

Etude des mammifères marins dans le cadre du parc éolien en mer de Saint Nazaire

Analyse des données
existantes, synthèse
bibliographique et
préconisations de suivi

22/11/2013

Date : 22/11/2013
Auteur : L. Martinez, H. Falchetto, E. Pettex, C.
Vincent, H. Peltier, V. Ridoux
Département/Entreprise : **URL VALOR**
Nombre de pages : 122

ABREVIATIONS

ACCOBAMS : *Agreement of the Conservation of cetaceans of the Black Sea, Mediterranean Sea and contiguous Atlantic Area*. Accord établi sous la convention de Bonn par les pays riverains de Méditerranée, de mer Noire et d'Atlantique en 1996 pour la conservation des mammifères marins sur ces secteurs.

ASCOBANS : *Agreement on the Conservation of Small Cetaceans of the Baltic, North-East Atlantic, Irish and North Seas*. Accord conclu en 1991 par les états d'Europe du Nord et baltes dans le cadre de la Convention de Bonn sur les espèces migratrices. Cet accord a pour but d'encourager les états membres à réduire ensemble les nuisances d'origine humaine comme les captures accidentelles et la destruction progressive de l'habitat des petits cétacés pour assurer leur survie dans la mer du Nord et la mer Baltique, l'Atlantique du Nord-est et la mer d'Irlande.

CITES : *Convention on International Trade of Endangered Species*. Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvage menacées d'extinction (1973) qui régit le transit et le commerce d'espèces protégées (mortes ou vivantes).

CV : Coefficient de variation, varie entre 0 et 1 (du plus précis au moins précis). Ici, il indique les bornes supérieures et inférieures des densités calculées lors des campagnes SCANS et SCANS-II.

OSPAR : Convention Oslo-Paris, relative à la protection du milieu marin de l'Atlantique Nord-Est (1998), signée entre plusieurs pays de l'Union Européenne plus les pays scandinaves, elle a pour objectif de prévenir et supprimer les pollutions et protéger le milieu marin dans l'Atlantique et au large de l'Europe.

PACOMM : Programme d'Acquisition de Connaissances sur les Oiseaux et les Mammifères Marins. Programme mis en place par le Ministère de l'Ecologie et l'Agence des Aires Marines Protégées ayant pour objectif de réaliser un état initial de la fréquentation des eaux sous juridiction française par les oiseaux et les mammifères marins afin de compléter ou de désigner de nouvelles zones de protection Natura 2000. Composé de 4 actions, dont les campagnes SMMM.

SMMM : Suivi Aérien de la Méga-faune Marine. Programme de survol de France métropolitaine pour estimer l'abondance des cétacés, oiseaux de mer et autre méga-faune pélagique, mené entre octobre 2011 et août 2012 dans le cadre du programme PACOMM.

SCANS et **SCANS-II** : *Small Cetacean in the European Atlantic and North Sea*. Campagnes de recensement dédiées aux petits cétacés en mer du Nord et dans le proche Atlantique menées en 1994 et 2004 sous l'égide du SMRU (*Sea Mammal Research Unit*) de l'Université de St Andrews en Ecosse.

PAM : *Passive Acoustic Monitoring*, Système d'observation acoustique des cétacés utilisant généralement un hydrophone et un traitement des données en temps réels via un logiciel spécialisé comme PAMGUARD ©

SOMMAIRE

RESUME NON TECHNIQUE

1. Etat initial

La zone de Saint Nazaire est régulièrement fréquentée par plusieurs espèces de mammifères marins, dont le dauphin commun, marsouin commun, le grand dauphin, le petit rorqual et le phoque gris. Plusieurs de ces espèces sont inscrites dans les Annexes II et IV de la Directive Habitat. La zone d'étude a été définie comme une zone d'un rayon de 100 km autour du projet de parc éolien. Elle est donc à distinguer de la zone d'implantation du projet (78 km²).

1.1. Source de données

Plusieurs types de données ont été utilisées pour dresser un état des lieux des connaissances de leur fréquentation de la zone de Saint Nazaire : (i) les échouages (1971-2011), qui ont également permis d'effectuer des dérives inverses et de localiser l'origine de mortalité des animaux ; (ii) les observations en mer standardisées, acquises par suivi aérien durant la campagne SAMM (2011-2012) sur un hiver et un été ; (iii) les observations en mer standardisées, acquises par suivi en bateau durant les campagnes PELGAS d'Ifremer (2003-2012).

1.2. Espèces présentes dans la zone d'étude

L'analyse des données confirme que le dauphin commun est l'espèce majoritairement rencontrée dans le golfe de Gascogne et sur la zone d'étude, où il enregistre de très fortes densités de présence comparativement à d'autres secteurs comme la Manche, en particulier en été même s'il est présent toute l'année. Le marsouin est également relativement abondant sur la zone d'étude avec de fortes densités en hiver et au début du printemps, contrairement à ce qui a été observé lors des campagnes SCANS. Concernant le grand dauphin, les effectifs sont assez faibles dans la zone d'étude, les fortes densités étant plutôt rencontrées au large. Des observations ont toutefois été effectuées à proximité du projet de parc en été, ce qui peut révéler une utilisation potentielle de la zone. D'autres espèces comme des dauphins bleu-et-blanc, les globicéphales noirs ou les rorquals communs sont signalées en échouages et quelques observations ont été effectuées, ce qui peut indiquer une utilisation occasionnelle de la zone d'étude en été.

Concernant le phoque gris, des échouages sont recensés sur la zone d'étude malgré l'absence de colonie à proximité. Cependant, il ne s'agit pas d'un schéma classique d'utilisation du site, les incursions des phoques constatées concernant d'avantage des jeunes individus. Leur présence est anecdotique, et ne reflète pas une fréquentation régulière du site.

1.3. Focus sur la zone du projet

Il est vraisemblable que la zone d'implantation du projet ne présente pas de caractères particuliers pour les mammifères marins.

Concernant les cétacés, aucun groupe résident n'est connu localement, et la zone d'implantation du projet ne présente pas de spécificité pour les mammifères marins. Les petits delphininés sont majoritairement observés dans la zone d'étude, mais aucune observation n'est recensée directement dans la zone d'implantation du projet. Les observations sont distribuées dans toute la zone d'étude, mais sont plus côtières en été. Les observations les plus proches de la zone d'implantation du projet ont eu lieu en été, et sont localisées à quelques kilomètres. La présence des marsouins est également importante dans la zone d'étude, mais assez hétérogène avec des observations dans le sud de la zone d'étude en hiver et au nord-ouest en été. Le grand dauphin est assez peu présent dans la zone, et globalement rencontré dans l'ouest de la zone d'étude, vers le large. Concernant les pinnipèdes, la

zone d'implantation du projet de Saint Nazaire se situe à environ 200 km de la colonie de phoques gris de l'archipel de Molène.

1.4. Analyse critique

Une analyse critique des données utilisées pour ce rapport a été effectuée, afin de faire le point sur les limites de l'étude. En effet, plusieurs types de données et de traitements ont été utilisés pour établir la fréquentation et l'utilisation de la zone par les mammifères marins : les échouages, les dérives inverses, les observations en avion et les suivis télémétriques. Chacune présente des avantages et des inconvénients. Les traitements choisis ont pour but de les rendre complémentaire afin d'obtenir une image aussi juste que possible du fonctionnement de la zone d'étude. Toutefois, des lacunes subsistent. Les campagnes PELGAS ont montré que la variabilité inter-annuelle du secteur est forte. Les échouages le laissent également entrevoir. Les informations apportées par les campagnes SAMM aident à comprendre les grands schémas de distribution des cétacés, mais ne constitue en aucun cas un état de référence avant travaux complet, notamment parce que leur résolution spatiale n'est pas assez fine pour traiter de questions locales et qu'elles ne prennent pas en considération la variabilité interannuelle.

2. Effets génériques

L'implantation d'un parc éolien en mer peut générer différentes pressions, de différentes intensités sur les mammifères marins. La principale pression engendrée est le bruit. En effet, les mammifères marins sont des espèces acoustiques, qui utilisent le son pour s'orienter, chasser ou communiquer.

La phase de construction sera la plus bruyante, mais sa durée sera de courte durée. La phase d'exploitation sera moins bruyante, mais se prolongera en revanche sur une vingtaine d'année.

Les impacts d'un parc éolien sont conditionnés par l'enjeu que représente la zone, par les conditions topographiques et environnementales, mais aussi par les techniques de construction et le type de fondations utilisés. Pour le projet de parc de Saint-Nazaire, il est envisagé d'utiliser des fondations monopieu. Plusieurs parcs ont déjà été construits avec ces fondations. Les retours d'expériences font souvent état d'une fuite des mammifères marins du secteur pendant les travaux. Les distances auxquelles sont impactés les mammifères marins dépendent des espèces et des conditions environnementales. Les retours d'expérience sont surtout focalisés sur le marsouin commun, le phoque gris et le phoque veau-marin. Globalement, des fuites sont observées pour le marsouin commun jusqu'à 20 km de la source sonore. Des expériences ont montré que le battage de pieu peut être audible jusqu'à 80 km pour le marsouin commun. Les pinnipèdes sembleraient être moins sensibles aux nuisances acoustique dans la mesure où ils sont moins tributaires de l'eau que les cétacés. Des perturbations comportementales peuvent toutefois être observées à proximité de chantiers.

Durant la phase d'exploitation, on assiste généralement au retour des mammifères marins sur la zone, sur une période plus ou moins longue (jusqu'à 2 ans). En fonction de l'intérêt écologique de la zone, les niveaux de fréquentation restent inférieurs à la fréquentation de référence, retrouvent les mêmes niveaux qu'avant travaux ou même augmentent. Il est alors difficile de dire si le non-retour de mammifères marins sur la zone provient des impacts de l'exploitation du parc ou si la construction les a définitivement fait fuir.

Il convient également de prendre en compte la sensibilité des espèces avant travaux : en effet, certaines populations déjà très exposées au bruit anthropiques auront des seuils de tolérance beaucoup plus élevés que des populations habituées à un environnement peu exposé au bruit. De même, si l'intérêt écologique de la zone n'est pas suffisamment élevé, les populations n'auront probablement pas d'intérêt à y revenir après la fin des travaux.

Aux pressions exercées par les nuisances acoustiques, il faut également ajouter d'autres impacts possibles, mais plus difficilement quantifiable : (i) la modification de l'habitat, par remise en suspension de sédiment et les impacts possibles sur les proies des mammifères marins ; (ii) les collisions avec les navires de constructions, de maintenance ou les piliers eux-mêmes ; (iii) les impacts

électromagnétiques, générés par les câbles sous-marins ; (iv) l'effet barrière que peut constituer un parc éolien ; (v) l'effet récif que peut avoir un parc éolien, et les conséquences possibles sur les zones de chasse. Il existe peu de retour d'expérience sur ces pressions potentielles. Il convient donc de garder à l'esprit que même si le bruit est l'effet le mieux documenté et probablement le plus important, d'autres effets peuvent s'y ajouter, et augmenter ainsi l'impact global de l'implantation d'éoliennes.

3. Méthodes de réduction des impacts et de suivis

3.1. Les apports de la littérature

La littérature et les retours d'expérience font état de différents protocoles de réduction des impacts et de suivi des mammifères marins sur les zones d'étude. Plusieurs méthodes existent pour tenter diminuer ou supprimer les impacts potentiels. Il s'agit soit d'utiliser des méthodes de construction qui limitent les nuisances, en utilisant des rideaux de bulles ou des matériaux tampons, soit de limiter l'impact sur les mammifères marins en s'assurant qu'ils ne sont pas dans la zone. Pour se faire, on peut recourir au « *ramp up* » ou « *soft start* » qui consistent à augmenter progressivement les émissions sonores pour faire fuir les animaux de la zone et s'assurer ainsi qu'ils ne soient pas dérangés par le bruit. Cette mesure peut être couplée à la surveillance visuelle et acoustique de la zone pour s'assurer qu'aucun mammifère marin ne revient dans la zone de travaux.

En plus de ces solutions de minimisation des impacts, des suivis doivent avoir lieu sur la zone afin de contrôler la fréquentation et l'utilisation de la zone par les mammifères marins. Dans la lignée de l'état de référence, il convient de conduire des suivis pendant le fonctionnement et l'exploitation du parc. Généralement, ce suivi de la zone est réalisé par suivi aérien et acoustique. Mais de nombreuses méthodologies existent pour suivre les populations de mammifères marins. La définition d'une méthodologie et d'un protocole dépend grandement des espèces présentes, des conditions environnementales et topographiques et de l'enjeu représenté par la zone. Il est impossible de définir un protocole « type » car chaque parc est unique. Un travail « sur-mesure » doit donc être effectué.

3.2. Des mesures adaptées à Saint Nazaire

En fonction des caractéristiques du site et des espèces présentes, des propositions adaptées ont été développées et chiffrées pour le site de Saint Nazaire.

Dans un premier temps, les mesures de prévention ou réduction des impacts ont pour objectifs de s'assurer qu'aucun mammifère marin ne soit blessé pendant la période de construction. Il s'agit donc de s'assurer que les mammifères marins ne sont pas dans la zone de travaux pendant les phases pouvant être nocives pour eux. On peut donc envisager d'éloigner les mammifères marins progressivement, par l'utilisation de *soft-start* ou *ramp-up* afin qu'ils quittent la zone dans des conditions acceptables. Une surveillance visuelle et éventuellement acoustique permettra également de s'assurer que des mammifères marins ne sont pas dans la zone de travaux pendant les activités bruyantes. La zone d'exclusion, dans laquelle des lésions permanentes sont possibles pour les mammifères marins, devra être définie en fonction des modélisations acoustiques. Les répulsifs ou effaroucheurs ne pourront être envisagés qu'après une étude acoustique fine, afin de s'assurer qu'ils seront bénéfiques sur la zone et qu'ils n'engendreront pas plus d'impacts que le chantier lui-même.

Pour ce qui est des suivis, 3 grands types de suivis seront à préconiser : des suivis aériens, des suivis acoustiques et des suivis par bateau. Plusieurs *scenarii* sont possible pour les suivis aériens et acoustiques en fonction de l'emprise spatiale de la zone d'étude. Il est ainsi recommandé de mutualiser les suivis sur plusieurs zones afin de diminuer les coûts et d'augmenter la significativité de la zone d'étude pour les mammifères marins. Les suivis aériens seraient à réaliser durant une année au minimum, 2 étant optimal, à raison de 4 passages par an. Pour les suivis acoustiques, il est préconisé de procéder à des enregistrements continu sur zone pendant au moins un an, et de mutualiser avec le suivi du bruit ambiant. Cela permettra de combler les manques de survols dans la zone d'implantation

tout en réalisant un focus sur la présence/absence de cétacés à l'intérieur du parc. Le suivi par bateau devrait également permettre de combler les manques des survols et d'obtenir des résultats à une échelle temporelle plus fine que les suivis aériens (une sortie tous les 2 mois ou une fois par mois). Ce suivi devrait être mutualisé avec les suivis avifaune, et permettrait ainsi d'étudier la zone d'implantation et ses abords proches, tout en optimisant les coûts.

Durant l'exploitation, un suivi visuel opportuniste peut être envisagé depuis les navires de maintenance en formant les personnels navigants à l'identification des espèces ou en mettant à disposition des MMO pendant les opérations de maintenance.

Des mesures d'accompagnement/R&D sont également envisageables en plus des mesures de suivis et de réduction, et notamment le maintien de l'analyse des origines spatiales de mortalité des petits cétacés à travers les différentes phases. La mise en place d'une « alerte bruit-échouages » durant les activités bruyantes est également proposée en mesure d'accompagnement.

L'ensemble de ces propositions peuvent être déclinées à différentes échelles et niveaux, mais il convient de les considérer dans leur ensemble pour réaliser un suivi efficace et pertinent. Chaque méthode comporte des avantages et des limites qui seront en partie compensée par la combinaison de ces différentes mesures de suivis.

Il est également important de programmer ces suivis sur l'ensemble de la vie du parc, afin de proposer un suivi sur le long terme adapté.

INTRODUCTION

La production énergétique apparaît comme un enjeu majeur des années à venir. A l'heure de la raréfaction des énergies fossiles et des prises de conscience écologiques, les énergies renouvelables ont le vent en poupe. Parmi toutes les technologies existantes, les énergies marines sont largement plébiscitées, et méritent une attention particulière en raison de leur potentiel et des possibilités qu'elles offrent. Quatre grands types d'énergies marines sont actuellement distingués : l'éolien en mer, l'hydrolien, les systèmes houlomoteurs et l'énergie thermique des mers (ETM). Le développement de ces technologies implique toutefois la prise en compte d'impacts potentiels à la fois environnementaux et sociétaux.

Parmi les énergies marines, l'éolien en mer est aujourd'hui la technologie la plus mature. Les projets éoliens en mer connaissent une augmentation exponentielle en Europe et dans le monde. En 2000, 11 parcs éoliens étaient à l'étude, en construction ou en fonctionnement en Europe. En 2010, ce chiffre est monté à 67 (Dolman & Simmonds, 2010).

L'explosion de ces nouvelles technologies est somme toute récente. Les préoccupations autour de leurs effets sur l'environnement sont croissantes, et nécessitent une prise en compte adaptée lors des études réglementaires.

Parmi les préoccupations majeures de ce genre de chantier, les mammifères marins arrivent en haut de liste. En effet, leur sensibilité acoustique les rend particulièrement vulnérables aux activités bruyantes menées lors de ce type d'implantation. Par ailleurs, les modifications engendrées sur le site peuvent avoir des répercussions sur l'utilisation qui en est faite par ces espèces. Les mammifères marins bénéficiant d'un statut de protection stricte, tant à l'échelle nationale, communautaire ou internationale, la prise en compte des impacts potentiels sur ces espèces apparaît comme essentielle si on veut pouvoir les réduire au maximum.

L'étude suivante a donc pour objectif principal de réaliser un inventaire des impacts possibles sur les mammifères marins sur la zone de Saint Nazaire à partir de la bibliographie existante, des données disponibles et des retours d'expérience étrangers.

Croisée avec les connaissances actuelles concernant la fréquentation de la zone d'étude par les mammifères marins, l'étude permettra ainsi de faire le point sur les suivis à mettre en place et les propositions développées pour minimiser les impacts.

PARTIE 1 : ETUDE DE LA SENSIBILITE DU SITE A PARTIR DES DONNEES EXISTANTES

Analyse des données pré-existantes de distribution des mammifères marins sur la zone de Saint Nazaire

RESUME

La zone de Saint Nazaire est régulièrement fréquentée par plusieurs espèces de mammifères marins, dont le dauphin commun, marsouin commun, le grand dauphin, le petit rorqual et le phoque gris. Plusieurs de ces espèces sont inscrites dans les Annexes II et IV de la Directive Habitat.

La zone d'étude a été définie comme une zone d'un rayon de 100 km autour du projet de parc éolien. Elle est donc à distinguer de la zone d'implantation du projet (78 km²).

1. Sources de données

Plusieurs types de données ont été utilisées pour dresser un état des lieux des connaissances de leur fréquentation de la zone de Saint Nazaire : (i) les échouages (1971-2011), qui ont également permis d'effectuer des dérives inverses et de localiser l'origine de mortalité des animaux ; (ii) les observations en mer standardisées, acquises par suivi aérien durant la campagne SAMM (2011-2012) sur un hiver et un été ; (iii) les observations en mer standardisées, acquises par suivi en bateau durant les campagnes PELGAS d'Ifremer (2003-2012).

2. Espèces présentes dans la zone d'étude

L'analyse des données confirme que le dauphin commun est l'espèce majoritairement rencontrée dans le golfe de Gascogne et sur la zone d'étude, où il enregistre de très fortes densités de présence, comparativement à d'autres secteurs comme la Manche en particulier en été même s'il est présent toute l'année. Le marsouin est également relativement abondant sur la zone d'étude avec de fortes densités en hiver et au début du printemps contrairement à ce qui a été observé lors des campagnes SCANS. Concernant le grand dauphin, les effectifs sont assez faibles dans la zone d'étude, les fortes densités étant plutôt rencontrées au large. Des observations ont toutefois été effectuées à proximité du projet de parc en été, ce qui peut révéler une utilisation potentielle de la zone.

D'autres espèces comme des dauphins bleu-et-blanc, les globicéphales noirs ou les rorquals communs sont signalées en échouages et quelques observations ont été effectuées, ce qui peut indiquer une utilisation occasionnelle de la zone d'étude en été.

Concernant le phoque gris, des échouages sont recensés sur le secteur malgré l'absence de colonie à proximité. Cependant, il ne s'agit pas d'un schéma classique d'utilisation du site, les incursions des phoques constatées concernant d'avantage des jeunes individus. Leur présence est anecdotique, et ne reflète pas une fréquentation régulière du site.

3. Focus sur la zone de projet

Il est vraisemblable que la zone d'implantation du projet ne présente pas de caractères particuliers pour les mammifères marins.

Concernant les cétacés, aucun groupe résident n'est connu localement, et la zone d'implantation du projet ne présentent pas de spécificité pour les mammifères marins. Les petits delphininés sont majoritairement observés dans la zone d'étude, mais aucune observation n'est recensée directement dans la zone d'implantation du projet. Les observations sont distribuées dans toute la zone d'étude, mais sont plus côtières en été. Les observations les plus proches de la zone d'implantation du projet ont eu lieu en été, et sont localisées à quelques kilomètres. La présence des marsouins est également importante dans la zone d'étude, mais assez hétérogène avec des observations dans le sud de la zone d'étude en hiver et au nord-ouest en été. Le grand dauphin est assez peu présent dans la zone, et globalement rencontré dans l'ouest de la zone d'étude, vers le large. Concernant les pinnipèdes, la zone d'implantation du projet de Saint Nazaire se situe à environ 200 km de la colonie de phoques gris de l'archipel de Molène.

4. Analyse critique

Plusieurs types de données et de traitements ont été utilisés pour cette étude : les échouages, les dérives inverses, les observations en avion et les suivis télémétriques. Chacune présente des avantages et des inconvénients. Les traitements choisis ont pour but de les rendre complémentaire afin d'obtenir une image aussi juste que possible du fonctionnement du secteur d'étude. Toutefois, des lacunes subsistent. Les campagnes PELGAS ont montré que la variabilité inter-annuelle du secteur est forte. Les échouages le laissent également entrevoir. Les informations apportées par les campagnes SAMM aident à comprendre les grands schémas de distribution des cétacés, mais ne constitue en aucun cas un état de référence avant travaux complet, notamment parce que leur résolution spatiale n'est pas assez fine pour traiter de questions locales et qu'elles ne prennent pas en considération la variabilité interannuelle.

1. Les principales espèces de la zone d'étude

Les mammifères marins regroupent les cétacés, les pinnipèdes et les siréniens, soit plus d'une centaine d'espèces. Parmi les cétacés, on distingue les odontocètes (cétacés à dents) et les mysticètes (cétacés à fanons). Les odontocètes englobent les delphinidés, les marsouins, les cachalots et autres grands plongeurs comme les baleines à bec, alors que les mysticètes regroupent les baleines à fanons. Parmi les pinnipèdes, on trouve les phoques, les otaries et les morses. Enfin, les siréniens se composent des lamantins et dugongs.

Plus de 20 espèces de mammifères marins sont fréquemment rencontrées le long des côtes françaises. Le littoral atlantique est régulièrement fréquenté par des dauphins, des marsouins et, dans une moindre mesure, des phoques.

1.1. Le marsouin commun *Phocoena phocoena* (Linnaeus, 1758)

Le marsouin commun *Phocoena phocoena* (Linnaeus, 1758) est un petit cétacé discret qui fréquente



Olivier Van Canneyt, Pelagis

les eaux tempérées de l'hémisphère Nord (Read, 1999). Assez commun le long des côtes irlandaises et en mer du Nord, le marsouin est de plus en plus observé le long des côtes françaises (Manche et Atlantique). Les observations opportunistes (Brereton *et al.*, 2001) et surtout les échouages confirment sa présence.

Une étude génétique a révélé que les marsouins rencontrés sur les côtes françaises appartiendraient à la même population que ceux de mer du Nord (Fontaine *et al.*, 2007).

Figure 1 : Marsouin commun

L'espèce était considérée comme abondante sur les côtes françaises jusque dans les années 60-70 puis a décliné drastiquement (Duguy & Hussenot, 1982 ; Rosel, 1997). Le principal moteur de cette disparition aurait été la chasse directe (Read, 1999) et la destruction des habitats (Donovan & Bjørge, 1995).

L'espèce était considérée comme

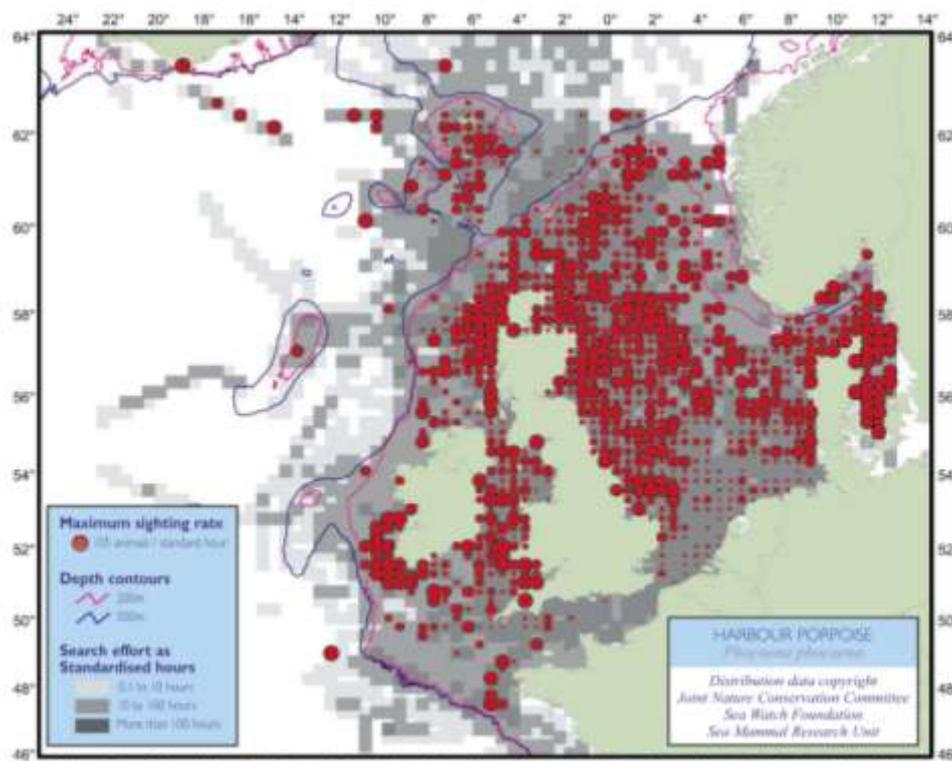


Figure 2 : Distribution des observations de marsouins communs de 1973 à 2002 (Reid *et al.*, 2003)

Toutefois, de récentes observations plaident en faveur d'un retour du marsouin sur les côtes atlantiques françaises (Jung *et al.*, 2009). Des observations relativement abondantes ont été effectuées autour de la Bretagne (Figure 2, Reid *et al.*, 2003) et une autre étude (MacLeod *et al.*, 2009) a montré une augmentation significative de la présence du marsouin en Manche depuis 1996. Ce changement

d'occurrence ne serait pas dû à une réelle augmentation de la population de marsouins, mais plutôt à un glissement de leur aire de répartition de la mer du Nord vers la Manche (Figure 3, Hammond & MacLeod, 2006). Les estimations de populations de SCANS-II chiffrent la population de la zone sud de la mer du Nord-mer Celtique-Manche à environ 40 900 ($CV^1 = 0.38$, soit un intervalle de confiance situé entre 25 358 et 56 442) et à 2 900 ($CV = 0.65$, soit entre 902 et 4 785) pour le talus du golfe de Gascogne et de la péninsule ibérique (Hammond & MacLeod, 2006).

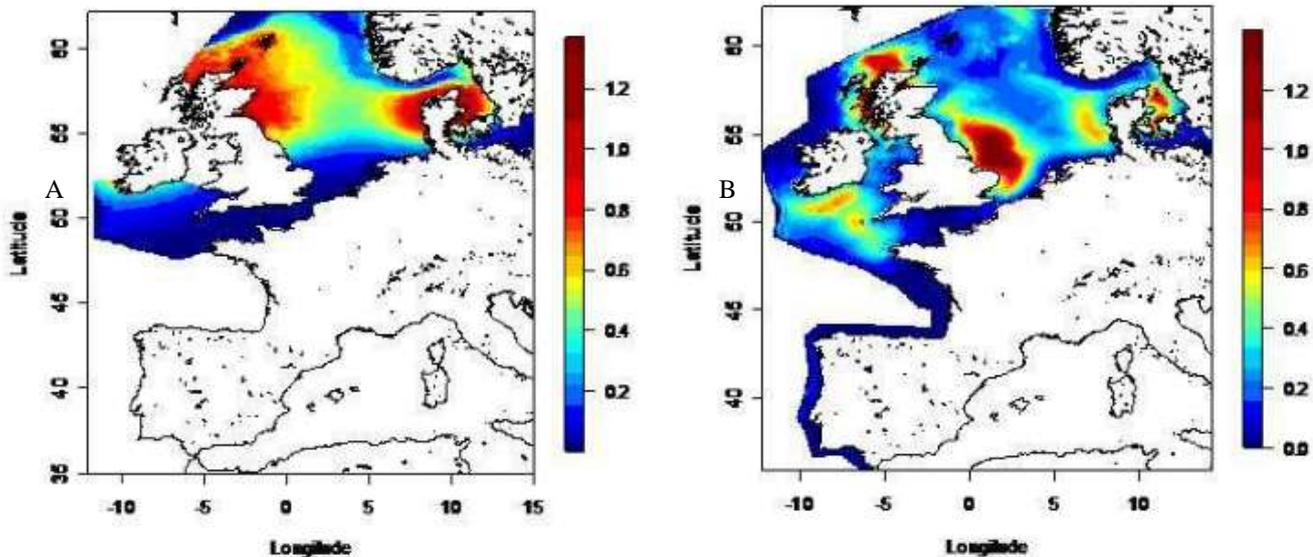


Figure 3 : Estimation des densités de marsouins communs (individus/km²) lors des recensements SCAN de 1994 (A) et SCANS II de 2005 (B) (Hammond & MacLeod, 2006)

Malgré leur préférence pour les eaux côtières, les marsouins ne sont probablement pas cantonnés aux eaux littorales et pourraient d'ailleurs entreprendre des « migrations » saisonnières côtes-large et nord-sud (Rosel, 1997).

Le marsouin est généralement décrit comme peu social, du fait qu'il est souvent observé seul ou en petit groupe. Cela tient probablement plus de la difficulté d'observation de ces animaux que d'une réalité éprouvée (Read, 1999).

Le marsouin se nourrit principalement de petits poissons démersaux (gadidés, merlucidés) (Donovan & Bjørge, 1995). A noter également que dans les zones où les marsouins côtoient les grands dauphins, de nombreuses agressions sont signalées (Ross & Wilson, 1996). Les raisons de ces violentes interactions, souvent mortelles pour le marsouin, sont encore hypothétiques : compétition alimentaire (Spitz et al., 2006), jeu, éducation ou simple comportement aberrant (Ross & Wilson, 1996) ?

De par son comportement côtier, le marsouin est particulièrement soumis aux activités anthropiques et aux modifications qu'elles provoquent. L'habitat côtier des marsouins est de plus en plus industrialisé, et le taux de polluants dans les tissus des marsouins est élevé, notamment en PCB (Tilbury et al., 1997).

¹ Coefficient de variation

Le marsouin a été largement chassé, notamment pendant les deux guerres mondiales, pour l'alimentation humaine (Klinowska, 1991). L'habitat néritique et la nature des proies du marsouin augmentent la vulnérabilité de l'espèce aux filets. Les fibres synthétiques sont probablement indétectables pour les marsouins, aussi bien visuellement qu'acoustiquement (Gaskin, 1984).

Le marsouin bénéficie d'une large protection à l'échelle européenne et internationale. Il est listé dans l'Appendice II de la CITES contre l'exploitation, dans l'Appendice II de la convention de Berne, et dans les annexes II et IV de la directive Habitats. Les marsouins sont ainsi protégés de la capture, de l'abattage ou de la vente. De plus, l'Annexe II requiert également la création d'aires protégées pour cette espèce. Le marsouin figure dans l'Appendice II de la convention de Bonn, et figure ainsi dans les espèces protégées par les accords ASCOBANS. Par ailleurs, le marsouin a été inclus dans la liste des espèces OSPAR menacées et inscrit dans la liste rouge de l'IUCN en tant qu'espèce sensible. Au niveau mondial, l'IUCN considère le statut de conservation du marsouin comme peu préoccupant (LC). En France, son statut est quasi-menacé (NT).

1.2. Le grand dauphin *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821)



Figure 4 : Grand dauphin

Le grand dauphin *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821) est très certainement le cétacé le plus étudié dans le monde (Wells & Scott, 1999). Cosmopolite, il fréquente la plupart des océans, à l'exception des très hautes latitudes (Leatherwood & Reeves, 1983). Si l'espèce tend à être côtière, le grand dauphin est également observé dans les eaux océaniques, sur le talus et le plateau continental, voire dans les estuaires et occasionnellement dans les rivières (Wells & Scott, 1999). Les habitats qu'il occupe sont donc très diversifiés, ce qui influence directement son comportement alimentaire. Ainsi, la taxonomie a été fréquemment remise en cause du fait de l'existence de différents morphotypes et d'écotypes côtier et pélagique dans

certaines régions (Wells & Scott, 1999 ; Liret 2001).

En France, la répartition des grands dauphins est assez morcelée, des groupes côtiers résidents étant actuellement observés dans l'ouest du Cotentin, en Corse et en Bretagne (Liret, 2001) et ayant existé dans d'autres secteurs littoraux de la façade atlantique (Noirmoutier, Pertuis Charentais, bassin d'Arcachon) (Ferrey *et al.*, 1993). Au large, des groupes de grands dauphins sont fréquemment rencontrés dans les campagnes d'observations visuelles (Certain *et al.*, 2008) ou par les plateformes opportunistes que constituent les ferries (Brereton *et al.*, 2001 ; Kiszka *et al.*, 2007, figure 5). Les travaux de Castège & Hémerly (2009) montrent des densités importantes de grands dauphins à la sortie du golfe du Morbihan, sur le plateau de Rochebonne, au large d'Arcachon et au nord du gouf de Capbreton, en limite de plateau continental.

La campagne de recensement à échelle européenne SCANS II estime l'effectif des grands dauphins du plateau continental à environ 12 600 ($CV^1 = 0.27$, soit entre 9 200 et 16 000 individus) (MacLeod *et al.*, 2008), principalement localisés entre la péninsule ibérique et l'ouest de l'Irlande.

¹ Coefficient de variation

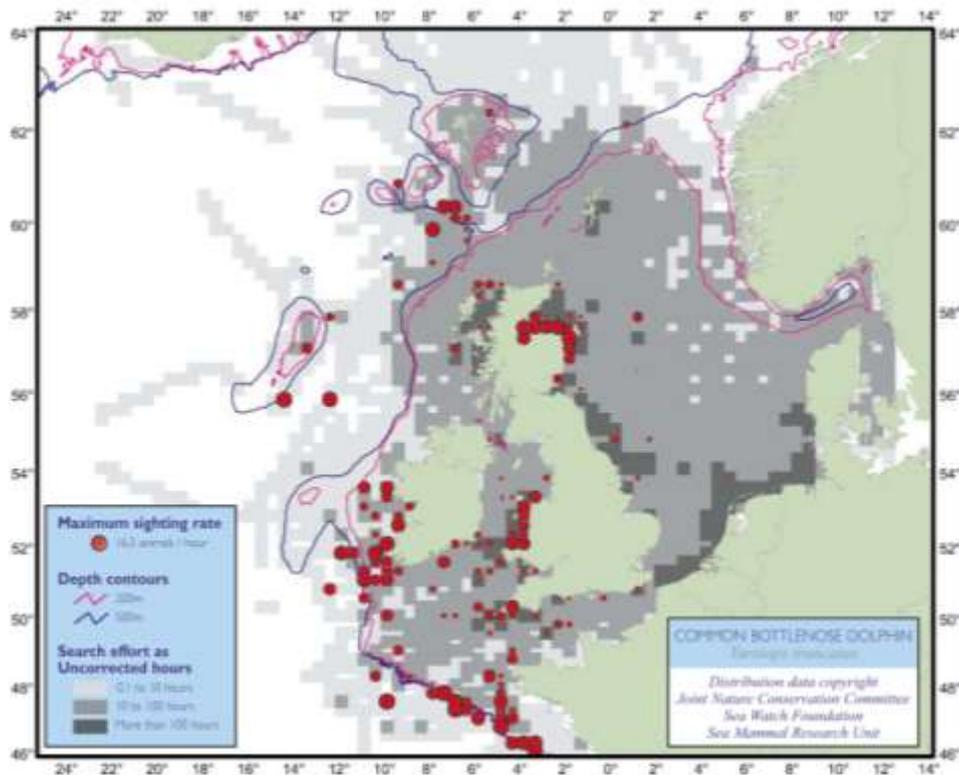


Figure 5 : Distribution des observations de grands dauphins de 1973 à 2002 (Reid *et al.*, 2003)

Les grands dauphins sont des animaux sociaux. Ils forment des groupes de 2 à 25 individus en moyenne, même si des rassemblements de centaines d'individus ont déjà été observés. Le régime alimentaire des grands dauphins est largement opportuniste et dépend du site. Globalement, les grands dauphins se nourrissent de grands poissons démersaux (comme les mugilidés) et de céphalopodes (comme les loliginidés) (Spitz *et al.*, 2006).

Les grands dauphins fréquentent le milieu côtier, et à ce titre, sont susceptibles d'interagir avec les activités humaines. Les principales pressions s'exerçant sur l'espèce concernent les captures accidentelles dans les engins de pêche, la raréfaction des ressources alimentaires, la dégradation des habitats et l'augmentation du bruit ambiant.

Le grand dauphin est protégé par plusieurs conventions européennes ou internationales. Il est notamment listé dans l'Appendice II de la CITES en tant qu'espèce protégée contre l'exploitation. La convention de Berne, qui a pour objet « d'assurer la conservation de la flore et de la faune sauvage et de leurs habitats naturels », mentionne le grand dauphin dans son appendice II. La directive Habitats mentionne le grand dauphin dans ses annexes II et IV au titre des espèces nécessitant des mesures spéciales de conservation et inclut la définition de Zones Spéciales de Conservation (ZSC). Le grand dauphin est également compris dans les accords ASCOBANS et ACCOBAMS.

Au niveau mondial, ainsi qu'en France, l'IUCN considère le statut de conservation du grand dauphin comme peu préoccupant (LC).

1.3. Le dauphin commun *Delphinus delphis* (Linnaeus, 1758)

Le dauphin commun (*Delphinus delphis*, Linnaeus, 1758) est, parmi les delphinidés, l'espèce qui se trouve la plus largement répandue dans les eaux tropicales, subtropicales et tempérées des deux hémisphères (Evans, 1994). On le retrouve aussi bien en Atlantique que dans le Pacifique ou encore dans l'Océan Indien, généralement sa distribution est comprise entre 40°N et 40°S. En Atlantique nord-est, son aire de distribution s'étend des Iles Britanniques jusqu'au Gabon, soit de 55°N à l'équateur (Rice, 1998).



Willy Dabin, Pelagis

Le dauphin commun utilise une grande diversité d'habitats. On le retrouve aussi bien de la zone océanique à la bande côtière en passant par le talus et le plateau continental. La campagne SCANS-II estime la population de dauphins communs en Europe à

Figure 6 : Dauphins communs

63 366 individus ($CV^1=0,46$, soit entre 34 850 et 91 880 individus) (Hammond *et al.*, 2007, figure 8).

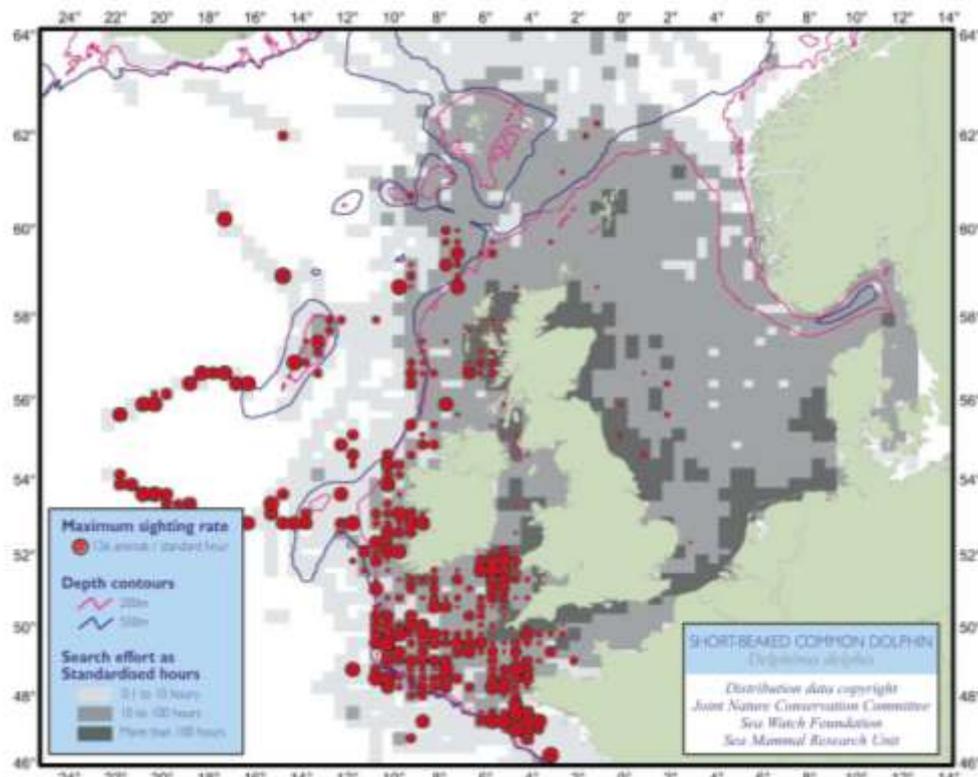


Figure 7 : Distribution des observations de dauphins communs de 1973 à 2002 (Reid *et al.*, 2003)

Les travaux de Castège & Hémery (2009) montrent des points de concentrations des dauphins communs au sud de Belle-Ile, au sud du plateau de Rochebonne, en face de l'estuaire de la Gironde et dans le sud du golfe de Gascogne, autour du gouf de Capbreton.

¹ Coefficient de variation

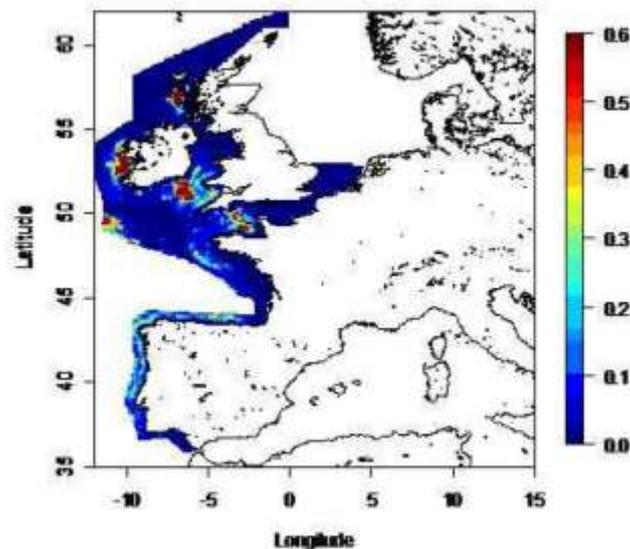


Figure 8 : Estimation des densités de dauphins communs lors du recensement SCANS II de 2005 (Hammond & MacLeod, 2006)

Le dauphin commun est un delphinidé grégaire, qui vit en groupe de quelques dizaines (unité sociale de base) à plusieurs milliers d'individus (Evans, 1994). Il semble que le comportement de ségrégation d'âge ou de sexe varie selon les populations étudiées.

Le régime alimentaire du dauphin commun est mixte, à base de poissons et de céphalopodes avec une prépondérance de petits poissons pélagiques. En effet, 77% de son régime alimentaire sur le plateau continental est composé d'anchois, de sardines, de sprats et de chinchards (Spitz, 2010).

Comme la plupart des espèces marines, les principales menaces qui pèsent sur les populations de dauphins communs proviennent des activités humaines. Pollution et exploitation des ressources sont les deux principales causes qui affectent ces espèces. Actuellement, il existe peu de données permettant d'estimer l'impact de ces activités sur les populations de dauphins communs dans les eaux européennes. Néanmoins, les campagnes d'observation des pêches comme *PElagic TRAwI and CETaceans* (PETRACET, 2004/2005) estiment à 1000 les captures accidentelles de dauphins communs pour la saison de pêche dans le golfe de Gascogne. Les données d'échouages indiquent que des effectifs importants de dauphins communs sont retrouvés présentant des traces de captures accidentelles, surtout durant la période hivernale (Van Canneyt, 2002).

L'espèce est inscrite dans les annexes II de la CITES et de la convention de Berne. Le dauphin commun est également concerné par les accords ACCOBAMS et ASCOBANS. Il est également listé dans l'annexe IV de la Directive Habitats.

En France et dans le monde l'IUCN considère le statut de conservation du dauphin commun comme peu préoccupant (LC).

1.4. Le petit rorqual *Balaenoptera acutorostrata* (Lacépède, 1804)

Le petit rorqual (*Balaenoptera acutorostrata*, Lacépède, 1804) est une espèce cosmopolite, rencontrée dans l'ensemble des océans du globe, des tropiques aux pôles des deux hémisphères. Dans



Gérard Gautier, Pelagis

l'Atlantique Nord, les petits rorquals sont rencontrés jusqu'au Groënland et au Svalbaard au Nord, et jusqu'aux Canaries au Sud.

En France, il est communément observé sur le plateau continental du golfe de Gascogne.

Le petit rorqual est l'un des plus petits représentants du sous-ordre des mysticètes. Comme les autres baleinoptéridés, le petit rorqual a un corps élancé avec une petite nageoire dorsale placée au début du tiers postérieur du corps. Les adultes atteignent presque 10 mètres pour

Figure 9 : Petit rorqual

un poids de 5 à 10 tonnes. Les femelles sont plus grandes que les mâles de presque 50 centimètres. En Atlantique nord-est, les individus sont plus petits qu'en Atlantique nord-ouest, de près de deux mètres.

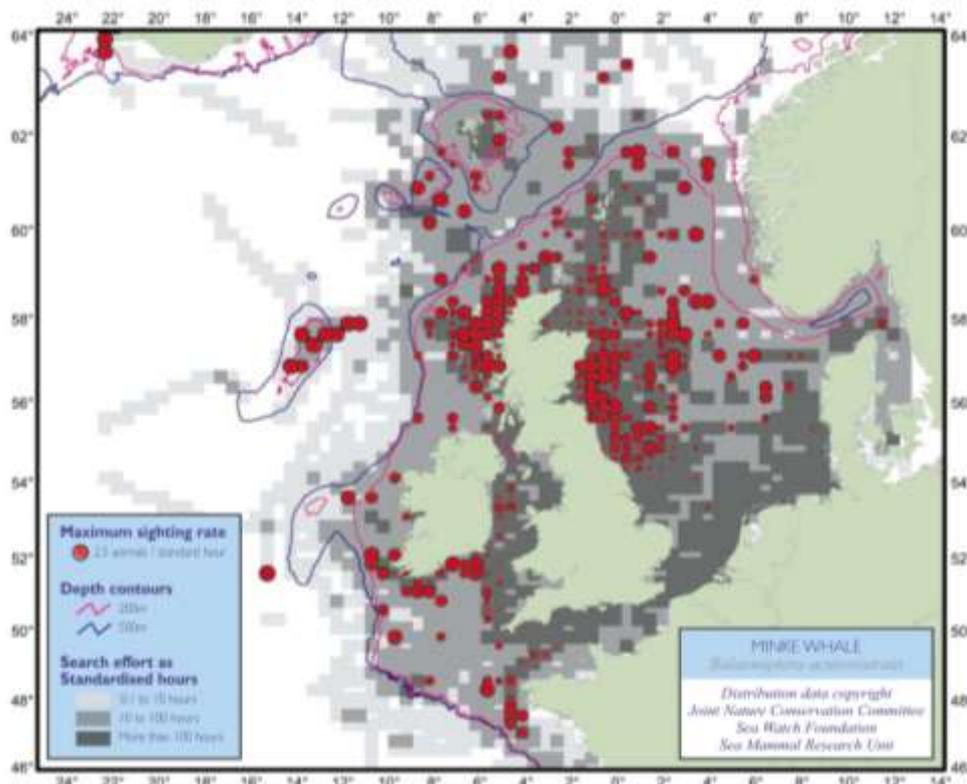


Figure 10 : Distribution des observations de petits rorquals de 1973 à 2002 (Reid et al., 2003)

Les petits rorquals sont souvent observés seuls ou en petits groupes. Ils se nourrissent en été dans les zones tempérées à polaires des deux hémisphères et migrent vers les zones tropicales en hiver pour mettre bas et se reproduire. Néanmoins, certaines populations sont considérées comme résidentes dans les zones tempérées (Shirihai & Jarrett, 2006). La population en Atlantique nord-est fut estimée à

18 614 individus ($CV^1=0,3$, soit entre 13 030 et 24 200 individus) lors la campagne SCANS II (Hammond *et al.*, 2007, figure 11).

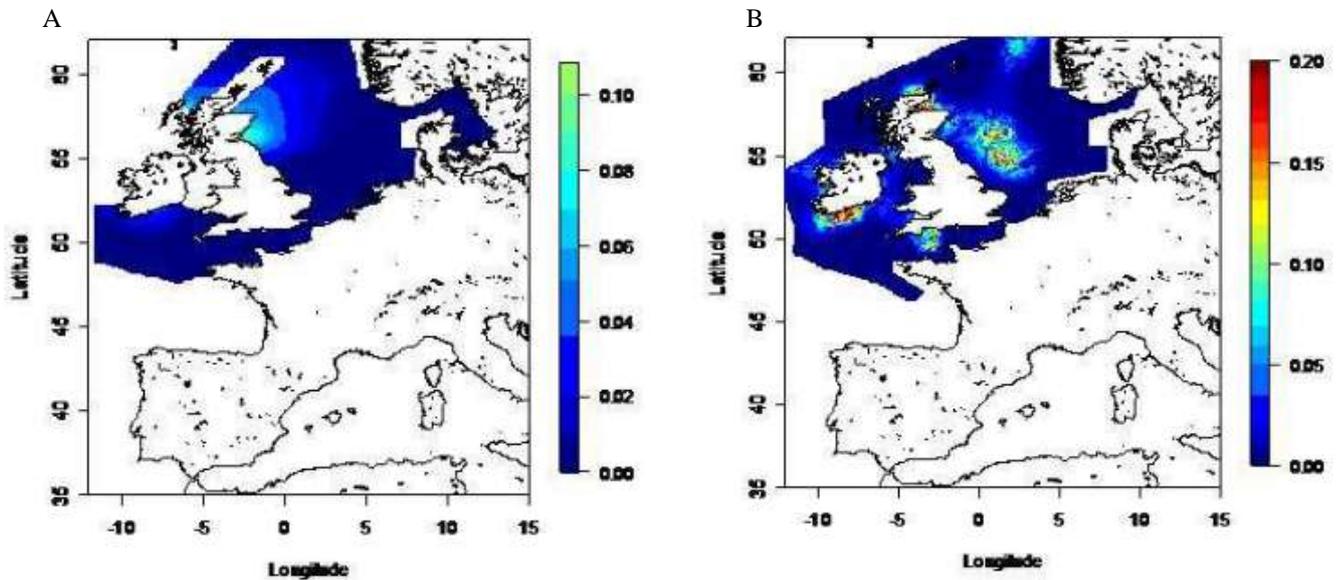


Figure 11 : Estimation des densités (individus/km²) de petits rorquals lors des recensements SCAN de 1994 (A) et SCANS II de 2005 (B) (Hammond & MacLeod, 2006)

Le régime alimentaire des petits rorquals varie en fonction des zones et des saisons. Ils se nourrissent généralement d'euphausiacés comme le krill ou de petits poissons comme les lançons, les capelans, les maquereaux et les sprats (Perrin & Brownell, 2002).

Le petit rorqual fait partie des dernières espèces exploitées pour la chasse commerciale conduite sous régime dérogatoire par l'Islande et la Norvège. Les difficultés d'estimation des abondances des stocks exploités rendent difficile l'estimation de l'impact de cette chasse sur la population de petits rorquals. Les collisions avec les navires sont également une pression avérée pour les petits rorquals.

Cette espèce est classée dans l'annexe I de la CITES et de la convention de Berne, à l'exception du stock de l'ouest du Groenland, classé dans l'annexe II.

En France et dans le monde l'IUCN considère le statut de conservation du petit rorqual comme peu préoccupant (LC).

¹ Coefficient de variation

1.5. Le phoque gris *Halichoerus grypus* (Fabricius, 1791)

Les phoques gris (*Halichoerus grypus*, Fabricius, 1791) sont rencontrés dans les eaux tempérées froides de l'Atlantique Nord. Ils vivent en colonie le long de la côte nord-est du Canada, en Islande, en



Ghislain Doremus, Pelagis

Figure 12 : Phoque gris

Scandinavie, dans les îles britanniques et jusqu'en France. En France, ces animaux vivent en colonie de quelques dizaines d'individus. Ces petites colonies se situent en Bretagne (archipel de Molène, Sept-Iles, ...) et en Manche orientale (Baie de Somme, Canche et Authie). Les colonies françaises de phoques gris sont les plus méridionales pour l'espèce. Néanmoins, certains de ces phoques, souvent de jeunes individus, sont retrouvés bien plus au sud de la Bretagne, le long du littoral atlantique.

Contrairement aux cétacés, les phoques ne sont pas inféodés au milieu aquatique et reviennent fréquemment à terre, sur

des reposoirs. Les sites de repos des phoques gris sont des rochers en zone intertidale (Bretagne), ou des bancs de sable depuis la baie du Mont Saint-Michel jusqu'à la frontière belge.

La mue a lieu de janvier à mars, et la mise bas d'octobre à décembre. Durant ces périodes, les phoques limitent leur temps passé en mer et sont plus souvent observés sur les reposoirs.

En Europe, les populations de phoques gris sont globalement en augmentation, bien qu'elles soient en déclin sur certains sites. En France, les phoques gris sont en augmentation (Vincent *et al.*, 2005).

Les zones d'alimentation varient en fonction des préférences individuelles, des habitats et des ressources disponibles, allant de la proximité immédiate des reposoirs à plusieurs dizaines de km, et de profondeurs de quelques mètres à plus de 100m. Les phoques gris se nourrissent principalement de poissons souvent démersaux, et dans une moindre mesure de céphalopodes (Ridoux *et al.*, 2007).

La vie en milieu littoral expose le phoque gris à des menaces liées à ce milieu. Il s'agit par exemple des captures accidentelles dans les engins de pêche, de la pollution, de raréfaction des ressources ou encore de nuisances sonores.

Ainsi, cette espèce inscrite à la convention de Berne et à l'annexe II de la Directive Habitats, est considérée comme une espèce sensible. La présence de cette espèce sur un site peut donc amener à la création d'une Zone Spéciale de Conservation.

A l'échelle mondiale, le statut IUCN du phoque gris est peu préoccupant (LC). En France en revanche, il est considéré comme quasiment menacé (NT).

Tableau 1 : Récapitulatif des principales espèces de la zone d'étude

	Marsouin commun	Grand dauphin	Dauphin commun	Petit rorqual	Phoque gris
Distribution	Eaux tempérées de l'hémisphère Nord	Cosmopolite, ensemble des océans sauf très hautes latitudes	Ensemble des eaux tropicales et subtropicales des 2 hémisphères	Cosmopolite, ensemble des océans des tropiques aux 2 hémisphères	Atlantique Nord
Habitats	Plateau continental	Zone côtière et zone océanique (2 écotypes)	Zone océanique, plateau continental, zone côtière	Zone océanique et plateau continental	Rochers ou bancs de sables pour reposoirs
Colonies, groupes résidents	/	Ile de Sein, Molène, golfe normand-breton, Corse	/	/	Archipel de Molène, Sept Iles, baie de Somme, baie de Canche et d'Authie
Comportement	Groupes de quelques individus, très discrets	Forte structure sociale, groupe de base de 2 à 25 individus	Grégaire, groupe de plusieurs dizaine à centaine d'individus	Individus seuls ou petits groupes. Migration des zones polaires vers les zones tropicales en hiver	Mue de janvier à mars, mise-bas d'octobre à décembre.
Alimentation	Petits poissons démersaux	Opportuniste, poissons démersaux, céphalopodes	Mixte – céphalopodes et poissons pélagiques	Euphausiacés (krill) et petits poissons (capelan, sprat...)	Poissons et céphalopodes démersaux
Menaces	Captures accidentelles, pollution, diminution des ressources, dérangement	Captures accidentelles, pollution, diminution des ressources, dérangement	Captures accidentelles essentiellement	Chasse commerciale, collision...	Captures accidentelles, pollution, diminution des ressources, dérangement
Conservation	CITES, Convention de Berne, ACCOBAMS, ASCOBANS Directive Habitats (annexe II et IV)	CITES, Convention de Berne, ACCOBAMS, ASCOBANS Directive Habitats (annexe II et IV)	CITES, Convention de Berne, ACCOBAMS, ASCOBANS Directive Habitats (annexe IV)	CITES, Convention de Berne	CITES, Convention de Berne, Directive Habitat (annexe II et IV)

2. Analyse des données existantes

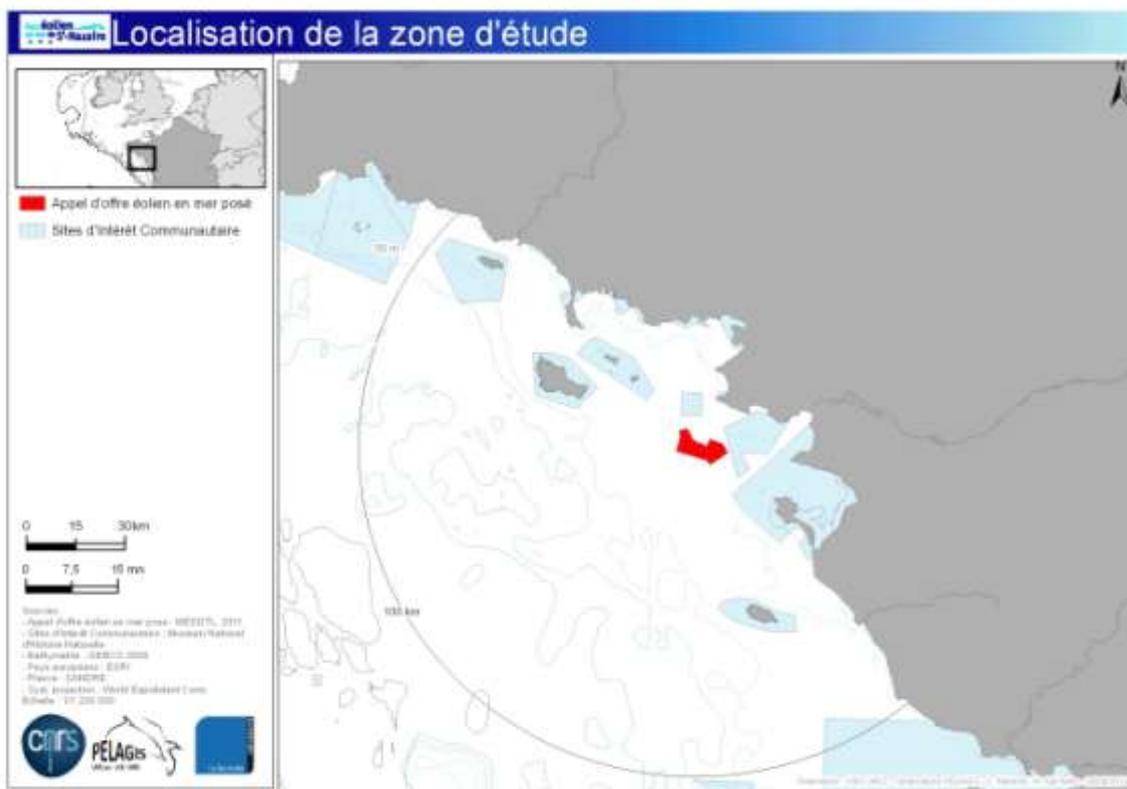
2.1. Définition de la zone d'étude

Les mammifères marins sont des espèces hautement mobiles. Ainsi, étudier leur distribution à une échelle cohérente pour l'espèce peut s'avérer être un exercice difficile. Pour avoir une compréhension complète du rôle de la zone pour les espèces et des impacts potentiels, il pourrait être envisagé de réaliser une étude à l'échelle des populations et de ce que l'on appelle les unités de gestion. Les unités de gestion sont considérées comme une unité fonctionnelle démographiquement cohérente au sein de laquelle les populations se reproduisent entre elles. Or, pour la plupart des espèces de mammifères marins, ces unités dépassent largement le projet, et même les frontières françaises, puisque certaines espèces constitueraient à l'heure actuelle une seule population à l'échelle de l'Atlantique Est.

Il a donc été choisi pour ce projet de prendre un raisonnement inverse et de s'intéresser non pas aux mammifères marins qui pourraient être impactés par le projet, mais aux zones potentiellement impactées et aux mammifères marins susceptibles de s'y trouver.

La littérature concernant les parcs éoliens *en mer* s'accorde sur le fait que la phase la plus bruyante est la construction. Lors du battage de pieux, le bruit généré peut être audible jusqu'à 80km pour le marsouin (Madsen *et al.*, 2006 ; Bailey *et al.*, 2009). Ainsi, nous avons choisi de définir la zone d'étude comme s'étendant dans un rayon de 100 km autour du parc (carte 1).

Ainsi, le terme « zone d'étude » correspond dans ce rapport à la zone d'un rayon de 100 km autour du projet de parc. Le terme « zone d'implantation du projet » désigne la zone d'environ 80 km² dans laquelle seront installées les éoliennes (en rouge sur la carte 1).



Carte 1 : Localisation de la zone d'étude de Saint Nazaire pour les mammifères marins

2.2. Les échouages

En France, les échouages de mammifères marins sont suivis par le Réseau National Echouages (RNE) depuis 1970. Coordonné par l'Observatoire Pelagis/Université de La Rochelle (ex-CRMM), le RNE est composé de près de 300 correspondants qui interviennent sur chaque échouage signalé sur l'ensemble des côtes françaises.

Le RNE est essentiellement composé de volontaires formés à la réalisation d'un protocole scientifique. Pour chaque échouage, un certain nombre d'informations de base sont relevées comme le lieu d'échouage, l'espèce, le sexe, l'état de fraîcheur et des mesures corporelles selon le protocole de Norris (1961). Selon les compétences et le matériel disponible, certains correspondants vont jusqu'à la pratique d'examen internes et la réalisation de prélèvements de tissus en accord avec les recommandations de la Société Européenne de Cétologie, ECS (Kuiken et Hartmann, 1991).

Ainsi, le suivi des échouages sur les littoraux français représente une série temporelle sur 40 années consécutives, soit une des plus importantes en Europe.

Entre 1971 et 2011, 2830 échouages ont été recensés sur la zone d'étude. Les échouages répertoriés concernent 22 espèces, dont 4 espèces de phoques. Les phoques ne représentent toutefois qu'un peu plus de 5% des animaux retrouvés échoués (figure 13). Les delphinidés (qui regroupent le dauphin commun, le grand dauphin, le dauphin bleu-et-blanc, le globicéphale etc...) sont largement majoritaires, avec plus de 87% des animaux échoués. Le reste des cétacés concerne les phocoénidés (marsouins), les balénoptéridés (rorquaux), les physétéridés (grand cachalot), les kogiidés (cachalots nain et pygmée) et les ziphiidés (baleines à bec).

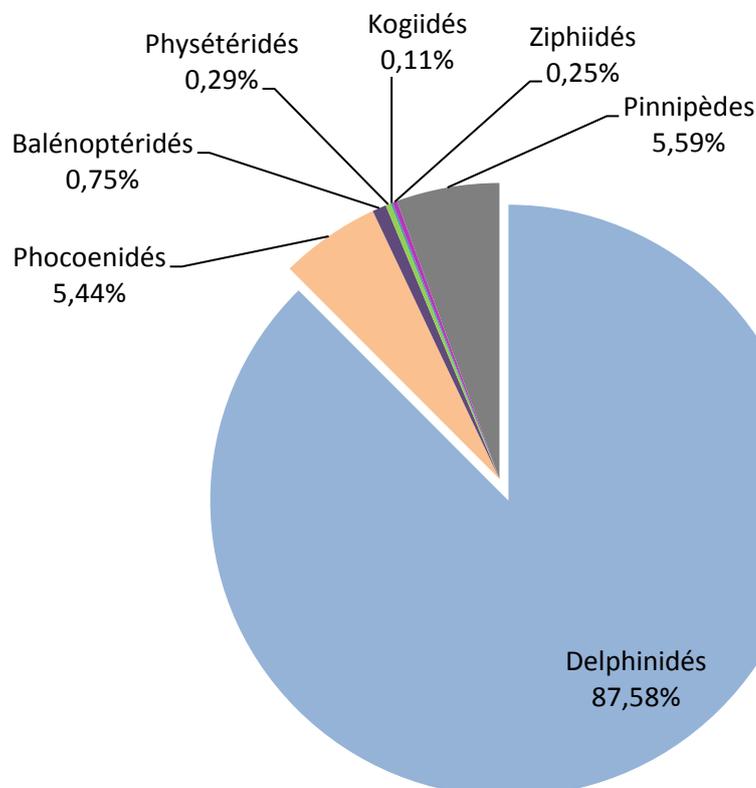


Figure 13 : Pourcentage des différentes familles de mammifères marins échoués sur la zone d'étude

2.2.1. Echouages de cétacés

Au total, 2674 cétacés se sont échoués sur la zone d'étude. Parmi ces échouages, de nombreux individus n'ont pas pu être identifiés, généralement en raison d'un état de dégradation trop avancé. Ils sont ainsi répertoriés sous « delphinidés sp », « odontocètes sp » ou encore « cétacés sp » en fonction de la précision possible. Il a été choisi de ne pas utiliser ces individus dans les analyses réalisées ici afin de ne pas ajouter d'incertitude. Ainsi le nombre de cétacés identifiés à l'espèce et donc retenus pour l'étude s'élève à 1901 individus.

Globalement, les échouages répertoriés sur la zone d'étude suivent les mêmes tendances qu'au niveau de la façade atlantique (Figure 14). En effet, une hausse générale des échouages est constatée tout au long de la série, avec une accélération depuis le milieu des années 90.

La remarquable stabilité du Réseau National d'Echouage depuis les années 80 permet d'observer une augmentation générale des échouages le long de la façade atlantique. Cette hausse peut à la fois indiquer une augmentation des populations, mais également une augmentation des mortalités (naturelle ou anthropique). A l'heure actuelle, il n'existe pas d'éléments permettant de se prononcer sur l'origine de cette augmentation.

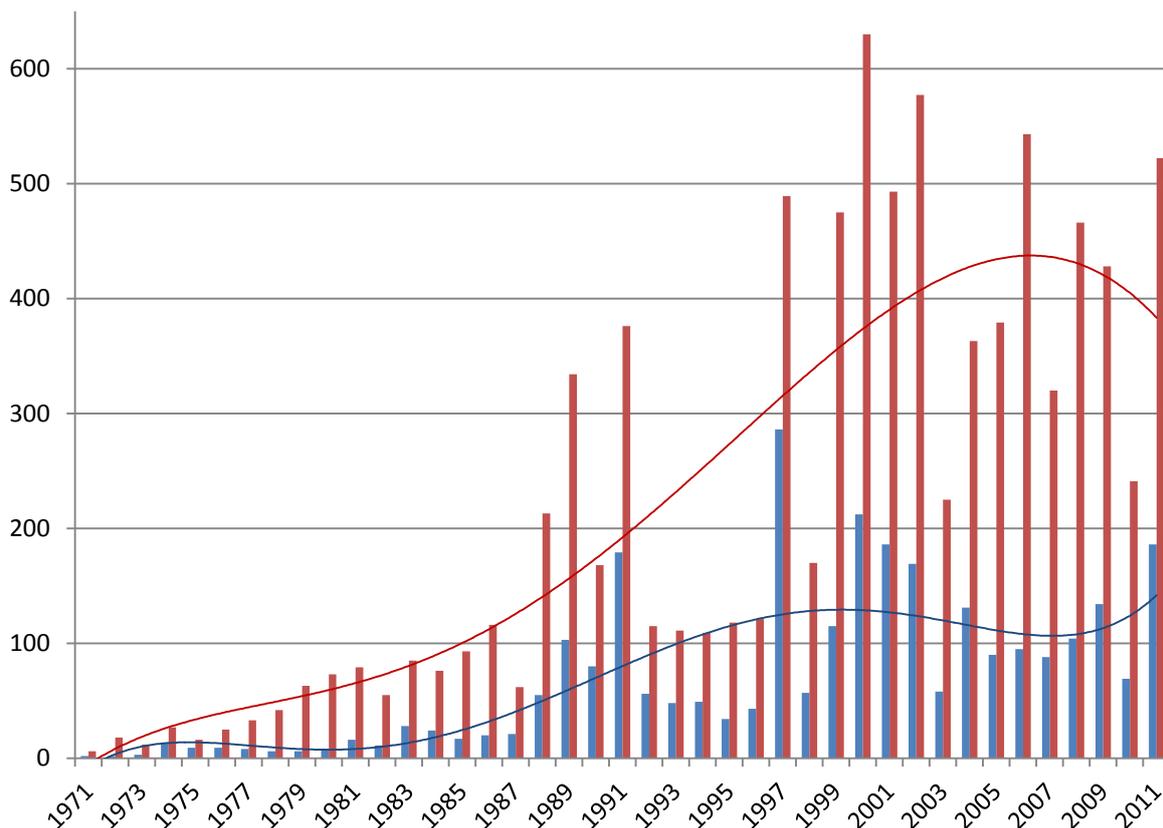


Figure 14 : Evolution temporelle des échouages de cétacés sur la zone de Saint Nazaire (en bleu) et sur la façade atlantique (en rouge).

2.2.1.1. Composition spécifique

Les dauphins communs sont prépondérants dans la composition spécifique des animaux échoués dans la zone d'étude, puisqu'ils représentent plus de 74% (Figure 15). Le marsouin commun arrive loin derrière avec 8%, suivi du dauphin bleu et blanc avec un peu plus de 7%. Les effectifs de globicéphale

noir représentent un peu moins de 4%, tout comme le grand dauphin. Les autres espèces représentent chacune moins de 1% (rorquaux, dauphins de Risso, ziphiidés...).

Quelques espèces rares sont ainsi à signaler : un cachalot nain, un péponocéphale, un hyperodon boréal, 2 orques, un mésoplodon de Sowerby et 2 baleines à bosse ont ainsi été retrouvés échoués dans la zone, alors qu'elles sont relativement rares à l'échelle de la façade.

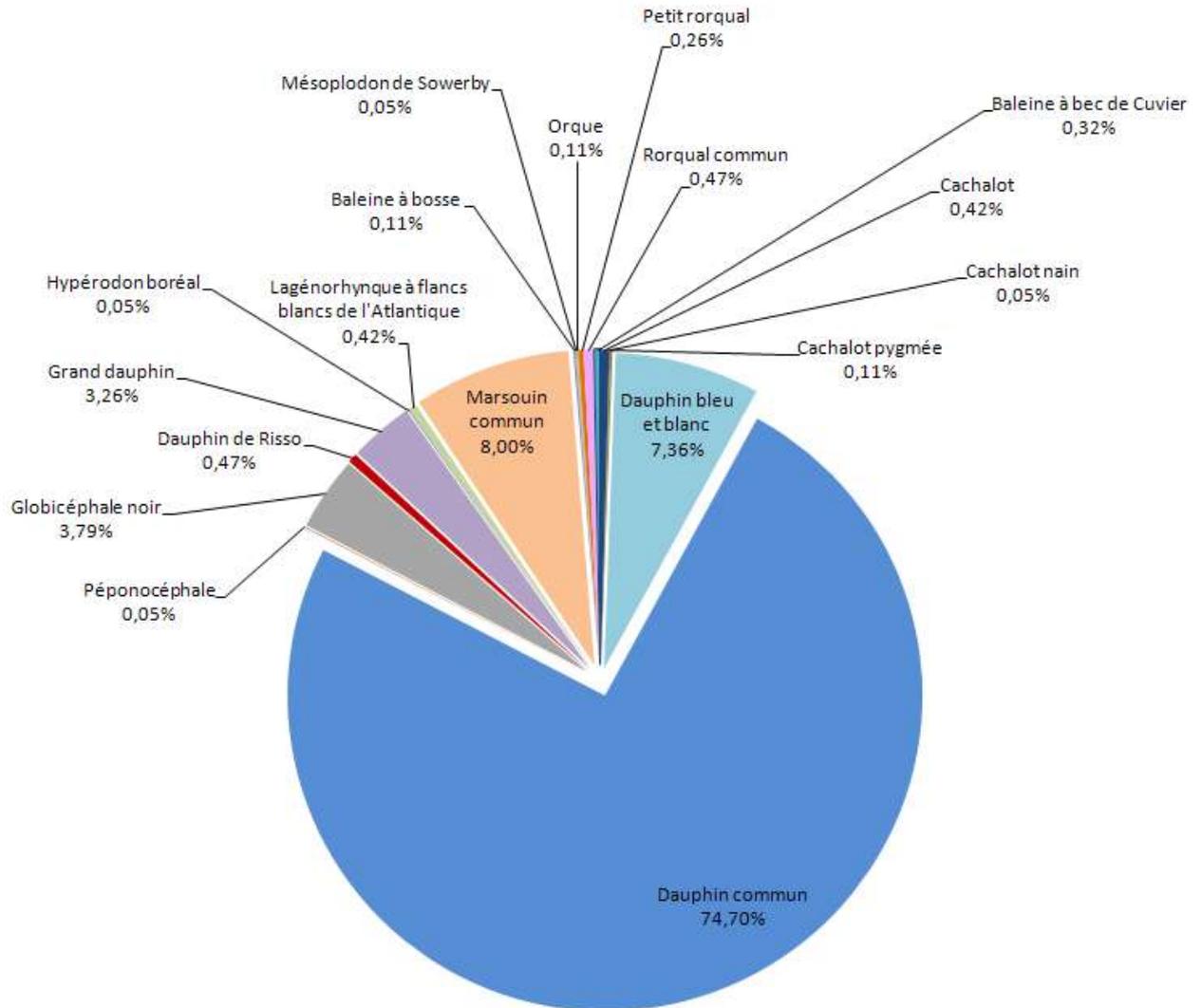


Figure 15 : Composition spécifique des échouages de cétacés dans la zone d'étude

Il convient toutefois d'être prudent, le fait de retrouver des animaux échoués sur une zone ne signifie pas forcément qu'ils l'ont fréquentée de leur vivant. En effet, les carcasses de mammifères marins peuvent dériver sur de grandes distances au gré des vents et des courants (Peltier, 2007). Ainsi, les échouages à la côte ne présument pas de l'abondance absolue de cétacés dans une zone mais sont des indicateurs d'abondance relative et de distribution de cétacés.

2.2.1.2. Distribution saisonnière des échouages

Les échouages de cétacés ont lieu toute l'année sur la zone d'étude mais en effectifs variables (figure 16). 50 à 100 échouages sont répertoriés toute l'année, mais un pic est observé entre janvier et mars avec un maximum de 500 individus en février.

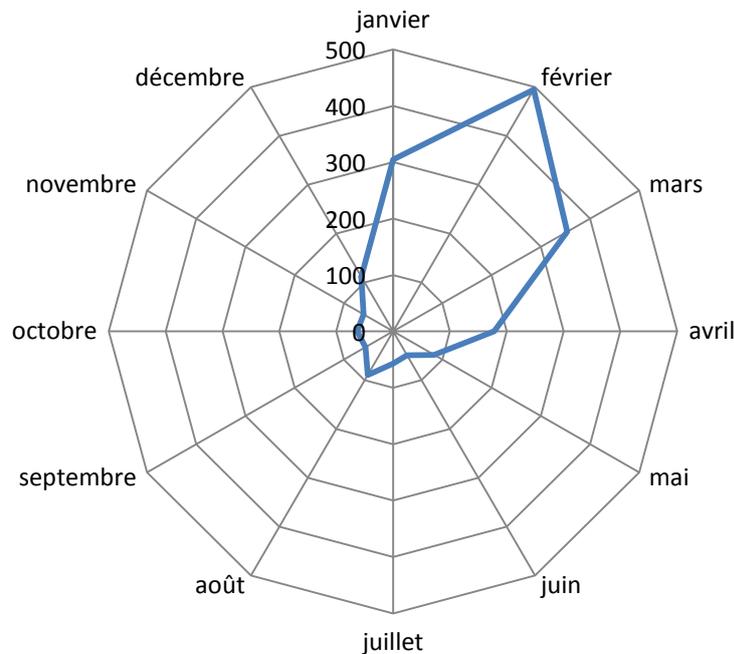


Figure 16 : Distribution saisonnière des échouages des échouages de cétacés dans la zone d'étude

Le profil saisonnier des échouages de cétacés est essentiellement dû aux échouages de dauphin commun. Les échouages de dauphin commun ont lieu toute l'année, avec un pic important entre janvier et avril. Plafonnant entre 50 et 100 échouages de mai à décembre, les effectifs passent à plus de 400 en janvier (figure 17). Ces pics correspondent aux épisodes d'échouages multiples observés chaque année sur le littoral atlantique et qui coïncident souvent avec des événements de captures accidentelles dans les engins de pêche.

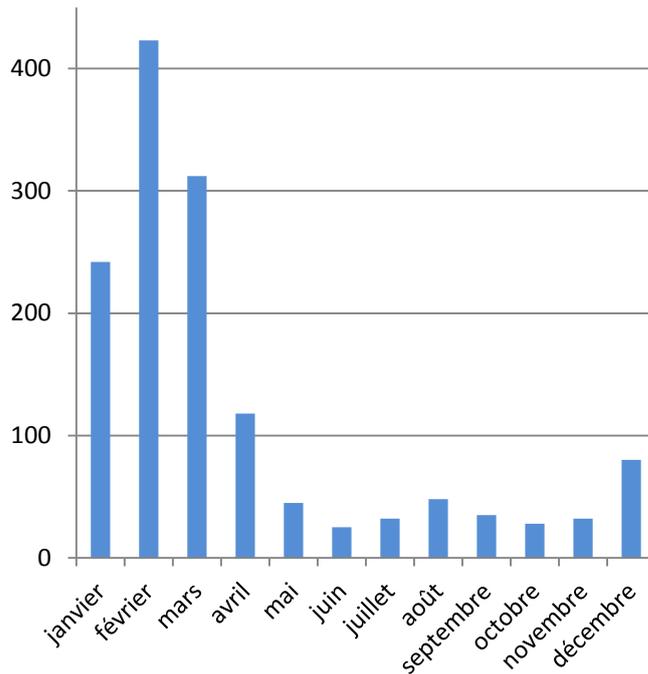


Figure 17 : Distribution saisonnière des échouages de dauphins communs

Les autres espèces présentent des effectifs plus faibles, mais répartis tout au long de l'année (figure 18). Le dauphin bleu et blanc est présent en échouage de façon relativement homogène durant l'année, même si un petit pic est enregistré en janvier-février. Le globicéphale noir est également répertorié toute l'année, avec un léger pic en février. Le grand dauphin présente quant à lui un maximum en août, et une présence permanente. Enfin, le marsouin commun présente un pic d'échouage en avril, malgré une présence toute l'année.

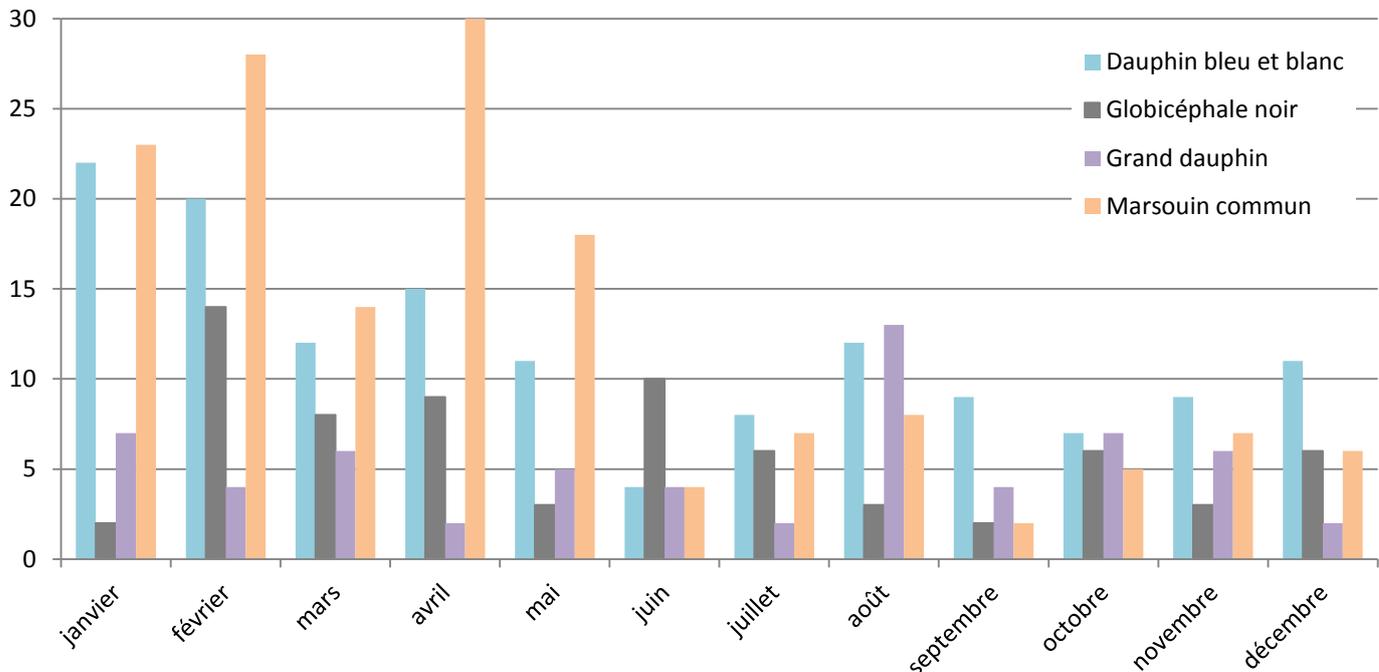


Figure 18 : Distribution saisonnière des échouages des delphinidés et marsouins communs

Il est difficile d'expliquer les pics observés à différents moments de l'année pour chaque espèce. Est-ce dû à un rapprochement des côtes sous l'influence de migration, à des conditions météorologiques défavorables, à des courants et des vents propices à l'échouage ou encore à une augmentation de la mortalité en mer ? La réponse est probablement une combinaison de ces différents facteurs.

2.2.1.3. Tendances à long terme

L'augmentation observée de la moyenne des échouages est majoritairement due aux échouages de dauphins communs. On constate en effet une forte augmentation dans les échouages de dauphins communs depuis la fin des années 90, passant d'une vingtaine d'individus par an à une centaine (figure 19). Toutefois, il semblerait que la tendance soit à la baisse même si les effectifs restent très importants.

Bien qu'en effectifs moindre, on constate également une augmentation des échouages de marsouins communs depuis la fin des années 90, attestant du retour de l'espèce sur les côtes françaises. Le dauphin bleu-et-blanc connaît également une augmentation sous forme de pic épisodique.

Pour les autres espèces, il est difficile de dégager des tendances. Toutefois, on note la présence régulière de certaines espèces en échouages : grand dauphin, globicéphale noir, rorqual commun... D'autres espèces sont plus exceptionnelles, et leurs échouages s'apparentent à des événements accidentels : hypérodon boréal, baleine à bosse, péponocéphale, orque...

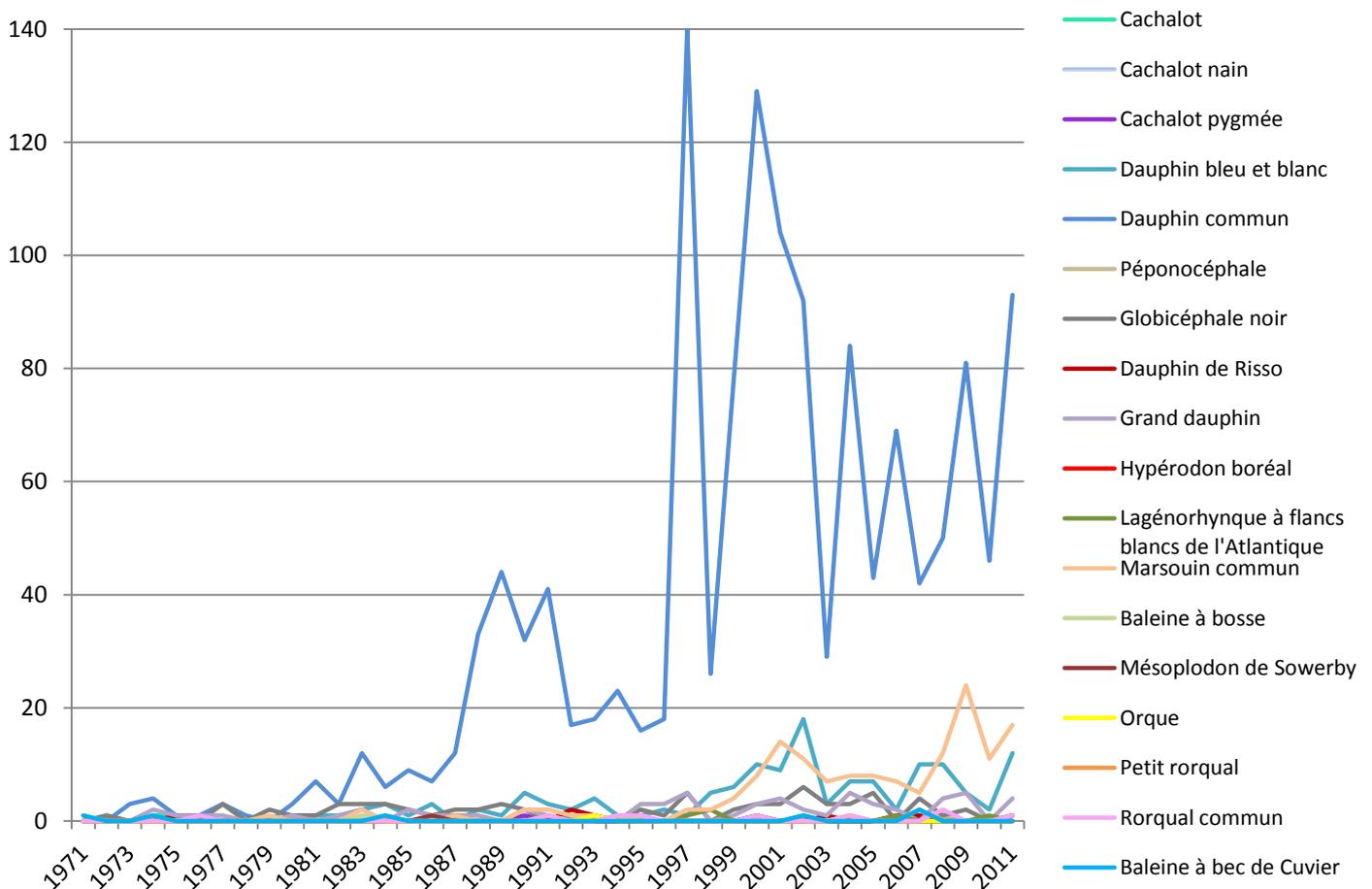


Figure 19 : Tendances des échouages pour chaque espèce de cétacés sur la zone d'étude entre 1971 et 2011

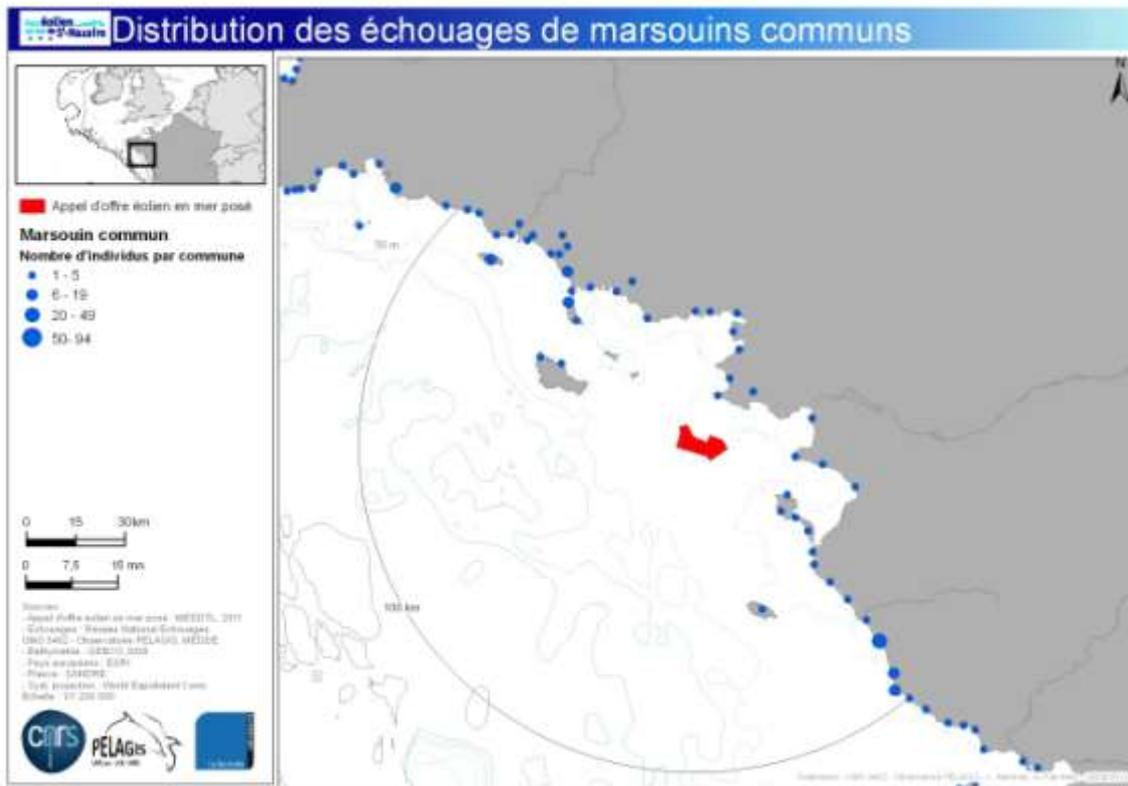
2.2.1.4. Distribution spatiale des échouages

Les échouages ont été étudiés dans un rayon de 100 km autour du futur parc, cette zone a donc été matérialisée sur les cartes suivantes par un cercle délimitant la zone d'étude.

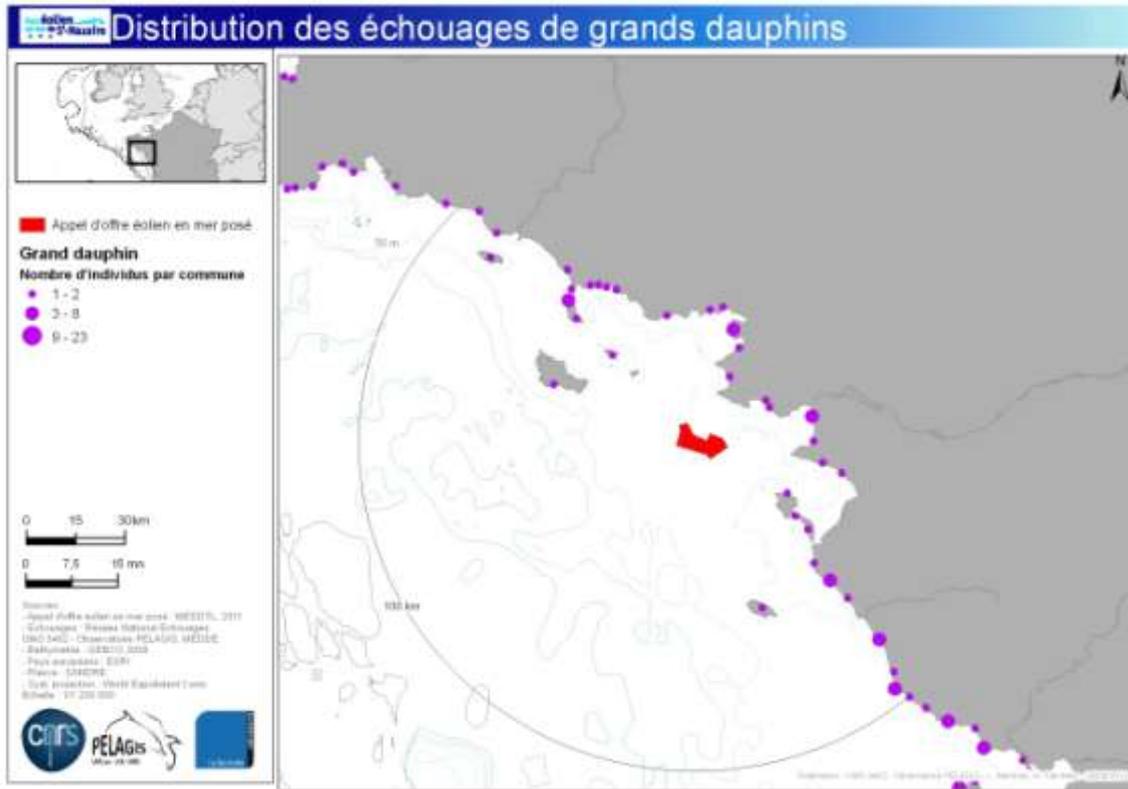
Les échouages de marsouins communs sont assez nombreux sur la façade, même si la zone n'enregistre pas les plus gros effectifs (Carte 2). Les côtes exposées sont particulièrement concernées par les échouages, probablement en raison des régimes de vent d'ouest importants sur la zone, en particulier durant la période hivernale.

Concernant les grands dauphins (Carte3), les échouages sont également répertoriés sur l'ensemble de la zone, avec des densités plus importantes entre Quiberon et l'anse de l'Aiguillon. Les zones abritées sont également concernées par les échouages, ce qui pourrait attester du comportement parfois très côtier du grand dauphin.

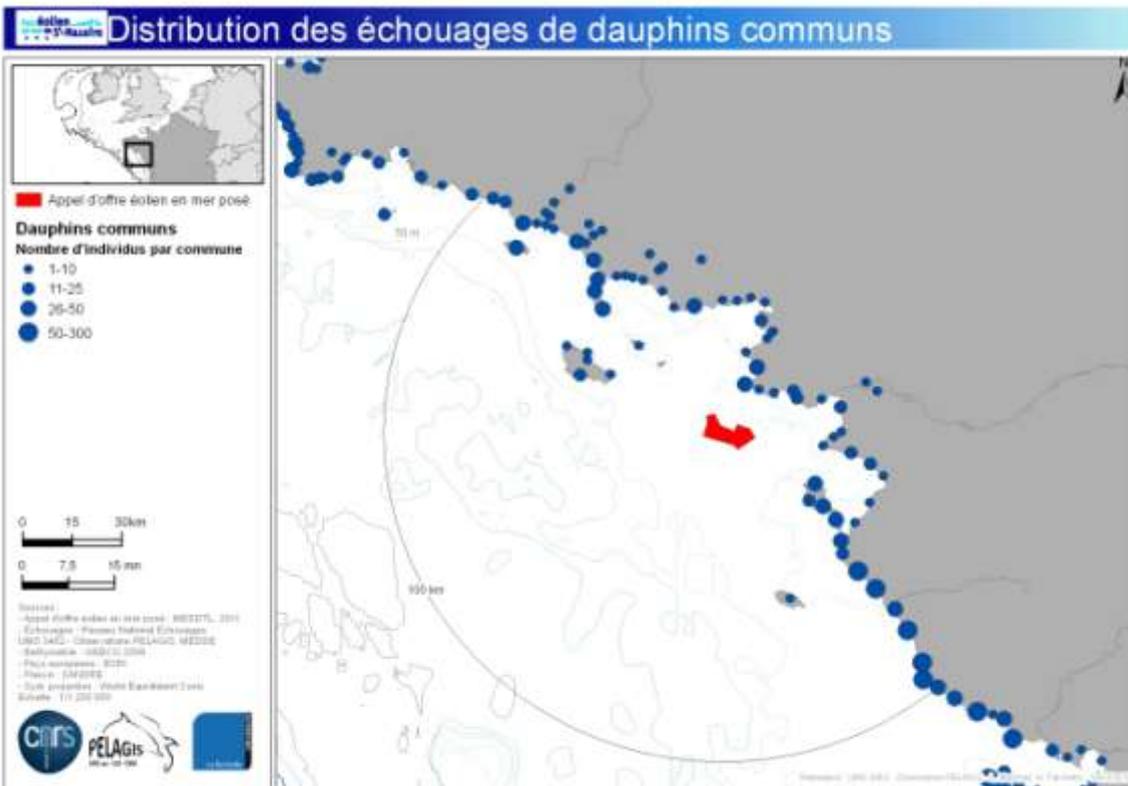
Les échouages de dauphins communs sont très nombreux sur la zone d'étude comme sur le reste des secteurs de côtes du Finistère à la Charente Maritime. L'ensemble de la zone d'étude est concernée, même si les secteurs abrités derrière les îles enregistrent moins d'échouages que les côtes exposées (carte 4).



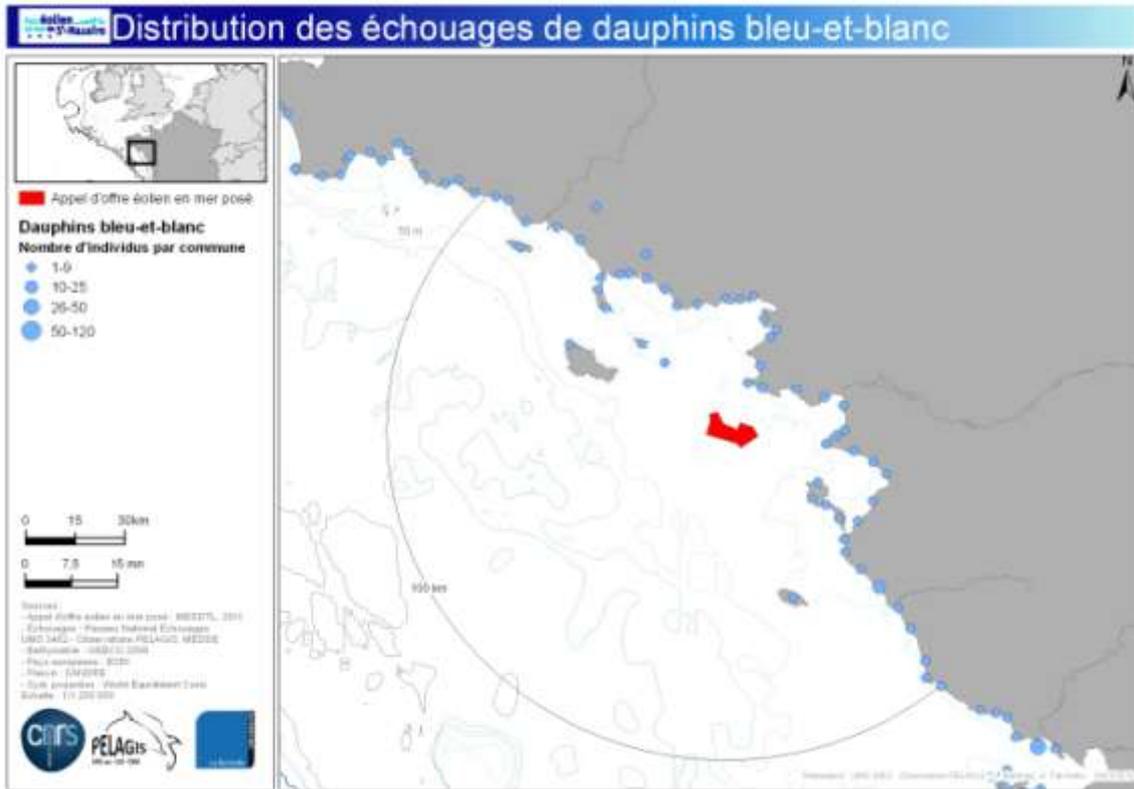
Carte 2 : Distribution spatiale des échouages de marsouins communs (*Phocoena phocoena*)



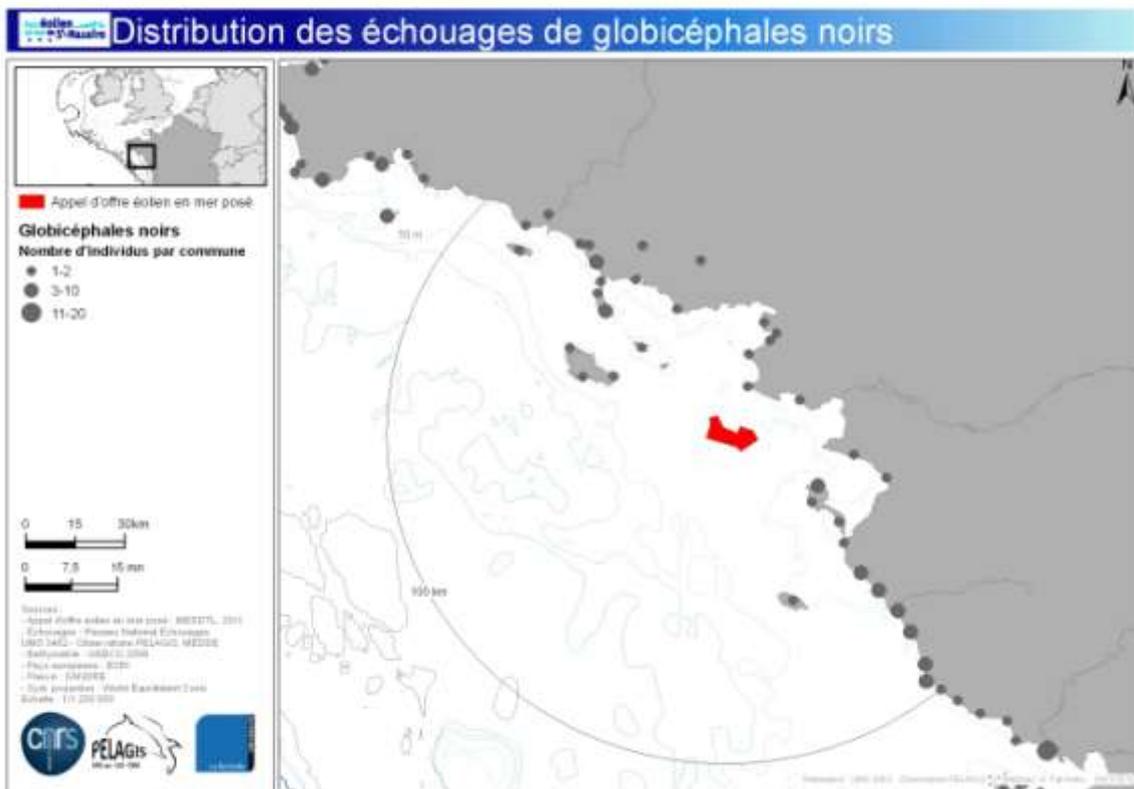
Carte 3 : Distribution spatiale des échouages de grands dauphins (*Tursiops truncatus*)



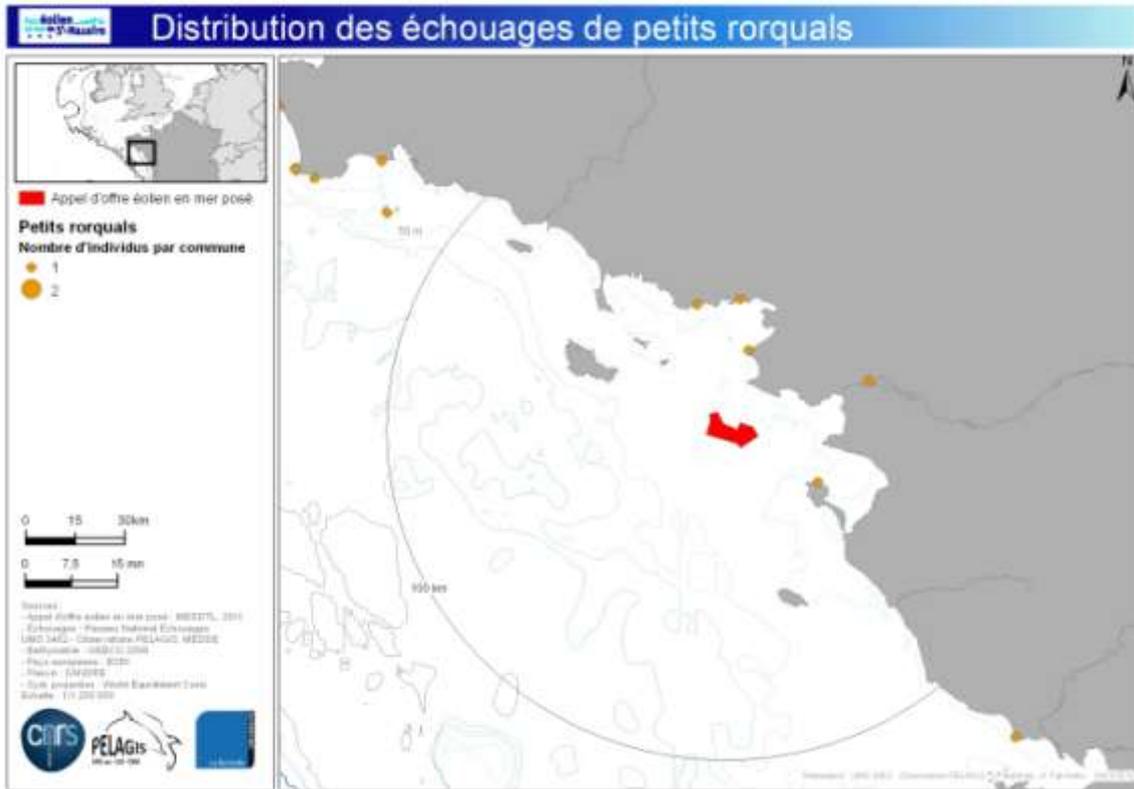
Carte 4 : Distribution spatiale des échouages de dauphins communs (*Delphinus delphis*)



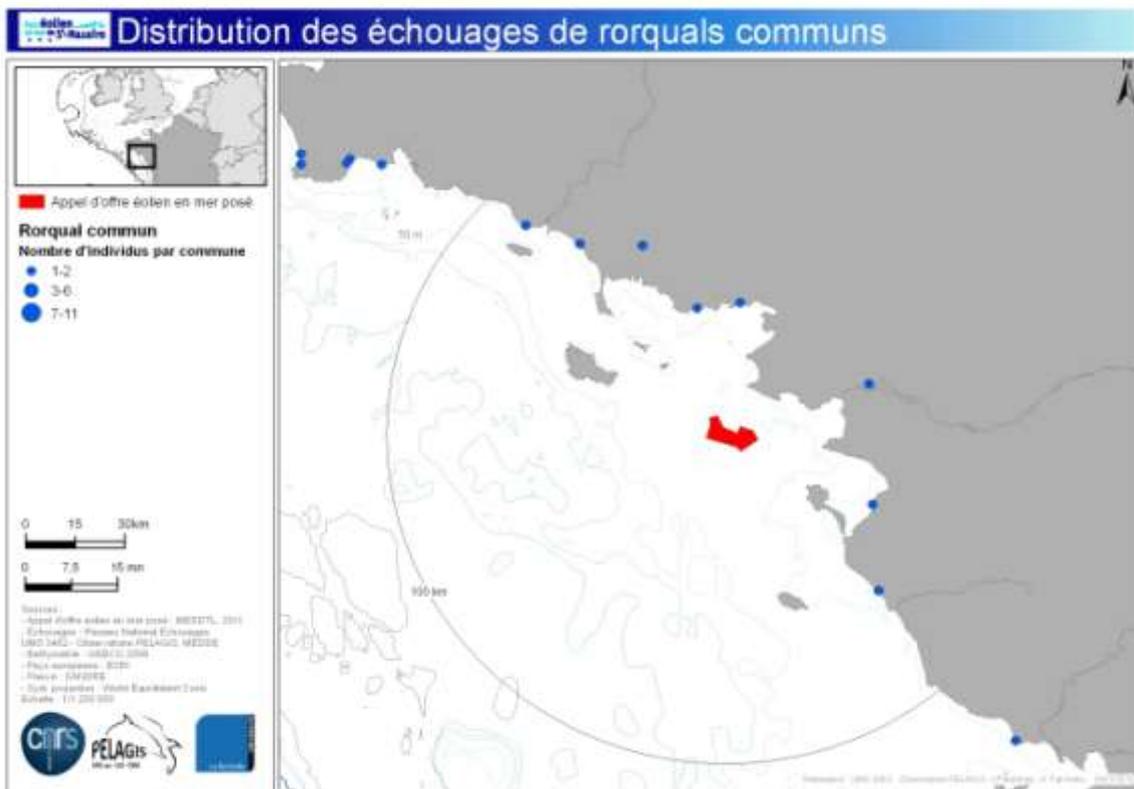
Carte 5 : Distribution spatiale des échouages de dauphins bleu-et-blanc (*Stenella coeruleoalba*)



Carte 6 : Distribution spatiale des échouages de globicéphales noirs (*Globicephala melas*)



Carte 7 : Distribution spatiale des échouages de petits rorquals (*Balaenoptera acutorostrata*)



Carte 8 : Distribution spatiale des échouages de rorquals communs (*Balaenoptera physalus*)

Les dauphins bleu-et-blanc sont nombreux en échouages sur la zone d'étude, et répartis sur l'ensemble de la zone d'étude. Les effectifs sont assez faibles, mais réguliers sur toute la portion de côte de la zone d'étude (Carte 5).

Les échouages de globicéphales noirs sont assez nombreux sur la zone d'étude. Les côtes exposées sont particulièrement concernées, comme la presqu'île de Quiberon et le littoral entre Noirmoutier et l'Anse de l'Aiguillon. Globalement, le sud de la zone d'étude est plus concerné par les échouages de globicéphales que le Nord (Carte 6).

Quelques échouages de petits rorquals ont été enregistrés sur la zone d'étude, globalement situés entre Sarzeau et Noirmoutier (Carte 7).

Les échouages de rorquals communs sont un peu plus nombreux que ceux des petits rorquals, et localisés sur l'ensemble de la zone d'étude (Carte 8).

2.2.1.5. Origine de mortalité des grands dauphins et marsouins communs et probabilité d'échouages

Dans le cadre de la sécurité de la navigation, Météo France utilise un modèle pour prédire les trajectoires d'objets à la dérive en fonction des vents et des courants. Ce modèle appelé MOTHY a été adapté pour prédire la dérive des cadavres de petits cétacés, afin de retrouver la zone de leur mort à partir de la localisation de leur échouage (Peltier, 2011). Il s'agit de remonter le temps afin de définir les zones probables de mortalité des cétacés retrouvés échoués.

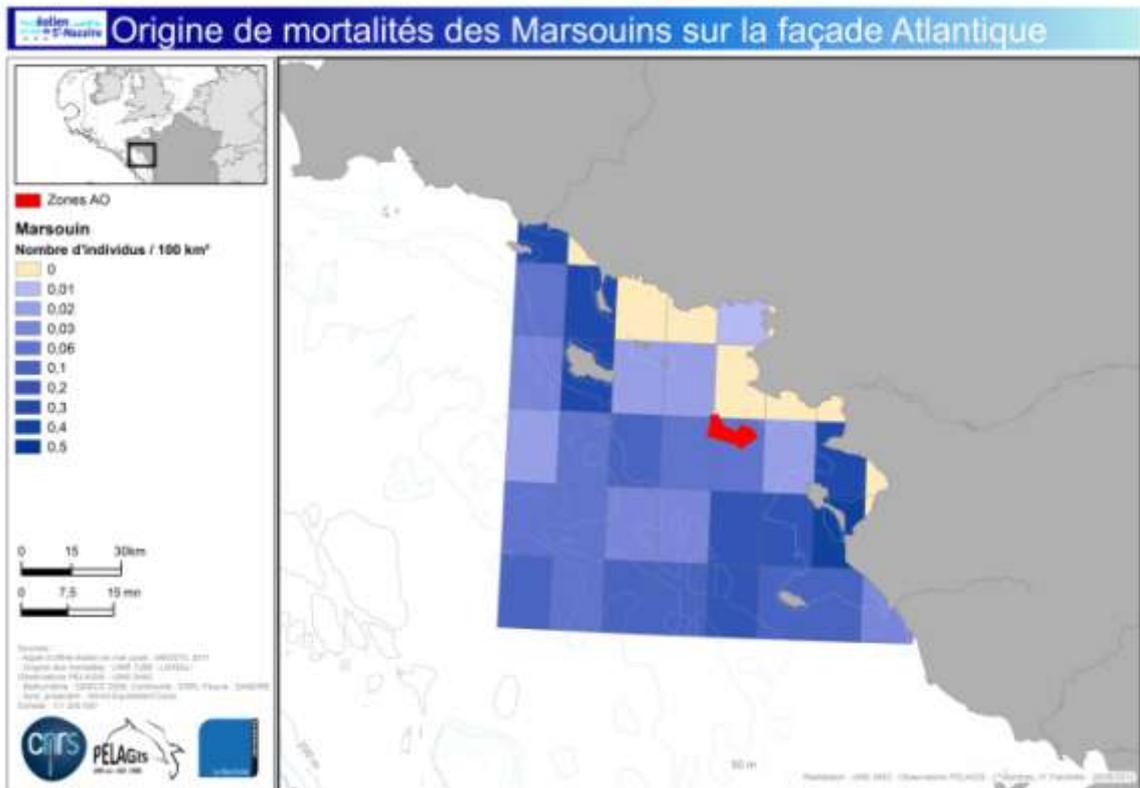
A partir du point d'échouage à la côte, et en fonction de l'état de la carcasse, on peut définir un temps de dérive approximatif. En rentrant ces paramètres dans MOTHY, il est possible de retrouver l'origine de mortalité par dérive inverse depuis la côte, en fonction des vents, des courants et du temps de dérive.

Ce travail de rebours a été effectué pour les échouages de marsouins communs et grands dauphins retrouvés entre 1990 et 2009 sur les littoraux français (carte 9).

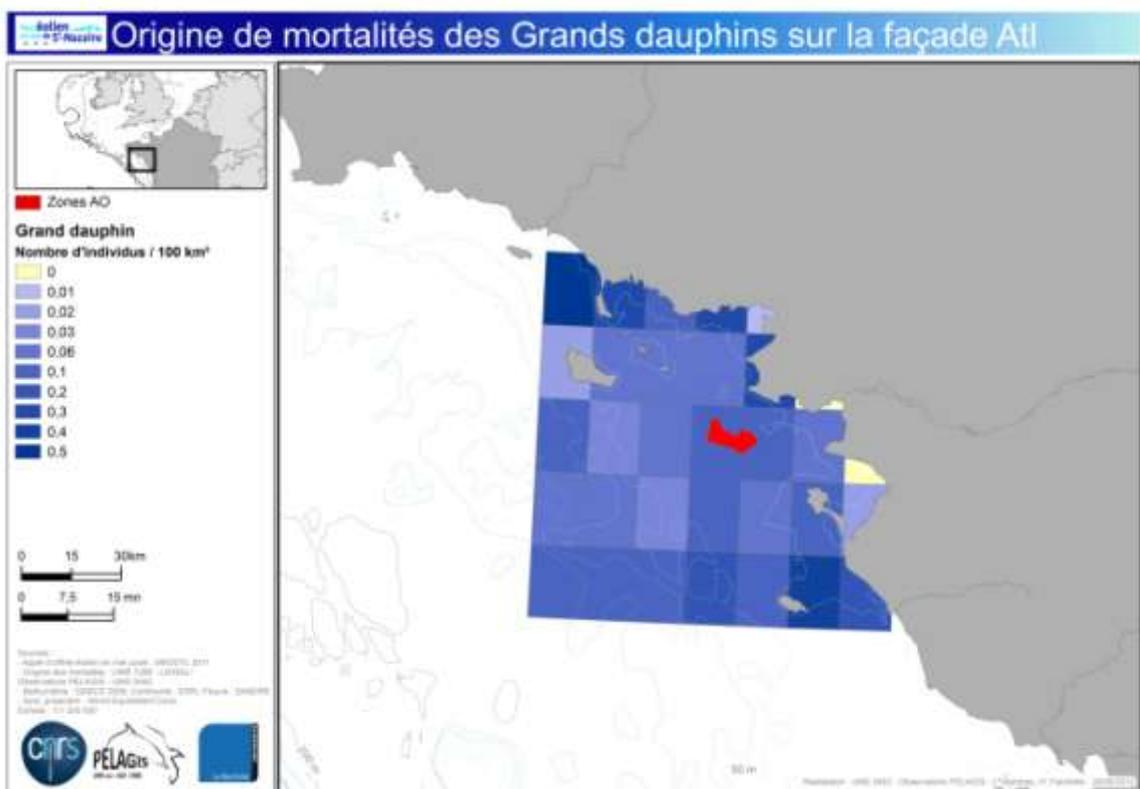
Autour du projet de parc de Saint-Nazaire, les densités de mortalité des marsouins communs et des grands dauphins retrouvés échoués semblent équivalentes, notamment autour des îles de Vendée et du Morbihan. De fortes densités sont également observées au sud du projet de parc de Saint-Nazaire, entre Pornic et Noirmoutier. Sous l'hypothèse que les animaux meurent dans les zones où ils ont vécu, ceci signifie que les deux espèces fréquentent régulièrement la zone de leur vivant.

Conformément à ce que l'on observe pour les échouages, les origines de mortalité confirment que les grands dauphins pourraient utiliser des zones plus côtières que les marsouins, en particulier les zones abritées entre les îles vendéennes et le continent.

A



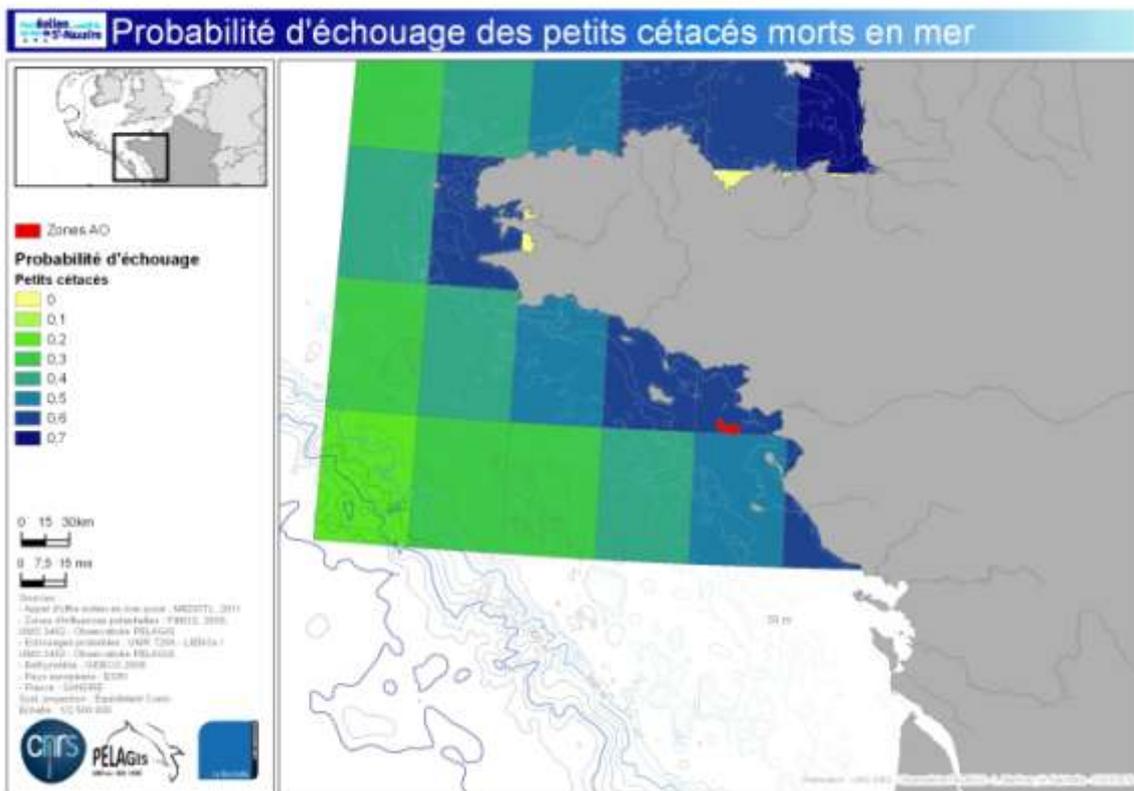
B



Carte 9 : Zones de mortalité des marsouins communs (A) et grands dauphins (B) retrouvés sur la zone d'étude entre 1990 et 2002 (A) et 1990 et 2009 (B)

Ces cartographies constituent un « état initial des mortalités » des marsouins et des grands dauphins, qu'il sera possible de comparer lors du chantier et du fonctionnement du parc.

En parallèle, une carte de la probabilité qu'un animal mort en mer atteigne la côte et s'échoue a été construite (carte 10). La probabilité qu'un animal de s'échouer quand il meurt au large des côtes de Loire Atlantique est élevée en zone côtière (60 à 70% des animaux morts retrouvés échoués) mais décline rapidement en s'éloignant vers le talus continental (20 à 30%). Ainsi, les échouages observés le long de ces côtes sont très représentatifs des changements dans l'abondance ou la mortalité des petits cétacés dans les eaux côtières.



Carte 10 : Probabilité d'échouages des petits cétacés morts en mer

2.2.2. Echouages de pinnipèdes

156 phoques ont été retrouvés échoués dans la zone d'études. Parmi ces animaux, 25 n'ont pas pu être identifiés. 131 échouages seront donc utilisés pour les analyses.

Globalement, les échouages répertoriés sur la zone d'étude présentent une augmentation au cours des années (Figure 20). A l'échelle de la façade, une hausse générale des échouages est constatée tout au long de la série, avec une accélération depuis le milieu des années 90. Toutefois, l'augmentation est beaucoup plus régulière au niveau de la zone d'étude qu'au niveau de la façade. L'augmentation est également moins importante sur la zone d'étude, probablement en raison des faibles effectifs de phoques échoués.

Tableau 2 : Comparaison des effectifs de pinnipèdes échoués sur la zone d'étude et sur l'ensemble de la façade atlantique entre 1969 et 2011

Espèce	Zone d'étude de Saint Nazaire	Façade atlantique
Phoque du Groenland	2	8
Phoque gris	120	861
Phoque à crête	5	28
Phoque veau marin	4	21

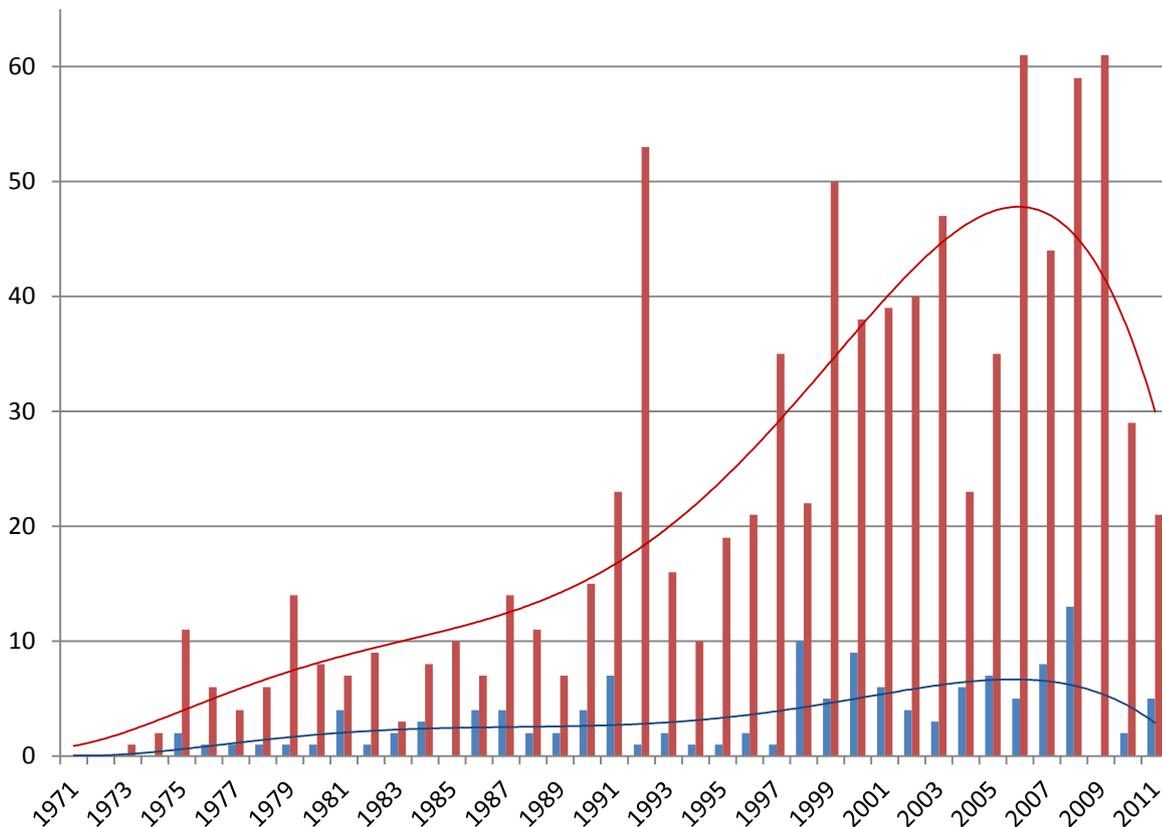


Figure 20 : Evolution temporelle des échouages de pinnipèdes sur la zone de Saint Nazaire (en bleu) et sur la façade atlantique (en rouge)

2.2.2.1. Composition spécifique

Le phoque gris est l'espèce principale retrouvée en échouages sur la zone puisqu'il représente plus de 91% des individus. Le phoque veau-marin arrive ensuite avec 3% des échouages, ainsi que le phoque à crête, puis le phoque du Groenland (Figure 21).

Les phoques à crête et du Groenland sont des phoques polaires, qui sont donc arrivés par hasard sur le littoral atlantique. Leur présence n'est pas représentative d'un quelconque schéma migratoire.

Le phoque gris et le phoque veau-marin sont présents en France, avec des colonies en Manche et en Bretagne.

La colonie la plus proche de la zone d'étude est située dans l'archipel de Molène, et abrite une colonie de phoque gris. Les individus retrouvés échoués en proviennent probablement, et correspondent à de jeunes individus, qui, en période de dispersion peuvent parcourir de grandes distances et rayonner sur

tout le littoral atlantique. Le phoque veau-marin en revanche reste généralement à proximité de leur colonie. Toutes les colonies de phoque veau-marin étant situées en Manche, les individus retrouvés autour de Saint-Nazaire sont vraisemblablement des individus erratiques, égarés loin de leur groupe.

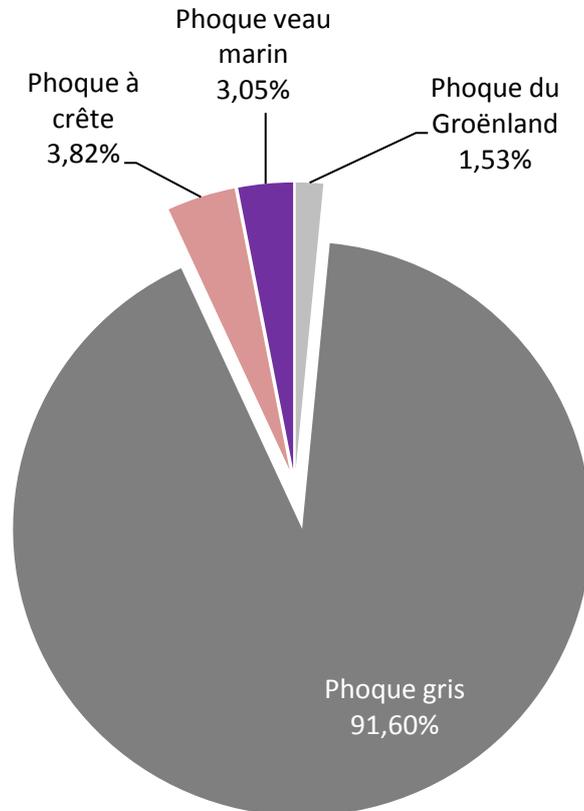


Figure 21 : Composition spécifique des échouages de pinnipèdes dans la zone d'étude

2.2.2.2. Distribution saisonnière des échouages

La saisonnalité des échouages de pinnipèdes est essentiellement due aux échouages de phoques gris, principale espèce de la zone (figure 22). Les échouages de phoque gris ont lieu toute l'année, mais en effectifs variables. Ils sont importants en hiver, avec un maximum de 40 individus en janvier puis décroissent jusqu'en juillet avec une absence en août et septembre. Les effectifs augmentent à nouveau entre octobre et décembre. La mise-bas des phoques gris ayant lieu en automne, les échouages concernent donc principalement des jeunes individus sevrés ou non, pendant la phase la plus vulnérable de leur vie.

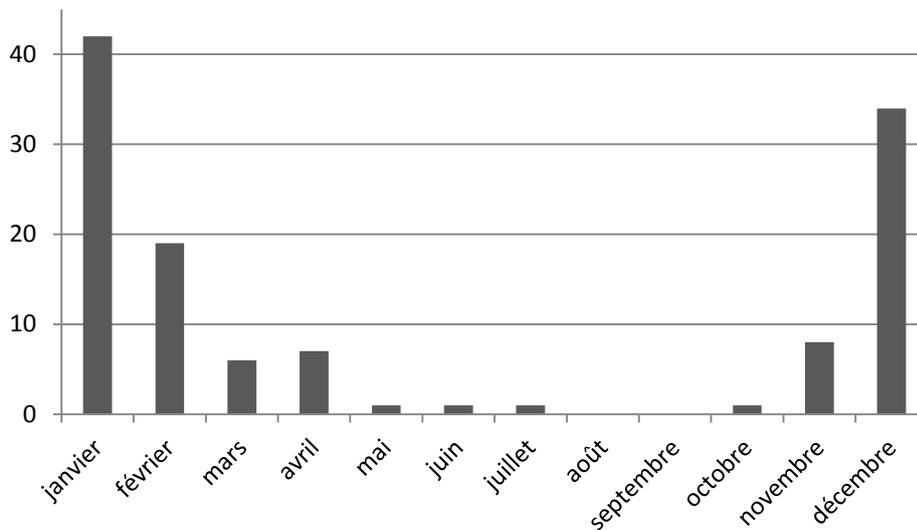


Figure 22 : Distribution saisonnière des échouages de phoques gris

2.2.2.3. Tendance à long terme

L'augmentation observée dans les échouages de pinnipèdes est essentiellement due aux échouages de phoques gris (figure 23). En effet, une augmentation régulière est observée depuis le début de la série temporelle. Cette hausse correspond vraisemblablement à l'augmentation des populations de phoques gris dans l'archipel de Molène.

Les échouages de phoques veau-marin sont très faibles et épisodiques. Aucune colonie de cette espèce n'est située en Atlantique, et les phoques veaux-marins présentent une fidélité importante à leur colonie, s'aventurant rarement loin de celle-ci.

Pour ce qui est des phoques polaire (phoque du Groenland et phoque à crête), leur présence sur la zone est vraisemblablement accidentelle.

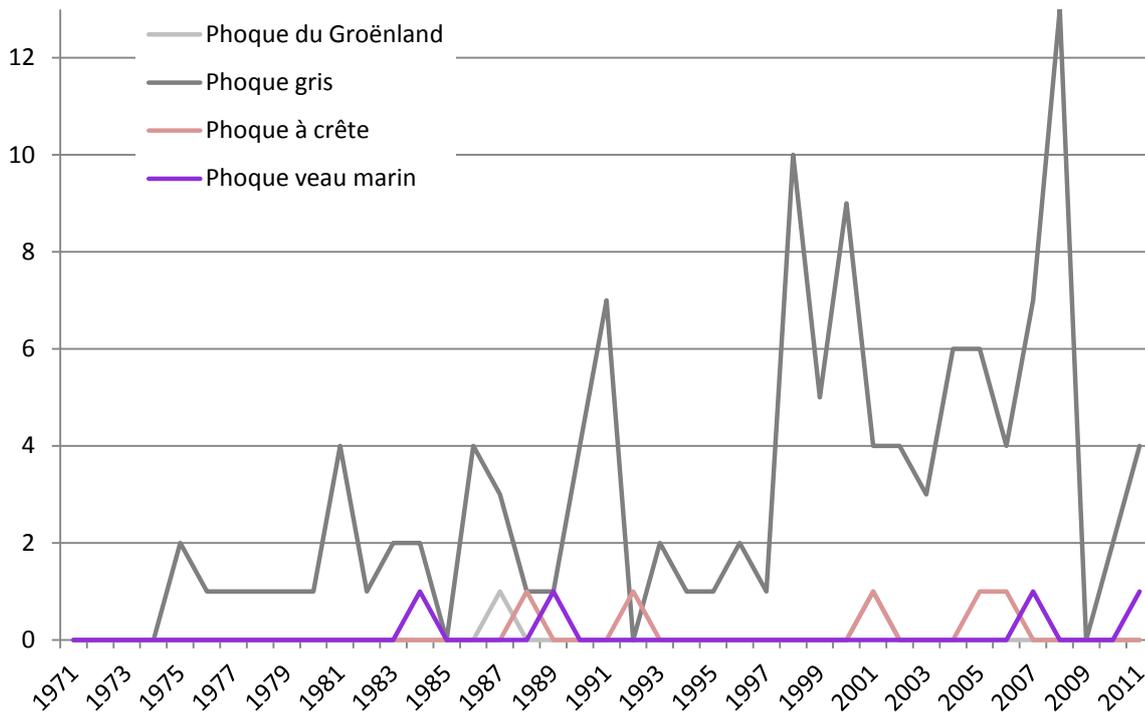
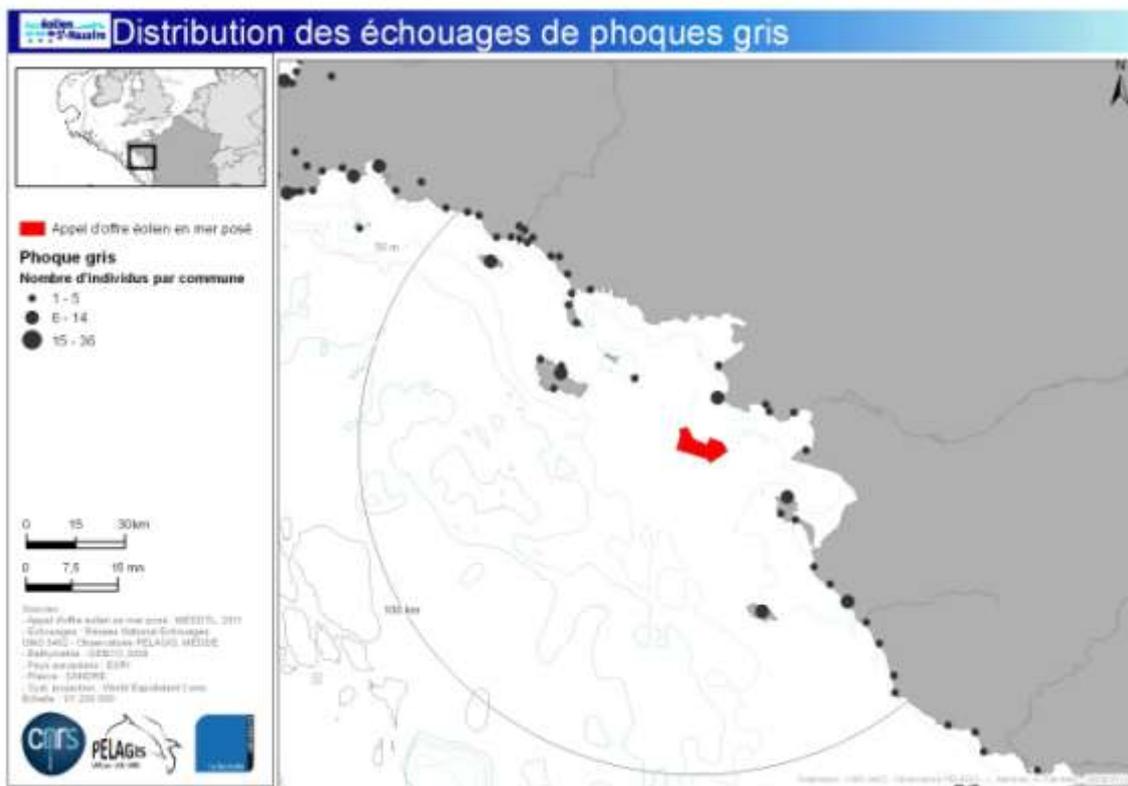


Figure 23 : Tendances des échouages pour chaque espèce de pinnipèdes sur la zone d'étude entre 1971 et 2011.

2.2.2.4. Distribution spatiale



Carte 11 : Distribution spatiale des échouages de phoques gris dans la zone d'étude (1971-2011)

Des échouages de phoques gris sont recensés tout le long de la zone d'étude et de la façade atlantique (Carte 6). Les effectifs sont plus importants vers la Bretagne en raison de la proximité à la colonie de l'archipel de Molène, mais les îles et les portions exposées de la façade atlantique présentent également des effectifs notables. Les individus échoués sont essentiellement des jeunes, en dispersion loin de leur colonie.

2.2.3. Bilan

Les échouages répertoriés sur la zone d'étude sont relativement nombreux à l'échelle de l'ensemble de la façade. La zone d'étude concentre en effet environ 25% des échouages de la côte atlantique.

Les effectifs d'animaux échoués sont donc importants, et présentent une grande diversité spécifique. Les delphinidés sont largement majoritaires dans les échouages recensés avec plus de 87% des individus. Parmi ces derniers, le dauphin commun est l'espèce principale. Il est présent toute l'année, mais présente un maximum en fin d'hiver et début du printemps. Le grand dauphin, le dauphin bleu et blanc, le globicéphale noir et le marsouin commun sont également présents toute l'année sur la zone, attestant d'une fréquentation potentielle du secteur. Les dérives confirment que les taux de mortalités des marsouins et des grands dauphins sont assez élevés autour du projet de parc, confirmant une fréquentation régulière de la zone d'étude. Les échouages observés autour du site apparaissent représentatifs de la fréquentation de la zone par les animaux de leur vivant, et affirment donc la présence régulière de ces espèces sur la zone d'étude.

Enfin, plusieurs espèces plus rares ont été retrouvées échouées sur la zone d'étude comme le rorqual commun, le petit rorqual, le dauphin de Risso ou le lagénorhynque. Si leur présence est non régulière, elle révèle tout de même que le secteur peut éventuellement constituer une zone de passage pour ces espèces. Enfin, des espèces comme les baleines à bec, l'orque, le péponocéphale ou les cachalots sont retrouvées en échouages sur la zone alors qu'elles ne sont pas dans leur habitat préférentiel. Leur présence est vraisemblablement accidentelle.

Pour les pinnipèdes, le phoque gris est l'espèce majoritaire, bien que les effectifs soient faibles. Il n'est pas étonnant de retrouver des jeunes individus loin de leur colonie, d'où leur présence sur le secteur situé à plusieurs centaines de km de la colonie la plus proche. Cela atteste de leur passage potentiel sur la zone, même s'il ne s'agit pas d'un schéma classique, ni d'un habitat préférentiel pour l'espèce.

2.3. Les observations en mer

2.3.1. Les études précédentes

Une pré-étude sur la fréquentation de la zone par les mammifères marins a été effectuée en janvier 2011 par le Centre de Recherche sur les Mammifères Marins.

Cette étude s'est basée sur la bibliographie et les données existantes : les échouages (1971-2009), les observations opportunistes (1971-2009) et les observations standardisées par bateau et avion (2000-2009) dans un rayon de 100 km autour du site éolien. Cette pré-étude a été reprise dans l'étude d'impact réalisée par Créocéan en 2011.

Aucune acquisition de données dédiées n'a été effectuée pour cette zone.

Les échouages sont nombreux, et les observations opportunistes également (plus de 500). Les observations standardisées ont été acquises dans le cadre de programmes nationaux ou internationaux de recensement des mammifères marins, ou encore à partir de plateforme d'opportunité. L'effort d'observation, c'est-à-dire le temps passé par des observateurs qualifiés à scruter l'eau pour détecter les

mammifères marins y est relevé, ce qui permet d'estimer des taux de rencontre de mammifères marins sur la zone d'étude (figure 24).

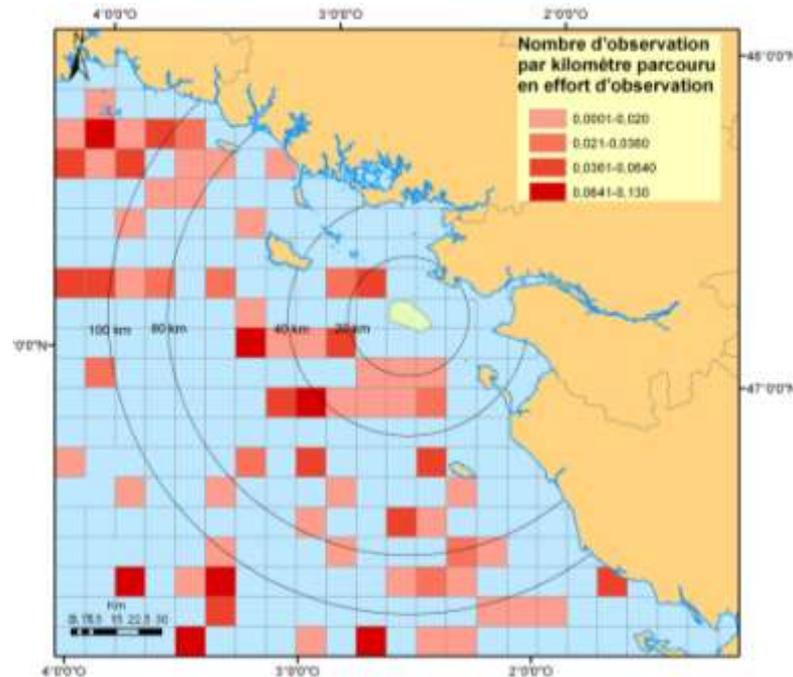


Figure 24 : Taux de rencontre de mammifères marins lors des campagnes en mer standardisées (ULR Valor – CRMM, 2011)

La conclusion de l'étude indique que les espèces les plus exposées aux effets potentiels de l'implantation du parc sur ce secteur sont les dauphins communs, les grands dauphins et les globicéphales noirs. Ceci est dû à leur fréquentation des habitats côtiers et de l'intérêt de cette zone pour ces animaux, observés durant toute l'année. Aucun groupe de dauphins ne semble être résident dans la zone, contrairement à d'autres sites comme l'île de Sein ou l'archipel de Molène. Cette conclusion doit être confirmée par des suivis réalisés avant le début des travaux. Il existe très peu d'observations de dauphins bleu-et-blanc, de dauphins de Risso ou de rorquals dans cette zone. Néanmoins, leur présence en échouage suggère qu'une attention particulière doit être accordée à ses espèces, potentiellement utilisatrices de la zone.

2.3.2. Les données SAMM et autres données standardisées

2.3.2.1. Les données SAMM

Dans le cadre de la directive européenne Habitat, Faune, Flore, le Ministère en charge de l'Ecologie a délégué à l'Agence des Aires Marines Protégées (AAMP) la mise en œuvre d'un Programme d'Acquisition de Connaissances sur les Oiseaux et les Mammifères Marins (PACOMM). L'objectif de ce programme est de réaliser un état initial de la fréquentation des eaux sous juridiction française par les oiseaux et les mammifères marins afin de compléter ou de désigner de nouvelles zones de protection Natura 2000.

Ce programme comporte 4 actions, dont des campagnes d'observation aériennes dédiées, SAMM (Suivi Aérien de la Mégafaune Marine). Les campagnes SAMM se sont déroulées entre novembre 2011 et août 2012 afin de couvrir un hiver et un été, et ont survolé l'ensemble de la ZEE française, et au-delà.

Les survols ont été effectués à bord d'un avion à ailes hautes de type BN2 équipé de *bubble windows* (hublots bulles), suivant des transects linéaires prédéfinis. La vitesse et la hauteur de vol sont

constantes, et fixées à 90 nœuds (167km/h) et 600 pieds (183m). Deux observateurs regardent la mer et relèvent tous les mammifères, oiseaux, tortues, grands pélagiques, bateaux ou déchets qu'ils détectent. Les vols ne sont effectués que si les conditions météorologiques sont adéquates et permettent la détection d'objets en surface, c'est-à-dire lors de conditions inférieures ou égales à 4 Beaufort. 4 strates d'échantillonnage ont été définies : la strate côtière jusqu'aux 12 MN, la strate néritique jusqu'à la ligne bathymétrique des 200 m, la strate pente sur le talus et la strate océanique au-delà de la ligne bathymétrique des 2 000m.

Pour les besoins de la présente étude, deux types de cartes ont été réalisées. Dans un premier temps, des cartes maillées réalisées à partir des taux de rencontre des mammifères marins en nombre d'individus, c'est-à-dire le nombre d'individus rencontrés par 1 000km réalisés en effort ; d'autre part des cartes de densité de points, c'est-à-dire le nombre d'observations par unité de surface. Chaque type de carte a été réalisé pour l'été et pour l'hiver, afin de comparer les distributions des cétacés entre les deux saisons, sauf pour le grand dauphin en Manche dont les faibles effectifs rendent impossible la modélisation.

Les cartes maillées ont été produites à partir des données d'observation de la strate néritique. La strate côtière n'a pas été utilisée afin de ne pas fausser les résultats par un effort très important sur une petite frange côtière. Pour chaque maille, le nombre total d'individus observés à l'intérieur a été corrigé par le nombre de kilomètres réalisés en effort d'observation dans cette même maille. Pour rappel, l'effort d'observation est le temps passé par 2 observateurs à observer l'eau pour détecter des mammifères marins sur un transect. Cela permet ainsi de lisser les erreurs liées à un faible effort d'échantillonnage, et d'éviter une surestimation des cétacés dans ces zones.

Les mailles utilisées ont pour dimension 40 km par 40 km. Ce maillage est large, mais s'explique par le *design* des transects SAMM : il s'agit de la plus petite taille de maille applicable pour que toutes les mailles contiennent de l'effort. Le plan d'échantillonnage a été dessiné pour répondre à une question à grande échelle, il est donc impossible d'avoir des éléments plus précis à l'échelle de la zone de parc. Pour toutes les cartes maillées de taux d'effectifs, les bornes inférieures des classes d'individus de la légende sont exclues.

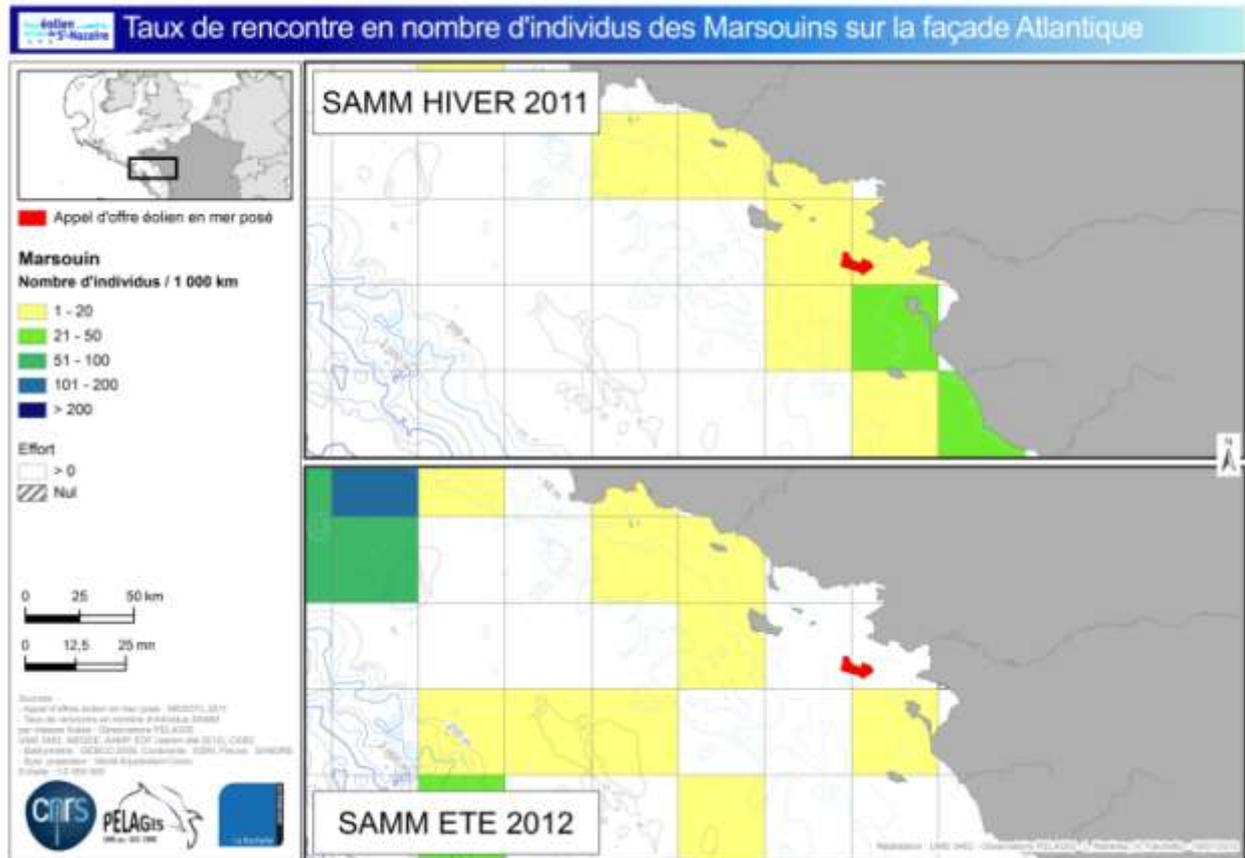
Les cartes de densité sont d'un lissage réalisées à partir des points d'observations des strates côtières et néritiques en utilisant un traitement statistique de type Kernel réalisé sous le logiciel R. Ces cartes représentent le nombre d'observations de groupe de mammifères marins par unité de surface. Le nombre d'individus n'est pas considéré ici, mais la taille des groupes observés a tout de même été représentée sur la carte pour voir s'il y a une différence saisonnière sur ce paramètre. Des analyses sont effectuées à partir des points existants et permettent de proposer une image lissée de la distribution des cétacés sur les zones d'étude. Toutefois, cette analyse ne prend en compte ni les covariables de détection ni celles d'habitat préférentiel des espèces. Elle ne renseigne donc pas sur la probabilité de présence dans les zones non échantillonnées. Il s'agit d'une simple représentation visuelle et lissée des données SAMM.

2.3.2.1.1. *Marsouin commun*

2.3.2.1.1.1. Taux de rencontre en nombre d'individus

Sur la zone de Saint Nazaire, on constate tout d'abord que les marsouins observés sont localisés sur la strate côtière (carte 12). La zone de Saint Nazaire est fréquentée par les marsouins durant l'hiver, les plus grosses concentrations étant observées juste en dessous du projet de parc, face à Noirmoutier et face au Sud de la Vendée avec des effectifs allant jusqu'à 50 individus par 1 000 km d'effort. Les effectifs observés entre l'île de Groix et Saint Nazaire sont moins importants, entre 1 et 20 individus pour 1 000 km.

En été, quelques marsouins ont été observés au sud du projet de parc, mais les observations sont moins nombreuses et situées plus au large qu'en hiver.

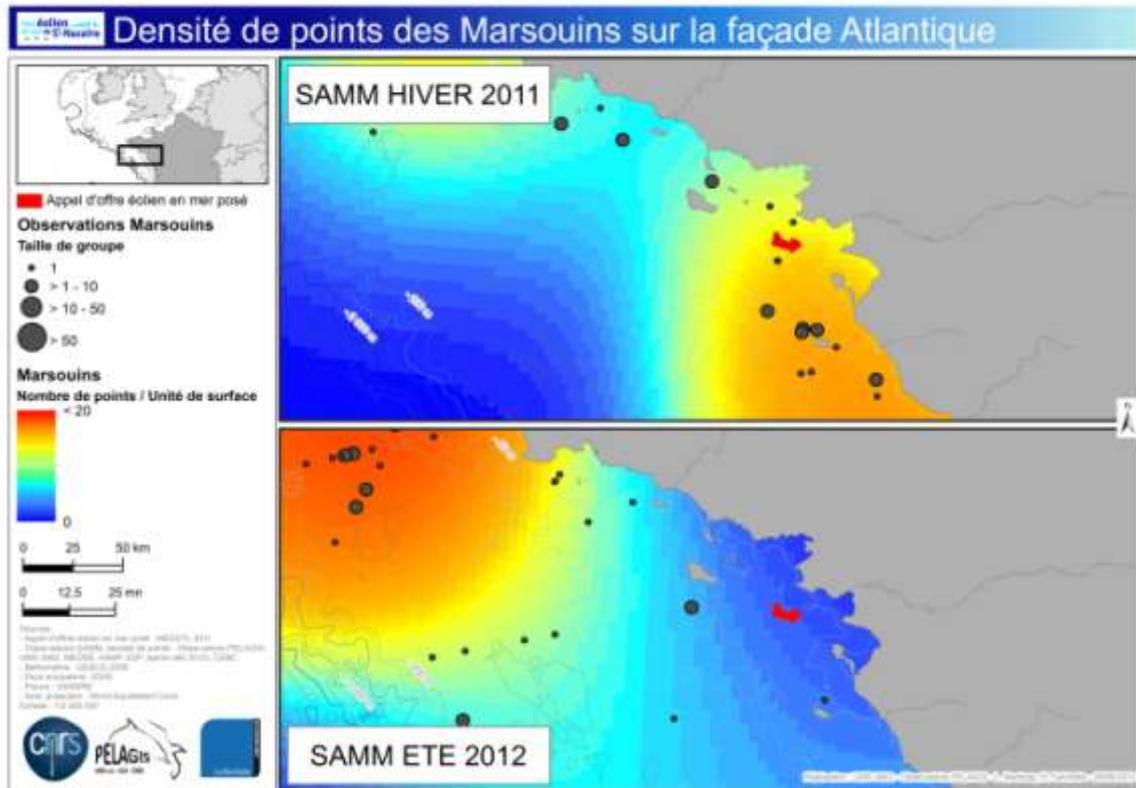


Carte 12 : Taux de rencontre en nombre d'individus des marsouins communs (*Phocoena phocoena*)

2.3.2.1.1.2. Densité

En hiver, de fortes densités de marsouins sont observées autour du projet de parc de Saint Nazaire et au sud de celui-ci, jusqu'au sud de la Vendée (carte 13).

La zone est globalement très fréquentée par les marsouins sur le sud de la zone d'étude. Les marsouins sont observés en petits groupes de moins de 10 individus, mais de très nombreux groupes ont été observés à proximité des côtes pendant l'hiver, en particulier sur une zone s'étalant de Saint Nazaire jusqu'au sud de la Vendée. Le nord de la zone d'étude présente des densités plus faibles. En été, peu de marsouins ont été observés dans la zone d'étude. Quelques groupes ont été observés face à Noirmoutier et Belle-Ile, mais globalement les observations se font plus au large et plus au nord qu'en hiver. Les groupes rencontrés sont également de plus petite taille.



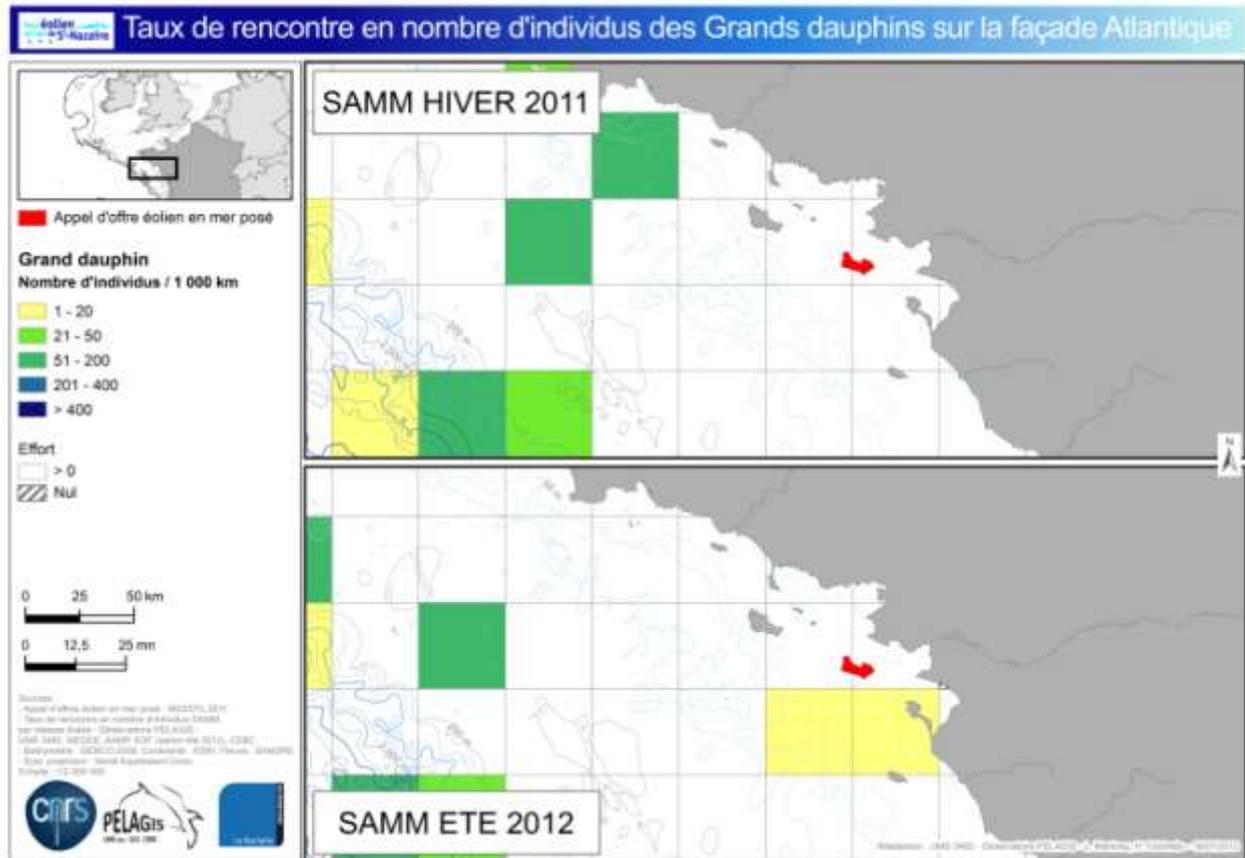
Carte 13 : Densité de points des marsouins communs (*Phocoena phocoena*)

2.3.2.1.2. Grand dauphin

2.3.2.1.2.1. Taux de rencontre en nombre d'individus

Concernant les grands dauphins, peu d'observations ont été effectuées dans le périmètre de la zone d'étude en hiver (carte 14). Globalement, les observations ont eu lieu beaucoup plus au large que la zone d'étude, à proximité du talus continental. Des observations côtières ont été effectuées, mais plus au Nord, face à Concarneau. Les effectifs enregistrés sur ces zones sont par ailleurs relativement importants, jusqu'à 200 individus pour 1 000 km.

En été, les effectifs sont moins importants (4 à 20 individus pour 1 000 km) mais les observations ont eu lieu au sud du projet de parc, en face de Noirmoutier.



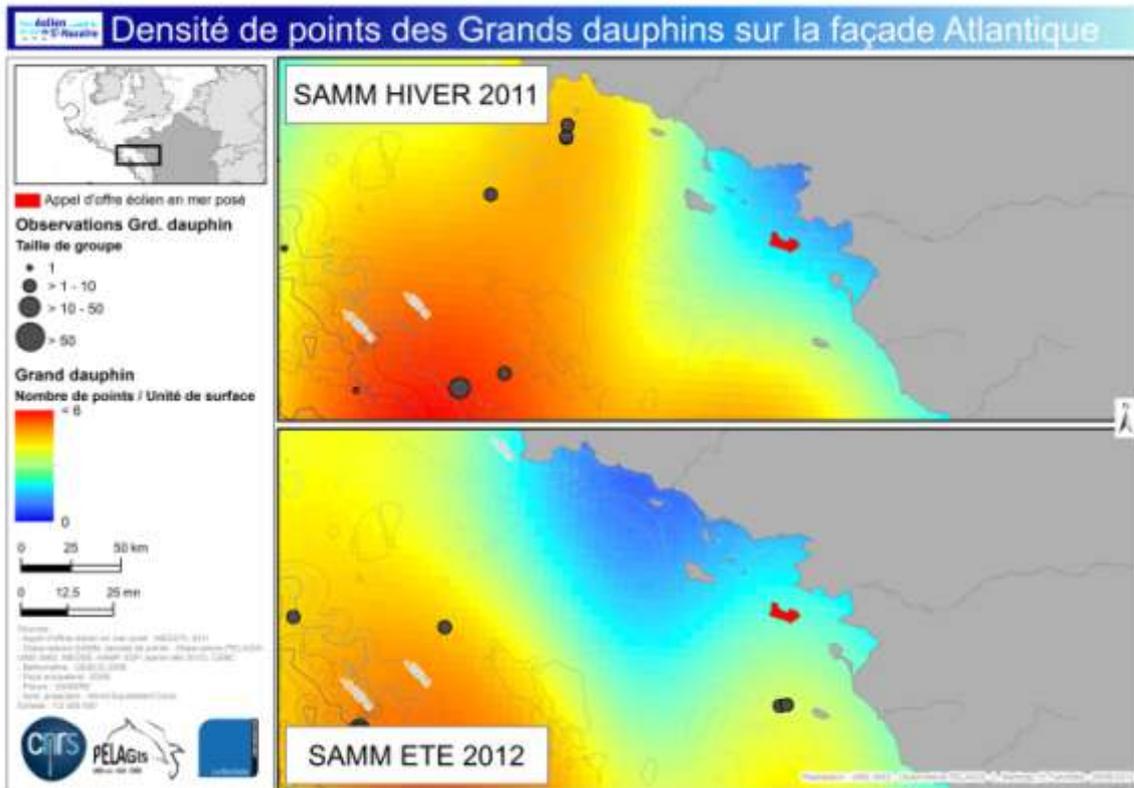
Carte 14 : Taux de rencontre en nombre d'individus des grands dauphins (*Tursiops truncatus*)

2.3.2.1.2.2. Densité

En hiver, les densités de grand dauphin sont assez faibles dans la zone d'étude (carte 15) comparativement à des espèces comme le marsouin ou les petits delphininés. Les densités importantes sont rencontrées plus au large, à proximité du talus continental, et dans une moindre mesure, en face du Morbihan, au nord de la zone d'étude. Aucune zone de densité importante de grand dauphin n'a été détectée à proximité du projet de parc de Saint Nazaire. Les groupes rencontrés ont montré des effectifs importants, jusqu'à 50 individus.

En été, les observations de grands dauphins sont également peu nombreuses dans la zone d'étude. Les fortes densités sont globalement observées plus au large, sur la zone de talus. Les densités sont également moins importantes en été qu'en hiver. Cependant, plusieurs observations ont eu lieu en été à une vingtaine de km au sud du parc de Saint Nazaire.

Les groupes observés en été sont également de plus petite taille que ceux de l'hiver.

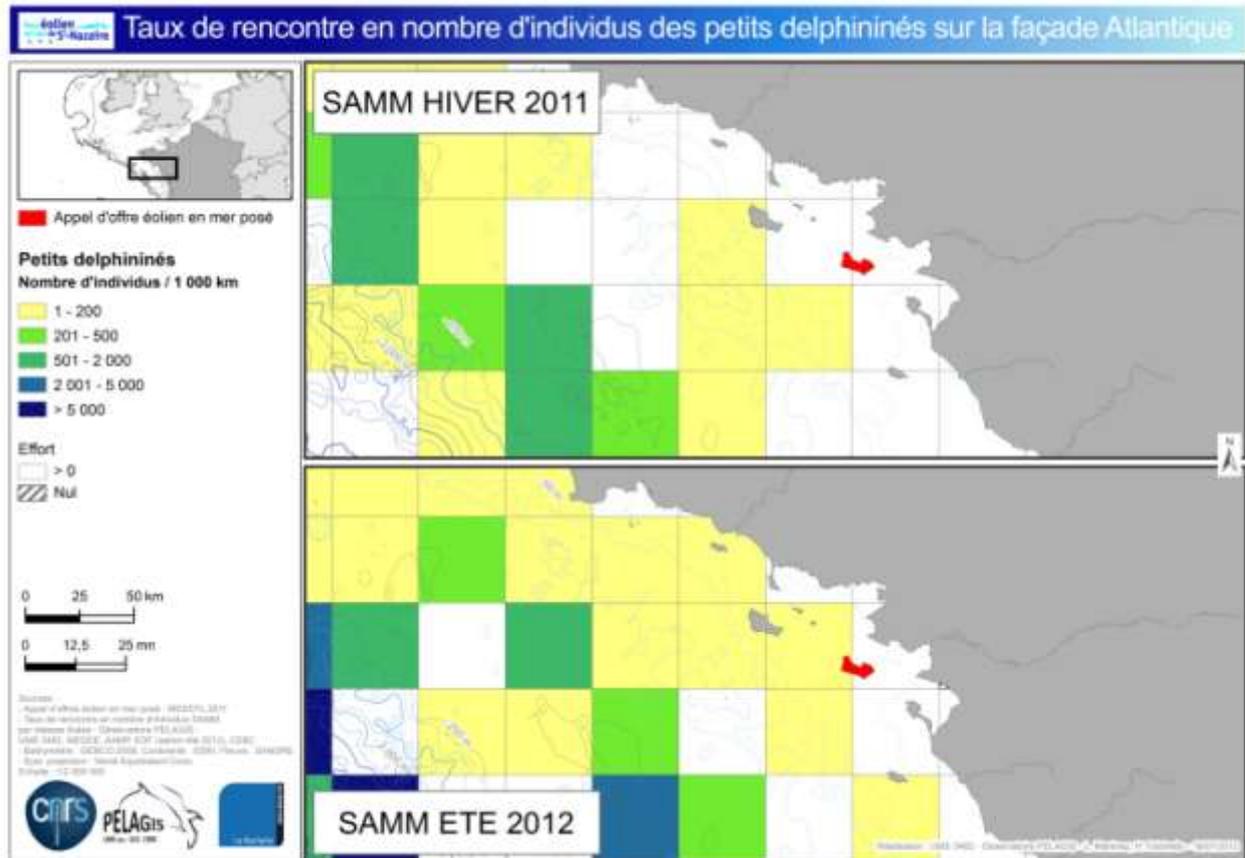


Carte 15 : Densité de points des grands dauphins (*Tursiops truncatus*) sur la zone d'étude et ses environs

2.3.2.1.3. *Petits delphininés*

2.3.2.1.3.1. Taux de rencontre en nombre d'individus

Les petits delphininés regroupent les dauphins communs et les dauphins bleu-et-blanc qu'il est souvent difficile de distinguer lors d'un survol. En hiver, les petits delphininés sont abondamment présents sur la zone d'étude, mais pas en secteur très côtier. Les plus forts effectifs sont localisés à la frontière entre le plateau et le talus continental, où l'on dénombre jusqu'à 2 000 individus pour 1 000 km parcourus. En été, la présence des petits delphininés est plus importante qu'en hiver, avec une répartition plus large et en effectifs plus élevés. Les petits delphininés sont observés plus près des côtes en été qu'en hiver et les effectifs sur le plateau continental sont également plus importants (carte 16).

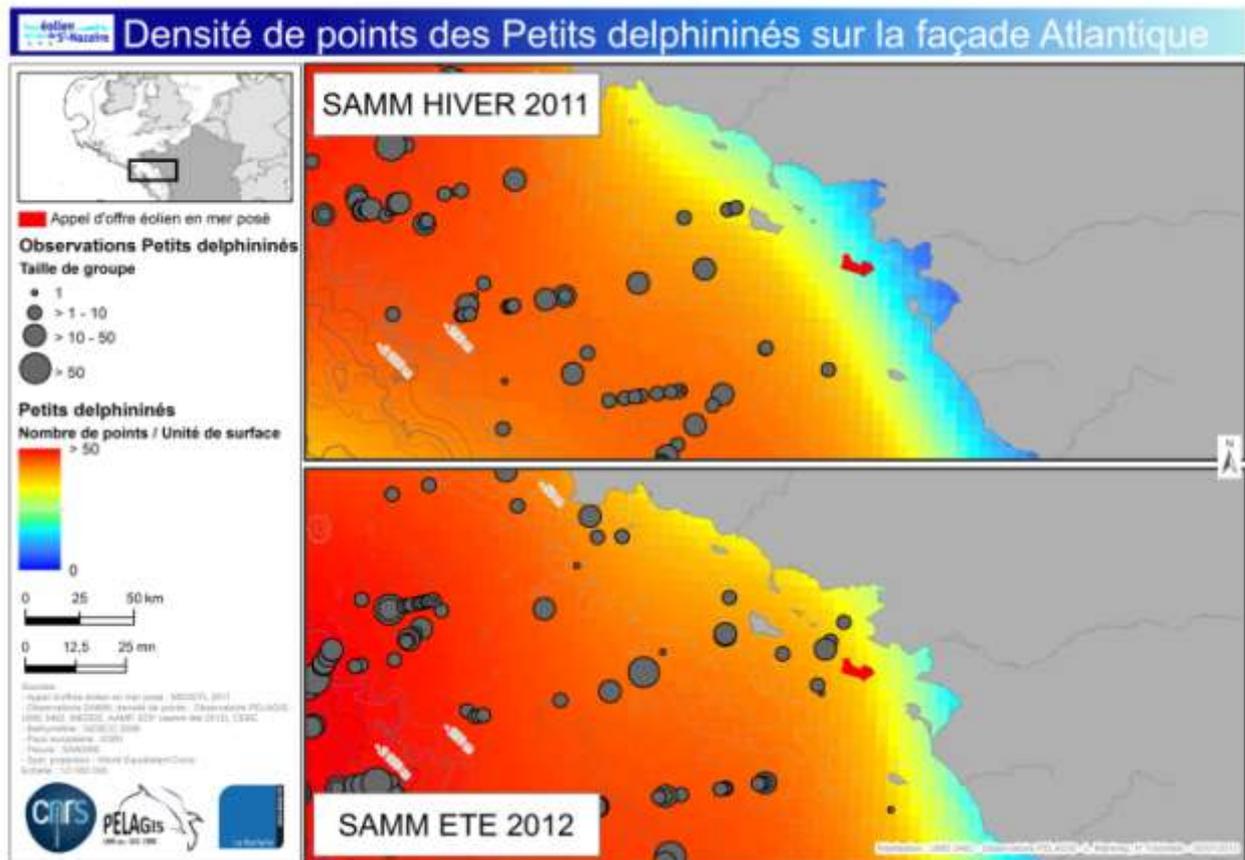


Carte 16 : Taux de rencontre en nombre d'individus des petits delphininés

2.3.2.1.3.2. Densité

En hiver, les densités de petits delphininés (dauphins communs et dauphins bleu-et-blanc) sont très importantes sur la zone d'étude. L'ensemble du plateau continental est concerné à l'exception des secteurs très côtiers. Les plus fortes densités sont localisées face au Morbihan, mais de nombreux groupes de petits delphininés ont été observés sur toute la zone. On remarque cependant que toutes les observations réalisées en hiver dans la zone d'étude ont été effectuées à plus de 30 km des côtes, et à plus de 40 km du projet de parc de Saint-Nazaire (Carte 17).

En été, les densités de petits delphininés sont encore plus importantes qu'en hiver. Les plus fortes densités sont observées sur le talus. Contrairement à ce qui était observé en hiver, des groupes de petits delphininés ont été observés en secteur côtier durant l'été, près des côtes de Loire-Atlantique. Ainsi, plusieurs groupes de 10 à 50 petits delphininés ont été observés entre 10 et 30 km du projet de parc de Saint Nazaire (Carte 17).

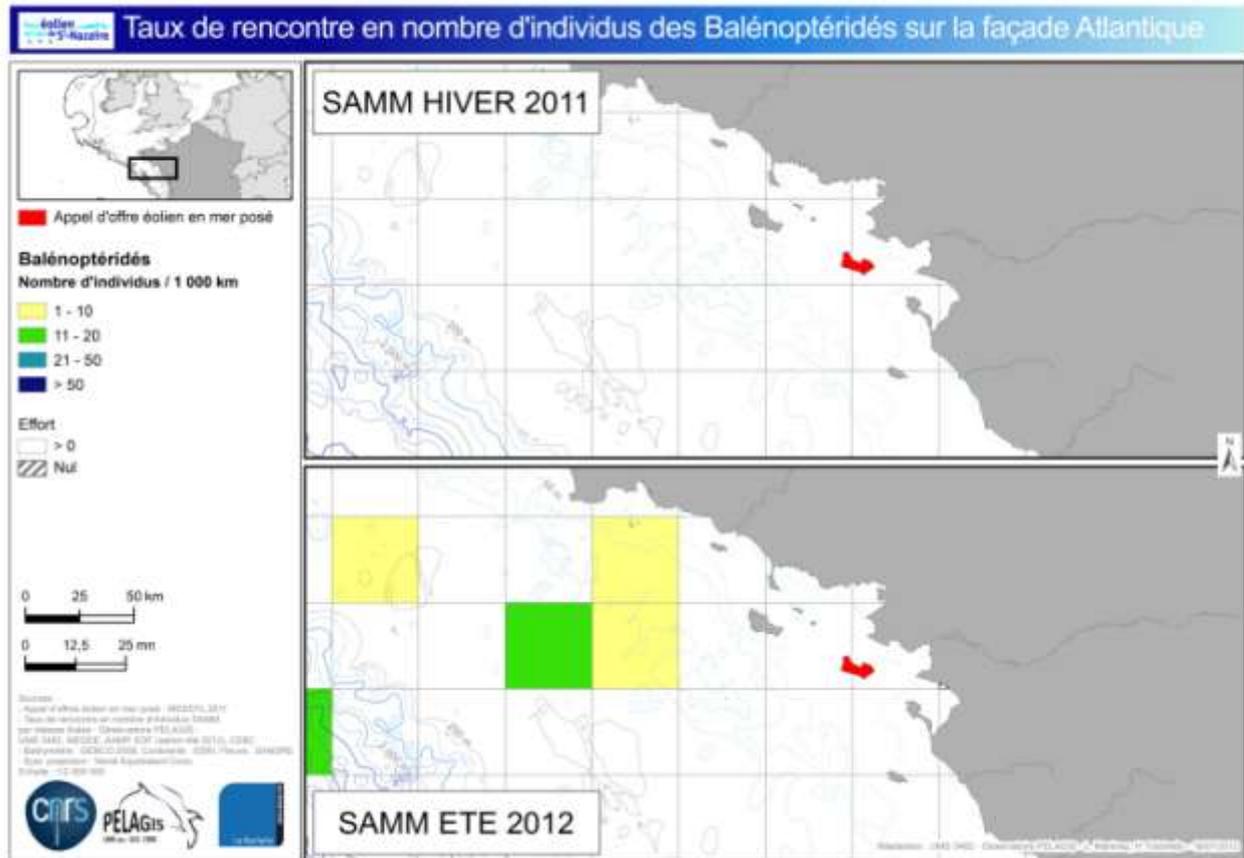


Carte 17 : Densité de points des petits delphininés sur la zone d'étude et ses environs

2.3.2.1.4. Globicéphalinés

Les globicéphalinés regroupent les globicéphales noirs et les dauphins de Risso. En hiver, les observations de globicéphalinés sont peu nombreuses dans la zone d'étude. Quelques observations ont eu lieu en secteur côtier dans le nord de la zone, entre les côtes bretonnes et la côte ouest de l'île de Groix, mais en effectif faible. D'autres observations ont eu lieu sur le talus continental.

En été, aucune observation côtière n'a été effectuée. Les observations ont eu lieu sur le talus continental, mais en effectifs plus important qu'en hiver (carte 18).



Carte 19 : Taux de rencontre en nombre d'individus des balénoptéridés

2.3.2.1.6. Bilan

Globalement, les marsouins sont présents en densité importante sur la zone du parc de Saint Nazaire et sur la frange côtière au sud de celui-ci en hiver, contrairement aux données des campagnes SCANS qui ne relevaient pas la présence du marsouin dans le golfe de Gascogne. En été, l'espèce est plus au large et peu présente sur la zone d'étude.

Concernant les grands dauphins, ils fréquentent peu la zone de parc en hiver, privilégiant les zones plus au large, près du talus ou plus au sud, où les densités sont importantes. En été, ils sont observés à proximité de la zone de parc, dans la partie sud de la zone d'étude en petits groupes.

Les petits delphininés sont très abondants sur toute la zone d'étude toute l'année, mais leur présence est plus importante en été et surtout plus côtière.

Les globicéphalinés sont peu présents sur la zone d'étude, utilisant préférentiellement le talus continental.

Les balénoptéridés ont été observés en été sur la zone d'étude.

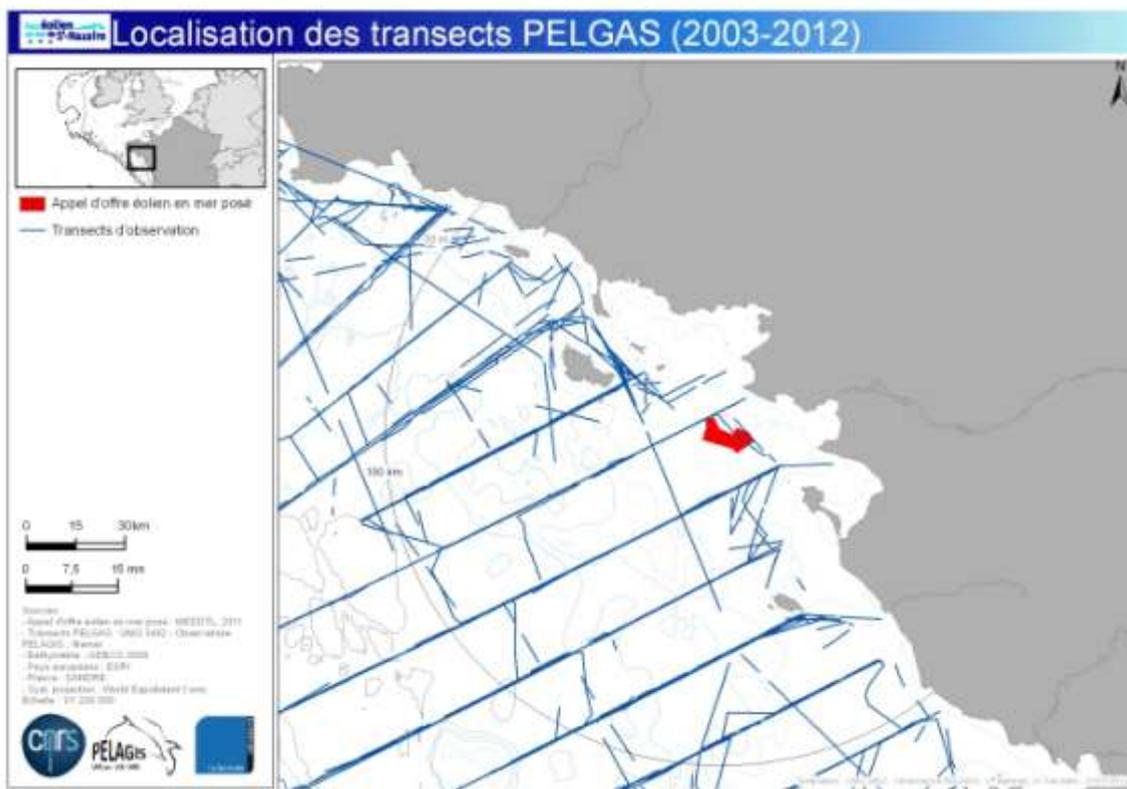
Plusieurs espèces utilisent donc la zone de façon régulière: le marsouin est abondant en hiver sur le secteur, alors que le grand dauphin et les balénoptéridés peuvent utiliser la zone d'étude en été. Les petits delphininés sont quant à eux présents toute l'année en effectifs importants.

2.3.2.2. Les autres données

Les campagnes PELGAS sont des campagnes scientifiques halieutiques ayant lieu chaque année au printemps dans le golfe de Gascogne. Menées sur le N/O Thalassa par les équipes d'Ifremer, elles visent à estimer les stocks d'anchois et autres petits pélagiques. L'échantillonnage est réalisé sous

forme de transects linéaires et de chalutage à des points stratégiques. Ce protocole est particulièrement adapté à l'observation des mammifères marins, puisque la méthode du transect linéaire (« *line transect* ») est celle généralement conseillée pour ce type d'étude. Ainsi, depuis 2003, des observateurs embarquent à bord pour faire du dénombrement de mammifères et oiseaux marins sous l'égide du CRMM/Pelagis.

Aujourd'hui, ce sont près de 10 ans de données qui ont ainsi été acquises.



Carte 20 : Localisation des transects réalisés en effort d'observation durant les campagnes PELGAS (2003-2012)

2.3.2.2.1. Composition spécifique

Au total, 75 observations ont été effectuées sur la zone, pour un total d'environ 1611 individus.

L'espèce majoritairement observées pendant ces campagnes est le dauphin commun (figure 25). A la fois en nombre d'observation et en nombre d'individus, les dauphins communs sont relativement abondants dans la zone d'étude puisqu'ils représentent entre 73 et 83% des observations. Il s'agit d'une espèce relativement côtière, fréquemment observée en grand groupe.

Le grand dauphin arrive ensuite, avec 8 à 9% d'observation. Le globicéphale est plus rare, avec seulement 2%. Il s'agit d'une espèce vivant préférentiellement sur des fonds importants et généralement rencontrée sur le talus. Leurs incursions en milieu côtier sont épisodiques, et ont plutôt lieu en début d'été.

Quelques petits rorquals sont également observés. Sans être côtière, l'espèce est fréquemment observée sur le plateau continental. Les petits rorquals sont souvent observés seuls ou en très petits groupes contrairement aux delphinidés, d'où leur faible représentativité en nombre d'individus.

Les observations de marsouins communs sont rares, et représentent environ 1%. La discrétion de ces animaux et le dérangement généré par le bateau expliquent ce biais, et entraînent une sous-estimation de la présence du marsouin sur la zone d'étude.

Enfin, certaines observations n'ont pas permis d'identifier avec certitude l'espèce rencontrée, et sont donc regroupées sous « delphinidés ind. » et « rorquals ind. ».

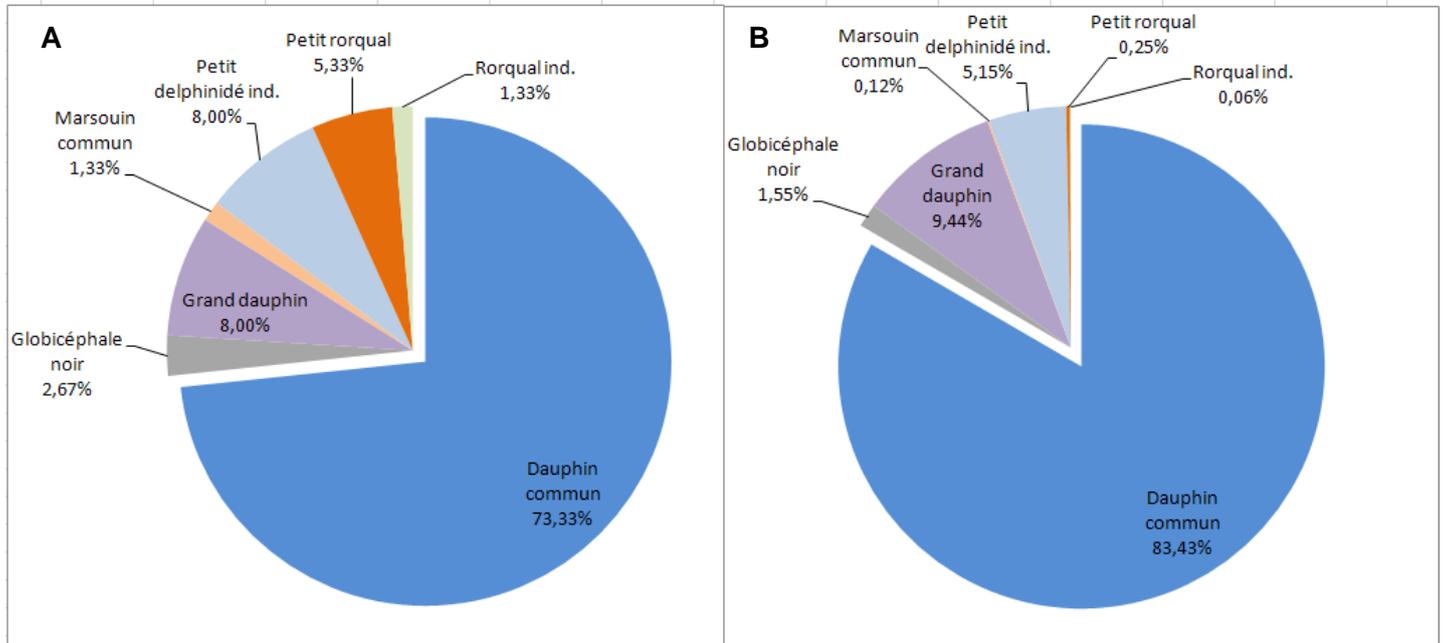


Figure 25 : Composition spécifique des observations en mer réalisées lors des campagnes PELGAS sur la zone d'étude en nombre d'observations (A) et nombre d'individus (B)

Ces données apportent ainsi des informations sur les espèces présentes dans la zone, mais la récurrence des campagnes produit également une série temporelle qui apporte des informations supplémentaires sur l'évolution de la fréquentation.

2.3.2.2.2. Utilisation et fréquentation

Parmi les observations effectuées, le comportement des animaux a été défini pour 68 d'entre elles. Il est difficile de déterminer précisément l'activité des cétacés car elle peut être influencée par le bateau : arrêt de l'activité en cours, fuite, attraction... Ces éléments sont donc à considérer avec précaution.

La majorité des observations correspond à du déplacement (57%). 21% des cétacés rencontrés étaient en train de s'alimenter. 19% des animaux ont délaissé leur activité pour s'approcher du bateau, et enfin 3% sont restés stationnaire (figure 26).

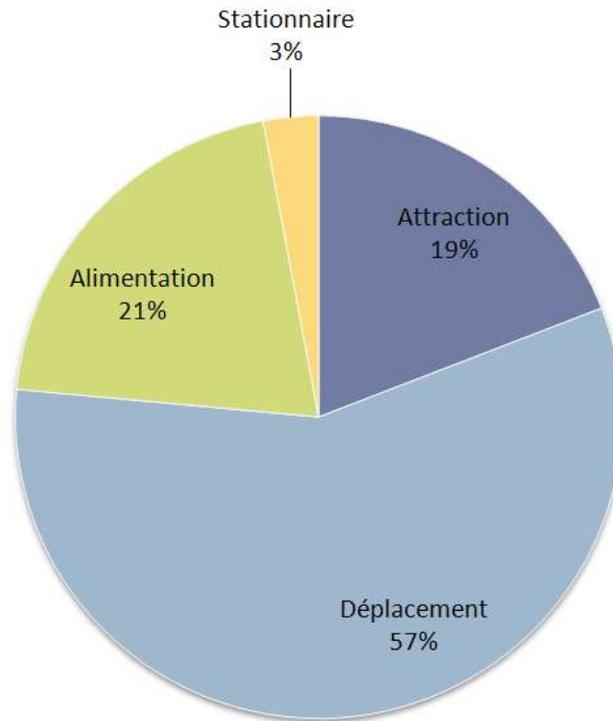


Figure 26 : Activités relevées des cétacés observés dans le secteur

Globalement, la densité (c'est-à-dire le nombre d'individus par km² corrigé par l'effort d'observation) est assez élevée (figure 27), comparativement aux dénombrements européens (figure 8).

Cela signifie que la zone est relativement fréquentée par les dauphins communs. On remarque toutefois que les valeurs varient du simple au double en fonction des années. Si un facteur humain peut être avancé, il n'en reste pas moins que la variation interannuelle semble importante au niveau de la fréquentation de la zone par les dauphins communs.

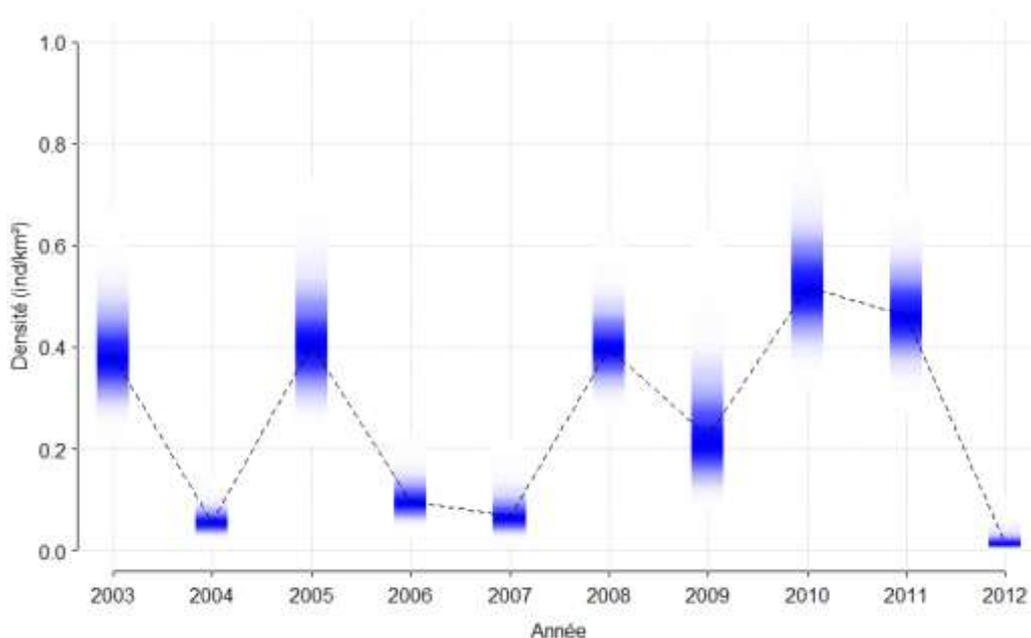


Figure 27 : Densité moyenne estimée pour les dauphins communs en fonction des années sur la zone d'étude

2.3.2.2.3. Bilan

Le dauphin commun est l'espèce majoritairement observée sur le secteur. Il s'agit d'une espèce abondante sur le plateau continental, mais présentant d'importante fluctuation de présence selon les années.

D'autres espèces peuvent également être présentes, comme le globicéphale, le grand dauphin ou le petit rorqual. Toutefois, les observations sont trop peu nombreuses pour dégager un schéma de fréquentation. La plupart des animaux observés sur la zone d'étude semblent être de passage.

2.4. BILAN GENERAL

Les échouages suggèrent la présence des marsouins, des dauphins communs et des grands dauphins sur la zone toute l'année, mais avec un pic en fin d'hiver et début de printemps pour le marsouin, et en hiver pour de grand dauphin et le dauphin commun. Les modélisations indiquent que les origines de mortalité des animaux retrouvés échoués sont situées à proximité de la zone de parc dans l'ensemble de la zone d'étude, bien que plus côtière pour le grand dauphin que pour le marsouin.

Ces échouages sont donc représentatifs de la fréquentation de la zone par ces espèces. Les mortalités des grands dauphins peuvent s'avérer plus côtières que celles des marsouins, indiquant que les grands dauphins peuvent occasionnellement utiliser le secteur côtier.

Les globicéphales noirs et dauphins bleu-et-blanc sont également recensés régulièrement en échouages.

Concernant le phoque gris, des échouages sont recensés sur le secteur malgré la distance à la colonie la plus proche (environ 200 km) Cependant, il ne s'agit pas d'un schéma classique d'utilisation du site, les incursions des phoques constatées concernant d'avantage des jeunes individus. Leur présence est anecdotique, et ne reflète pas une fréquentation régulière du site.

Les observations en mer confirment que le marsouin, les petits delphininés (dauphins communs et dauphins bleu-et-blanc) et le grand dauphin sont présents dans la zone : le marsouin enregistre de fortes densités entre Saint Nazaire et la Vendée en hiver, et le grand dauphin en été. Les petits delphininés sont quant à eux observés en hiver comme en été en effectif important, même si leur présence est maximale et plus côtière en été. Les effectifs de marsouins sont plus importants sur la zone que les grands dauphins. Les grands dauphins utilisent préférentiellement le talus, mais quelques rapprochements des côtes apparaissent en été, peut être dans un but alimentaire. Quant aux marsouins, ils sont très côtiers en hiver et utilisent abondamment la zone, alors qu'ils se raréfient en été et utilisent préférentiellement le plateau continental. Les petits delphininés semblent également être moins côtiers en hiver qu'en été. Ces observations confirment un schéma saisonnier dans la fréquentation de la zone, et attestent qu'aucune population n'est sédentaire sur le la zone d'étude, même si les petits delphininés y sont observés toute l'année en effectif importants.

Plusieurs types de données et de traitements ont été utilisés pour cette étude : les échouages, les dérives inverses, les observations en avion et les suivis télémétriques. Chacune présente des avantages et des inconvénients. Les traitements choisis ont pour but de les rendre complémentaire afin d'obtenir une image aussi juste que possible du fonctionnement de la zone d'étude. Toutefois, des lacunes subsistent. Les campagnes PELGAS ont montré que la variabilité inter-annuelle du secteur est forte. Les échouages le laissent également entrevoir Les informations apportées par les campagnes SAMM aident à comprendre les grands schémas de distribution des cétacés, mais ne constitue en aucun cas un état de référence avant travaux complet, notamment parce que leur résolution spatiale n'est pas assez fine pour traiter de questions locales et qu'elles ne prennent pas en considération la variabilité interannuelle.

Focus sur la zone d'implantation du projet

La zone d'implantation du projet représente environ 0.3% de la zone d'étude. Il est difficile de déterminer si cette petite zone présente des caractéristiques spécifiques aux vues des données utilisées. Toutefois, il est vraisemblable que la zone d'implantation du projet ne présente pas de caractères particuliers pour les mammifères marins, contrairement à ce qui pourrait être observé en présence de groupes résidents ou de colonies. La zone d'implantation du projet de Saint Nazaire se situe à environ 200 km de la colonie de phoques gris de l'archipel de Molène. Des échouages sont recensés dans la zone d'étude, mais la présence des phoques gris est plutôt anecdotique.

Concernant les cétacés, aucun groupe résident n'est connu localement, et la zone d'implantation du projet ne présente pas de spécificité pour les mammifères marins. Les petits delphininés sont majoritairement observés dans la zone d'étude, mais aucune observation n'est recensée directement dans la zone d'implantation du projet. Les observations sont distribuées dans toute la zone d'étude, mais sont plus côtières en été. Les observations les plus proches de la zone d'implantation du projet ont eu lieu en été, et sont localisées à quelques kilomètres.

La présence des marsouins est également importante dans la zone d'étude, mais assez hétérogène avec des observations dans le sud de la zone d'étude en hiver et au nord-ouest en été. Aucune observation n'a été faite directement dans la zone d'implantation du projet, mais les observations les plus proches sont localisées à quelques kilomètres et ont été effectuées en hiver.

Le grand dauphin est assez peu présent dans la zone, et globalement rencontré dans l'ouest de la zone d'étude, vers le large. Aucune observation n'a été effectuée dans la zone d'implantation du projet, l'observation la plus proche étant localisée à une trentaine de km.

L'échelle des données utilisées ne permet pas d'être suffisamment précis pour définir la présence des mammifères marins dans la zone d'implantation du projet, mais elle est logiquement la même que dans ses abords proches. Certaines espèces présentent une forte hétérogénéité dans leur distribution dans la zone d'étude, comme le marsouin, alors que d'autres présentent une distribution homogène, comme les petits delphininés. Pour les autres espèces, il est difficile de tirer des conclusions, leur fréquentation dans la zone d'étude étant faible.

Globalement, la zone d'implantation du projet n'est pas une zone présentant une fonctionnalité spécifique (reproduction, alimentation...) et elle ne diffère pas du reste de la zone d'étude.

3. Analyse critique des données existantes pour le contexte des projets éoliens

Plusieurs sources de données ont été utilisées pour estimer la distribution et la fréquentation de la zone d'étude par les cétacés. Chacune des méthodes utilisées présente des avantages et des lacunes que la combinaison de plusieurs sources tend à compenser.

L'ensemble des sources de données utilisées permet d'obtenir une représentation de la fréquentation de la zone d'étude et des grands schémas d'occupation. Les échouages renseignent sur les espèces présentes, leur saisonnalité d'échouages et les nombres d'individus échoués. Leur significativité est toutefois souvent remise en cause en raison des dérives parfois sur de grandes distances des carcasses. Les dérives inverses et les probabilités d'échouages calculées dans cette étude permettent de s'affranchir en partie de cette limite en montrant que l'origine des mortalités des marsouins et des grands dauphins retrouvés échoués dans la zone d'étude est située dans des secteurs proches, et sont donc représentatifs de la fréquentation de la zone. La combinaison de ces deux méthodes permet d'utiliser les échouages comme un réel outil de suivi d'abondance relative et de mortalité des petits cétacés. Néanmoins, la distribution des espèces peut difficilement être déduite des échouages. Il est

également difficile de définir si la saisonnalité des échouages est liée à une augmentation de présence des animaux dans la zone, à une augmentation de la mortalité ou à des conditions d'échouages plus favorables.

Concernant les observations aériennes dédiées des campagnes SAMM, elles offrent une bonne image de la distribution des cétacés à l'échelle de l'ensemble de la façade Manche en hiver et en été. L'objectif de ces campagnes étant d'avoir une image à grande échelle de la distribution des cétacés, elles ne peuvent donc répondre en totalité à la problématique des EMR. Le plan d'échantillonnage réalisé durant ces campagnes est relativement large, au point que quelques transects seulement ont couvert les zones de projets éoliens. Il conviendrait donc d'affiner cet échantillonnage tout en gardant une emprise de suivi suffisamment étendue pour être significative. De même, en raison de la logistique et du coût d'une telle campagne, seules deux saisons ont été échantillonnées. Or pour essayer de comprendre l'utilisation faite par les mammifères marins des zones de projets éoliens, il conviendrait de réaliser des suivis pour chaque saison.

De part la méthodologie des campagnes aériennes, les observations sont souvent rapides et ne permettent rarement d'identifier le comportement des animaux sur la zone d'étude. Des suivis complémentaires pourraient donc être développés pour apporter des éléments de réponses, notamment par de l'acoustique passive.

Enfin, les observations réalisées lors des campagnes PELGAS d'Ifremer permettent d'assurer un échantillonnage chaque année sur les mêmes secteurs, ce qui a permis de démontrer la variabilité interannuelle importante sur la zone d'étude. Toutefois, cela ne permet pas de répondre aux questions concernant la saisonnalité puisque ces campagnes ont toujours lieu au printemps. Par ailleurs, le bateau n'est pas un moyen adapté pour détecter les marsouins, qui ont généralement un comportement de fuite, ce qui tend à biaiser les données quant à leur présence sur la zone.

PARTIE 2 – ANALYSE DES EFFETS GENERIQUES ET METHODES DE REDUCTION ET DE SUIVIS DES EFFETS

Synthèse bibliographique sur les effets potentiels des parcs éoliens en mer sur les mammifères marins : analyses des retours d'expérience et procédés de réduction et suivis des effets

RESUME

L'implantation d'un parc éolien en mer peut générer différentes pressions, de différentes intensités sur les mammifères marins. La principale pression engendrée est le bruit. En effet, les mammifères marins sont des espèces acoustiques, qui utilisent le son pour s'orienter, chasser ou communiquer.

La phase de construction sera la plus bruyante, mais sa durée sera de courte durée. La phase d'exploitation sera moins bruyante, mais se prolongera en revanche sur une vingtaine d'année.

Les impacts d'un parc éolien sont conditionnés par l'enjeu que représente la zone, par les conditions topographiques et environnementales, mais aussi par les techniques de construction et le type de fondations utilisés. Pour le projet de parc de Saint-Nazaire, il est envisagé d'utiliser des fondations monopieu. Plusieurs parcs ont déjà été construits avec ces fondations. Les retours d'expériences font souvent état d'une fuite des mammifères marins du secteur pendant les travaux. Les distances auxquelles sont impactés les mammifères marins dépendent des espèces et des conditions environnementales. Les retours d'expérience sont surtout focalisés sur le marsouin commun, le phoque gris et le phoque veau-marin. Globalement, des fuites sont observées pour le marsouin commun jusqu'à 20 km de la source sonore. Des expériences ont montré que le battage de pieu peut être audible jusqu'à 80 km pour le marsouin commun. Les pinnipèdes sembleraient être moins sensibles aux nuisances acoustique dans la mesure où ils sont moins tributaires de l'eau que les cétacés. Des perturbations comportementales peuvent toutefois être observées à proximité de chantiers.

Durant la phase d'exploitation, on assiste généralement au retour des mammifères marins sur la zone, sur une période plus ou moins longue (jusqu'à 2 ans). En fonction de l'intérêt écologique de la zone, les niveaux de fréquentation restent inférieure à la fréquentation de référence, retrouvent les mêmes niveaux qu'avant travaux ou même augmentent. Il est alors difficile de dire si le non-retour de mammifères marins sur la zone provient des impacts de l'exploitation du parc ou si la construction les a définitivement fait fuir.

Il convient également de prendre en compte la sensibilité des espèces avant travaux : en effet, certaines populations déjà très exposées au bruit anthropiques auront des seuils de tolérance beaucoup plus élevés que des populations habituées à un environnement peu exposé au bruit. De même, si l'intérêt écologique de la zone n'est pas suffisamment élevé, les populations n'auront probablement pas d'intérêt à y revenir après la fin des travaux.

Aux pressions exercées par les nuisances acoustiques, il faut également ajouter d'autres effets possibles, mais plus difficilement quantifiable : (i) la modification de l'habitat, par remise en suspension de sédiment et les impacts possibles sur les proies des mammifères marins ; (ii) les collisions avec les navires de constructions, de maintenance ou les piliers eux-mêmes ; (iii) les effets électromagnétiques, générés par les câbles sous-marins ; (iv) l'effet barrière que peut constituer un parc éolien ; (v) l'effet récif que peut avoir un parc éolien, et les conséquences possibles sur les zones de chasse. Il existe peu de retour d'expérience sur ces pressions potentielles. Il convient donc de garder à l'esprit que même si

le bruit est l'effet le mieux documenté et probablement le plus important, d'autres effets peuvent s'y ajouter, et augmenter ainsi l'impact global de l'implantation d'éoliennes.

1. Carte d'identité du site et du projet, enjeux et contexte

1.1. Carte d'identité du site et enjeux

La partie 1 de la présente étude a permis de mettre en évidence la présence de plusieurs espèces de mammifères marins dans la zone d'étude, définie dans un rayon de 100 km autour du projet de parc.

Parmi ces espèces, le dauphin commun, le marsouin commun, le grand dauphin et le globicéphale noir sont les espèces les plus souvent rencontrées, à la fois lors des recensements dédiés et en échouages. 2 de ces espèces sont listées dans l'annexe II de la Directive Habitats, et toutes figurent en annexe IV.

Espèce présente	Sensibilité/conservation	Utilisation de la zone	Fréquentation
Dauphin commun	Natura 2000 (Annexe IV)	Passage Alimentation	- Présent toute l'année, mais maximum en été
Marsouin commun	Natura 2000 (Annexe II)	Passage alimentation	- Présent toute l'année mais maximum en hiver et au début du printemps
Grand dauphin	Natura 2000 (Annexe II)	Passage alimentation	- Présence plus importante en été
Globicéphale noir	Natura 2000 (Annexe IV)	Passage alimentation	- Fréquentation saisonnière des zones côtières en début d'été

Le projet de parc de Saint Nazaire prévoit l'implantation de 80 éoliennes sur des fondations monopieux par battage/forage. D'autres projets existent également dans le secteur, notamment le projet de parc de Noirmoutier, tout proche. Il est donc essentiel de considérer la présence des mammifères marins et les impacts potentiels que peut générer la mise en place du parc de Saint Nazaire, dans le contexte global des activités anthropiques.

Caractéristiques techniques	
Nombre d'éoliennes prévu	80
Capacité du parc	480 MW
Taille de la zone d'implantation	78 km ²
Type de fondation	Monopieux
Diamètre des fondations	8 m
Technique envisagée	Battage/forage
Durée prévisionnelle du chantier	6 à 24 mois
Durée prévisionnelle de l'exploitation	>20 ans
Caractéristiques environnementales	
Type de substrat	Calcaire (95%) et sable (5%)
Mammifères marins	Pas de population résidente mais forte diversité spécifique. Densité de marsouins et dauphins communs élevée
Autres projets sur la zone	Projet éolien de Noirmoutier Projet éolien flottant Winflo Extraction de granulats marins

1.2. Pressions anthropiques et sensibilité des mammifères marins

1.2.1. Généralités

Les mammifères marins sont des espèces longévives occupant des niveaux trophiques de prédateurs supérieurs. A ce titre, ils sont au bout des chaînes alimentaires marines et répercutent l'ensemble des pressions s'exerçant sur les échelons trophiques inférieurs en plus de celles s'exerçant directement sur eux.

Ainsi, les pressions s'exerçant sur les mammifères marins peuvent être classées selon 3 catégories :

- Les pressions dites primaires, qui entraînent des mortalités additionnelles directes pour les animaux. Il s'agit des mortalités directes par prise dans les engins de pêche, les collisions avec les navires, les destructions volontaires ou encore l'exposition à des sources sonores de forte intensité ;
- Les pressions dites secondaires, qui entraînent une dégradation de l'état général des individus pouvant aboutir à des mortalités additionnelles indirectes due à des pathologies opportunistes ou une baisse des capacités reproductrices. Cela peut être induit par les contaminants chimiques, la modification des ressources alimentaires ou la pollution sonore qui peuvent nuire aux succès alimentaires et reproducteurs ;
- Les pressions dites tertiaires, qui entraînent une dégradation de la qualité des habitats, et des réactions comportementales des animaux qui nuisent au bon déroulement de leurs fonctions vitales ou peuvent aboutir au déplacement des animaux vers des zones moins favorables. Cela peut être dû à des modifications de disponibilité alimentaire, au dérangement par des activités touristiques ou à la pollution sonore.

Ces différentes pressions peuvent bien sûr s'exercer de façon concomitante et se cumuler. L'impact synergique des différentes pressions cumulées peut alors s'avérer plus important que la somme de chacune des pressions.

Les énergies marines et l'éolien en mer peuvent potentiellement générer des pressions dans chacune des trois catégories.

1.2.2. Etat des connaissances sur les pressions anthropiques des mammifères marins dans le golfe de Gascogne

Parmi les pressions primaires, entraînant des mortalités additionnelles directes, la plus importante concerne les captures accidentelles dans les engins de pêche. Les observateurs embarqués à bord des bateaux de pêche permettent d'estimer entre 200 et 400 le nombre de dauphins communs capturés chaque année dans le golfe de Gascogne et 300 à 500 marsouin pour le même secteur (Morizur et al., 2011). De plus, les échouages indiquent que parmi les marsouins communs échoués entre 2000 et 2010 dont l'état de décomposition permettait un examen, 30 à 50% des individus portaient des traces de capture accidentelle certaine. Le pourcentage monte à 60 % certaines années pour les dauphins communs (Martinez *et al.*, 2011). Ces valeurs sont particulièrement préoccupantes, et signifieraient au moins un doublement des mortalités de marsouins et de dauphins communs, si l'on considère que toutes les autres causes de mortalité sont naturelles, ce qui pose une réelle question quant au maintien des populations dans ce contexte.

Des collisions avec les navires sont également rapportées pour les grands cétacés mais dans des proportions plus faibles qu'en Manche ou en Méditerranée. Il est probable que ce chiffre est largement sous-estimé, les ferries, bateaux de commerce ou paquebots navigant loin des côtes, les animaux touchés ne sont pas forcément retrouvés échoués (Martinez *et al.*, 2011).

Enfin, quelques épisodes d'échouages en masse de plusieurs baleines à bec sur des secteurs proches ont été répertoriés sur la côte atlantique, et pourraient être dus à des chocs acoustiques liés à l'utilisation de sonar ou de canons à air (Martinez *et al.*, 2011).

Les pressions secondaires sont difficiles à mettre en évidence, mais étant donné les activités industrielles existants en Manche, les effets des contaminants et la pollution sonore sont probablement des facteurs à prendre en compte (Martinez *et al.*, 2011).

Enfin concernant les pressions tertiaires, les activités industrielles, le trafic maritime et la pêche génèrent des dérangements, susceptibles de pousser les animaux à trouver d'autres habitats, potentiellement moins favorables. Le tourisme est également une source de dérangement importante, en particulier pour les phoques et les grands dauphins de Molène et autour des îles de la façade atlantique (Martinez *et al.*, 2011).

2. Effets génériques d'un parc éolien en mer : les apports de la bibliographie et des retours d'expérience

Des retours d'expérience spécifiques existent à l'étranger suite à l'installation de parcs éoliens. Les retours d'expériences concernant les parcs aux caractéristiques comparables au projet de Saint Nazaire seront donc utilisés pour réaliser une étude bibliographique des effets génériques possibles. Il ne s'agit donc pas d'une évaluation propre au projet de Saint Nazaire, mais d'une étude globale sur les effets possibles et les mesures mises en place pour les réduire ou les suivre.

2.1. Bruit et mammifères marins

2.1.1. L'acoustique

Les mammifères marins utilisent l'acoustique pour s'orienter, pour chasser et pour communiquer (David, 2006). Il s'agit de leur sens le plus développé et le plus utilisé (IWC, 2005).

Globalement, on peut séparer les mammifères marins en quatre catégories en fonction de leur utilisation de l'acoustique (Southall *et al.*, 2007) :

- Les pinnipèdes (dans l'eau et dans l'air);

- Les cétacés basse fréquence, qui regroupent les grandes baleines ;
- Les cétacés moyenne fréquence, comme les grands plongeurs et les grands delphinidés ;
- Les cétacés haute fréquence, comme les petits delphinidés et les marsouins.

La sensibilité au bruit sera différente en fonction des gammes de fréquence que chaque catégorie utilise préférentiellement.

Les fréquences entendues par les mammifères marins constituent leur gamme d'audition. La représentation des fréquences audibles pour une espèce en fonction de la pression (en décibel) est l'audiogramme. La pression est généralement exprimée en dB Sound Pressure Level (SPL), c'est-à-dire selon une échelle logarithmique correspondant à la pression acoustique reçue en fonction d'une valeur de référence (dans l'eau : $1\mu\text{Pa}$). Ici, la pression en SPL a donc pour unité le dB re : $1\mu\text{Pa}$ (figure 28).

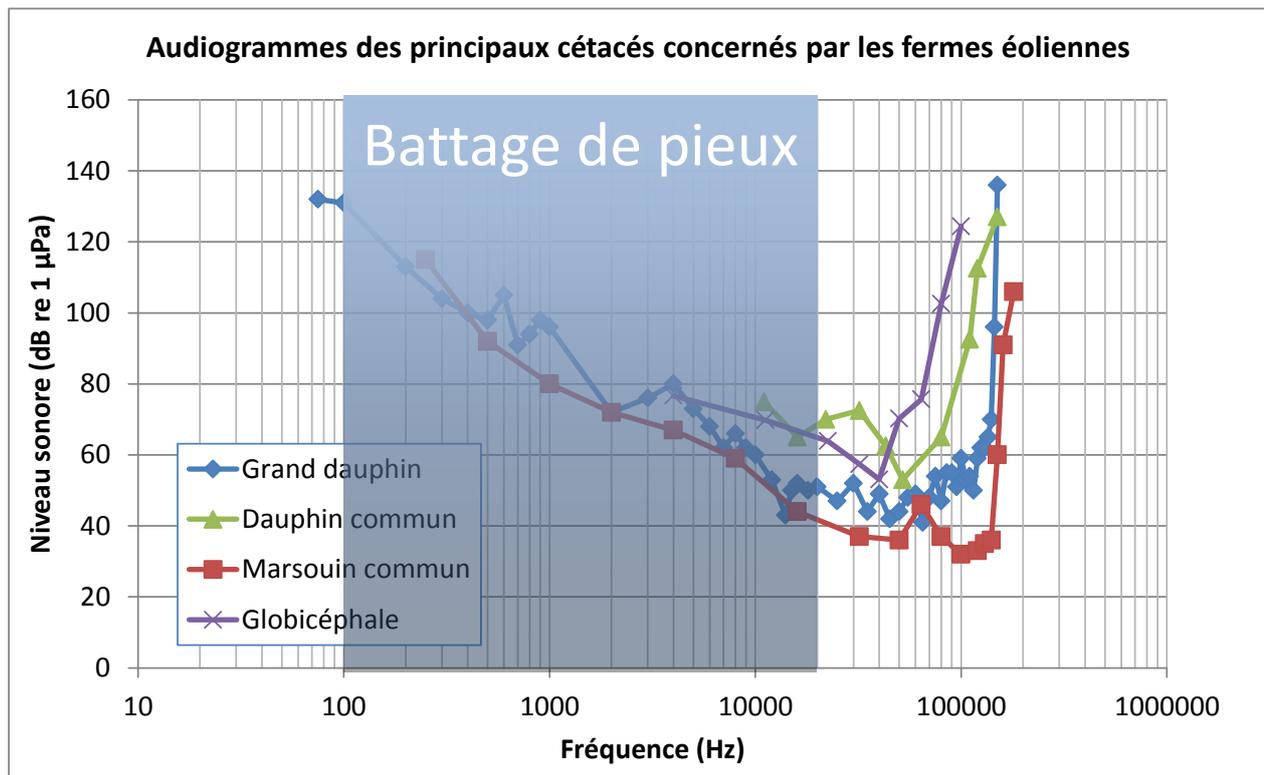


Figure 28 : Audiogrammes de différentes espèces d'odontocètes (d'après Thomsen *et al.*, 2006)

De nouvelles avancées concernant les audiogrammes des pinnipèdes ont fait l'objet d'une publication récente (Reichmuth *et al.*, 2013). Elles montrent que l'audition dans l'air des pinnipèdes est meilleure que ce qui était pensé jusqu'alors, en particulier pour le phoque veau-marin. L'audition sous-marine des pinnipèdes est excellente, et on considérait qu'elle s'était améliorée au détriment de l'audition dans l'air. Or, l'audition dans l'air des pinnipèdes est aussi bonne que celle des carnivores terrestre, et est donc à considérer dans les projets.

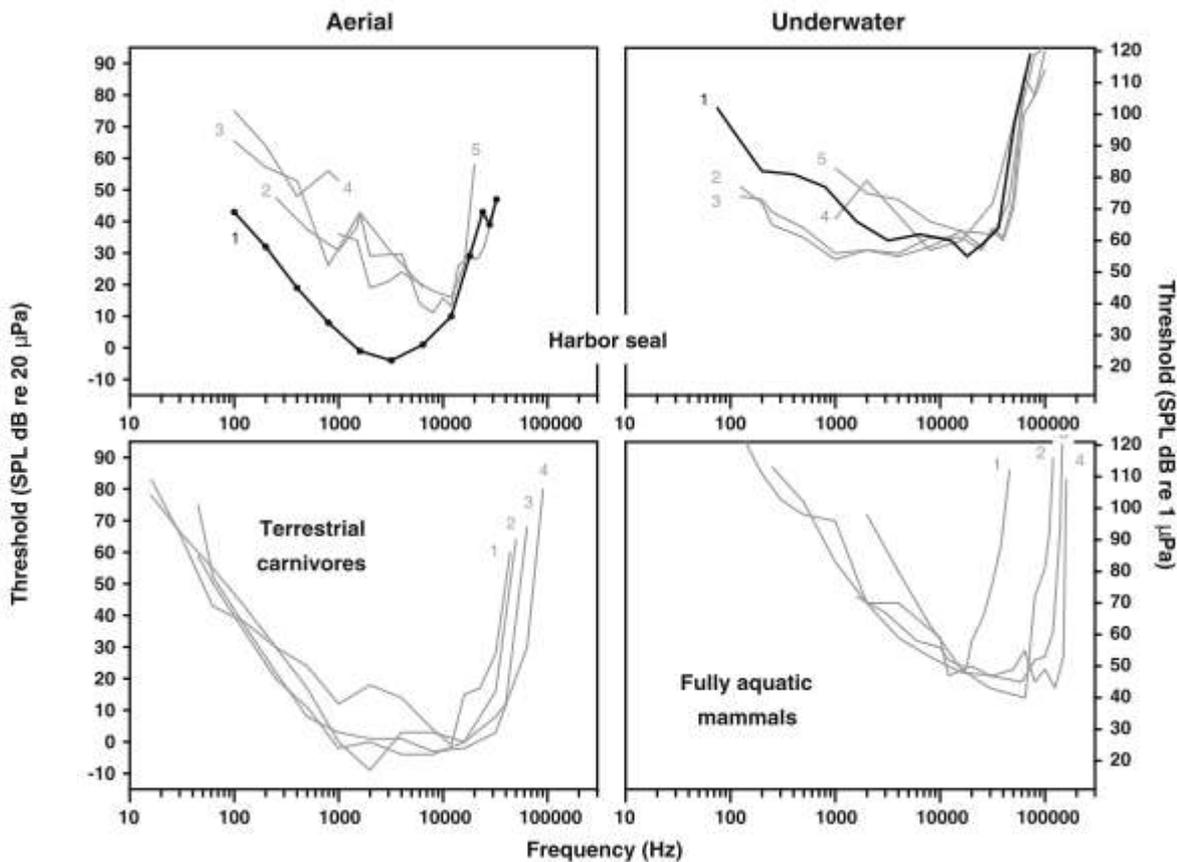


Figure 29 : Audiogrammes comparés du phoque veau marin dans l'air (1 : Reichmuth *et al.*, 2013 ; 2 : Wolski *et al.*, 2003 ; 3 : Kastak & Schusterman, 1998 ; 4 : Terhune, 1991 ; 5 : Mohl, 1968) et sous l'eau (1 : Reichmuth *et al.*, 2013 ; 2, 3 : Kastelein *et al.*, 2009 ; 4 : Terhune, 1998 ; 5 : Mohl, 1968), de mammifères purement terrestres (1 : furet, Kelly *et al.*, 1986 ; 2 : chien, Heffner, 1983 ; 3 : belette, Heffner & Heffner, 1985 ; 4 : chat, Heffner & Heffner, 1985), et de mammifères purement aquatiques (1 : lamantin, Gerstein *et al.*, 1999 ; 2 : pseudorque, Thomas *et al.*, 1988 ; 3 : grand dauphin, Johnson *et al.*, 1967 ; 4 : marsouin commun, Kastelein *et al.*, 2002), *In* Reichmuth *et al.*, 2013

2.1.2. La sensibilité au bruit

Le bruit ambiant est défini comme le bruit de fond qui inclut des sources identifiables ou non de bruit (IWC, 2005). Ce bruit de fond a des origines à la fois naturelles (vent, vagues, courants, précipitations, banquise, organismes marins...) et anthropiques (trafic maritime, sonars, prospections sismiques, répulsifs acoustiques, forages *offshore*, recherches acoustiques scientifiques...). Les sources de bruit anthropiques se multiplient, entraînant ainsi une augmentation du bruit de fond des océans. Cette augmentation a été estimée entre trois et cinq dB par décade, soit un doublement de la puissance du bruit toutes les décades depuis 60 ans (IWC, 2005 ; Hildebrand, 2005).

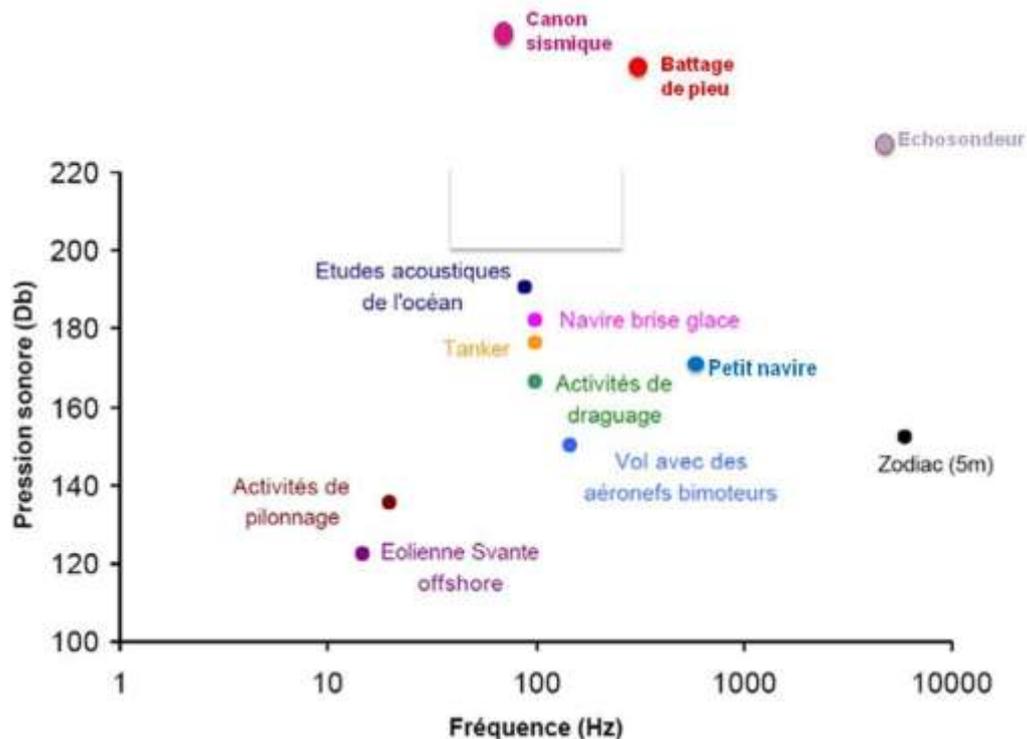


Figure 30 : Activités anthropiques, fréquences et niveaux sonores induits (adapté d'après Vella *et al.*, 2001).

De par leur sensibilité auditive et leur dépendance à l'acoustique, les mammifères marins sont particulièrement sensibles aux nuisances sonores. On peut distinguer deux principales sources d'interrogations concernant les impacts physiologiques et comportementaux des émissions sonores sur les individus et les populations : (i) l'impact d'émission à court terme et de forte intensité (i.e. construction de parc éolien) ; (ii) l'impact d'émission à long terme mais d'intensité faible (i.e. fonctionnement du parc). Même si à l'heure actuelle, les conséquences biologiques de l'augmentation des émissions sonores sont encore peu documentées, plusieurs études suggèrent qu'elles peuvent affecter les mammifères marins, notamment par des processus de masquage acoustique, réduisant le rayon de perception acoustique de l'environnement (Clark *et al.*, 2009 ; Richardson *et al.*, 1995).

Les réactions des mammifères marins face aux émissions sonores sont de différents types et dépendent de l'espèce concernée, de l'intensité du bruit et de la durée d'émission. On distingue plusieurs niveaux de dérangement (voir Richardson *et al.*, 1995 et Madsen *et al.*, 2006 pour synthèse).

- Tolérance : pas de réaction lors de l'émission sonore ;
- Changements de comportement : comme des modifications du profil de plongée ou des temps de respiration ;
- Réaction d'évitement : les animaux interrompent l'activité en cours pour s'éloigner de la source sonore ;
- Bruit de fond masqué : les émissions nécessaires aux mammifères marins pour leur communication ou leur perception de l'environnement sont masquées par les bruits anthropiques ;
- Perte de l'audition : la sensibilité auditive des animaux diminue. Cette perte peut être temporaire (TTS : *Temporary Threshold Shift*) ou permanente (PTS : *Permanent Threshold Shift*) ;
- Lésions : la puissance du bruit émis provoque des lésions souvent irréversibles aux animaux. Elles ciblent surtout les organes de l'audition mais il semble que les émissions sonores puissent entraîner des lésions sur d'autres organes.

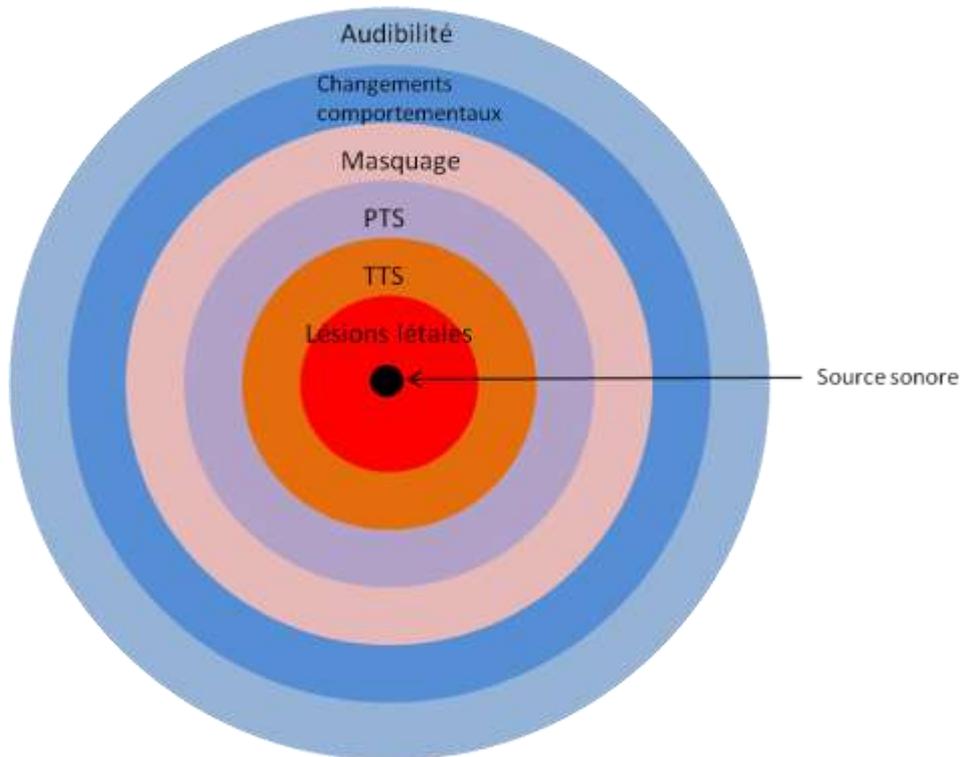


Figure 31 : Zones d'influence des émissions sonores sur les mammifères marins (d'après Richardson *et al.*, 1995).

En France, il n'existe pas de critères concernant le seuil d'exposition acceptable au bruit pour les mammifères marins.

Southall *et al* (2007) ont déterminé des seuils de perte d'audition et de perturbations comportementales pour de grandes catégories de mammifères marins en fonction de la nature du son (pulsé ou non) (voir tableau 3). En fonction de la nature du son, les niveaux sonores ne seront pas exprimés de façon similaire. Pour un son pulsé, une méthode pour s'affranchir du caractère oscillatoire du son est de considérer les niveaux maximum de pression (différence entre les pressions positives et négatives). La pression est alors dite « Peak to peak » ou crête à crête.

Le Niveau d'Exposition Sonore ou Sound Exposure Level (SEL) est la somme de l'énergie acoustique reçu sur une bande de fréquence donnée pendant une durée T pour un son continu.

Les niveaux sonore sont exprimé en db re : 1 μ Pa (Peak to peak ou SEL).

Les seuils sont donnés ici pour des expositions sur 24h.

Les seuils apparaissent plus faibles pour les pinnipèdes que pour les cétacés. Ils varient en fonction de la nature et de la durée du son, mais sont globalement compris autour de 198 dB re 1 μ Pa pour les cétacés, 186 dB re 1 μ Pa pour les pinnipèdes sous l'eau et 144 dB re 20 μ Pa pour les pinnipèdes dans l'air pour la perte d'audition. Pour les perturbations comportementales, les seuils passent à 183 dB re 1 μ Pa pour les cétacés, 171 dB re 1 μ Pa pour les pinnipèdes dans l'eau et 100 dB re 20 μ Pa pour les pinnipèdes dans l'air.

Le battage de pieux entre pour Southall *et al*, 2007 dans la catégorie des sons pulsés. Le dragage, le transit des navires ou encore les effaroucheurs entrent dans la catégorie des sons non pulsés.

Les niveaux sonores sont pondérés selon la sensibilité de chaque espèce en fonction de leur fréquence d'audition (pondération « *M-weighting* »). Les notations Mlf, Mmf, Mhf, Mpw et Mpa du tableau 2 indiquent donc que cette transformation a été effectuée pour définir les seuils d'exposition respectifs

pour les cétacés basses fréquences, moyennes fréquences, hautes fréquences, pour les pinnipèdes dans l'eau et les pinnipèdes dans l'air.

Tableau 3 : Seuils de pertes temporaires d'audition (A) et de perturbation comportementales (B) estimés chez les mammifères marins (Southall *et al.*, 2007)

Marine mammal group	Sound type		
	Single pulses	Multiple pulses	Nonpulses
A			
Low-frequency cetaceans	Cell 1	Cell 2	Cell 3
Sound pressure level	230 dB re: 1 µPa (peak) (flat)	230 dB re: 1 µPa (peak) (flat)	230 dB re: 1 µPa (peak) (flat)
Sound exposure level	198 dB re: 1 µPa ² -s (M ₁₀)	198 dB re: 1 µPa ² -s (M ₁₀)	215 dB re: 1 µPa ² -s (M ₁₀)
Mid-frequency cetaceans	Cell 4	Cell 5	Cell 6
Sound pressure level	230 dB re: 1 µPa (peak) (flat)	230 dB re: 1 µPa (peak) (flat)	230 dB re: 1 µPa (peak) (flat)
Sound exposure level	198 dB re: 1 µPa ² -s (M ₁₀)	198 dB re: 1 µPa ² -s (M ₁₀)	215 dB re: 1 µPa ² -s (M ₁₀)
High-frequency cetaceans	Cell 7	Cell 8	Cell 9
Sound pressure level	230 dB re: 1 µPa (peak) (flat)	230 dB re: 1 µPa (peak) (flat)	230 dB re: 1 µPa (peak) (flat)
Sound exposure level	198 dB re: 1 µPa ² -s (M ₁₀)	198 dB re: 1 µPa ² -s (M ₁₀)	215 dB re: 1 µPa ² -s (M ₁₀)
Pinnipeds (in water)	Cell 10	Cell 11	Cell 12
Sound pressure level	218 dB re: 1 µPa (peak) (flat)	218 dB re: 1 µPa (peak) (flat)	218 dB re: 1 µPa (peak) (flat)
Sound exposure level	186 dB re: 1 µPa ² -s (M ₁₀)	186 dB re: 1 µPa ² -s (M ₁₀)	203 dB re: 1 µPa ² -s (M ₁₀)
Pinnipeds (in air)	Cell 13	Cell 14	Cell 15
Sound pressure level	149 dB re: 20 µPa (peak) (flat)	149 dB re: 20 µPa (peak) (flat)	149 dB re: 20 µPa (peak) (flat)
Sound exposure level	144 dB re: (20 µPa) ² -s (M ₁₀)	144 dB re: (20 µPa) ² -s (M ₁₀)	144.5 dB re: (20 µPa) ² -s (M ₁₀)
B			
Marine mammal group	Single pulses	Multiple pulses	Nonpulses
Low-frequency cetaceans	Cell 1	Cell 2 ^a	Cell 3 ^a
Sound pressure level	224 dB re: 1 µPa (peak) (flat)	Tables 6 & 7	Tables 14 & 15
Sound exposure level	183 dB re: 1 µPa ² -s (M ₁₀)	Not applicable	Not applicable
Mid-frequency cetaceans	Cell 4	Cell 5 ^a	Cell 6 ^a
Sound pressure level	224 dB re: 1 µPa (peak) (flat)	Tables 8 & 9	Tables 16 & 17
Sound exposure level	183 dB re: 1 µPa ² -s (M ₁₀)	Not applicable	Not applicable
High-frequency cetaceans	Cell 7	Cell 8 ^a	Cell 9 ^a
Sound pressure level	224 dB re: 1 µPa (peak) (flat)	[Tables 18 & 19]	Tables 18 & 19
Sound exposure level	183 dB re: 1 µPa ² -s (M ₁₀)	Not applicable	Not applicable
Pinnipeds (in water)	Cell 10	Cell 11 ^a	Cell 12 ^a
Sound pressure level	212 dB re: 1 µPa (peak) (flat)	Tables 10 & 11	Tables 20 & 21
Sound exposure level	171 dB re: 1 µPa ² -s (M ₁₀)	Not applicable	Not applicable
Pinnipeds (in air)	Cell 13	Cell 14 ^a	Cell 15 ^a
Sound pressure level	109 dB re: 20 µPa (peak) (flat)	Tables 12 & 13	Tables 22 & 23
Sound exposure level	100 dB re: (20 µPa) ² -s (M ₁₀)	Not applicable	Not applicable

Aux Etats-Unis, la NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) utilise un critère générique d'exposition basé sur les seuils de perte d'audition des mammifères marins en général. Ce seuil est fixé à 180 dB re 1µPa pour les cétacés (odontocètes et baleines) et 190 dB re 1µPa pour les pinnipèdes pour des sons pulsés, ce qui diffère des conclusion de Southall *et al.*, 2007. Les niveaux sonores induits par les activités humaines dans le cadre des projets éoliens ne doivent donc pas dépasser ces seuils fixés par le gouvernement.

La COWRIE (*Collaborative Offshore Wind Research Into the Environment*) estime le seuil de dommage auditif à 183 dB re 1µPa pour les cétacés et 163 dB re 1µPa pour les pinnipèdes d'après les capacités auditives calculées par Ketten & Finneran (2004). La valeur de 140 dB re 1µPa est retenue comme seuil de perturbation comportementale (Nehls *et al.*, 2007). Le COWRIE propose ainsi ce seuil comme limite à ne pas dépasser pour s'assurer de ne pas nuire aux mammifères marins.

La différence entre les seuils des pinnipèdes et des cétacés n'est pas unanime, puisque les capacités auditives des cétacés sont meilleures dans les hautes fréquences, alors que c'est l'inverse dans les basses fréquences. Le battage de pieux génère principalement des sons de basse fréquence, les pinnipèdes y sont donc particulièrement sensibles. Pour les autres techniques d'installation et/ou de fondation, cela peut ne pas être le cas.

2.2. Effets potentiels lors de la phase d'étude

En amont de la construction d'un parc éolien, un certain nombre d'études doivent être menées pour caractériser le site, notamment du point de vue géophysique. De ce fait, des mesures de réflexion sismique peuvent être utilisées pour cartographier les fonds marins. Or, en fonction des appareils et des fréquences utilisés, les mammifères marins peuvent être affectés.

La fréquentation de la zone par les navires peut augmenter avant la construction : études géotechniques, études environnementales... Cette multiplication des embarcations sur le site peut engendrer un dérangement sonore pour les mammifères marins. Elle augmente également le risque de collision avec des cétacés.

2.3. Effets potentiels de la phase de construction

La phase de construction correspond à la mise en place des fondations, des piliers d'éoliennes et des câbles sous-marins. Cela implique donc plusieurs types d'activités : du forage ou battage lors de la mise en place des fondations, l'enfouissement des câbles etc... (Dolman *et al.*, 2003 ; Ferrer Costa, 2005). Ces actions vont générer des effets de différentes natures, susceptibles d'interagir avec les mammifères marins.

2.3.1. Effets physiques

2.3.1.1. Collisions

Lors de l'installation des fondations et des éoliennes, des collisions peuvent être possibles entre les navires et les mammifères marins. Les collisions avec les navires sont par ailleurs la première cause de mortalité des grands cétacés à travers le monde (Evans *et al.*, 2011).

La vitesse réduite des navires de travaux devrait toutefois permettre de limiter la probabilité de collision.

2.3.1.2. Remise en suspension de sédiments/polluants

La mise en place des éoliennes et l'enfouissement des câbles peuvent engendrer une modification de l'habitat et une remise en suspension des sédiments, provoquant une augmentation temporaire de la turbidité dans la zone. Cette remise en suspension peut également libérer des polluants chimiques ou organiques (organochlorés...) si les sédiments remobilisés sont contaminés, ce qui ne serait pas le cas à Saint Nazaire. La turbidité impacte peu les mammifères marins, en raison de leur utilisation préférentielle de l'écholocation, en particulier en milieu côtier. En revanche, elle pourrait impacter les organismes benthiques ou pélagiques, se répercutant ainsi les autres chainons du réseau trophique par effet « *bottom up* » (Wilhelmson *et al.*, 2010). Cet effet n'a pour l'instant pas été mis en évidence dans les retours d'expériences existants.

Concernant les polluants, il est encore plus difficile de qualifier leur niveau d'impact. Non seulement, la zone concernée par leur dispersion dépend beaucoup des niveaux de contamination, des conditions topographiques, courantologiques et de la marée, mais en plus la détermination de leurs effets sur les mammifères marins n'en est qu'à ses balbutiements (Hall *et al.*, 2006).

2.3.1.3. Pollution

Des pollutions accidentelles peuvent également se produire lors des travaux. Malgré le respect des protocoles et la vigilance, des accidents sont toujours possibles. Ces accidents concernent surtout le rejet de substances nocives dans la mer, mais le sujet dépasse le volet des mammifères marins.

Lors des travaux de nuit, le cas de la pollution lumineuse peut également être évoqué. L'éclairage intensif utilisé dans le cas de travaux nocturnes peut entraîner la remontée en surface de certains organismes comme les céphalopodes. Les mammifères marins pourraient se trouver attirés par ces proies potentielles, ou même par la lumière elle-même. Le bruit généré devrait les faire fuir, mais il convient tout de même de considérer cette éventualité.

2.3.2. Effets sonores

Pour tenter d'évaluer l'effet que peut avoir la construction d'un parc éolien sur les mammifères marins, il faut d'abord comprendre l'utilisation qui est faite du son par les mammifères marins.

Sur le site de Saint Nazaire, il est envisagé d'installer des fondations de type monopieu par battage/forage. Plusieurs retours d'expérience à l'étranger se sont intéressés aux effets de telles installations dans des conditions plus ou moins proches (tableau 4).

Tableau 4 : Caractéristique des parcs de Horns Rev I, Horns Rev II, Egmon aan Zee, North Hoyle, Beatrice, Alpha Ventus, Walney et Burbo Bank

Caractéristiques	Horns Rev I	Horns Rev II	Egmon aan Zee	North Hoyle	Beatrice	Alpha Ventus
Nombre d'éoliennes	80	95	36	30	2	12
Capacité du parc	160 MW	220 MW	108 MW	60 MW	10 MW	60 MW
Type de fondation	Monopieu	Monopieu	Monopieu	Monopieu	Jacket	Tripod
Diamètre des fondations	3.8 m	4 m	/	/	1.8 m	/
Type de substrat	graveleux	sable	/	graveleux	/	/

Caractéristiques	Walney	Burbo Bank
Nombre d'éoliennes	102	25
Capacité du parc	370 MW	90 MW
Type de fondation	Monopieu	Monopieu
Diamètre des fondations	6 m	4.7 m
Type de substrat	/	/

Pour la suite de l'étude, seuls ces retours d'expérience en conditions comparables au site de Saint Nazaire seront utilisés.

La mise en place des fondations monopieu est une activité très bruyante, d'autant plus lorsque le battage est utilisé. Le bruit généré peut excéder le bruit ambiant, et entraîner ainsi un effet de masque pour les mammifères marins (Tougaard *et al.*, 2006).

Les niveaux sonores générés peuvent atteindre 235 à 240 dB re 1 μ Pa à la source (Tougaard *et al.*, 2009). A North Hoyle (UK), les niveaux mesurés lors du battage de pieux ont atteint 260 dB re 1 μ Pa @1 m (Nedwell *et al.*, 2003). L'intensité des émissions varie en fonction de la nature du fond, de sa durée, de la dimension des fondations etc... Les fréquences générées sont comprises entre 100 Hz et 10 kHz. Si les hautes fréquences s'atténuent rapidement, les moyennes et basses fréquences vont beaucoup plus loin.

2.3.2.1. Cétacés

La plupart des études menées sur les parcs éoliens en mer ont étudié l'impact sur les marsouins communs. Il s'agit effectivement de l'espèce principale du Nord de l'Europe. Peu de retours d'expérience concernent les autres cétacés.

D'après Thomsen *et al.*, 2006, les activités menées pendant ce type de chantier sont probablement audibles à plus de 80 km de la source d'émission pour le marsouin commun. Elles peuvent créer un masque d'audition entre 30 et 40 km de la source et induire des réactions de fuite à 20 km. Des lésions et pertes d'audition sont attendues dans un périmètre d'un kilomètre. Des modélisations ont par ailleurs indiqué que des pertes d'auditions temporaires sont prévisibles à 2 km pour le marsouin (Madsen *et al.*, 2006).

Une étude de Lucke *et al.* (2008) a étudié l'impact de sons impulsifs (sons brefs et intenses, en opposition aux sons continus) à basse fréquence, similaires à ceux produits lors de la mise en place de pieux des fondations par battage, sur l'audition de marsouins communs. Non seulement les animaux ont subi une perte temporaire de l'audition à partir de niveaux d'énergie beaucoup plus faibles que ceux qui provoquent une perte temporaire de l'audition chez d'autres espèces de cétacés, mais ils ont mis plus de 24h pour récupérer une capacité d'audition normale (Dolman, 2009).

A Horns Rev I, la fréquentation de la zone par les marsouins est suivie à l'aide d'enregistreurs acoustiques automatisés, les T-PODs. Ces derniers sont placés dans la zone d'éolienne, puis à 7.5 km et à 21 km et enregistrent l'activité d'écholocation des marsouins. La zone est très fréquentée par les marsouins habituellement. Lors des événements de battage de pieux, l'intervalle de temps entre deux enregistrements de clics d'écholocation des marsouins passe de six heures à trois jours pendant la phase de construction, dans et hors de la zone d'activité (Tougaard *et al.*, 2006). Si cet intervalle de temps est proportionnel à la densité de marsouins, alors la construction d'éoliennes entraîne une diminution de leur fréquentation de la zone résultant de la modification de leur habitat qu'entraîne le chantier. On ne constate pas de gradient dans la réponse au battage entre les enregistreurs situés dans le parc, à 7,5 km et à 21 km malgré la différence d'exposition sonore.

A Horns Rev II, les enregistreurs T-PODs ont également été utilisés selon la même méthode de gradient allant jusqu'à 25 km du parc. Lors du battage de pieux, la fréquentation de la zone par les marsouins a fortement baissé dans un périmètre de 10 km autour de la source. La baisse de fréquentation est aussi observée au-delà, mais dans une moindre mesure (Brandt *et al.*, 2009).

L'activité est en revanche en augmentation à 22 km de la source. Cela montre que les marsouins sont restés dans un secteur proche, attestant de l'intérêt de la zone pour l'espèce.

A North Hoyle, les modélisations réalisées à partir des mesures de bruit généré lors des travaux ont montré que les marsouins présenteraient des réactions de fuite à plus de 7km de la source (Nedwell *et al.*, 2003).

A Walney, le bruit généré par la mise en place des fondations a été estimé entre 246 et 249 dB re : 1 μ Pa @1m. Les distances d'impacts possibles ont ensuite été calculées pour toutes les espèces : les lésions létales sont possible entre 3 et 4 m de la source et les lésions physiques jusqu'à 65 m. Enfin, les lésions acoustiques sont possibles jusqu'à 480m pour le marsouin et entre 120 et 220 m pour les grands dauphins, dauphins bleu-et-blanc et phoque veau-marin. Les calculs concernant les perturbations comportementales font état d'un fort évitement attendu entre 3.8 km pour le dauphin bleu-et-blanc et 14 km pour le marsouin (Nedwell *et al.*, 2010).

A Burbo Bank, des mesures réalisées pendant le battage indiquent des niveaux sonores de 249 à 250 dB re : 1 μ Pa @1 m (Peak to peak) (Parvin & Nedwell, 2006). Une analyse basée sur les espèces présentes et leurs seuils auditifs conclue a des réactions d'évitement dans un rayon de 5 km pour le marsouin commun, 4 km pour le dauphin commun, le grand dauphin et le dauphin bleu-et-blanc et 3 km pour le phoque gris (Parvin & Nedwell, 2006).

Pour Beatrice, ce sont des fondations jacket qui ont été utilisées, et non pas du monopieu. Le principe reste toutefois le même : plusieurs pieux de petit diamètre sont installés par battage. Le site a été suivi par des enregistreurs acoustiques en protocole BACI, c'est-à-dire en plaçant des C-PODS dans la zone d'implantation des éoliennes et dans un site témoin situé à 40 km. Très peu de cétacés ont été observés dans la zone d'éolienne, mais également sur le site témoin.

Des calculs empiriques sur le site ont été effectués à partir des niveaux de bruit mesuré et des seuils proposés par Southall *et al.*, 2007. L'étude a estimé que des lésions sévères sont attendues dans un périmètre de 100m pour les grands dauphins, et des perturbations comportementales dans un périmètre allant jusqu'à 70 km pour le marsouin. La zone d'impacts pour les pinnipèdes est estimée à 14 km (Bailey *et al.*, 2010).

En Allemagne, sur le parc Alpha Ventus, les fondations utilisées sont de type tripod. Le battage a aussi été utilisé pour mettre en place les pieux. La période de construction a globalement eu un impact négatif sur la fréquentation des marsouins. Un suivi visuel aérien et par acoustique passive par une méthode de gradient a été mis en place, et a montré une réaction d'évitement dans un rayon de 20 km de la zone de travaux. Les densités de marsouins ont en revanche augmenté à 25 km et 50 km de la zone de travaux, indiquant que les marsouins sont restés dans des secteurs proches bien qu'ils aient désertés la zone d'impact (Dähne *et al.*, 2013).

La phase de construction n'a pas été étudiée à Egmon aan Zee.

Des perturbations comportementales peuvent donc être observées jusqu'à au moins 20 km de la source (Bailey *et al.*, 2010 ; Brandt *et al.*, 2009 ; Tougaard *et al.*, 2009). Si la phase de construction est considérée comme temporaire, mais elle peut tout de même durer plusieurs mois. Le battage pour un seul pilier peut durer une à plusieurs heures (Tougaard *et al.*, 2006). Lorsque l'on y ajoute les aléas climatiques et techniques, le chantier peut s'avérer plus long que prévu. L'importance écologique de la zone pour les cétacés est donc cruciale, et conditionne leur comportement. Une perte d'habitat en raison des nuisances générées peut engendrer de nombreuses conséquences, parfois sur le long terme, qu'il convient de considérer.

2.3.2.2. Pinnipèdes

Sur le parc de Horns Rev, une étude d'impact a été menée sur le site sur la colonie de phoques veaux marins de Rødsand (située à 10 km du parc) par télémétrie (balises Argos). Tougaard *et al.* (2006b) ont rapporté que la fréquentation des repaires avait baissé de 10 à 60 % pendant la construction, et qu'ils n'étaient pas passés dans la zone de travaux. La zone utilisée par les phoques est toutefois suffisamment large pour qu'ils n'aient pas besoin de passer dans le parc ou à proximité pendant les travaux de battage. Toutefois, ces résultats sont à relativiser, car la méthode utilisée présente des

limites. Les balises Argos ne permettent pas d'avoir une précision suffisante pour identifier un changement comportemental vis-à-vis de la source sonore, leur sensibilité étant largement inférieure aux 2 km (Vincent *et al.*, 2002).

Sur le site de Beatrice, les calculs réalisés à partir de la mesure du bruit ambiant et des seuils de Southall *et al.* (2007) ont montré que des dommages physiques sont attendus dans un rayon de 215m autour de la source sonore et des réactions comportementales jusqu'à 14km pour les phoques (Bailey *et al.*, 2010).

Sur le parc de North Hoyle, Nedwell *et al.*, (2003) ont également calculé que la distance au site de construction à partir de laquelle des réactions significatives d'évitement par phoques veaux marins sont probables est de 2 000m.

Le bruit engendré par les travaux de battage peut cependant se propager bien au-delà de cette distance de 2 km : Tougaard *et al.* (2006b) indiquent que ce bruit peut être audible par les phoques à des distances de plusieurs dizaines de kilomètres et donc potentiellement altérer leur comportement. Il est en effet important de s'assurer non seulement que les animaux ne sont pas physiquement blessés par un bruit de forte intensité, mais aussi que leur comportement n'est pas altéré par le dérangement occasionné.

A Egmond aan Zee, aucun suivi spécifique n'a été mené pendant la construction. Cependant, des phoques équipés de balises satellitaires ne se sont pas approchés à moins de 40 km du site en cours de construction, alors qu'ils utilisaient la zone avant et après cette phase de travaux (ICES WGMME, 2012).

Koschinski *et al.* (2003) ont cependant observé que, pendant des expériences d'exposition contrôlée au bruit (simulant le bruit de travaux de forage), les phoques veaux marins se sont légèrement éloignés de la source de bruit, se montrant à la surface de l'eau à une distance médiane de 284m au lieu de 239m pendant la période témoin. Bien que statistiquement significative, cette différence reste minime et la distance séparant la source sonore des phoques très inférieure à la recommandation des 2 km.

Kastelein *et al.* (2006) indique d'après une étude sur le veau marin en captivité que le seuil d'inconfort pour le phoque est de 107 dB, et il conclue que les zones d'inconfort ne doivent pas coïncider avec des zones écologiquement importantes pour les phoques. Les auteurs rappellent que des mesures existantes à partir d'opérations de forages dans les projets éoliens indiquent que ces valeurs sont dépassées à des distances de plusieurs kilomètres, à des fréquences similaires à celle de l'expérience. Contrairement à l'identification de la zone de dangerosité pour les phoques (cf. 2 km), il est donc difficile de donner des recommandations très précises concernant le périmètre autour de la source sonore constituant une zone d'inconfort (ou de dérangement potentiel) pour les phoques, compte tenu de la grande variabilité des facteurs impliqués (profondeur du fond et taux de propagation du son, bruit ambiant, facteurs individuels des phoques, etc...).

D'après Lucke *et al.* (2006), il semble irréaliste de prédire les seuils de changement comportemental chez les mammifères marins, puisque le fait qu'un individu montre une certaine réaction dépend de nombreux facteurs, tels que l'âge, le sexe et particulièrement l'activité en cours.

Il est donc difficile de conclure sur les distances réelles d'impacts, d'autant qu'elles sont largement dépendantes des conditions environnementales (topographie du site, propreté physico-chimique, saison...), de l'activité et des conditions physiques de l'animal (âge, sexe...).

L'activité de mise en place des pieux n'est pas la seule source potentielle de dérangement pour les phoques pendant la phase de construction du parc éolien. Nedwell *et al.* (2003) ont mesuré que l'ensouillage des câbles sous-marins à North Hoyle a généré des niveaux sonores de 178 dB re 1µPa @1 m, ce qui peut déjà générer des réactions de la part des animaux.

Skeate *et al.* (2012) ont observé un dérangement des phoques veaux marins par les navires pendant la phase de construction de Noth Hoyle. Outre la diminution du nombre de phoques sur les reposoirs habituels, les auteurs ont recensé la deuxième plus faible production de jeunes sur la colonie cette année-là, pendant la construction. Ces bouleversements ont en revanche visiblement profité aux phoques gris, en augmentation récente dans cette région, qui auraient profité de cette période de dérangement pour occuper l'espace laissé vacant par les veaux marins.

Le dérangement occasionné par la phase de construction peut donc entraîner des conséquences de natures et de densités très variables, qui ne peuvent être anticipées qu'avec une bonne connaissance du statut des colonies locales de phoques.

2.3.2.3. Biais méthodologiques

L'évaluation de la sensibilité au bruit et des impacts potentiels d'un bruit passent par une mesure individuelle (audiogramme, test en captivité, observation de terrain...). Toutefois, il convient de mettre en perspective les effets potentiels à l'échelle populationnelle, et de rappeler les difficultés qu'une telle extrapolation comporte. En effet, une nuisance sonore peut avoir différents impacts de différentes intensités sur un individu (pression primaire, secondaire et tertiaire). Or, cette nuisance va généralement s'appliquer à plusieurs individus en même temps. Par ailleurs, la variabilité des réponses interindividuelles chez les mammifères marins est très importante, et leur comportement est très variable selon l'âge, le sexe et l'activité en cours. Dès lors, comment évaluer l'effet de cette nuisance sur l'ensemble de la population ? Il a été démontré que l'exposition répétée à des sources de bruit génère des stressés sur les mammifères marins conduisant à des modifications du comportement, des baisses de la fertilité et un affaiblissement du système immunitaire (Wright *et al.*, 2007). Quelle peuvent être les conséquences de l'exposition chronique à une nuisance ?

Des travaux récents ont combiné les données d'utilisation spatiale d'une zone donnée par des phoques, les niveaux sonores reçus lors de la construction d'un parc éolien par battage de pieux et es impacts potentiels pour développer un modèle prédisant les déplacements d'individus et la probabilité de lésions auditives induits. Les auteurs ont poussé la prédiction jusqu'à construire des scénarii d'évolution de la population de phoques entre l'état de référence et la construction sur 25 ans, à partir des dire d'experts (Thompson *et al.*, 2013). Nabe-Nielsen *et al.*, (2011) ont également développé un modèle basé sur les comportements individuel pour prédire l'impact du développement des parcs éoliens et du trafic maritime sur la population de marsouin de Kattegat. Ce type de modèle est prometteur, dans la mesure où les populations et leur utilisation du site est connue.

A l'heure actuelle, peu d'outils simples existent pour répondre à cette problématique. Il convient toutefois de garder à l'esprit que si l'on veut pouvoir considérer cette question dans les suivis environnementaux, il faut s'attacher à suivre les effets de la construction et de l'exploitation du site à une échelle spatiale et temporelle qui permette d'avoir accès au niveau populationnel.

2.4. Effets potentiels de la phase d'exploitation

2.4.1. Effets physiques

L'installation d'éoliennes en mer implique une modification physique du milieu, notamment par la présence des piliers. Le risque de collision avec les piliers pour les mammifères marins existe, même s'il est faible. Certains mammifères marins, en plus de la vue, s'orientent également par leur système d'écholocation, et sont donc à même de détecter les obstacles, même dans des eaux turbides. Les structures submergées, fixes et de grande taille telles que les fondations d'éoliennes présentent peu de risque de collision pour les mammifères marins (Inger *et al.*, 2009), quel que soit le type de fondation utilisé.

Les collisions avec les navires de maintenance sont également à considérer, bien que la fréquentation du site par les navires pendant l'exploitation soit moins importante que pendant la construction. Aucun accident de ce type n'est rapporté dans les parcs actuellement en fonctionnement.

2.4.2. Effets sur les réseaux trophiques

L'implantation d'éoliennes va modifier le milieu et peut donc modifier l'écosystème. Ces modifications pourraient signifier une perte d'habitat pour certaines espèces, en particulier celles aux territoires restreints (Dolman *et al.*, 2003). Elles pourraient impliquer la disparition de certaines espèces de ces zones, avec des répercussions sur l'ensemble du réseau trophique (Gill, 2005).

Mais ce phénomène pourrait être, au moins partiellement, compensé par l'effet « récif artificiel » engendré par l'implantation de structures solides (Thomsen *et al.*, 2006). En effet, comme n'importe quelle structure solide implantée dans le milieu, l'éolienne peut constituer un « récif artificiel ». La structure implantée va devenir un nouvel habitat à coloniser pour de nombreuses espèces, d'autant plus si le substrat est meuble (Vella *et al.*, 2001). Cette colonisation peut entraîner la reformation d'un réseau trophique complexe et agir comme un « îlots de biodiversité » attirant potentiellement les prédateurs dont les mammifères marins (Jensen, 2002). Ces îlots de biodiversité peuvent alors devenir des sources d'attraction pour de nombreuses espèces. Ces « récifs » peuvent attirer les espèces naturellement présentes dans le milieu (Connel, 2001) mais peuvent également générer le développement d'espèces invasives ou non présentes de façon naturelle (Page *et al.*, 2006). Même si il est reconnu que l'effet récifal engendré par les fondations engage des effets positifs, l'implantation de récifs artificiels peut également perturber l'écosystème. De même, si le récif crée un îlot de biodiversité, il peut également concentrer celle déjà existante. Les animaux présents aux alentours du site peuvent venir s'agréger autour des piliers, transformant l'effet bénéfique de récif en effet délétère pour le reste de la zone (Grossman *et al.*, 1997). Cette accumulation autour des éoliennes peut ainsi générer de nouvelles zones de nourrissage, notamment pour les pinnipèdes. Cette attraction pourrait potentiellement augmenter la probabilité d'interaction dans le parc (Wilson *et al.*, 2007), notamment les collisions avec les piliers ou les navires de maintenance.

Concernant les cétacés, les études commencent tout juste à investiguer ce champ. Suite à l'implantation des éoliennes sur le site d'Egmon aan Zee, aux Pays-Bas, les suivis sur la zone ont montré que l'effet récif engendré par la construction d'un parc éolien a permis le retour des marsouins sur la zone après la fin des travaux, et en effectif plus important qu'auparavant. Les densités de marsouins sont aujourd'hui plus importantes au sein du parc qu'à l'extérieur (Scheidat *et al.*, 2011). Quel sera l'effet de ce changement pour des animaux résidents ? Des recherches semblent nécessaires et un suivi de la zone indispensable.

L'absence de pêche ou les réglementations imposées au sein des parcs éoliens peut également générer un effet « réserve » corrélé à l'effet récif. Les proies peuvent se concentrer dans le parc éolien par effet récif, renforcé par l'effet « réserve », et augmenter ainsi la fréquentation par les mammifères marins.

2.4.3. Effets sonores

La rotation des turbines crée des sons dans un spectre d'émission situé dans les basses fréquences (Dolman *et al.*, 2003). Cette rotation entraîne une vibration du pilier de l'éolienne dont les ondes se propagent dans l'eau à de grandes distances (Vella *et al.*, 2001). Ces vibrations se propagent également dans l'air, mais à avec une intensité et une portée plus faibles. Plus l'intensité du vent augmente, plus le bruit émis par l'éolienne est fort (Koschinski *et al.*, 2003). L'effet des éoliennes en fonctionnement dépend du type de turbine et de la fondation utilisée et de la nature du substrat (Dolman *et al.*, 2003).

2.4.3.1. Cétacés

Les suivis réalisés sur le site de Horns Rev I durant le fonctionnement témoignent d'un retour des marsouins sur le site à hauteur des fréquentations d'avant la construction (Tougaard *et al.*, 2006). Le retour des marsouins est complet 2 ans après le début de l'exploitation, et leur densité est constante et identique à celles observées à l'extérieur du parc. Il semblerait donc que l'impact du fonctionnement soit neutre sur les marsouins de ce parc danois.

A Egmon aan Zee, les marsouins ont recolonisé le parc dans des effectifs plus importants qu'avant la construction (Scheidat *et al.*, 2011).

Il est difficile de déterminer si le retour des animaux dans la zone est dû à une habitude au bruit, à une diminution permanente du seuil de l'audition ou à une absence de sensibilité. L'emplacement d'éoliennes se fait à proximité de la côte, habitat qui justement tend à être la zone de nourrissage de certaines espèces de mammifères marins (Evans, 2008). L'absence de réactions d'évitement peut en outre être expliquée par une motivation élevée de rester dans un habitat privilégié pour l'alimentation (Diederichs *et al.*, 2008).

De même, sur les secteurs où les animaux sont présents en faible densité, il est difficile de dire si un non-retour potentiel est dû à un trop fort dérangement pendant la construction, à un réel impact du fonctionnement, ou à l'abandon d'une zone peu intéressante écologiquement.

Il est probable que l'utilisation du site avant l'implantation d'éoliennes joue un rôle important dans la vitesse de recolonisation et l'abondance des animaux. En effet, l'intérêt du site pour l'écologie des animaux motive plus ou moins leur retour. Lors de simulations de sons de turbine d'éoliennes de 2 MW en bassin, les marsouins s'éloignent globalement de la source de bruit, alors que certains individus s'approchent occasionnellement très près (Koschinski *et al.*, 2003). Les séquences de clics d'écholocation émis par les marsouins augmentent lors de ces approches. Il est donc présumé que les approches occasionnelles des marsouins leur permettent de découvrir la structure, indiquant un certain intérêt pour les émissions, et démontrant une grande variabilité inter individuelle dans la réaction aux nuisances.

L'exposition préalable des animaux au bruit et leur habitude ou non peut aussi expliquer ces variations de réaction. Des études menées dans les années 1980 ont montré que les populations de baleines résidentes d'Arctique étaient beaucoup plus sensibles que les autres au bruit occasionné par les brise-glaces. Ces populations non-migrantes ayant été peu ou pas exposées aux nuisances sonores (populations dites « naïves ») montraient des comportements de fuite alors que le navire était à plus de 50 km, et des perturbations comportementales à plus de 80 km (Myrberg, 1990) !

En parallèle, d'autres populations s'adaptent à ces modifications de leur environnement. Dans différentes zones anthropisées à travers le monde, des études ont montré une modification des signaux émis par plusieurs espèces de cétacés. Avec l'augmentation du bruit de fond des océans, certaines espèces ont « adapté » leur communication en modifiant la fréquence de leurs émissions ou en diminuant l'intervalle entre chaque signal (Clark *et al.*, 2009).

2.4.3.2. Pinnipèdes

Comme pour les cétacés, la phase d'exploitation semble être moins source de nuisances pour les colonies de phoques situées à proximité que la phase de construction. Il n'existe cependant que peu d'études publiées à ce jour permettant de quantifier correctement ces effets à plus long terme.

A Horns Rev, la télémétrie n'a pas montré d'impact de la phase d'exploitation sur les phoques veaux-marins (Tougaard *et al.*, 2006). Toutefois, la précision des balises Argos n'est pas suffisante pour l'affirmer (comme évoqué précédemment).

A North Hoyle, Skeate *et al.* (2012) ont observé que le nombre de phoques veaux marins recensés sur les reposoirs situés à 2 km du parc, après avoir brutalement chuté l'année de la construction, est légèrement remonté les deux années suivantes sans avoir atteint leur niveau initial, suggérant que certains individus ont été forcés à se déplacer dans des régions adjacentes.

Dietz *et al.* (2000) soulignent la vulnérabilité des jeunes nouveaux-nés, particulièrement chez les veaux marins, qui communiquent avec leur mère lors de leurs premiers voyages en mer par l'émission de cris de relative basse fréquence (environ 350 Hz, Ralls *et al.*, 1995). Cette communication est critique pour le maintien du lien entre mère et petit avant la période de sevrage, et ces fréquences sont proches de celles de turbines en fonctionnement (environ 500 Hz). Ces mêmes auteurs s'accordent néanmoins à dire que les niveaux sonores générés par des turbines en phase d'exploitation sont peu susceptibles d'entraîner une nuisance sonore audible par les animaux.

Sous l'eau, Dietz *et al.* (2000) estiment que les veaux marins ne pourront percevoir le bruit généré par une turbine en fonctionnement qu'à une distance de 20 à 40 mètres, concluant que ce bruit ne constitue pas une source de dérangement significatif pour les phoques. Tougaard *et al.* (2006) parviennent à la même conclusion, bien que citant Henriksen (2001) estimant que cette distance de détection du son des turbines en phase d'exploitation est plutôt de l'ordre de quelques centaines de mètres à quelques kilomètres, dans des conditions idéales.

Globalement, l'effet du fonctionnement d'un parc éolien est beaucoup plus faible que celui de la construction. Il n'est toutefois pas à négliger, car contrairement aux nuisances de la construction qui sont temporaires, le fonctionnement est permanent. Certaines études ont montré que les émissions sonores répétées, selon leur intensité et leur fréquence, peuvent engendrer un état de stress chronique chez les mammifères marins, et plus spécifiquement les baleines à bec. Cet état de stress impliquerait des effets sur l'alimentation et la reproduction des animaux (Wright *et al.*, 2007). Chez les phoques, la plus grande sensibilité pourrait coïncider avec la période de reproduction, au cours de laquelle la communication vocale entre la mère et le petit d'une part, et la communication entre adultes pour parvenir à l'accouplement d'autre part, sont essentiels (Dietz *et al.*, 2000 ; Bjørgesaeter *et al.*, 2004). Pendant cette période, le bruit généré par un parc éolien à proximité de la colonie de reproduction pourrait avoir un effet masquant, en fonction de la distance et des conditions de propagation du son que cela soit sous l'eau ou dans l'air.

2.4.4. Autres effets

2.4.4.1. Effets barrière

L'implantation d'un parc de plusieurs dizaine d'éoliennes peut potentiellement constituer un obstacle pour les mammifères marins, d'autant plus si le parc est situé à l'entrée d'une baie ou sur une zone de passage. L'obstacle peut être à la fois physique, le champ de piliers eux-mêmes pouvant éventuellement former une barrière, mais aussi acoustique, le bruit généré pouvant repousser les mammifères marins (Tougaard *et al.*, 2009).

2.4.4.2. Effets électromagnétiques

En plus de la construction des fondations et l'installation des turbines, les champs d'éoliennes nécessitent également la pose de câbles électriques sous-marins pour transférer l'énergie produite vers le continent. Ces câbles produisent un champ électromagnétique comparable au champ électromagnétique terrestre (Inger *et al.*, 2009). Généralement, l'électricité transite vers de continent à travers les câbles à 50 Hz, en courant alternatif ou continu. Il est difficile de définir la distribution des champs électromagnétiques produits, car ils dépendent de nombreux paramètres, comme le voltage, le type de câble utilisé, l'utilisation de courant alternatif ou continu, la salinité de l'eau... (Wilhelmsson *et al.*, 2010).

Certaines études évoquent les effets possibles des champs électriques produits dans les parcs éoliens sur la navigation des mammifères marins (Dolman *et al.*, 2003), mais il n'existe pas à l'heure actuelle de preuve de ces impacts. Les effets de ces champs électriques sont difficiles à évaluer, tout comme l'utilisation du champ magnétique terrestre par les cétacés lors de déplacements (Gould, 2008). Certains échouages en masse de cétacés ont été mis en relation avec des zones de diminution du champ magnétique terrestre (Walker, 2002). De même, des variations de trajets migratoires de rorquals communs ont pu être corrélées avec des modifications de ce même champ magnétique. La présence de cristaux de magnétites dans certaines cellules sensorielles de baleines et de phoques, concentrés dans la dure mère (entourant le cerveau) pourrait être un bon indicateur de l'utilisation du champ magnétique chez les mammifères marins. Les connaissances actuelles sont toutefois insuffisantes pour comprendre l'impact des champs magnétiques générés par les câbles d'éoliennes dans la mesure où l'utilisation même des champs magnétiques par les mammifères marins reste floue. Les retours d'expériences existants n'ont pas mis en évidence d'impacts électromagnétiques des câbles d'éoliennes, et ces effets sont souvent qualifiés de négligeables (Ramboll, 2009).

2.4.4.3. Pollution

Les chantiers en mer peuvent induire des pollutions localisées de plusieurs natures. Ces pollutions peuvent être causées par la phase de chantier, provoquant la remise en suspension des sédiments, et des polluants si les sédiments sont contaminés. Cela concerne essentiellement des polluants organiques persistants (POPs) comme les organochlorés (DDT, PCB...). L'effet sur les mammifères marins est difficile à évaluer, et dépendent surtout des concentrations remises en suspension. Il est toutefois présumé que cet impact sera minime en comparaison à d'autres.

L'autre type de pollution principal concerne le rejet de substance nocive dans l'environnement, en particulier depuis les navires (huile, carburant...). Même si les protocoles et normes assurent le respect des règlements en vigueur, des accidents sont toujours possibles. Néanmoins, le cas de ces pollutions localisées est trop général pour pouvoir être traité ici.

Enfin, il est également possible de soulever l'existence d'une pollution lumineuse induite par les éoliennes en fonctionnement. L'impact de ces nuisances est très peu étudié chez les mammifères marins, mais il est tout de même possible de conclure que cet effet est très minime par rapport à d'autres impacts. Les mammifères marins sont vraisemblablement peu impactés par des nuisances lumineuses aériennes, et cet impact concernera plus l'avifaune et les chiroptères.

2.4.4.4. Effets à moyen et long terme

Les travaux de construction, en particulier la mise en place des fondations, engendrerait un impact à court terme, mais sur une zone étendue, tandis que la phase opérationnelle aurait un impact local, mais à long terme (Diederichs *et al.*, 2008).

Les études citées précédemment présentent la diversité des outils utilisés pour estimer l'impact des parcs éoliens sur les populations de mammifères marins (voir Evans, 2008 pour synthèse). Néanmoins, la durée maximale n'excède pas trois années après la construction des éoliennes (Teilmann *et al.*, 2006). Les effets à moyen terme ont donc été testés mais les impacts à long terme à l'échelle d'une ou plusieurs générations ne sont pas estimés. Le groupe de travail sur les questions environnementales de la Commission Baleinière Internationale (CBI) indique que les impacts des sources de bruits anthropogènes peuvent être observés à différentes échelles de temps et de lieu (IWC, 2005).

Lors d'exercices de prospection sismique menés en 2001 près de l'île de Sakhalin (nord de la mer du Japon) des modifications de comportement (changement de vitesse et direction de nage, fréquence de respiration...) ont été notées dans la population de baleines grises (*Eschrichtius robustus*), qui utilise cette zone pour se nourrir. Certains animaux ont quitté la zone de nourrissage durant cette période et n'y sont retournés que plusieurs jours après la fin des prospections. De nombreux animaux étaient alors

amaigris et affaiblis, compromettant probablement l'établissement de réserves de lard pour entamer leur migration vers les sites de reproduction (Yazvenko *et al.*, 2007). L'impact sur les générations futures et la dimension populationnelle d'effets locaux, même faible, doit donc également être considérée.

2.5. Effets potentiels lors de la phase de démantèlement

Le démantèlement d'un parc éolien en mer survient après 20 à 25 ans. Il est difficile de prévoir quels seront les impacts sur les mammifères marins, puisqu'aujourd'hui, aucun parc éolien en mer n'est encore arrivé en fin de vie. Deux options peuvent toutefois se présenter : soit les éoliennes sont démantelées, mais les fondations restent ; soit la totalité de la structure est démantelée. Le type de fondation utilisé va également jouer un rôle important : les fondations gravitaires seront plus compliquées à démanteler que des fondations métalliques.

Globalement, les nuisances générées par la phase de démantèlement seront de forte intensité, du même ordre de grandeur que la phase de construction. S'il est nécessaire de recourir à des explosions sous-marines, elles deviendront même plus bruyantes que la phase de construction.

Les détonations sous-marines génèrent des nuisances bien au-delà des seuils de perte d'audition pour les mammifères marins, et peuvent engendrer des conséquences graves, parfois létales (Richardson *et al.*, 1995).

Globalement, les niveaux sonores lors de la phase de démantèlement seront importants si des explosions sont utilisées, et provoqueraient des effets similaires à ceux de la phase de construction : dérangement des animaux, et fuite du site. Si le démantèlement consiste à scier les pieux, les impacts seront donc plus faibles que ceux de la construction.

De plus, un nouvel écosystème aura pu se créer (effet récif), et le démantèlement va, une nouvelle fois, modifier l'habitat si les fondations et les enrochements sont également démantelés. Il est possible de présumer que les impacts seront nombreux, mais à l'heure actuelle, nous manquons d'éléments pour étayer ces hypothèses.

Laisser en place les fondations avec la biomasse associée paraît être une solution envisageable pour minimiser les nuisances lors du démantèlement. Le cahier des charges prévoit toutefois une remise en état totale du site, y compris le démantèlement des fondations.

2.6. Effets cumulés

2.6.1. Effets cumulés dus à l'échelle spatio-temporelle du projet

Les projets d'EMR se multiplient en Europe, et notamment en France. Que cela soit l'éolien, l'hydrolien ou le houlomoteur, les projets sont nombreux, et des impacts environnementaux sont à prévoir. Or, ces impacts peuvent se manifester sur de grandes distances (plusieurs dizaines de kilomètres lors de la construction), parfois plus que les distances séparant deux projets. Les effets vont être amplifiés, voire se cumuler.

Les effets se cumulent en raison de la proximité des projets, mais également de leur calendrier. Si les phases de constructions se font de façon simultanée, il n'est pas impossible que les effets cumulés puissent être plus importants que les impacts d'un seul chantier. Toutefois, le cumul se fait aussi sur le long terme (IWC, 2005). En effet, l'exposition répétée des mammifères marins aux nuisances engendrées par des chantiers proches, même s'ils n'ont pas lieu en même temps, peut avoir des impacts et notamment créer un état de stress chronique (Wright *et al.*, 2007).

Il est essentiel de considérer l'ensemble des projets éoliens ou autres ayant cours sur la zone dans la prise en compte des impacts. En effet, Le second Appel d'Offre gouvernemental a désigné une zone entre Noirmoutier et l'île d'Yeu comme propice à l'implantation d'éoliennes. D'autres projets ont cours

dans des secteurs proches, notamment le site d'essai SEM-REV au large du Croisic, et les essais de l'éolienne flottante Winflo près de Groix. Si les calendriers ne seront vraisemblablement pas simultanés, les zones concernées sont proches et les effets des différents projets méritent d'être considérés dans la durée.

Il est difficile de quantifier l'impact réel d'un parc éolien en mer sur les mammifères marins. Quantifier l'impact de plusieurs zones cumulées l'est encore plus. Il est impossible de définir quel sera le comportement des mammifères marins ou quelles seront les conséquences de la mise en place de ces dispositifs. La construction reste toutefois la phase la plus bruyante, et celle qui engendrera les effets majeurs. Il apparaît que ces impacts seront observables sur de grandes distances, et qu'ils se superposeront sur les zones très proches.

Pour les sites du Saint-Nazaire et Noirmoutier, il semble inévitable de s'intéresser aux impacts cumulés des 2 parcs. Le calendrier reste une inconnue, mais il est souhaitable que les chantiers n'aient pas lieu en même temps.

2.6.2. Effets cumulés dus aux interactions avec d'autres pressions anthropiques

Aux pressions nouvelles générées par les énergies marines, se combinent également les pressions anthropiques déjà existantes dans le milieu. Que cela soit le bruit ambiant déjà généré par les activités humaines (trafic maritime, travaux et aménagements, extraction de granulats...), les collisions avec les navires ou les captures accidentelles dans les engins de pêche, de nombreuses pressions pèsent déjà sur les mammifères marins en France (Martinez *et al.*, 2011). Prendre en compte ces pressions dans l'évaluation des impacts est essentiel, puisque les effets générés par les projets éoliens ou EMR en général vont venir s'ajouter à ceux déjà existant. Une évaluation des impacts globaux est donc indispensable.

2.7. Conclusion

Les effets générés par l'implantation d'un parc éolien en mer sont de différentes natures et intensités.

La phase de construction est la période la plus bruyante, qui est la plus susceptible d'avoir des impacts négatifs sur les mammifères marins. Le bruit est la principale nuisance engendrée par la construction, pouvant provoquer différentes pressions chez les populations locales de mammifères marins. D'autres effets sont également possibles comme les collisions ou la remise en suspension temporaire de sédiments, mais leurs impacts potentiels sont généralement jugés faibles par rapport à la construction. La phase de construction dure entre 6 mois et 2 ans, et les effets générés sont donc considérés comme temporaires.

La phase d'exploitation est beaucoup moins bruyante que la phase de construction, et ses effets sont donc moindres. La mise en place des éoliennes couplée à l'interdiction ou gestion raisonnée de la pêche au sein du parc peut générer un effet « récif » doublé d'un effet « réserve ». Les densités de mammifères marins pourraient alors augmenter au sein du parc, et celui-ci pourrait devenir une zone de nourrissage pour certaines espèces et notamment les phoques des colonies proches.

La phase d'exploitation dure entre 20 et 25 ans, et les effets induits sont donc considérés comme permanents.

Le démantèlement peut être tout aussi bruyant que la phase de construction, voir plus si des explosions sont utilisées. Les effets générés peuvent être comparables à ceux de la phase de construction, s'il est choisi de tout démanteler.

Globalement, les retours d'expérience étrangers font état d'un départ des mammifères marins des zones de travaux pendant la phase de construction. Souvent, les animaux restent à proximité, preuve de l'intérêt écologique de la zone. Durant la phase de fonctionnement, les mammifères marins reviennent progressivement sur le site dans des proportions semblables à celles d'avant construction, voir en plus grand nombre (effets récifs et réserves).

Sur le site de Saint Nazaire, les marsouins communs, les dauphins communs, les grands dauphins et les globicéphales noirs utilisent le secteur comme zone de passage, d'alimentation ou de reproduction. Ils seront donc exposés aux effets de la construction du parc éolien. Ces populations sont déjà exposées à de nombreuses pressions : les captures accidentelles sont nombreuses, le bruit ambiant est élevé du fait du trafic maritime et des activités industrielles et le dérangement est fréquent. Les populations locales sont donc déjà soumises à de fortes pressions anthropiques. L'implantation du parc éolien en mer de Saint Nazaire, puis celui de Noirmoutier si l'Appel d'Offre en cours et fructueux, vont donc générer des nuisances supplémentaires. La proximité des zones pourrait limiter les possibilités de fuite si les travaux ont lieu en même temps. Par ailleurs, les retours d'expériences portent généralement sur des espèces côtières comme le marsouin, les phoques et dans une moindre mesure le grand dauphin puisque ce sont généralement les espèces concernées par les zones d'implantation de parc du nord de l'Europe. Peu d'études ont porté sur des espèces plus océaniques comme le dauphin commun ou le globicéphale noir dont les tolérances au dérangement sont probablement différentes de celles d'espèces côtières plus accoutumée au bruit. Il est donc difficile de définir quel sera le degré d'impact sur les espèces présentes à Saint Nazaire et les conséquences de l'implantation du parc sur les populations. Un suivi des impacts minutieux devra être mené.

PARTIE 3 – DEFINITION DE PROTOCOLES DE MESURES DE SUIVI ET DE REDUCTION – ETUDE DE FAISABILITE

RESUME

1. Les apports de la littérature

La littérature et les retours d'expérience font état de différents protocoles de réduction des impacts et de suivi des mammifères marins sur les zones d'étude. Plusieurs méthodes existent pour tenter diminuer ou supprimer les impacts potentiels. Il s'agit soit d'utiliser des méthodes de construction qui limitent les nuisances, en utilisant des rideaux de bulles ou des matériaux tampons, soit de limiter l'impact sur les mammifères marins en s'assurant qu'ils ne sont pas dans la zone. Pour se faire, on peut recourir au « ramp up » ou « soft start » qui consistent à augmenter progressivement les émissions sonores pour faire fuir les animaux de la zone et s'assurer ainsi qu'ils ne soient pas dérangés par le bruit. Cette mesure peut être couplée à la surveillance visuelle et acoustique de la zone pour s'assurer qu'aucun mammifère marin ne revient dans la zone de travaux.

En plus de ces solutions de minimisation des impacts, des suivis doivent avoir lieu sur la zone afin de contrôler la fréquentation et l'utilisation de la zone par les mammifères marins. Dans la lignée de l'état de référence, il convient de conduire des suivis pendant le fonctionnement et l'exploitation du parc. Généralement, ce suivi de la zone est réalisé par suivi aérien et acoustique. Mais de nombreuses méthodologies existent pour suivre les populations de mammifères marins. La définition d'une méthodologie et d'un protocole dépend grandement des espèces présentes, des conditions environnementales et topographiques et de l'enjeu représenté par la zone. Il est impossible de définir un protocole « type » car chaque parc est unique. Un travail « sur-mesure » doit donc être effectué.

2. Des mesures adaptées à Saint Nazaire

En fonction des caractéristiques du site et des espèces présentes, des propositions adaptées ont été développées et chiffrées pour le site de Saint Nazaire.

Dans un premier temps, les mesures de prévention ou réduction des impacts ont pour objectifs de s'assurer qu'aucun mammifère marin ne soit blessé pendant la période de construction. Il s'agit donc de s'assurer que les mammifères marins ne sont pas dans la zone de travaux pendant les phases pouvant être nocives pour eux. On peut donc envisager d'éloigner les mammifères marins progressivement, par l'utilisation de soft-start ou ramp-up afin qu'ils quittent la zone dans des conditions acceptables. Une surveillance visuelle et éventuellement acoustique permettra également de s'assurer que des mammifères marins ne sont pas dans la zone de travaux pendant les activités bruyantes. La zone d'exclusion, dans laquelle des lésions permanentes sont possibles pour les mammifères marins, devra être définie en fonction des modélisations acoustiques. Les répulsifs ou effaroucheurs ne pourront être envisagés qu'après une étude acoustique fine, afin de s'assurer qu'ils seront bénéfiques sur la zone et qu'ils n'engendreront pas plus d'impacts que le chantier lui-même.

Pour ce qui est des suivis, 3 grands types de suivis seront à préconiser : des suivis aériens, des suivis acoustiques et des suivis par bateau. Plusieurs scénarii sont possible pour les suivis aériens et acoustiques en fonction de l'emprise spatiale de la zone d'étude. Il est ainsi recommandé de mutualiser

les suivis sur plusieurs zones afin de diminuer les coûts et d'augmenter la significativité de la zone d'étude pour les mammifères marins. Les suivis aériens seraient à réaliser durant une année au minimum, 2 étant optimal, à raison de 4 passages par an. Pour les suivis acoustiques, il est préconisé de procéder à des enregistrements continus sur zone pendant au moins un an, et de mutualiser avec le suivi du bruit ambiant. Cela permettra de combler les manques de survols dans la zone d'implantation tout en réalisant un focus sur la présence/absence de cétacés à l'intérieur du parc. Le suivi par bateau devrait également permettre de combler les manques des survols et d'obtenir des résultats à une échelle temporelle plus fine que les suivis aériens (une sortie tous les 2 mois ou une fois par mois). Ce suivi devrait être mutualisé avec les suivis avifaune, et permettrait ainsi d'étudier la zone d'implantation et ses abords proches, tout en optimisant les coûts.

Durant l'exploitation, un suivi visuel opportuniste peut être envisagé depuis les navires de maintenance en formant les personnels navigants à l'identification des espèces ou en mettant à disposition des MMO pendant les opérations de maintenance.

Des mesures d'accompagnement/R&D sont également envisageables en plus des mesures de suivis et de réduction, et notamment le maintien de l'analyse des origines spatiales de mortalité des petits cétacés à travers les différentes phases. La mise en place d'une « alerte bruit-échouages » durant les activités bruyantes est également proposée en mesure d'accompagnement.

L'ensemble de ces propositions peuvent être déclinées à différentes échelles et niveaux, mais il convient de les considérer dans leur ensemble pour réaliser un suivi efficace et pertinent. Chaque méthode comporte des avantages et des limites qui seront en partie compensées par la combinaison de ces différentes mesures de suivis.

Il est également important de programmer ces suivis sur l'ensemble de la vie du parc, afin de proposer un suivi sur le long terme adapté.

1. Méthodes existantes de réduction et de suivi des impacts et niveau d'efficacité : approche bibliographique et généralités

1.1. Réduction des impacts

1.1.1. Impacts physiques

Les impacts physiques potentiels concernent les collisions avec les navires, la remise en suspension de sédiments/polluants si ceux-ci sont pollués et les pollutions accidentelles. Peu de solutions existent pour minimiser ces risques, dans la mesure où la préoccupation principale est le bruit. Une attention doit néanmoins être portée à ces éventualités en limitant les situations à risques.

1.1.2. Impacts sonores

Deux aspects peuvent être pris en compte dans la minimisation des effets liés aux impacts sonores : d'une part, il s'agit d'adapter les techniques de façon à créer le moins de nuisances possibles ; d'autre part, il s'agit d'axer l'effort sur l'éloignement ou la mitigation (minimisation des risques) vis-à-vis des mammifères marins.

1.1.2.1. Réduction des émissions

La littérature cite différentes méthodes et notamment la création d'un rideau de bulles autour de l'éolienne (Würsig et al., 2000 ; Gordon et al., 2007). Cette technique consiste à créer un « mur » de bulles autour du pilier de l'éolienne à partir du substrat. Cette technique peut s'avérer efficace et diminuer les émissions sonores de l'ordre de 6 à 18 dB. Elle est également utilisable indépendamment du type de fondation. Toutefois, elle est difficile à mettre en œuvre dès que les conditions courantologiques sont trop importantes.

D'autres techniques comme des modifications de la technique de martellement, ou l'ajout d'un matériau « tampon » autour du pilier sont proposées. Désignées sous le terme de « barrière anti-bruit », ces méthodes consistent à mettre en place une « barrière » permanente remplie d'air ou de mousse autour du pilier pendant l'opération de battage (Nehls et al. 2007).

Deux types de barrières existent :

- une barrière gonflable peut être installée de façon permanente sous la plate forme de battage. Après l'insertion du pilier dans la plate forme de battage, elle est déployée et gonflée à une épaisseur de 50 mm durant l'opération. Ce dispositif réduit les émissions sonores produites par le battage de l'ordre de 20 dB.
- une barrière télescopique constituée de plusieurs segments dotés d'une double paroi en acier remplie de mousse. Le pilier est inséré dans la barrière qui est déployée à sa longueur maximale durant l'opération de battage. Une épaisseur de mousse de 100 mm permet une réduction du niveau sonore produit de 15 dB.

Ces deux procédés sont relativement onéreux, leur coût est estimé entre 20 000 et 25 000 € par pilier (Nehls et al., 2007), et risquent d'augmenter la durée des travaux et donc leur coût.

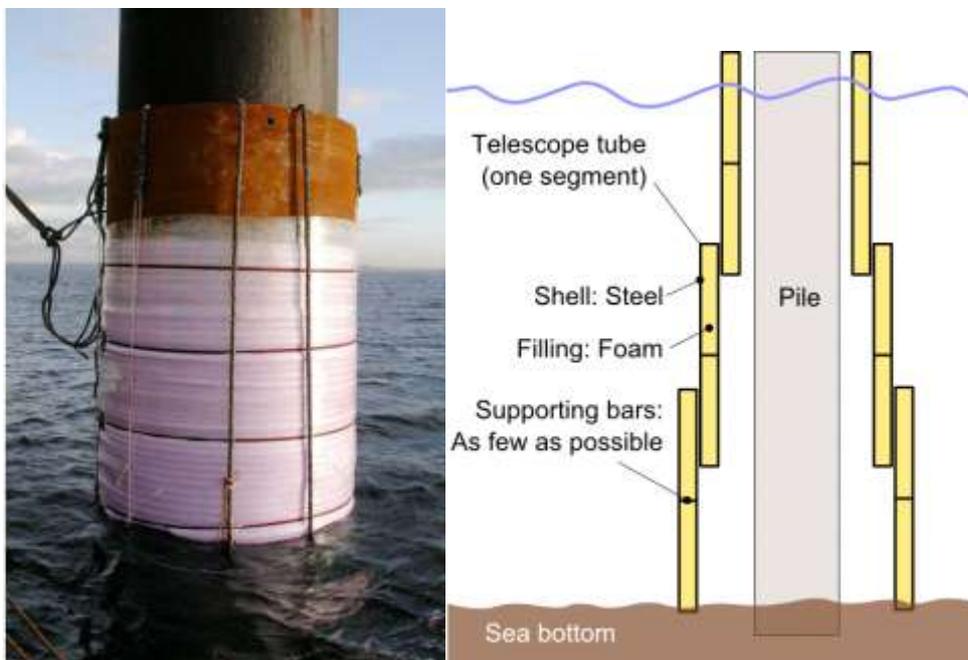


Figure 32 : Exemples de barrières anti-bruit : photo de pilier entouré de matériau tampon et schéma de barrière télescopique (Nehls et al., 2007).

Ces dispositifs sont à étudier, mais pour l'instant leur efficacité, et surtout leur viabilité économique, restent à prouver (Dolman & Simmonds, 2010).

Pour l'heure, il convient d'axer les efforts sur l'utilisation des techniques les moins bruyantes, à défaut de réelles solutions pour diminuer le bruit généré.

1.1.2.2. Réduction et prévention des risques vis-à-vis des mammifères marins

Les répulsifs acoustiques (« *pinger* ») ou les effaroucheurs à phoques (« *seal scarer* ») sont souvent recommandés pour éloigner les animaux de la zone de travaux (Nehls *et al.*, 2007 ; Brandt *et al.*, 2009 ; Tougaard *et al.*, 2006), mais leurs effets sur les mammifères marins sont discutables. Ces dispositifs ont montré leur efficacité pour éloigner les marsouins des zones de travaux sur certains chantiers, et ainsi minimiser le risque de lésions permanentes (Brandt *et al.*, 2012). Mais d'autres études tendent à prouver que l'impact des répulsifs éloignent les marsouins sur des distances beaucoup plus importantes que ce qui était attendu (Carlström *et al.*, 2009) et pourraient participer à l'exclusion des animaux de leurs habitats favorables en augmentant l'impact de la construction des parcs (Wilson *et al.*, 2007). Par ailleurs, la distance d'effarouchement des marsouins dépend fortement des conditions topographiques et environnementales, qui conditionnent la propagation du son. Chaque site est unique, et il est difficile de généraliser (Brandt *et al.*, 2012).

Afin d'assurer le fonctionnement escompté de ces appareils et d'éviter un effet négatif de leur utilisation, il est nécessaire de les calibrer avec précision, en tenant compte des conditions bathymétriques et géomorphologiques

La technique la plus utilisée et vraisemblablement la plus adaptée est le « *soft-start* » qui consiste à augmenter progressivement les émissions sonores, afin de signaler le début des travaux aux animaux et qu'ils puissent ainsi quitter la zone (JNCC, 2009).

Lors de la phase de construction, le du JNCC (*Joint Nature Conservation Committee*) propose plusieurs mesures pour réduire les risques sur les mammifères marins:

- Procédure de « *soft-start* » ou « *ramp-up* » (quand cela est techniquement possible) : débiter les travaux par une faible intensité sonore, puis augmenter progressivement la puissance, pour que les animaux puissent quitter la zone ;
- Etablir une zone d'exclusion d'au moins 500m autour de la zone de travaux, c'est-à-dire s'assurer qu'aucun mammifère marin ne s'y trouve ;
- Assurer une surveillance visuelle durant les travaux, et pouvoir suspendre les activités qui peuvent l'être quand un mammifère marin entre dans la zone d'exclusion ;
- Ne pas conduire de travaux de forte intensité lorsqu'une surveillance visuelle de la zone d'exclusion n'est pas possible (la nuit, ou lors de conditions météorologiques défavorables).

Ces mesures sont valables pour la plupart des activités entraînant une forte nuisance sonore (prospection sismique, pétrolière...) et pourront être facilement applicables, des observateurs pouvant être présents à bord des navires lors de la construction. Cela implique la présence permanente de minimum 3 observateurs, dès le démarrage des travaux. Il s'agit d'une mesure simple, visant à s'assurer de l'absence d'animaux dans la zone. De par la faible profondeur des sites de construction, en conduisant cette surveillance de façon adaptée, on peut ainsi s'assurer qu'aucun animal n'est dans la zone d'exclusion lors des travaux.

Il est souvent suggéré de tenir compte des cycles biologiques des animaux dans le calendrier des travaux, et d'éviter de fortes nuisances sonores lors des phases où ils sont les plus vulnérables (période de reproduction notamment), (MacLeod *et al.*, 2010 ; ICES, 2010).

1.2. Suivi des impacts

Pour réaliser le suivi des impacts d'un parc éolien, il convient d'observer la fréquentation et l'utilisation du site qui est faite par les mammifères marins avant, pendant et après les travaux. Cela revient à suivre la fréquentation et l'utilisation d'un secteur défini autour du site d'implantation des éoliennes.

1.2.2. Méthodes de suivis

Pour définir un programme de suivi, il est essentiel de se poser la question des objectifs de ce suivi. Quelles sont les questions auxquelles on souhaite répondre ? Quels sont les impératifs réglementaires et quelles sont les volontés du maître d'ouvrage ? En fonction des questions posées, les données à acquérir, les techniques utilisées et donc les moyens à allouer seront différents.

La sensibilité de la zone d'implantation est également un facteur à considérer. Une zone écologiquement très importante ou fréquentée par certaines espèces devra faire l'objet d'un suivi rigoureux et approfondi, à la hauteur des enjeux identifiés dans l'étude d'impact.

Le coût d'un suivi est largement dépendant de la méthode utilisée. Le choix d'une technique se fait donc en fonction de son efficacité et des résultats qu'elle apporte, mais aussi en fonction de son coût. L'idéal étant alors d'optimiser le rapport entre le coût d'une technique et les résultats qu'elle apporte. Le plus souvent, il semble opportun d'utiliser plusieurs techniques pour réduire les biais. En l'occurrence, les méthodes les plus efficaces pour les cétacés ne le seront pas pour les pinnipèdes, et inversement. Il convient alors de combiner les techniques qui semblent les plus adaptées à la situation.

Un programme de suivi dans le cadre d'un projet éolien a pour principal objectif de suivre les modifications générées par le projet sur l'environnement et d'évaluer leur intensité le cas échéant. Pour se faire, on distingue 3 principaux moyens pour répondre à cet objectif pour les mammifères marins ::

- Caractériser les espèces présentes, leur distribution, leur abondance ;
- Suivre le statut des populations et des impacts des activités anthropiques ;
- Définir l'utilisation spatio-temporelle des habitats pour identifier les zones importantes (alimentation, reproduction...).

De nombreuses techniques sont généralement utilisées pour suivre les populations de mammifères marins. Elles sont fonction de l'espèce étudiée, des caractéristiques de la zone, de la nature et de la localisation du projet, des moyens disponibles et des résultats attendus. Chacune de ces techniques présente des avantages et des limites (tableau 5), qu'il convient généralement de réduire en combinant plusieurs méthodes.

Il ne s'agit pas ici de dresser une liste exhaustive des différentes méthodes de suivis des populations, mais de lister les principales et celles utilisées plus spécifiquement en France et en Europe.

Pour les observations visuelles, on peut distinguer trois grandes catégories : celles utilisant des plateformes dédiées (avion, bateau), celles utilisant des plateformes d'opportunités (navires scientifiques, ferries...) et les observations réalisées depuis la côte.

Tableau 5 : sélection des principales méthodes de suivi des populations de mammifères marins et principales références associées (Martinez *et al.*, 2011)

Méthodes de suivi (exemple ; référence)	Variables estimées	Avantages	Limites
Observations visuelles sur transects linéaires à double plate-forme par avion ou par bateau (campagne SCANS ; Hammond <i>et al.</i> , 2002)	Distribution, abondance (individus), densité corrigée dans une aire prédéfinie	Méthodes standardisées, réduction des biais, grande emprise géographique, adapté pour cétacés au large	Coût élevé, périodicité de mesure limitée, prise en compte complexe des biais d'observation
Observations visuelles sur campagnes océanographiques (campagne PELGAS ; Certain <i>et al.</i> , 2008)	Distribution, densités relatives (individus.km ²) en relation avec paramètres environnementaux <i>in situ</i> dans une aire prédéfinie	Coûts limités, co-variables environnementales collectées simultanément, périodicité annuelle	Maîtrise partielle de l'échantillonnage, certains biais non quantifiés mais supposés constants
Observations visuelles sur plates-formes d'opportunité (ferries ; Kiszka <i>et al.</i> , 2007)	Taux de rencontre (nombre d'observations.unité d'effort ¹ ou individus.unité d'effort ¹) sur une ligne prédéfinie	Coûts limités, périodicité mensuelle ou hebdomadaire	Maîtrise limitée de l'échantillonnage
Observations acoustiques passives (projet SAMBAH ; http://www.sambah.org/)	Taux de détection pendant la période de déploiement (détections.unité d'effort ¹)	Détectabilité indépendante de la visibilité	Rayon de détection limité (100 m à 1 km selon les appareils), identification limitée des espèces et des nombres d'individus, comparaison spatiale difficile, coût élevé pour des applications de grande emprise géographique
Dénombrements sur sites spécifiques (SIG-Phoques ; Vincent <i>et al.</i> , 2010)	Nombre d'individus présents	Coûts modérés, surtout applicable sur reposoirs et colonies de phoques	Biais peu maîtrisés, sans doute variables entre les sites, les saisons et les conditions
Suivis focaux sur sites d'intérêt (<i>Tursiops</i> ; Liret <i>et al.</i> , 2006)	Mode d'utilisation de l'espace par des groupes suivis visuellement (temps passé.maille ⁻¹ , par catégorie d'activité)	Coûts modérés, compréhension spatiale fine	Limité aux groupes de petits cétacés côtiers résidents ; limité par les conditions d'observation visuelle
Photo-identification (Phoque gris Iroise ; Gerondeau <i>et al.</i> ,	Probabilité de présence d'individus marqués, permettant d'estimer	Coûts modérés, adapté pour petites populations	Peu adapté pour populations abondantes et

2007)	l'abondance (Individus), des paramètres démographiques ou la connectivité entre sites	localisées, avec forte proportion d'individus reconnaissables naturellement	dispersées, avec faible proportion d'individus reconnaissables naturellement
<i>Télémétrie individuelle</i> (Phoques ; Vincent <i>et al.</i> , 2003)	Suivi longitudinal des localisations et des activités d'individus équipés permettant d'analyser les domaines vitaux et modes d'utilisation de l'espace et la connectivité entre sites	Compréhension spatiale fine, indépendant des conditions de mer et de visibilité	Essentiellement limité aux phoques et grands cétacés, méthodes de marquage souvent complexes, difficulté d'extrapolation aux populations
Programmes d'observation liés aux pressions (OBSMAM, OBSMER ; Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, 2008)	Impact d'une activité humaine (ex. nombres de captures accidentelles par unité d'effort de pêche)	Evaluation directe d'un impact par estimation de la mortalité additionnelle	Surtout limité aux programmes prévus par le règlement 812/2004 ; difficultés d'échantillonnage, d'extrapolation, et d'organisation en liaison avec les professions concernées
Echouages (Réseau échouages ; Van Canneyt <i>et al.</i> , 2010)	Variations spatio-temporelles des compositions d'animaux échoués (espèces, sexes, âge, cause de mortalité, état de santé, état biologique...)	Coûts faibles, grande emprise spatiale et temporelle, accès à des prélèvements biologiques, révèle les espèces rares	Interprétation complexe de l'origine et de la signification des échouages
Observations opportunistes (cétacés en Manche ; Kiszka <i>et al.</i> , 2004)	Présence d'une espèce, sans effort d'observation quantifiable	Coûts très faibles, peut révéler les espèces rares	Aucune extrapolation possible

1.2.3. Applications spécifiques aux parcs éoliens

1.2.3.1. Suivis visuels

La plupart des suivis réalisés dans les parcs éoliens en mer ont considéré les méthodes de suivis visuels et acoustique passive. Des transects sont effectués par bateau ou par avion dans une zone plus au moins éloignée du parc éolien. Les suivis par avion sont moins dépendant des conditions météorologiques que les suivis par bateau et permettent de couvrir une distance plus importante à un moindre coût. Toutefois, les réglementations de survols au dessus des parcs éoliens et les hauteurs de vols peuvent rendre impossible leurs utilisations.

Les suivis par avion ont été mis en place sur plusieurs sites, notamment à Horns Rev (Tougaard *et al.*, 2006) et Alpha Ventus (Dähne *et al.*, 2013) en complément d'autres méthodes de suivis. Cela reste la méthodologie la plus robuste statistiquement pour réaliser un suivi des mammifères marins sur une zone donnée, à condition que la zone d'étude soit suffisamment grande pour rendre cette méthode applicable.

Les suivis par plateforme d'opportunité (ferry, navire scientifique etc...) sont un moyen peu onéreux de collecter des données sur les mammifères marins, mais ne pourront probablement pas être utilisés dans le contexte des parcs éoliens en raison de la réglementation de la navigation à l'intérieur de parc. Toutefois, il pourrait être envisageable d'utiliser les navires du maître d'œuvre (construction, servitude etc...) pour placer des observateurs à bord ou former les personnels navigants

Les observations depuis la côte sont également non utilisables puisque les parcs sont situés à plus de 10 km des côtes.

1.2.3.2. Echouages

Les données d'échouage ont souvent été négligées dans les stratégies de suivi des mammifères marins en raison de l'absence de stratégie d'échantillonnage et de significativité des échouages par rapport aux populations en mer. Néanmoins, les échouages sont la seule source de matériel biologique pour ces espèces protégées et leur faible coût est un argument en faveur de leur utilisation comme source d'indicateurs. Des travaux récents (Peltier, 2011) ont permis d'améliorer la compréhension du processus échouage et de définir qualitativement et quantitativement la relation entre cétacés échoués et populations en mer. Ces travaux sont basés sur la modélisation des trajectoires en mer de cétacés échoués à l'aide d'un modèle de dérive. Il est devenu ainsi possible de retrouver les zones de mortalité en mer des cétacés échoués.

1.2.3.3. Suivi acoustique

L'acoustique passive par hydrophone statique consiste à immerger un hydrophone relié à un enregistreur autonome alimenté par une batterie et stockant les informations sur un disque dur ou une carte mémoire. Ce type de suivi renseigne sur la distribution géographique et saisonnière des animaux acoustiquement actifs présents dans la zone mais il ne permet pas actuellement d'estimer l'abondance absolue des animaux (Verfuss et al 2007). Les données ne sont accessibles qu'au moment de récupérer la carte ou le disque dur. L'autonomie des batteries ou de la mémoire est le facteur limitant de ces instruments. Pour les espèces qui émettent à de très hautes fréquences comme le marsouin commun, il est nécessaire d'enregistrer avec un taux d'échantillonnage extrêmement grand. De nos jours, peu d'instruments autonomes sont capables d'enregistrer avec un taux d'échantillonnage aussi important. L'instrument faisant référence dans la plupart des études éoliennes est le C-POD (Chelonia Ltd). De nombreuses études ont eu recours à cet instrument (Tougaard et al., 2006 ; Bailey et al., 2010 ; Scheidat et al., 2011 ; Dähne et al., 2013). Il s'agit d'un capteur (hydrophone) relié à une carte mémoire, des batteries et un processeur qui analyse en temps réel le bruit ambiant et attribue à chaque événement sonore une source (cétacés, bateau etc...). Le C-POD capte une large gamme de fréquence (20-160kHz) et a une autonomie d'environ 3 mois. Ces performances sont toutefois dues au fait que cet instrument ne conserve pas le signal sonore original mais uniquement l'événement tel qu'identifié par les algorithmes. Si cette conception permet de réduire le temps d'analyse, elle ne permet pas d'avoir recours au signal en cas de doute ou de besoin de précision sur les événements sonores détectés. Il est donc impossible d'avoir accès aux données brutes, ou de coupler le suivi acoustique des mammifères marins avec le suivi du bruit ambiant. Ces appareils ne font donc pas l'unanimité dans la communauté scientifique (Brandt *et al.*, 2009).

D'autres appareils apparaissent toutefois sur le marché, avec des performances d'enregistrement et d'autonomie comparables à celles du C-POD tout en permettant d'avoir accès au signal original. Bien qu'en diminution, le prix d'un tel enregistreur reste plus élevé que celui d'un C-POD mais permet un traitement plus poussé des données et une fiabilité avérée des détections. Le temps d'analyse est alors relativement plus important pour traiter ces données.

L'acoustique passive est en revanche un bon moyen de suivre la fréquentation d'une zone par les mammifères marins indépendamment du jour ou de la nuit, ou des conditions météorologiques. Il est

toutefois difficile à l'heure actuelle de pouvoir extrapoler des densités d'animaux à partir des sons enregistrés.

La plupart des études d'impacts se basent sur un protocole de type BACI (*Before After Control Impact*). Ce type de protocole a pour but de suivre la distribution des mammifères marins avant, pendant et après les travaux. Il nécessite également de suivre deux sites en parallèle : le site concerné par l'implantation d'éoliennes et un site témoin, peu importe la technique de suivi utilisée. Les deux sites doivent être en tout point comparables afin de permettre la détection de tout changement (spécifique, abondance...) suite à l'implantation des éoliennes et de s'assurer que le changement observé est bien imputable au chantier et non pas à une variation naturelle de distribution.

En pratique, la sélection d'un site témoin est souvent compliquée, en raison de la difficulté à trouver une zone témoin aux caractéristiques comparables à la zone d'implantation mais non impactée par la mise en place du parc, ni par les projets voisins. Le protocole BACI est facilement utilisable dans le cadre de zones et d'impacts ayant des limites clairement identifiables, ce qui n'est, le plus souvent, pas de cas dans les projets éoliens.

Une autre façon de disposer les enregistreurs peut être envisagée, à savoir le *gradient sampling*. Il consiste à suivre sur un seul site l'impact des nuisances en fonction de la distance à la source (Ellis & Schneider, 1997). Particulièrement adapté aux suivis par acoustique passive, ce type de protocole permet d'estimer les différentes réactions des mammifères marins en fonction de la distance à la source de bruit. Toutefois, cela reste peu applicable en l'état dans le cas de projets multiples séparés par une faible distance, ce qui sera probablement le cas pour Saint Nazaire, étant donné la proximité avec le projet de Noirmoutier, si celui-ci est maintenu. En effet, les impacts cumulés des différents projets rendent impossible l'estimation des impacts de chaque projet. Elle peut en revanche être très utile pour suivre les impacts cumulés.

Aucune de ces solutions n'est idéale. Les caractéristiques de la zone et la proximité aux autres projets pourront permettre de privilégier un protocole plutôt que l'autre. La solution se trouve peut-être dans une combinaison de ces deux types de suivis. Elle peut également se trouver dans un suivi à l'échelle de plusieurs projets (Saint Nazaire et Noirmoutier en l'occurrence), plutôt que site par site. Étant donné la multiplication des projets éoliens, il semble difficile de mener une étude environnementale isolée, sans prendre en compte les effets des sites voisins.

2. Prévention/ réduction : application à Saint-Nazaire

Les méthodes dites de « mitigation » regroupent les méthodes de suppression, de réduction ou de compensation des impacts sur les mammifères marins. Concernant les mammifères marins, l'impact majeur étant le bruit, il s'agit donc de définir des mesures permettant de réduire ou supprimer les impacts sonores. Deux types de mesures sont à distinguer :

- Réduire les émissions sonores à la source en adaptant les techniques de construction ;
- Réduire la propagation des émissions sonores par l'ajout de matériaux ;
- Réduire la cumulation des impacts en adaptant le calendrier ;
- Eloigner les mammifères marins et s'assurer qu'ils ne sont pas dans la zone définie comme potentiellement dangereuse ;
- Choisir les périodes de travaux les moins impactantes.

Différentes méthodes de réduction de la propagation sonore existent et sont citées dans la littérature comme les rideaux de bulles (Würsig *et al.*, 2000 ; Gordon *et al.*, 2007) ou l'utilisation de matériaux tampons (Nehls *et al.*, 2007). Toutefois, ces méthodologies relèvent plutôt de l'ingénierie, et il appartient aux spécialistes de se prononcer sur leur efficacité et leur faisabilité sur le site de Saint Nazaire. Nous nous focaliserons donc dans cette partie sur l'éloignement et la surveillance des mammifères marins pendant la construction.

2.1 Objectifs

Les impacts sonores sont les plus forts durant la phase de chantier. L'objectif principal est donc de s'assurer qu'aucun mammifère marin ne subisse de dommages pendant cette phase.

2.2 Définition des zones d'étude

La zone d'étude doit prendre en compte l'emprise de la zone d'impact sonore potentielle de chaque activité durant la construction. Elle est donc fonction des activités menées et de la propagation des nuisances sonores pouvant impacter les mammifères marins. La définition de ces zones doit donc faire l'objet d'un travail conjoint avec le prestataire en charge de l'acoustique.

2.3 Outils, méthodes de prévention et réduction des impacts et faisabilité technique

3 grandes solutions sont à distinguer et peuvent éventuellement se combiner pour augmenter leur efficacité :

- Eloigner les animaux par des dispositifs de type répulsifs (voir fiche PR1)
- Démarrer progressivement les travaux afin d'éloigner les mammifères marins (voir fiche PR2)
- S'assurer qu'aucun mammifère marin n'est présent au moment des phases de travaux bruyantes (voir fiche PR3)

Utilisation de répulsifs ou effaroucheurs		PR1
Catégorie	Prévention/réduction	
Objectifs	Eloigner les mammifères marins pour s'assurer qu'ils ne sont pas dans la zone lors des phases de travaux bruyantes Espèces cibles : marsouins essentiellement, petits delphinidés	
Justification	Impacts des phases de travaux (construction et démantèlement) évalués comme importants	
Méthodes	Utilisation de répulsifs acoustiques ou effaroucheurs pour éloigner les mammifères marins de la zone Utilisation d'effaroucheurs à phoques (<i>seal scarer</i>) pour éloigner les marsouins testée (Brandt <i>et al.</i> , 2013) : moins impactants que des <i>pingers</i> . Distance d'effarouchement dépend des conditions topographiques et environnementales. Estimation de la portée : 5 à 10 km pour un seal scarer (Brandt <i>et al.</i> , 2012).	
Fréquence	A mettre en place 30 min avant le début du démarrage progressif (PR3) et à arrêter quand les travaux sont à pleine puissance	
Périodicité	Etat de référence : / Construction : Mise en place lors des activités bruyantes durant toute la durée des travaux Exploitation : /	

		Démantèlement : Mise en place lors des activités bruyantes durant toute la durée des travaux
 		
Coût		Variable en fonction des instruments (de 500 à 6 200 € par instrument)
Précision sur les modalités de mise en oeuvre		<p>Propagation du son et utilité à étudier avant de pouvoir recommander leur utilisation</p> <p>Calibration nécessaire en fonction des conditions environnementales et topographique avant utilisation</p> <p>Peu de retours d'expérience sur l'efficacité des seals scarer sur les dauphins, impact et efficacité inconnus sur ces espèces.</p> <p>En cas d'utilisation, à activer 30 min avant le début du démarrage progressif et arrêt dès le début des travaux à pleine puissance (JNCC, 2009).</p> <p>Attention, <i>seal scarer</i> non développé pour les marsouins ! Développement d'outils spécifiques et mieux maîtrisables à encourager (Brandt <i>et al.</i>, 2013).</p>
Maitre d'ouvrage		EDF-EN
Partenariats/support envisageables		<p>Observatoire Pelagis</p> <p>Ifremer</p> <p>Prestataire acoustique</p> <p>MEDDE (DEB-DGEC)</p>

Surveillance visuelle et acoustique		PR2
Catégorie	Prévention/réduction	
Objectifs	<p>Surveiller la zone de travaux pour s'assurer qu'aucun mammifère marin n'y est durant les phases dangereuses</p> <p>Espèces cibles : cétacés</p>	
Justification	Impacts des phases de travaux (construction et démantèlement) évalués comme importants	
Méthodes	Définition d'une zone d'exclusion dans laquelle aucun	

	<p>mammifère marin ne doit se trouver</p> <p>Surveillance visuelle de la zone d'exclusion depuis les navires de travaux et/ou de servitudes par des MMO, surveillance acoustique par PAM</p> <p>Début de la surveillance visuelle 30 min avant le début du démarrage progressif (PR3)</p> <p>Interruption des travaux en cas de détection de mammifères marins dans la zone d'exclusion</p>
<p>Fréquence</p>	<p>A mettre en place lors des opérations bruyantes</p>
<p>Périodicité</p>	<p>Etat de référence : /</p> <p>Construction : Mise en place durant les activités bruyantes durant toute la durée des travaux</p> <p>Exploitation : /</p> <p>Démantèlement : Mise en place durant les activités bruyantes durant toute la durée des travaux</p>
	
<p>Coût</p>	<p>A définir en fonction de la taille de la zone d'exclusion</p>
<p>Précision sur les modalités mise en oeuvre</p>	<p>Modalités de mise en place à définir en fonction des moyens techniques et des résultats du prestataire acoustique</p> <p>Calcul de la zone d'exclusion à partir des niveaux sonores générés pendant la construction, des capacités auditives des mammifères marins et des seuils auditifs cités dans la littérature. Définition de la taille de la zone d'étude en collaboration avec le prestataire acoustique</p> <p>Au moins 3 observateurs nécessaires durant la totalité de la durée du chantier.</p> <p>Compétences et expériences sur ce type de campagnes des observateurs à vérifier. Possibilité de recruter des personnes ayant travaillé dans l'industrie sismique ou pétrolière, en veillant à ce qu'elles aient une connaissance fine des espèces présentes dans la zone d'étude.</p> <p>Couplage avec de la surveillance acoustique passive (PAM) à encourager.</p>

Maitre d'ouvrage	EDF-EN
Partenariats/support envisageables	Observatoire Pelagis

Démarrage progressif		PR3
Catégorie	Prévention/réduction	
Objectifs	Eloigner les mammifères marins pour s'assurer qu'ils ne sont pas dans la zone lors des phases de travaux bruyantes Espèces cibles : cétacés, phoques	
Justification	Impacts de la construction évalués comme importants	
Méthodes	<p>Démarrage progressif des travaux et augmentation contrôlée des niveaux sonores du battage pour éloigner les mammifères marins dans les conditions les moins impactantes et les plus acceptables possibles.</p> <p>« Ramp up » = émission de signaux acoustiques depuis une source en montant progressivement en puissance pour alerter les mammifères marins de la zone et les éloigner avant le début des travaux.</p> <p>« Soft start » = démarrage de l'activité de façon progressive lorsque cela est techniquement possible (forage etc), dans la même optique que le ramp up.</p>	
Fréquence	A mettre en place lors des opérations bruyantes, après la mise en route des effaroucheurs (PR1) et le début de la surveillance visuelle (PR2)	
Périodicité	<p>Etat de référence : /</p> <p>Construction : Mise en place durant les activités bruyantes durant toute la durée des travaux</p> <p>Exploitation : /</p> <p>Démantèlement : Mise en place durant les activités bruyantes durant toute la durée des travaux</p>	
Coût	Intégré au coût des travaux	
Précision sur les modalités de mise en oeuvre	<p>Modalités de mise en place à définir en fonction des moyens techniques et des résultats du prestataire acoustique</p> <p>Il est fortement recommandé de coupler le démarrage progressif à la surveillance visuelle et/ou acoustique (PR3).</p>	
Maitre d'ouvrage	EDF-EN	
Partenariats/support envisageables	Observatoire Pelagis Spécialistes en acoustique	

2.4. Bilan

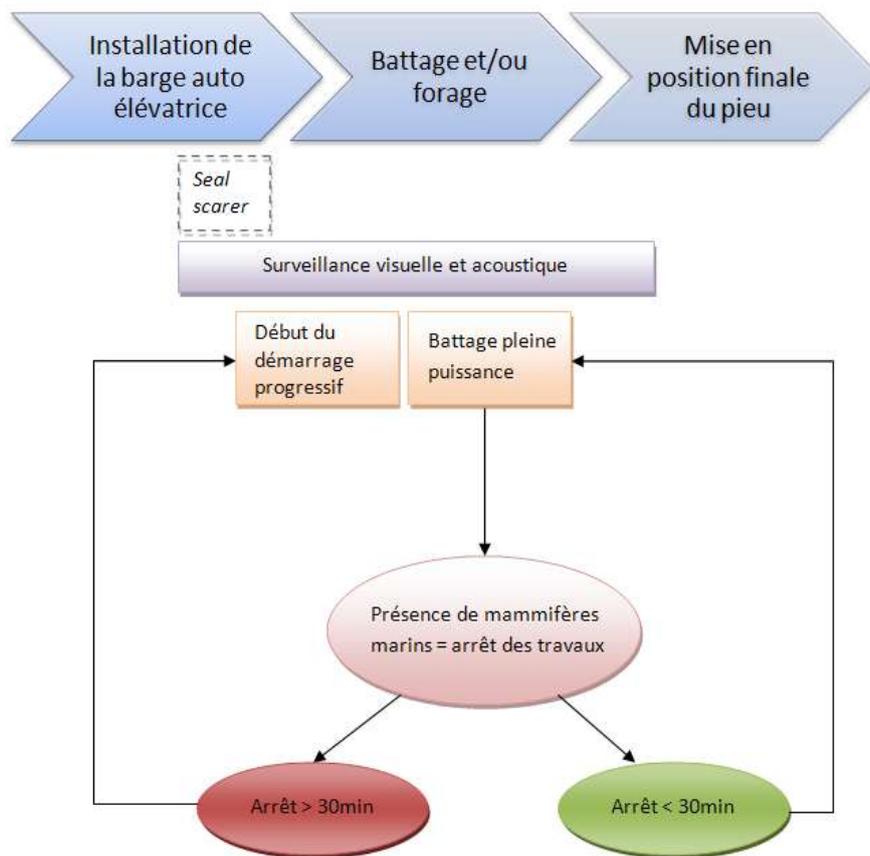


Figure 33 : Récapitulatif et chronologie des différentes mesures de prévention/réduction pendant la construction

Tableau 6 : Récapitulatif des mesures de réductions proposées pour le projet de parc de Saint Nazaire

Phase	Durée	Objectifs	Moyens	Fréquence
Avant travaux	/	Pas de mesures de réduction ou évitement		
Construction	6 à 24 mois	S'assurer qu'aucun mammifère marin n'est	Démarrage progressif	Chaque activité de battage

		blessé durant la construction	Surveillance visuelle	Pendant les transits et durant les activités de battage
Exploitation	20 à 25 ans	Pas de mesures de réduction ou évitement		
Démantèlement	durée des travaux	S'assurer qu'aucun mammifère marin n'est blessé durant le démantèlement	Démarrage progressif	A chaque activité bruyante
			Surveillance visuelle	Pendant les transits et durant les activités bruyantes

Des études supplémentaires sont nécessaires concernant les effaroucheurs et notamment concernant leur portée acoustique en fonction des caractéristiques du site.

Durant la construction et le fonctionnement, le trafic maritime va augmenter dans la zone. Il est conseillé de limiter la vitesse des bateaux à 10 nœuds afin de réduire le risque de collision avec des mammifères marins. Il s'agit d'une méthode simple, mais apparemment efficace comme cela a pu être montré sur d'autres secteurs (Conn & Silber, 2013)

3. Suivi : application à Saint Nazaire

Le suivi de la zone d'étude avant, pendant et après la construction est un élément essentiel à la compréhension des impacts et des modifications engendrés par la mise en place du parc éolien. Les méthodologies et les protocoles utilisés dépendent des caractéristiques du site, des techniques de constructions envisagées et des enjeux de la zone.

Les retours d'expérience sont de plus en plus nombreux à l'étranger, il est toutefois difficile de généraliser les suivis à effectuer (ICES, 2010). Les espèces présentes sont également variables. Lors des études relatives à des mises en place de dispositifs de parcs éoliens, le marsouin commun et le phoque veau-marin sont présentés comme les espèces les plus considérées. Il s'agit effectivement d'espèces communes le long des côtes européennes, très sensibles aux bruits sous-marins (Cox *et al.*, 2001) et facilement accessibles. Toutefois, les parcs éoliens sont construits de plus en plus loin des côtes et dans des zones qui n'étaient pas concernées par ces problématiques. D'autres espèces sont alors à prendre en compte comme le dauphin commun ou le grand dauphin.

Il est donc impossible de définir des protocoles « types » convenant à n'importe quel parc éolien sur n'importe quelle zone. Un travail « sur-mesure » se doit d'être conduit sur chaque site étudié.

Sur le site de Saint Nazaire, l'enjeu principal concerne le dauphin commun, espèce prédominante de la zone. Le marsouin commun, espèce acoustiquement sensible, est également à considérer car présent de façon régulière. D'autres delphinidés comme les grands dauphins ou les globicéphales noirs sont également signalés saisonnièrement.

3.1. Objectifs

L'objectif principal est de suivre les modifications générées par le projet sur l'environnement et d'évaluer leur intensité le cas échéant. Pour se faire, on distingue 3 principaux moyens pour répondre à cet objectif pour les mammifères marins :

- Caractériser les espèces présentes, leur distribution, leur abondance ;
- Suivre le statut des populations et des impacts des activités anthropiques ;

- Définir autant que de possible l'utilisation spatio-temporelle des habitats pour identifier les zones importantes (alimentation, reproduction...).

Ces grandes lignes sont génériques, mais permettent de poser les bases du questionnement à mettre en place pour un parc éolien :

- Définir les espèces présentes sur la zone avant la mise en place du parc éolien.
- Définir quelle est leur distribution sur la zone et leur fréquentation : permanent, résidents, saisonnier... Définir les variations saisonnières de distribution et de fréquentation et déduire d'éventuels schémas de migration.
- Définir quelle est l'utilisation du site, les habitats préférentiels des espèces et rechercher d'éventuelles zones d'intérêts spécifiques : alimentation, reproduction...
- Suivre ces paramètres avant, pendant et après les travaux, et comparer les éventuelles modifications observées.

4 phases sont donc à distinguer :

- L'établissement d'un état de référence avant travaux ;
- La mise en place d'un suivi pendant la construction ;
- La mise en place d'un suivi après construction/exploitation ;
- La mise en place d'un suivi pendant le démantèlement.

L'état de référence permet la réalisation d'un témoin. Il s'agit d'une ligne de base de la fréquentation de la zone, en termes de diversité, d'abondance et de distribution spatio-temporelle avant la construction du parc éolien. Cette étape est très importante et essentielle au projet, puisqu'elle permet à la fois d'établir un T_0 , mais également parce qu'elle requiert un niveau de détail qui doit permettre de détecter des changements éventuels durant le suivi des impacts.

La phase de suivi pendant la construction doit permettre de suivre l'évolution de la distribution des mammifères marins dans la zone d'étude ainsi que leur utilisation du site durant le chantier de mise en place des éoliennes. Cette phase doit également permettre de comparer les résultats obtenus pendant l'état de référence afin de définir s'il y a ou non un impact, et doit donc idéalement avoir la même emprise spatiale.

La phase de suivi après construction doit permettre de suivre la distribution des mammifères marins et leur utilisation du site après la mise en place des éoliennes. Cette phase doit également permettre de comparer les résultats obtenus avec ceux de la phase de construction et de l'état de référence. La littérature a montré que le nouvel état de référence après mise en place des éoliennes peut mettre plusieurs années avant de se stabiliser (Carstensen & Teilmann, 2012). Dans l'idéal, ces suivis doivent être donc conduits régulièrement dans les premières années d'exploitation du parc puis suivant une fréquence plus espacées mais durant toute la vie du parc.

De la même façon que pendant la construction, le suivi environnemental en phase de démantèlement a pour but de suivre la distribution des mammifères marins dans la zone d'étude et de la comparer avec celle observée dans les phases précédente afin d'établir, le cas échéant, l'impact des travaux.

3.2. Définition des zones d'étude

Le suivi d'une population doit avoir lieu sur une échelle spatiale cohérente pour l'espèce et appropriée au questionnement biologique. Les groupes de travail sur le bruit des accords internationaux ACCOBAMS/ASCOBANS (2012) et ICES-WGMME (2010) recommandent de mener les suivis en se basant sur les unités de gestion ou les populations concernées, sans limitation de frontière. Pour des espèces comme les mammifères marins, cela implique des échelles spatiales très importantes. Il est

donc probable que la surface couverte par un maître d'ouvrage isolé dans le cadre d'une étude d'impact soit trop petite pour permettre l'acquisition de données significatives à l'échelle d'une unité de gestion.

Il est souvent préconisé d'utiliser une méthode BACI pour le suivi des impacts des chantiers éoliens. Or trouver une zone témoin en tout point comparable à la zone d'étude mais non impactée par les travaux du projet de Saint Nazaire ou des autres projets proches risque d'être impossible. Le choix d'une zone d'étude élargie autorisera l'application d'un protocole en gradient, plus adapté, qui permettra de suivre les distances d'impact du chantier.

Il semble ainsi opportun de préconiser de suivre une zone allant de l'île de Groix à Saint Gilles Croix de Vie et s'étalant sur le plateau continental jusqu'à une centaine de km au large du projet de parc.

Un rapprochement avec le groupe industriel en charge du site de Noirmoutier, s'il est attribué, serait très judicieux, aux vues de la proximité directe des deux projets. Un suivi global des deux sites pourrait être envisagé, et la zone d'étude irait de l'île de Groix à la baie de l'Aiguillon.

3.3. Outils, méthodes de suivi et faisabilité technique

Il existe de nombreuses méthodologies de suivi des populations de mammifères marins (cf Tableau 5) présentant chacune des avantages et des inconvénients. Afin de parer aux biais inhérents à chaque méthodologie, il est proposé de combiner plusieurs types d'acquisition de données : des suivis visuels aériens (SE1), des suivis acoustiques (SE2), des suivis visuels dédiés par bateau (SE3) et des suivis visuels opportunistes sur les navires de maintenance (SE4).

Différents scénarii sont envisageables pour les suivis aériens et acoustiques. Il est trop tôt actuellement pour définir quel scénario sera retenu car cela dépend de nombreux paramètres et notamment des mutualisations possibles avec d'autres projets et d'autres programmes.

Suivi visuel aérien		SE1
Catégorie	Suivi environnemental	
Objectifs	Suivi de la distribution des mammifères marins avant le début des travaux, pendant les travaux de construction, durant l'exploitation et durant le démantèlement ; Suivi des impacts sur les mammifères marins durant les différentes phases. Espèces cibles : cétacés, oiseaux marins, grands pélagiques, tortues	
Justification	Aires de répartition des espèces présentes étendues, qui nécessitent une étude à large échelle ; Possibilité de cumul des différents chantiers (Saint Nazaire, Noirmoutier); Impacts des phases de travaux (construction et démantèlement) évalués comme importants, et s'étendant sur plusieurs dizaine de km.	
Paramètres suivis	Distribution et abondance relative des mammifères marins dans une aire prédéfinie	
Méthodes	Transects linéaires dans une zone prédéfinie avec prise en compte de l'effort d'observation. Protocole multispécifique (mammifères marins, oiseaux marins, tortues et grands pélagiques).	

Eléments techniques	Utilisation d'un avion bimoteur à ailes hautes, équipé de hublot-bulles. Présence d'au moins 3 observateurs sur chaque vol.
Fréquence	4 fois par an (une fois par saison)
Périodicité	Etat de référence : un an de suivi Construction : durée des travaux Exploitation : T+1, T+3, T+5, T+10, T+15, T+20 – A affiner en fonction des impacts avérés Démantèlement : durée des travaux
Zone d'étude	2 scenarii sont envisageables : - Echelle Saint Nazaire-Noirmoutier ; - Echelle Saint Nazaire
	
Coût	95 000 à 130 000 € par an, selon option choisie
Précision sur les modalités de mise en oeuvre	<p>Possibilité de mutualisation entre sites et entre projets : : homogénéisation dans l'acquisition des données, optimisation des possibilités d'analyse et d'interprétation et optimisation des budgets ; Possibilité de mutualisation avec les programmes de suivis à large échelle à venir (Natura 2000, DCSMM...) – manque de visibilité actuellement, à affiner ultérieurement</p> <p>Restriction/réglementations probables pour les hauteurs de vol au dessus du parc éolien : non couverture de la zone dans le plan d'échantillonnage. Peu d'impact, car ne représente que 0.4 à 0.6% de la surface échantillonnée. Compensation par suivi par acoustique passive (SE2) dans la zone du parc.</p> <p>Possibilité de formation pour les observateurs par l'Université de La Rochelle (théorie et pratique), éligible aux différentes aides à la formation</p>
Maitre d'ouvrage	EDF-EN
Partenariats/support envisageables	Observatoire Pelagis Agence des Aires Marines Protégées MEDDE (DEB-DGEC)

Précisions :

Une méthodologie alternative pourrait être la photographie HD, qui consiste à prendre des photographies de manière automatisée à intervalle régulier selon un quadrillage et un plan d'échantillonnage défini. Les technologies actuelles permettent la détection d'objet sur l'eau à des hauteurs considérables (plus de 300m), ce qui pourrait palier aux restrictions concernant les hauteurs de vol et la détectabilité. Si cette méthode a d'ores et déjà montré son efficacité pour le suivi des oiseaux marins (Buckland *et al.*, 2012), elle reste encore à valider pour les mammifères marins. Par ailleurs, le temps d'analyse des images est très long : même si le traitement est en partie automatisé, chaque identification doit être vérifiée manuellement. De plus, l'identification des mammifères marins n'est pas encore opérationnelle et devra être calibrée par différents tests. En résumé, cette méthode est prometteuse, mais pas directement utilisable pour le moment.

Suivi par acoustique passive		SE2
Catégorie	Suivi environnemental	
Objectifs	<p>Suivi de la présence et de l'utilisation de la zone par les mammifères marins avant le début des travaux, pendant les travaux de construction, durant l'exploitation et durant le démantèlement ;</p> <p>Suivi des impacts sur les mammifères marins durant les différentes phases (à mutualiser avec le suivi du bruit ambiant).</p> <p>Espèces cibles : marsouins et petits delphinidés</p>	
Justification	<p>Impacts des phases de travaux (construction et démantèlement) évalués comme importants ;</p> <p>Focus sur la zone d'implantation indispensable – Fine échelle spatio-temporelle.</p>	
Paramètres suivis	<p>Présence, utilisation journalière et saisonnière de la zone d'implantation par les mammifères marins ;</p> <p>Suivi du bruit ambiant à mutualiser.</p>	
Méthodes	<p>Déploiement d'instruments acoustique, à savoir des hydrophones large bande et de détecteurs automatique type C-POD dans la zone d'implantation.</p> <p>C-POD : peu onéreux, large bande de fréquence et grande autonomie, mais pas d'accès au signal.</p> <p>Hydrophones : plus coûteux, non automatisés mais accès au signal et mutualisation avec le bruit ambiant.</p> <p>Utilisation des 2 types d'instruments : compromis intéressant</p>	
Fréquence	<p>Enregistrement continu pendant un an ou saisonnièrement, selon les instruments</p>	
Périodicité	<p>Etat de référence : un an de suivi</p> <p>Construction : durée des travaux</p> <p>Exploitation : T+1, T+5, T+20 – A affiner en fonction des impacts observés</p> <p>Démantèlement : durée des travaux</p>	
Zone d'étude	<p>2 scenarii peuvent être considérer :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Suivi acoustique de Saint Nazaire - Suivi acoustique de Saint Nazaire-Noirmoutier 	

Mutualisation des 2 sites à encourager : homogénéisation des plans d'échantillonnage et des méthodes, optimisation des analyses et des coûts	
	
Coût	177 200 à 264 200 € par an, selon option choisie
Précision sur les modalités de mise en oeuvre	Mutualisation avec le volet « bruit ambiant » Mouillage à élaborer minutieusement, pour éviter les pertes d'instruments Déploiement d'au moins une dizaine d'instruments par parc pour une couverture convenable de la zone.
Maitre d'ouvrage	EDF-EN
Partenariats/support envisageables	Observatoire Pelagis ENSTA Bretagne, GIPSA Lab Agence des Aires Marines Protégées Prestataire acoustique MEDDE (DEB-DGEC)

Suivi visuel par bateau		SE3
Catégorie	Suivi environnemental	
Objectifs	Suivi de la distribution des mammifères marins avant le début des travaux, pendant les travaux de construction, durant l'exploitation et durant le démantèlement dans la zone d'implantation et dans ses abords proches	
Justification	Zone d'implantation non survolée ; Moyen nautique prévu pour le suivi avifaune ; Impacts des phases de travaux (construction et démantèlement) évalués comme importants, et s'étendant sur plusieurs dizaine de km.	
Paramètres suivis	Distribution et abondance relative des mammifères marins dans une aire prédéfinie	
Méthodes	Transects linéaires dans une zone prédéfinie avec prise en compte de l'effort d'observation. Protocole multispécifique (mammifères marins, oiseaux marins, tortues et grands	

	pélagiques).
Eléments techniques	Utilisation d'un bateau permettant la présence d'au moins 3 observateurs en plus du pilote. Aire de la zone d'étude à définir, un à 2 jours de travail par sortie
Fréquence	Une sortie par mois ou tous les 2 mois
Périodicité	Etat de référence : un an de suivi Construction : durée des travaux Exploitation : T+1, T+3, T+5, T+10, T+15, T+20 – A affiner en fonction des impacts avérés Démantèlement : durée des travaux
	
Coût	9 200 à 30 800 € par an pour les observateurs et le petit matériel (selon fréquence et aire de la zone)
Précisions sur les modalités de mise en œuvre	Mutualisation du bateau avec le suivi avifaune Possibilité de mutualiser les observateurs Choix des observateurs important : personnes qualifiées pour les oiseaux et les mammifères marins A mettre en œuvre uniquement quand les conditions de mer le permettent (moins de 4 Beaufort) Bateau adapté pour détecter les mammifères marins : besoin d'un pont surélevé pour l'observation
Maitre d'ouvrage	EDF-EN
Partenariats/support envisageables	Observatoire Pelagis Agence des Aires Marines Protégées Prestataire avifaune MEDDE (DEB-DGEC)

Suivi visuel opportuniste sur navires de maintenance

SE4

Catégorie

Suivi environnemental

Objectifs	Suivi de la zone de parc par les personnels embarqués sur les bateaux de maintenance durant la phase d'exploitation Espèces cibles : cétacés, peut être élargi aux oiseaux et grands pélagiques
Justification	Non survol de la zone d'implantation pendant l'exploitation Utilisation « opportuniste » de moyen nautique, donc mesure peu onéreuse
Paramètres suivis	Observation de mammifères marins dans la zone de parc pendant l'exploitation à chaque opération de maintenance
Méthodes	Formation spécifique des personnels navigants à la reconnaissance des mammifères marins du secteur et au relevé des données associées ; Si non compatible avec les activités de bord des personnels, il est envisageable de faire appel à des observateurs déjà formés et d'étendre l'observation aux autres groupes (oiseaux marins, tortues, grands pélagiques)
Fréquence	A chaque opération de maintenance dans le parc
Périodicité	Etat de référence : / Construction : / Exploitation : chaque opération de maintenance Démantèlement : /
	 <p>Observatoire Pelagis</p>
Coût	Formation des personnels navigants : environ 4 000€/personne Mise à disposition de MMO formés : environ 400€/jour
Mise en oeuvre	Formation possible des personnels navigants par l'Observatoire Pelagis, éligible aux aides à la formation Possibilité de fournir des MMO formés
Maitre d'ouvrage	EDF-EN
Partenariats/support envisageables	Observatoire Pelagis

3.3.1. Phase de construction

3.4. Bilan

Tableau 7 : Récapitulatif des suivis à mettre en place sur la zone de Saint Nazaire durant la vie du parc

Phase	Durée	Objectifs	Moyens	Fréquence
Avant-travaux	1 à 2 ans	1/ Etat de référence des mammifères marins 2/ Utilisation de la zone et habitats préférentiels	Suivis aériens	4 passages par an
			Acoustique passive	Une année en enregistrement continu
			Suivi bateau	Une fois par mois à une fois tous les 2 mois
Construction	6 à 24 mois	1/ Suivi de la distribution des mammifères marins 2/ Utilisation de la zone et habitats préférentiels 3/ Impact de la construction du parc sur la distribution des mammifères marins	Suivi aérien	4 passages par an
			Acoustique passive	Enregistrement continu
			Suivi bateau	Une fois par mois à une fois tous les 2 mois
Exploitation	20 à 25 ans	1/ Suivi de la distribution des mammifères marins, établissement d'un nouvel état de référence 2/ Utilisation de la zone et habitats préférentiels 3/ Impact de l'installation et du fonctionnement des éoliennes sur les mammifères marins	Suivi aérien	T+1, T+3, T+5, T+10, T+15, T+20* : 4 passages par an
			Acoustique passive	T+1, T+5, T+20* Enregistrement continu sur une année
			Suivi bateau	T+1, T+3, T+5, T+10, T+15, T+20* : Une fois par mois ou une fois tous les 2 mois
			Suivis visuels opportunistes sur navires de maintenance	A chaque opération de maintenance
Avant-travaux	1 à 2 ans	1/ Etat de référence des mammifères marins 2/ Utilisation de la zone et habitats préférentiels	Suivis aériens	4 passages par an
			Acoustique passive	Une année en enregistrement continu
			Suivi bateau	Une fois par mois à une fois tous les 2 mois
Démantèlement	?	1/ Suivi de la distribution des mammifères marins 2/ Utilisation de la zone et habitats préférentiels 3/ Impact du démantèlement sur la distribution des mammifères marins	Suivi aérien	4 passages par an
			Acoustique passive	Une année en enregistrement continu
			Suivi bateau	Une fois par mois à une fois tous les 2 mois

*sous réserve de modification de périodicité et/ou de fréquence en fonction des impacts avérés - Le maître d'œuvre envisage un arrêt des suivis au bout de 5 ans si aucun impact n'est observé

T = construction

ULR Valor et l'Observatoire Pelagis se proposent d'encadrer ces suivis et leur mise en œuvre par un rôle d'assistant scientifique à maîtrise d'ouvrage.

3.3.1.1. Suivi par bateau

4. Autres recommandations

4.1. Mutualisation

En réalisant un seul grand suivi plutôt que plusieurs sur des petites zones, la possibilité de mutualiser les efforts, les personnels et le matériel diminue les coûts. Cela impliquerait une harmonisation des protocoles, des objectifs et de l'échantillonnage (fréquence, saisonnalité, design...). Outre une organisation plus facile des suivis, la mutualisation peut également s'appliquer au stockage des données et à l'analyse, afin d'optimiser les coûts. Cela pourra également permettre une compréhension des phénomènes pouvant être observés à une échelle en adéquation avec les espaces utilisés par les mammifères marins, et une prise en compte du cumul des effets. Une comparaison des impacts et des effets des différents sites pourra également être effectuée.

Pour se faire, il est possible d'envisager de mutualiser les suivis des différents projets des différents sites EMR du secteur (nord du golfe de Gascogne). Afin d'être cohérent et efficace, ce grand suivi pourrait être financé par un « fond commun d'investissement » fondé par les industriels du secteur et piloté par le MEDDE. Des discussions seront lancées prochainement avec les différents partenaires potentiels pour engager un processus en ce sens.

Il faut également tenir compte des suivis à grande échelle nationaux qui devront avoir lieu dans les années à venir afin de répondre aux directives européennes (Natura2000, DCSMM...). Bien que nous n'ayons actuellement aucune visibilité sur ce que seront ces suivis, ni quand ils auront lieu, il serait judicieux de chercher à mutualiser les suivis que mèneront EDF-EN (ou le fond commun d'investissement) et les suivis nationaux.

4.2. Les données acquises et leur diffusion

Avec les politiques actuelles en matière de diffusion des données et de modalités d'accès à celles-ci (Directive européenne INSPIRE...), la question du stockage et de la diffusion des données qui seront acquises dans le cadre de ces programmes EMR se pose.

Plusieurs recommandations à l'échelle européenne vont dans le sens d'une diffusion des données collectées (MacLeod *et al.*, 2010 ; ACCOBAMS/ASCOBANS, 2012). Si la question de la diffusion publique et surtout de la forme des données publiées reste délicate, il semble en revanche pertinent de recommander la création d'une base de données nationale des suivis mammifères marins dans le cadre des EMR.

Tout en respectant les clauses de confidentialité, il peut être envisagé de compiler toutes les données acquises, du moins pour les mammifères marins, dans une base de données nationale, accessible

selon des modalités prédéfinies. Deux arguments majeurs viennent étayer cette proposition : tout d'abord, cela pourra permettre une visibilité d'ensemble et une analyse globale des données et des impacts à travers les différents projets en cours ou à venir. De plus, cela apportera une réelle transparence des informations collectées, tout en assurant une mise en commun des différentes sources de données et donc une harmonisation due à la nécessaire compatibilité.

A plus long terme, l'utilisation de ces données cumulées peut apporter des éléments nouveaux en matière de gestion de ces espèces sur des échelles appropriées à leurs déplacements. Ces résultats pouvant être issus ou non d'un impact quelconque, garantiraient une certaine pérennité sur la distribution et la connaissance de ces espèces dans le temps, ce qui ouvrirait la voie à la perception de zones et habitats favorables à leur établissement.

En tant que référent du MEDDE sur les mammifères marins, l'Observatoire Pelagis se propose d'accueillir et d'administrer cette base de données.

4.3. Mesures d'accompagnement et R&D

Le caractère novateur de ces suivis mammifères marins se prête au développement de programme de recherche et développement. Plusieurs thématiques nécessiteraient le développement d'outils d'analyse, de méthodologies ou encore d'instruments non existant actuellement. Ces recherches permettraient par ailleurs de valoriser scientifiquement les avancées réalisées dans la connaissance des impacts des éoliennes. Cela pourrait passer par la participation au financement de programme de recherche ou le financement de thèse par bourses CIFRE.

Les différents projets sont à des stades plus ou moins avancés de réflexion et/ou de chiffrage. Les niveaux de précision sont donc inégaux selon les projets.

Plusieurs pistes peuvent ainsi être étudiées :

Analyse et exploitation des échouages		RD1
Catégorie	Suivi environnemental	
Objectifs	Suivi de l'effet du projet sur les zones de mortalité des petits cétacés ; Diagnostic des éventuels chocs acoustiques pour les individus retrouvés échoués durant la période de bruit.	
Justification	Impacts des phases de travaux (construction et démantèlement) évalués comme importants ; Nécessité d'avoir des informations permettant d'infirmier ou de confirmer l'impact des travaux sur les mammifères marins Les échouages sont un moyen peu onéreux d'accéder à des informations sur les populations en mer, sous réserve d'effectuer les analyse adéquates.	
Paramètres suivis	Origines spatiales des mortalités des petits cétacés avant, pendant et après les travaux ; Examen des mammifères marins échoués pendant les travaux	
Méthodes	Définition des origines spatiales de mortalités des petits cétacés retrouvés échoués sur la zone d'étude avant les travaux, durant les travaux, pendant l'exploitation et durant le démantèlement	

	Mise en place d'une alerte « bruit échouages » pendant les phases de travaux combinant suivi du bruit ambiant et risque potentiel pour les mammifères marins
Fréquence	Analyse des échouages répertoriés sur la zone selon une fréquence à définir pour dresser le bilan des origines de mortalité Examen des carcasses arrivant à la côte durant les « alerte bruit-échouages »
Périodicité	Etat de référence : Analyse des données d'échouages de 2010 au début de la construction Construction : Analyse des échouages entre le début et la fin de la construction / Mise en place de l'« alerte bruit-échouages » Exploitation : Analyse des échouages entre la fin de la construction et après 10 ans d'exploitation puis 20 ans Démantèlement : analyse des données d'échouages entre le début et la fin du démantèlement / Mise en place de l'« alerte bruit-échouages »
	
Coût	30 000 € par an
Maitre d'ouvrage	EDF-EN
Partenariats/support envisageables	Observatoire Pelagis MEDDE (DEB-DGEC)

- **Développement de la télémétrie pour les cétacés** : dans la même optique que ce qui est pratiqué pour les pinnipèdes à savoir suivi individuel en temps réel des animaux pour connaître leurs déplacements, leur zone de chasse, leur comportement et leur utilisation de la zone. Une collaboration existe déjà entre l'Université de La Rochelle et le SMRU/Université de St Andrews pour développer cette balise, mais beaucoup de travail reste à faire. Ce projet pourrait permettre de mettre au point la balise, de la tester avant de la déployer sur des cétacés de la zone.
- **Développement de méthodes alternatives au suivi visuel aérien par observateurs**. Le développement de la télédétection est prometteur, mais n'est pas opérationnel aujourd'hui pour les mammifères marins. Un programme de calibration, étalonnage et comparaison entre télédétection et observation humaine pour les mammifères marins pourraient être développé en partenariat avec les scientifiques à l'origine de cette méthodologie, afin de rendre cette technologie utilisable pour les suivis mammifères marins.

BIBLIOGRAPHIE

ACCOBAMS/ASCOBANS, 2012, Implementation of the ACCOBAMS/ASCOBANS Guidelines on the Mitigation of the Underwater Noise. Part I : Advice for the Renewable Energy Sector – Draft March 2012, 16p.

Bailey H, Senior B, Simmons D, Rusin J, Picken G & Thompson PM, 2010, Assessing underwater noise levels during pile-driving at an offshore windfarm and its potential effects on marine mammals, *Marine Pollution Bulletin*, 60 : 888-897.

Bjørgesaeter A, Ugland KI, Bjørge A, 2004, Geographic variation and acoustic structure of the underwater vocalization of harbor seal (*Phoca vitulina*) in Norway, Sweden and Scotland. *Journal of the Acoustical Society of America*, 116 :2 459-2468.

Blew J, Diederichs A, Grünkorn T, Hoffmann M & Nehls G, 2006, Investigations of the bird collision risk and the responses of harbour porpoises in the offshore wind farms Horns Rev, North Sea, and Nysted, Baltic Sea, in Denmark. Status report 2005, 166p.

Brandt M, Diederichs A, Honnef C & Nehls G, 2009, The effect of pile driving activities on the distribution patterns of harbour porpoises in the North Sea. 23rd Annual Conference of the European Cetacean Society 2009, Istanbul (Turkey).

Brandt MJ, Höschle C, Diederichs A, Betke K, Matuschek R, Witte S & Nehls G, 2012, Effectiveness of sealscarer in deterring harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) and its application as a mitigation measure during offshore pile driving, Final Report, BioConsult SH, 110p.

Brereton T, Wall D, Cermeño P, Vasquez A, Curtis D, Williams A, 2001, Cetacean Monitoring in North-West European waters, The Atlantic Research Coalition, 1 : 28p.

Brown VC & Simmonds MP, 2009, A further update on the distributions of marine renewable energy plants in Europe. Document IWC/SC/61/E7 presented to the IWC Scientific Committee, Madère (Portugal), 20p.

Buckland ST, Burt ML, Rexstad EA, Mellor M, Williams AE & Woodward R, 2012, Aerial survey of seabirds: the advent of digital methods, *Journal of Applied Ecology*, 49 : 960-967.

Castège I & Hémerly G (cords), 2009, Oiseaux marins et cétacés du golfe de Gascogne. Répartition, évolution des populations et éléments pour la définition des aires marines protégées. Biotope, Mèze ; Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 176p.

Carlström J, Berggren P. & Tregenza NJC, 2009, Spatial and temporal impact of pingers on porpoises, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 66 : 72-82.

Carstensen J, Henriksen OD, Teilmann J, 2006, Impacts of offshore wind farm construction on harbor porpoises : acoustic monitoring of echolocation activity using porpoise detectors (T-PODs), *Marine Ecology Progress Series*, 321 : 295-308.

Certain G, Ridoux V, Van Canneyt O, Bretagnolle V, 2008, Delphinid spatial distribution and abundance estimates over the shelf of the Bay of Biscay, *ICES Journal of Marine Science*, 65 : 656-666.

- Clark CW, Ellison WT, Southall BL, Hatch L, Van Parijs S, Frankel A & Ponirakis D, 2009, Acoustic masking in marine ecosystems : intuitions, analysis, and implication. *Marine Ecology Progress Series*, 395 : 201-222.
- Conn PB & Silber GK, 2013, Vessel speed restrictions risk of collision-related mortality for North Atlantic right whales, *Ecosphere*, 4 (5) : 1-15.
- Connel SD, 2001, Urban structures as marine habitats: an experimental comparison of the composition and abundance of subtidal epibiota among pillings, pontoons and rocky reefs. *Marine Environmental Research*, 52 : 115-125.
- Cox TM, Read AJ, Solow A & Tregenza N, 2001, Will harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) habituate to pingers? *Journal of Cetacean Research and Management*, 3 (1): 81–86.
- Dähne M, Gilles A, Lucke K, Peschko V, Adler S, Krügel K, Sundermeyer J & Siebert U, 2013, Effects of pile driving on harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) at the first offshore wind farm in Germany, *Environmental Research Letters*, 8 : 1-16.
- David JA, 2006, Likely sensitivity of bottlenose dolphins to pile-driving noise. *Water and Environment Journal*, 20 : 48-54.
- Davis RW, Williams TM & Kooyman GL, 1985, Swimming metabolism of yearling and adult harbor seals *Phoca vitulina*, *Physiological Zoology*, 58(5) : 590-596.
- Diederichs A, Nehls G, Dähne M, Adler S, Koschinski S. & Verfuss U, 2008, Methodologies for measuring and assessing potential changes in marine mammal behavior, abundance or distribution arising from the construction, operation and decommissioning of offshore windfarms. Commissioned by COWRIE Ltd, 90p.
- Dietz R, Teilmann J, Henriksen OD & Laidre K, 2001, Satellite tracking as a tool to study potential effects of offshore wind farm on seals at Rødsand. Technical report, 45p.
- Dolman S & Simmonds M, 2010, Towards best environmental practice for cetacean conservation in developing Scotland's marine renewable energy. *Marine Policy*, 34 : 1021-1027.
- Dolman S, 2009, Marine renewable energy development and Scotland's cetaceans. Document AC16/Doc.42 rev. 1 presented to the ASCOBANS Advisory Committee, April 2009, Bruges (Belgium).
- Dolman SJ, Simmonds MP, & Keith S, 2003, Marine wind farms and cetaceans. Paper SC/55/E4 presented to the IWC Scientific Committee, June 2003, Berlin (Germany), 18p.
- DONG Energy – Vattenfall, 2005, Danish Offshore Wind : Key Environmental Issues, 144p.
- Donovan GP, Bjørge A, 1995, Harbour Porpoises in the North Atlantic : edited extract from the Report of the IWC Scientific Committee, Dublin 1995 *In : Biology of Phocoenids* (eds : Bjørge A, Donovan GP), The International Whaling Commission, Cambridge, 3-25.
- Duguay R, Hussenot E, 1982, Occasional captures of delphinids in the northeast Atlantic, Paper SC/33/SM11 presented to the IWC Scientific Committee, 2p.
- Gerondeau M, Barbraud C, Ridoux V & Vincent C, 2007, Abundance estimate and seasonal patterns of grey seal (*Halichoerus grypus*) occurrence in Brittany, France, as assessed by photo-

identification and capture-mark-recapture, *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 87: 365-372.

Edren SMC, Andersen SM, Teilmann J, Carstensen J, Harders PB, Dietz R & Miller A, 2010, The effect of a large Danish offshore wind farm on harbor and gray seal. *Marine Mammal Science*, 26: 614-634.

Evans PGH, Hoelzel R, Ingram S, Islas V, Natoli A, Ridoux V, 2009, Bottlenose Dolphin *Tursiops truncatus* In : Report of ASCOBANS/HELCOM Small Cetacean Population Structure Workshop held on 8-10 october 2007 (eds : Evans PGH, Teilmann J), Bonn, Germany, 87-96.

EVANS PGH, 1987, The natural history of whales and dolphins. HELM editions. 343p.

Evans PGH, 2008, Offshore wind farms and marine mammals: impacts & methodologies for assessing impacts, Proceedings of the ASCOBANS/ECS workshop), ECS special publication series no. 49 : 68p.

Evans, P.G.H., Baines, M.E. & Anderwald, P. 2011. Risk assessment of Potential Conflicts between Shipping and Cetaceans in the ASCOBANS Region, 18th ASCOBANS Advisory Committee Meeting, Bonn, Germany, 32p.

Evans WE, 1994, Comon dolphin, White-bellied porpoise. *In Handbook of Marine Mammals* vol 5, eds. Ridgway SH & Harrison SR, Academic Press, 191-224.

Ferrer Costa A, 2005, Environmental effects of wind farm developments and their implications for harbour porpoise conservation in UK waters. Mémoire de master, Cranfield University, 73p.

Ferrey M, Collet A, Guinet C, 1993, Statut et comportement social du Grand Dauphin (*Tursiops truncatus*) dans le bassin d'Arcachon, *Terre et vie*, 48 : 257-278.

Fontaine MC, Baird SJE, Piry S, Ray N, Tolley KA, Duke S, Birkun AJ, Ferreira M, Jauniaux T, Llavona A, Öztürk AA, Ridoux V, Rogan E, Sequeira M, Siebert U, Vikingsson GA, Bouquegneau JM, Michaux JR, 2007, Rise of oceanographic barriers in continuous populations of a cetacean : the genetic structure of harbour porpoises in Old World waters, *BioMedCentral Biology*, 5 : 1-30.

Gaskin DE, 1984, The Harbour Porpoise *Phocoena phocoena* (L.) : Regional populations, Status, and Information on Direct and Indirect Catches, Paper SC/35/SM24 presented to the IWC Scientific Committee, 20p.

Gerondeau M, Barbraud C, Ridoux V, Vincent C, 2007, Abundance estimate and
Gill AB, 2005, Offshore renewable energy : ecological implications of generating electricity in the coastal zone. *Journal of Applied Ecology*, 42 : 605-615.

Goodman SJ, 1998, Patterns of extensive genetic differentiation and variation among European harbor seals (*Phoca vitulina vitulina*) revealed using microsatellite DNA polymorphisms, *Molecular Biology and Evolution*, 15(2): 104-118.

Gordon J, Thompson D, Gillepsie D, Lonergan M, Calderan S, Jaffrey B & Todd V, 2007, Assessment of the potential for acoustic deterrents to mitigate the impact on marine mammals of underwater noise arising from the construction of offshore windfarms. SMRU Ltd and COWRIE Ltd, 82p.

Gould J, 2008, Animal Navigation: The Evolution of Magnetic Orientation. *Current Biology*, 18 (11) : 482-485.

- Grossman GD, Jones GP & Seaman WJ, 1997, Do artificial reefs increase regional fish production? A review of existing data. *Fisheries*, 22 : 17–23.
- Hall A J, Hugunin K, Deaville R, Law R.J., Allchin CR & Jepson PD, 2006, The Risk of Infection from polychlorinated Biphenyl Exposure in the Harbour Porpoise (*Phocoena phocoena*) : a case-control approach. *Environmental Health Perspectives*, 114 (5) : 704-711.
- Hammond PS, MacLeod K, 2006, Progress report on the SCANS-II project, Paper prepared for ASCOBANS Advisory Committee, Finlande, 6p.
- Hammond PS, 2007, Small Cetaceans Abundance in the European Atlantic and the North Sea (SCANS-II). Final report prepared for DEFRA, United Kingdom, 10p.
- Hammond PS, Berggren P, Benke H, Borchers DL, Collet A, Heide-Jørgensen MP, Heimlich S, Hiby AR, Leopold MF & Øien N, 1995, Distribution and abundance of the harbour porpoise and other small cetaceans in the North Sea and adjacent waters. Final report to the European Commission under contract LIFE 92-2/UK/027. 242p.
- Hammond PS, Berggren P., Benke, H, Borchers, DL, Collet, A, Heide-Jørgensen, MP, Heimlich, S, Hiby, AR, Leopold, MF, Øien, N, 2002, Abundance of harbour porpoises and other cetaceans in the North Sea and adjacent waters, *Journal of Applied Ecology*, 39 : 361-376.
- Hassani S, 2011, NAMMCO, Annual Report. Tromso (Norway).
- Hildebrand J, 2005, Impacts of Anthropogenic Sound In Marine Mammal Research, Conservation beyond Crisis, eds Reynolds, J.E., Perrin, W.F., Reeves, R.R., Montgomery, S. & Ragen, T.J. The Johns Hopkins University Press : 101-123.
- Inger, I, Attrill, MJ, Bearhop, S, Broderick, AC, Grecian, WJ, Hodgson, DJ, Mills, C, Sheehan, E, Votier, SC, Witt, MJ & Goodley, BJ, 2009, Marine renewable energy : potential benefits to biodiversity ? An urgent call for research. *Journal of Applied Ecology*, 46 : 1145-1153.
- ICES (International Council for the Exploration of the Sea), 2010, Report of the Working Group of Marine Mammals Ecology (WGMME), 12–15 April 2010, Horta, The Azores. ICES CM 2010/ACOM:24. 212 p.
- International Whaling Commission, 2005, Report of the Scientific Committee. Annex K. Report of the standing Working Group on Environmental Concerns. *Journal of Cetacean Research and Management*. 7 : 267-307.
- Jensen A, 2002, Artificial reefs in Europe: perspectives and future. *ICES Journal of Marine Science*, 59 : 3-13.
- Joint Nature Conservation Committee, 2009, Statutory nature conservation agency protocol for minimising the risk of disturbance and injury to marine mammals from piling noise. Aberdeen, UK. 12p.
- Jung JL, Stéphan E, Louis M, Alfonsi E, Liret C, Carpentier FG, Hassani S, 2009, Harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) in north-western France : aerial survey, opportunistic sightings and stranding monitoring, *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 89 (5) : 1045-1050.
- Kastelein RA, Hoek L & Wensveen P J, 2010, The effect of signal duration on the underwater hearing thresholds of two harbor seals (*Phoca vitulina*) for single tonal signals between 0,2 and 40 kHz. *Journal of the Acoustical Society of America*, 127 (2) : 1135-1145.

Kastelein RA, Sander S, Van der Verboom, WC, Triesscheijn R JV & Jennings NV, 2006, The influence of underwater data transmission sounds on the displacement behaviour of captive harbour seals (*Phoca vitulina*) in a floating pen. *Marine Environmental Research*. 61, 19-39.

Ketten D & Finneran J, 2004, Noise exposure criteria: "Injury (PTS) criteria". In: R. Gentry: Presentation at the Second Plenary Meeting of the Advisory Committee on Acoustic Impacts on Marine Mammals. Arlington, Virginia, 28-30 April 2004 In Nehls, G., Betke, K., Eckelmann, S. & Ros. M. 2007. Assessment and costs of potential engineering solutions for the mitigation of the impacts of underwater noise arising from the construction of offshore windfarms. BioConsult SH, Husum, Germany. On behalf of COWRIE Ltd, 55p.

Kiszka J, Pézeril S, Hassani S, 2004, A status of review off the French Channel coast, Organisation Cetacea (ORCA), 4p.

Kiszka J, Van Canneyt O, Macleod K, Walker D, Ridoux V, 2007, Distribution, encounter rates and habitat characteristics of toothed cetaceans in the Bay of Biscay and adjacent waters from platform of opportunity data, *ICES Journal of Marine Science*, 64 : 1033-1043.

Klinowska M, Dolphins, *Porpoises and Whales of the World : The IUCN Red Data Book*, IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 429p.

Koschinski S, Culik BM, Henriksen OD, Tregenza N, Ellis G, Jansen C & Kathe G, 2003, Behavioural reactions of free-ranging porpoises and seals to the noise of a simulated 2 MW windpower generator. *Marine Ecology Progress Series*, 265: 263–273.

Kuiken T & Hartmann MG, 1991, Dissection techniques and tissue sampling. European Cetacean Society Newsletter, 17 (special issue). Proceedings of the first ECS workshop on cetacean pathology. Leiden, Netherlands, 13-14 september 1991, 38p.

Lahaye V, 2001, Mode de fréquentation du globicéphale noir (*Globicephala melas*) dans le golfe de Gascogne. Rapport maîtrise de biologie, 40p.

Leatherwood S, Reeves RS, 1983, Bottlenose Dolphin In : *The Sierra Club Handbook of Whales and Dolphins*, Sierra Club Book, San Francisco, 225-229.

Liret C, 2001, Domaine vital, *utilisation de l'espace et des ressources : les grands dauphins Tursiops truncatus de l'île de Sein*, thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale, 155p.

Liret C, Baine M, Evans P, Gourmelon F, Le Berre I, Hammond P & Wilson B, 2006, Réseau européen d'étude des grands dauphins TURSIOPS, 114p.

Lucke K, Storch S, Cooke J & Siebert U, 2006, Literature Review of Offshore Wind Farms with Regards to Marine Mammals In *Ecological Research on Offshore Wind Farms : International Exchange of Experiences* (eds : Zucco C, Wende W, Merck T, Köchling I & Köppel J), BfN Skripten, Bonn, 199:277.

Lucke K, Lepper PA, Blanchet MA & Siebert U, 2008, Testing the acoustic tolerance of harbour porpoise hearing for impulsive sounds. *Bioacoustics : The International Journal of Animal Sound and its Recording*, 17 (11) : 329-331.

MacLeod CD, Brereton T, Martin C, 2009, Changes in the occurrence of common dolphins, striped dolphins and harbour porpoises in the English Channel and Bay of Biscay, *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom*, 89 (5) : 1059-1065.

MacLeod K, Burt ML, Cañadas A, Santos B, Uriarte A, Van Canneyt O, Vasquez A, Hammond PS, 2008, Preliminary abundance estimates of cetaceans in offshore European Atlantic waters, Paper SC/60/O2 presented to the IWC Scientific Committee, 15p.

Madsen PT, Wahlberg M, Tougaard J, Lucke K & Tyack P, 2006, Wind turbine underwater noise and marine mammals : implications of current knowledge and data needs. *Marine Ecology Progress Series*. 309 : 279-295.

Martinez L, Dabin W, Caurant F, Kiszka J, Peltier H, Spitz J, Vincent C, Van Canneyt O, Dorémus G, Ridoux V, 2011, Contributions thématiques concernant les pressions et les impacts s'exerçant sur les populations de mammifères marins dans les régions golfe de Gascogne, Mers Celtiques, Manche Mer du Nord et Méditerranée Occidentale dans le cadre de la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM), Rapport CRMM pour Ifremer-Agence des Aires Marines Protégées- Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer.

Morizur Y, Valery L, Claro F & Van Canneyt O, 2011, Contributions thématiques concernant les captures accidentelles dans les régions Golfe de Gascogne, Mers Celtiques et Manche Mer du Nord dans le cadre de la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM), Ifremer-Agence des Aires Marines Protégées-Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer.

Myrberg AA. Jr, 1990, The effects of man-made noise on the behavior of marine animals. *Environment International*, 16 : 575-586.

Nabe-Nielsen J, Tougaard J, Teilmann J & Sveegaard S, 2011, Effects of wind farms on harbour porpoise behavior and population dynamics. Environmental Group under the Danish Environmental Monitoring Programme. Danish Centre for Environment and Energy, Aarhus University. Scientific Report from Danish Centre for Environment and Energy 1, 52p.

Nedwell JR, Brooker AG, Barham RJ & Bryant SAH, 2010, Measurement and Assessment of Underwater Noise during Impact Piling Operation at the Walney Offshore Windfarm, Subacoustech Environmental, Document Ref: E24R0106, 43p.

Nehls G, Betke K, Eckelmann S & Ros M, 2007, Assessment and costs of potential engineering solutions for the mitigation of the impacts of underwater noise arising from the construction of offshore windfarms. BioConsult SH, Husum, Germany. On behalf of COWRIE Ltd, 55p.

Norris K, 1961, Standardized methods for measuring and recording data on the smaller cetaceans. *Journal of Mammalogy*, 42(4) : 471-776.

Otani S, Naito Y, Kato A & Kawamura A, 2000, Diving behavior and swimming speed of a free-ranging harbor porpoise, *Phocoena phocoena*, *Marine Mammal Science*, 16 (4) : 811-814.

Page HM, Dugan JE, Culver CS & Hoesterey JC, 2006, Exotic invertebrate species on offshore oil platforms. *Marine Ecology Progress Series*, 325 : 101-107.

Parvin SJ & Nedwell JR, 2006, Underwater noise survey during impact piling to construct the Burbo Bank Offshore Wind Farm, Subacoustech Environmental, COWRIE – ACO-04-2002, 5p.

Peltier H, 2007, Améliorer la valeur d'observatoire des données d'échouages de mammifères marins: Déterminer les taux de dérive et de découverte des cadavres de petits cétacés. Mémoire de master 2 recherche, Université de La Rochelle. 50p.

Peltier H, 2011, Cétacés et changements environnementaux : développement et test d'indicateurs d'état de conservation en vue d'établissement des stratégies de surveillance. Thèse de doctorat, Université de La Rochelle, 243p.

Perrin WF & Brownell RL, 2002, Minke whales. In *Encyclopedia of marine mammals*, eds. Perrin WF, Würsig B & Thewissen J GM, Academic Press : 750-753.

Pezeril S & Kiszka J, 2004, Distribution of harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) along the French eastern English Channel and the southern bight of the North Sea: a preliminary investigation for the FilManCet project, unpub.

Ralls K, Fiorelli P & Gish S, 1995, Vocalisations and vocal mimicry in captive harbour seals, *Phoca vitulina*. *Canadian Journal of Zoology*. 63 (5):1050–1056.

RAMBOLL, DHI, 2009, Anholt Offshore Wind Farm, Marine Mammals, Energinet.dk, 81p.

Read AJ, 1999, Harbour porpoise *Phocoena phocoena* (Linnaeus, 1758). In *Handbook of Marine Mammals*. Volume 6. The second book of Dolphins and the porpoises, eds. Ridgway SH & Harrison SR. Academic Press : 323-355.

Reichmuth C, Holt MM, Mulsow, J, Sills JM. & Southall BL, 2013, Comparative assessment of amphibious hearing in pinnipeds, *Journal of Comparative Physiology A: Special Issue on the Sensory Biology of Aquatic Mammals*, 199 : 491-507.

Reid JB, Evans PGH & Northridge SP, 2003, *Atlas of Cetacean distribution in north-west European waters*. Joint Nature Conservation Committee, Peterborough, 82p.

Rice DW, 1998, Marine mammals of the world, systematics and distribution. *The Society for Marine Mammalogy*, Special publication number 4 , 231p.

Richardson WJ, Greene CRG Jr, Malme CI & Thomson DH, 1995, *Marine Mammals and Noise*. Academic Press, San Diego, 576p.

Ridoux V, Spitz J, Vincent C & Walton MJ, 2007, Grey seal diet at the southern limit of its European distribution : combining analyses and fatty acid profiles. *Journal of Marine Biology Association of U.K.*, 87 : 255-264.

Robineau D, 2004, Phoques de France. Faune de France 88. Fédération Française des Sociétés de Sciences Naturelles, 196p.

Robineau D, 2005, Cétacés de France. Faune de France 89. Fédération Française des Sociétés de Sciences Naturelles, 646p.

Rosel P, 1997, A review and assessment of the status of the harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) in the North Atlantic In : *Molecular Genetics of Marine Mammals* (eds : Dizon AE, Chivers SJ, Perrin WF), Society for Marine Mammalogy, Lawrence, 209-227.

Ross HM, Wilson B, 1996, Violent Interactions between Bottlenose Dolphins and Harbour Porpoises, *Proceedings of the Royal Society of Biological Sciences*, 263 (1368) : 283-286.

Scheidat M, Tougaard J, Brasseur S, Carstensen J, Van Polanen Petel T, Teilmann J & Reijnders P, 2011, Harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) and wind farms : a case study in the Dutch North Sea, *Environmental Research Letters*, 6 : 1-10.

Shirihai H & Jarret B, 2006, Whales, Dolphins and Seals, a field guide to the Marine Mammals of the world. A&C Black, 384p.

Southall B L, Bowles AE, Ellison WT, Finneran JJ, Gentry RL, Greene CR Jr., Kastak D, Ketten DR, Miller JH, Nachtigall PE, Richardson WJ, Thomas JA & Tyack LT, 2007, Marine mammal noise-exposure criteria: Initial Scientific recommendations, *Aquatic Mammals*, 33(4) : 1-121.

Spitz J, Rousseau Y, Ridoux V, 2006, Diet overlap between harbour porpoise and bottlenose dolphin : An argument in favour of interference competition for food? , *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 70 : 259-270.

Spitz J, 2010, *Stratégie alimentaire et énergétique de la prédation chez les mammifères marins*, Thèse de doctorat d'Université, Université de la Rochelle.

Teilmann J, Tougaard J, Carstensen J, Dietz R & Tougaard S, 2006, Summary on seal monitoring 1999-2005 around Nysted and Horns Rev Offshore Wind Farms. Technical report to Energi E2 A/S and Vattenfall A/S.

Teilmann J & Carstensen J, 2012, Negative long term effects on harbour porpoises from a large scale offshore wind farm in the Baltic – evidence of slow recovery, *Environmental Research Letters*, 7 : 1-11.

Teilmann J, Tougaard J & Carstensen J, 2006b, Marine Mammals : Seals and Porpoises react differently In Danish offshore wind : Key Environmental Issues, eds. DONG Energy, Vattenfall, The Danish Energy Authority, The Danish Forest and Nature Agency. Operate A/S : 80-93.

Thompson PM, Hastie GH, Nedwell J, Barham R, Brookes KL, Cordes LS, Bailey H, McLean N, 2013, Framework for assessing impacts of pile-driving noise from offshore wind farm construction on harbour seal population, *Environmental Impact Assessment Review*, 43 : 73-85.

Thompson PM, Lusseau D, Barton T, Simmons D, Rusin J & Bailey H, 2010, Assessing the responses of coastal cetaceans to the construction of offshore wind turbines. *Marine Pollution Bulletin*, 60 : 1200-1208.

Thomsen F, Lüdemann K, Kafemann R & Piper W, 2006, Effects of offshore wind noise on marine mammals and fish, biola, Hamburg, Germany on behalf of COWRIE Ltd.

Tilbury KL, Stein JE, Meador JP, Krone CA, Chan SL, 1997, Chemical contaminants in harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) from the North Atlantic coast: Tissue concentrations and intra- and inter-organ distribution, *Chemosphere*, 34 (9-10) : 2159-2181.

Tougaard J, Carstensen J & Teilmann J, 2009, Pile driving zone of responsiveness extends beyond 20km for harbour porpoises (*Phocoena phocoena*). *Acoustical Society of America*, 126: 11-14.

Tougaard J & Teilmann J, 2005, Effects of the Horns Reef Wind Farm on harbour porpoises, Interim report to Elsam Engineering A/S for the harbour porpoise monitoring program 2004, 23p.

Tougaard J, Tougaard S, Cording Jensen R, Jensen T, Teilmann J, Adelung D, Liebsch N & Müller G, 2006, Harbour seals on Horns Reef before, during and after construction of Horns Rev Offshore Wind Farm. Final report to Vattenfall A/S. Biological Papers from the Fisheries and Maritime Museum No. 5, 67p.

Tregenza NJC, Berrow S D, Hammond PS & Leaper R, 1997, Harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) by-catch in set gillnets in the Celtic Sea. *ICES Journal of Marine Science*. 54 : 896-904.

Van Canneyt O, Boudault P, Dabin W, Dorémus G, Gonzalez L, 2010, Les échouages de mammifères marins sur le littoral français en 2009, Rapport CRMM pour le Ministère de l'Ecologie de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer, Direction de l'eau et de la biodiversité, Programme Observatoire du Patrimoine Naturel, 48p.

Van Canneyt O, 2002, Structure bio-démographique de dauphin commun (*Delphinus delphins*) lors des échouages multiples sur la côte Atlantique française. Mise en évidence des captures accidentelles et effets démographiques potentiels. Mémoire de DEA, Université de La Rochelle. 42p.

Vella G, Rushforth I, Mason E, Hough A, England R, Styles P, Holt T & Thorne P, 2001, Environmental Impact Assessment Investigation of marine mammals in relation to the establishment of a marine wind farm on Horns Reef, 107p.

Verfuss UK, Honnef CG, Meding A, Dähne M, Mundry R, Benke H, 2007, Geographical and seasonal variation of harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) presence in the German Baltic Sea revealed by passive acoustic monitoring, *Journal of Marine Biological Association of United Kingdom*, 87: 165-176.

Vincent C, Ridoux V, Fedak MA, 2003, Exploitation des habitats marins par les phoques gris en Bretagne : Application à la mise en place du Parc National Marin de l'Iroise, *Océanis*, 27: 101-119.

Vincent C, 2001, Bases écologiques de la conservation du phoque gris, *Halichoerus grypus*, en mer d'Iroise. Mémoire de doctorat, Université de Bretagne Occidentale, Brest, France, 215p.

Vincent C, McConnell BJ, Fedak MA & Ridoux V, 2002, Assessment of Argos location accuracy from satellite tags deployed on captive grey seals. *Marine Mammal Science* 18(1) : 301-322.

Vincent C, McConnell BJ, Delayat S, Elder J-F, Gautier G, Ridoux V, 2010, Winter habitat use of harbour seals (*Phoca vitulina*) fitted with Fastloc™ GPS/GSM tags in two tidal bays in France. NAMMCO Scientific Publications, 8:285-302.

Walker MM, 2002, Biomagnetism. In *Encyclopedia of marine mammals*, eds Perrin WF, Würsig B & Thewissen JGM, Academic Press : 104-105.

Wells RS, Scott MD, 1999, Bottlenose Dolphin *Tursiops truncatus* (Montagu, 1921) In : *Handbook of Marine Mammals* (eds : Ridgway SH, Harrison R), Volume 6, Academic Press, London, 137-182.

Wilhelmsson D, Malm T, Thompson R, Tchou J, Sarantakos G, McCormick N, Luitjens S, Gullström M, Patterson Edwards JK, Amir O & Dubi A (eds.), 2010, Greening Blue Energy: Identifying and managing the biodiversity risks and opportunities of off shore renewable energy, Gland, Switzerland. IUCN. 102p.

Williams R & Noren DP, 2009, Swimming speed, respiration rate and estimated cost of transport in adult killer whales, *Marine Mammal Science*, 25 (2) : 327-350.

Wilson B, Batty RS, Daunt F 1 Carter C, 2007, Collision risk between marine renewable devices and mammals, fish and diving birds. Strategic environmental assessment of marine renewable energy development in Scotland. ICES WGMME, 2011, Report of the Working Group on Marine Mammal Ecology, Advisory Committee.

Wright AJ, Aguilar Soto N, Baldwin AL, Bateson M, Beale C, M, Clark C, Deak T, Edwardson E F, Fernandez A, Godinho A, Hatch LT, Kakuschke A, Lusseau D, Martineau D, Romero ML, Weilgart LS,

Wintle BA, Notarbartolo-di-Sciara G & Martin V, 2007, Do Marine Mammals Experience Stress Related to Anthropogenic Noise?, *International Journal of Comparative Psychology*, 20 : 274-316.

Wright AJ, Deak T & Parsons ECM *in press*, Size matters : Management of stress responses and chronic stress in beaked whales and other marine mammals may require larger exclusion zones. *Marine Pollution Bulletin*.

Würsig B, Greene C & Jefferson TA, 2000, Development of an air bubble curtain to reduce underwater noise of percussive piling. *Marine Environmental Research*, 49 : 79-93.

Yazvenko SB, McDonald T L, Blokhin SA, Johnson SR, Melton HR, Newcomer MW, Nielson R & Wainwright PW, 2007, Feeding of western gray whales during a seismic survey near Sakhalin Island, Russia .*Environmental Monitoring Assessment*, 34 : 93-106.