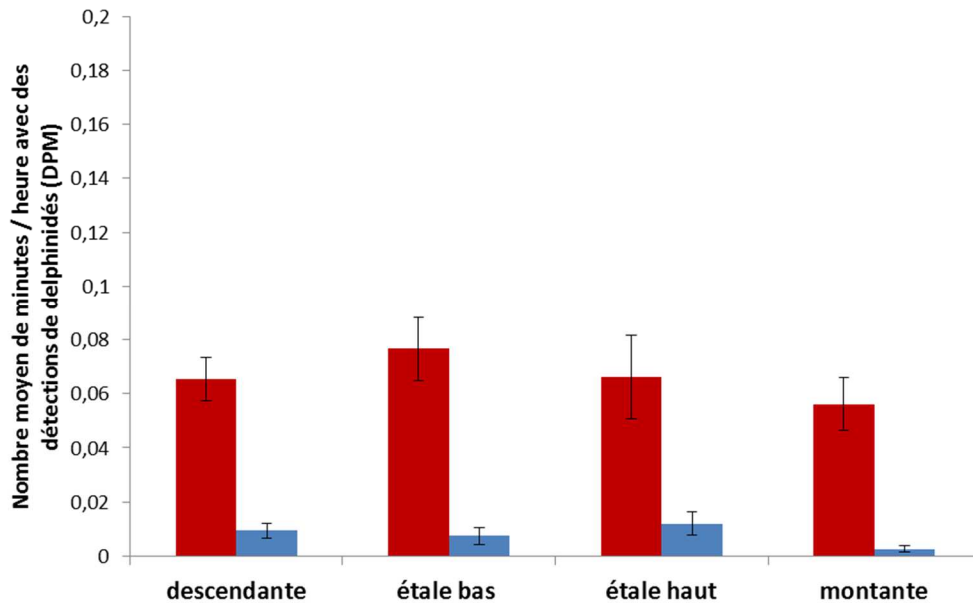


Figure 20. Distribution du nombre moyen de minutes contenant des clics de delphinidés (en minutes/heure) par régime de marée (en rouge pour les sites du large et en bleu pour le site

2.4.3 Coefficient de marée

Les marsouins semblent d’avantage présents en période de mortes eaux et secondairement en période de marée moyenne sur les sites du large et sur le site côtier (Figure 21).

A noter que, comme présenté dans le rapport final de campagne (cf §4.3 – Bilan des dispositifs), la relation entre les coefficients de marée et le pourcentage de *TimeLost* n’était pas toujours significative, avec un coefficient de corrélation est de l’ordre de 0.02 pour l’ensemble des sites. Ainsi un pourcentage de *TimeLost* élevé n’est généralement pas dû à des courants de marée importants. D’autres paramètres peuvent rentrer en jeu, comme la vitesse du vent. Et ainsi, des courants de marée plus importants ne génèrent pas à eux seuls un sous-échantillonnage de l’environnement sonore. Il est donc difficile d’associer un courant de marée faible à un environnement sonore faible, et une présence plus importante des marsouins avec un environnement sonore faible.

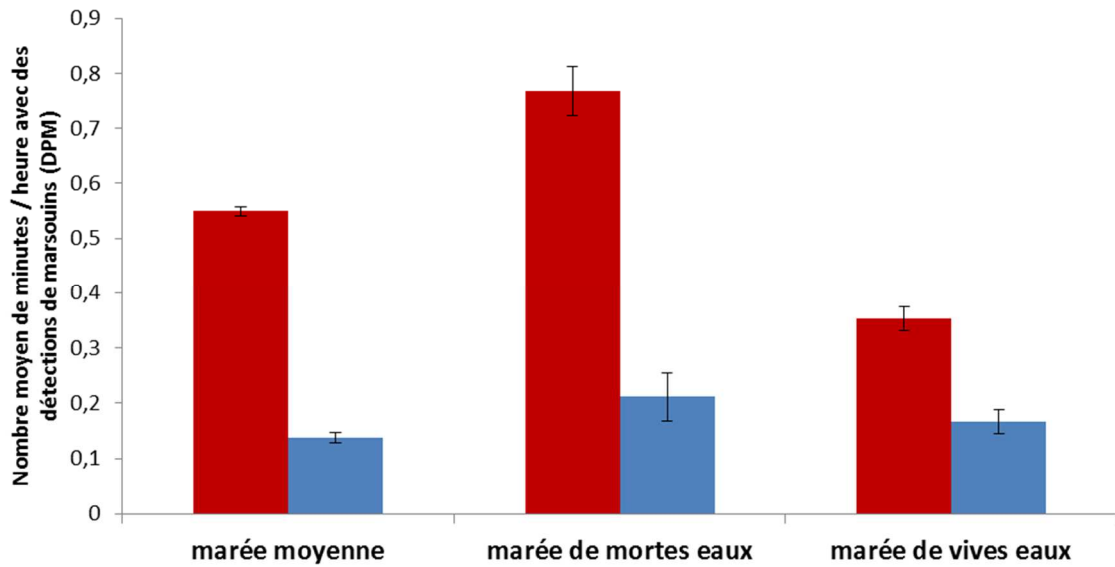


Figure 21. Distribution du nombre moyen de minutes contenant des clics de marsouins (en minutes/heure) par coefficient de marée (en rouge pour les sites du large et en bleu pour le site côtier).

La présence des delphinidés semblent peu influencée par le coefficient de marée sur les sites du large (Figure 22). Sur le site côtier, les delphinidés sont davantage détectés lors des marées moyennes, et aucune détection n'a été enregistrée en marée de mortes eaux.

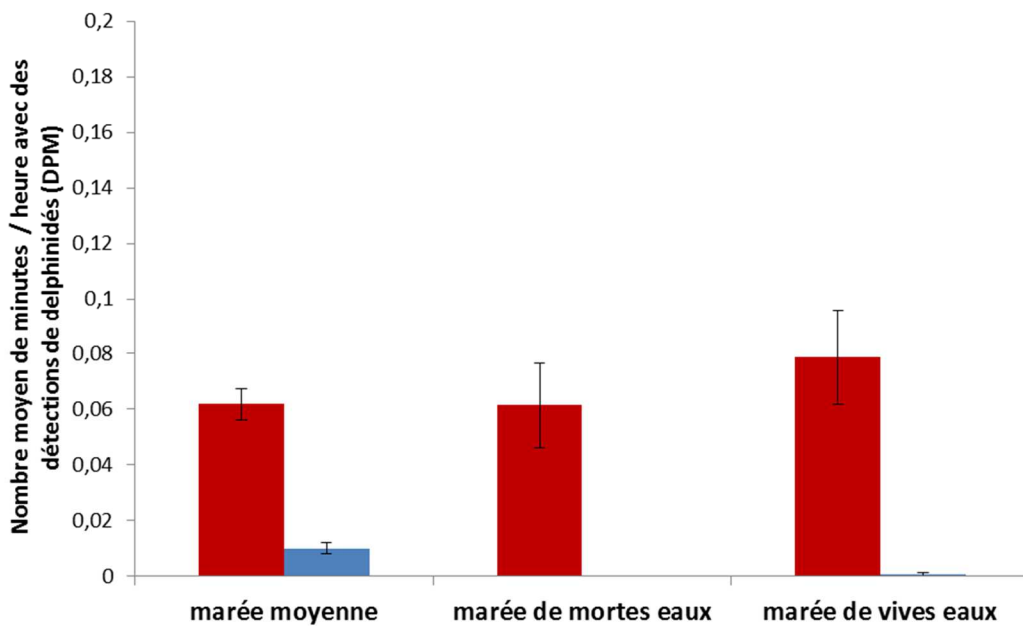


Figure 22. Distribution du nombre moyen de minutes contenant des clics de delphinidés (en minutes/heure) par coefficient de marée (en rouge pour les sites du large et en bleu pour le site côtier).

2.4.4 Données relatives au vent

Selon l'échelle de Beaufort, les détections de marsouin diminuent à mesure que la vitesse du vent en augmente (Figure 23). La corrélation entre la vitesse du vent et le pourcentage de *TimeLost* (mesure in-situ au C-POD) est de l'ordre de 0.3. Cette relation entre les détections et la vitesse du vent, pourrait s'expliquer en partie par une augmentation du bruit environnant qui peut augmenter avec des vents plus forts, et ainsi diminuer la capacité de détection de l'instrument.

Les détections de delphinidés diminuent également avec la force du vent, mais dans une moindre mesure comparée aux détections de marsouins (Figure 23).

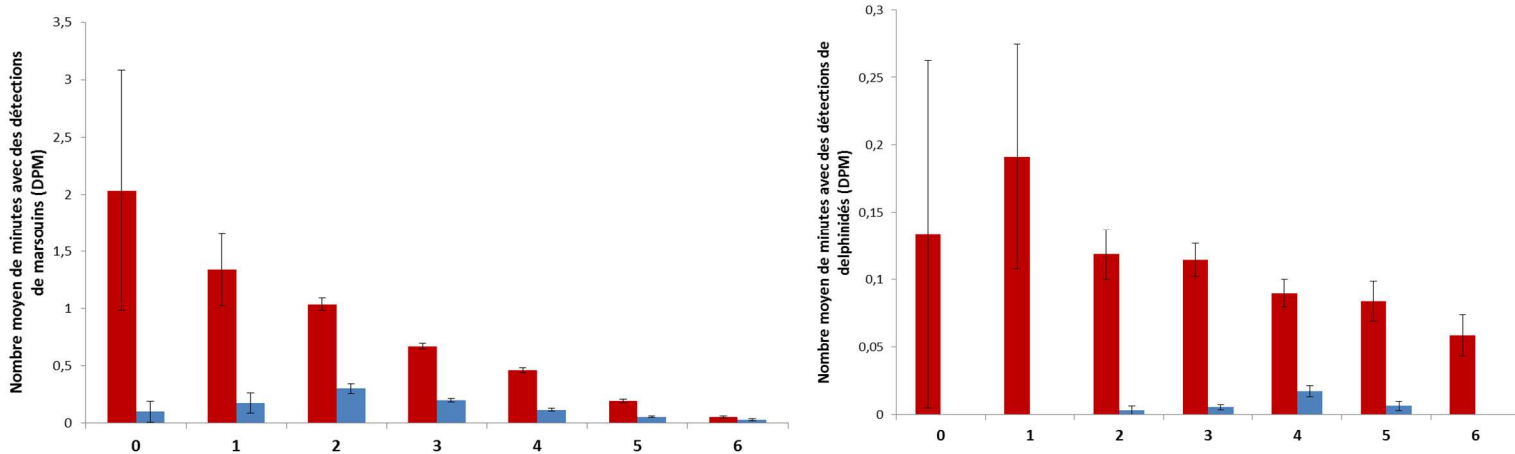


Figure 23. Distribution du nombre moyen de minutes contenant des clics de marsouins (à gauche) et de delphinidés (à droite) (en minutes/heure) en fonction de la force du vent (sur l'échelle de Beaufort) (en rouge pour les sites du large et en bleu pour le site côtier).

3. CONCLUSION

3.1 BILAN SCIENTIFIQUE

Le suivi par acoustique passive pendant un an dans la zone de l'implantation du futur parc éolien a permis de mettre en évidence une présence importante du marsouin, surtout sur la zone « large » du site, et une présence moins importante globalement des delphinidés. Ces derniers fréquentent très peu le site côtier et semblent avoir une préférence pour le site de l'est dans la zone du large.

Les marsouins montrent une fréquentation également importante sur l'ensemble des mois de l'année (avec en moyenne plus de 2 heures de détection par jour). Des détections plus importantes durant les mois de mars et avril (fin hiver – début printemps) et durant les mois de juillet à septembre (été), ont été enregistrées sur les sites du large. Les delphinidés par contre, étant peu détectés, ne présentent pas de fréquentation saisonnière marquée.

La fréquentation journalière des marsouins au niveau du large révèle une fréquentation sur l'ensemble des heures de la journée, avec en moyenne légèrement plus de détections durant les heures de la nuit et de l'aube. Sur le site côtier, ils sont présents légèrement plus pendant l'aube et crépuscule. Les delphinidés, toujours en moindre mesure, fréquentent la zone du large en moyenne légèrement plus durant le crépuscule.

Les résultats liés à l'activité d'alimentation montrent un pourcentage d'environ 20% des clics liés à l'alimentation, ce qui est similaire à une étude similaire menée au large de Calais (Calais Port 2015). Les clics d'alimentation semblent d'avantage enregistrés durant les heures de la nuit, notamment sur les sites du large. Les delphinidés ont une activité d'alimentation plus importante que les marsouins dans la zone, avec plus de 45% de *feeding buzz*. Cependant ce résultat n'est qu'une approximation en raison de la non distinction des différentes espèces de delphinidés présentes lors de la campagne.

Les marsouins semblent fréquentés les sites du large et le site côtier légèrement plus pendant la marée descendante et lors de coefficient de marée faible (marée de mortes eaux). Quant aux delphinidés, sur les sites du large, ils semblent plus fréquents durant la basse mer et les marées de vives-eaux.

La fréquentation des marsouins diminue avec la force du vent, ceci peut en partie s'expliquer par une augmentation générale du fond sonore qui peut alors diminuer la capacité de détection de l'instrument. Il est donc important dans une perspective de poursuivre un tel suivi, de mesurer l'évolution du bruit ambiant tout au long de l'année, en fonction des variables environnementales telles que le vent, ou encore les courants etc, mais aussi en fonction du bruit généré par le trafic maritime dans la zone. Enfin les delphinidés, sur les sites du large, semblent d'avantage présents avec des vents de force modérée (beaufort inférieur à 4).

3.2 PERSPECTIVES

L'objectif de la campagne LEDKAP était d'apporter un socle de connaissances dans la future zone d'implantation du projet de parc éolien, en réalisant un suivi par acoustique passive principalement du marsouin commun.

Le principal résultat à retenir de cette étude est la présence importante du marsouin commun dans la zone. Dans un objectif d'établir un état initial avant la mise en place du parc éolien, il est nécessaire de poursuivre ce suivi sur une année supplémentaire afin de confirmer les résultats obtenus dans cette étude. Une augmentation du nombre d'instruments immergés pourrait être

envisagée dans la zone afin d'évaluer au mieux la présence des marsouins. Il serait également nécessaire d'établir une cartographie du bruit ambiant avant la mise en place du parc éolien afin d'évaluer le bruit généré notamment par le trafic maritime. Le choix de zone témoin à l'extérieur de la futur zone d'implantation, sera également indispensable afin de respecter un protocole BACI (Before/After Control Impact ; Smith et al., 2002), qui est régulièrement utilisé dans les projets d'implantation de parc éolien afin d'évaluer l'impact d'un tel projet sur la présence, la distribution des marsouins communs (Cartensen et al., 2006 ; Scheidat et al., 2011 ; Graham et al., 2017).

Références

Béseau J, Samaran F. 2016. Suivi par acoustique passive des marsouins communs dans le cadre de « Calais Port 2015 » - Bilan de la seconde année de suivi mai 2015 - mai 2016 (année 1 des travaux) - 19p.

Carlström J. 2015. Diel variation in echolocation behavior of wild harbor porpoises. *Marine Mammal Science*, 21 : 1-12.

Cartensen J, Henriksen O.D, Teilman J. 2006. Impacts of offshore wind farm construction on harbour porpoises : acoustic monitoring of echolocation activity using porpoises detectors (T-PODs). *Marine Ecology Progress Series*, Vol 321 : 295-308.

Graham I.M, Pirotta E, Merchant N.D, Farcas A, Barton T.R, Cheney B, Hastie G.D and Thompson P.M. 2017. Responses of bottlenose dolphins and harbor porpoises to impact and vibration piling noise during harbor construction. *Ecosphere* 8(5).

Jacobson E.K, Forney K.A and Barlow J. 2017. Using paired visual and passive acoustic surveys to estimate passive acoustic detection parameters for harbor porpoise abundance estimates. *Acoustical Society of America*, 141.

Kyhn LA, Tougaard J, Thomas L, Duve LR, Stenback J, Amundin M, Desportes G, Teilmann J. 2012. From echolocation clicks to animal density –Acoustic sampling of harbor porpoises with static dataloggers. *The Journal of Acoustical Society of America*, 131(1) :550-560.

Leeney R.H, Carslake D and Elwen S.H. 2011. Using static acoustic monitoring to describe echolocation behaviour of Heaviside’s dolphins (*Cephalorhynchus heavisidii*) in Namibia. *Aquatic Mammals*, 37 : 151-160.

Nuuttila H.K, Meier R, Evans P.G.H, Turner J.R, Bennell J.D and Hiddink J.G. 2013. Identifying foraging behavior of wild bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) and harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) with Static Acoustic Dataloggers. *Aquatic Mammals*, 39 : 147-161.

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 - MARSAC. Rapport de Synthèse de l’étude – Rapport final. Université La Rochelle UMS 3462 / Agence des Aires Marines Protégées – 184p.

Schaffeld T, Bråger S, Gallus A, Dahne M, Krügel K, Herrmann A, Jabbusch M, Ruf T, Berfub U.K, Benke H and Koblitz J.C. 2016. Diel and seasibbak oatterns in acoustic presence and foraging behaviour of free-renaging harbour porpoises. *Marine Ecology Progress Series*, Vol 547 : 257-272.

Smith E.P. 2002. BACI design. *Encyclopedia of Environmetrics*, Vol 1 : 141-148.

Static Acoustic Monitoring of the Baltic Harbour porpoise (SAMBAH), 2015. European LIFE+ project.

Sveegaard S, Andreasen H, Mouritsen K.N, Jeppesen J.P, Teimann J, Kinze C.C. 2012. Correlation between the seasonal distribution of harbour porpoises and their prey in the Sound, Baltic Sea. *Marine Biology*, Vol 159 : 1029-1037.

Todd V.L.G, Pearse W.D, Tregenza N.C, Lepper P.A and Todd I.B. 2009. Diel echolocation activity of harbor porpoises (*Phocoena phocoena*) around North Sea Offshore gas installations. *ICES Journal of Marine Science Advance Access*, 1-12.