

Etude préliminaire des interactions possibles entre le projet de parc éolien de Saint-Brieuc et les mammifères marins

Document de Synthèse
Décembre 2011



INTRODUCTION GENERALE	2
<hr/>	
A. LES IMPACTS POTENTIELS DE L'IMPLANTATION D'EOLIENNES OFFSHORE : APPROCHE BIBLIOGRAPHIQUE	2
<hr/>	
I. LA SENSIBILITE ACOUSTIQUE DES MAMMIFERES MARINS	2
II. EFFETS POTENTIELS LORS DE LA PHASE DE CONSTRUCTION	3
II.1. MODIFICATION DE L'HABITAT	4
II.2. IMPACTS SONORES	4
III. EFFETS POTENTIELS LORS DE LA PHASE OPERATIONNELLE	5
III.1. LES IMPACTS PHYSIQUES	6
III. 2. LES IMPACTS SONORES	6
III. 3. AUTRES EFFETS NON EVALUES	7
IV. CONSEILS	7
CONCLUSION	8
B. ETAT INITIAL DES MAMMIFERES MARINS AUX ENVIRONS DE LA BAIE DE SAINT-BRIEUC	10
<hr/>	
I. LES PRINCIPALES ESPECES DES COTES FRANÇAISES	10
II. LA ZONE D'ETUDE	10
III. LES ECHOUAGES DEPUIS 1972	11
III.1. LES ECHOUAGES DE CETACES	11
III. 2. LES ECHOUAGES DE PINNIPEDES	13
IV. LES OBSERVATIONS EN MER DEPUIS 1981	15
IV.1. LES OBSERVATIONS OPPORTUNISTES	15
IV. 2. LES OBSERVATIONS STANDARDISEES	16
V. BILAN DE LA FREQUENTATION DE LA ZONE	18
C. PROPOSITIONS DE MESURES ET DE SUIVIS POUR LA MISE EN PLACE DU FUTUR PARC EOLIEN AU LARGE DE SAINT-BRIEUC	19
<hr/>	
I. ETABLISSEMENT D'UN ETAT INITIAL	19
I.1. SUIVIS VISUELS	19
I.2. SUIVIS ACOUSTIQUES	19
I.3. SUIVIS TELEMETRIQUES	21
II. MESURES DE REDUCTION ET DE SUIVIS DES IMPACTS	21
II.1. LES TECHNIQUES DE REDUCTION DES EMISSIONS SONORES	21
II.2. L'ELOIGNEMENT DES MAMMIFERES MARINS	22
II.3. LE SUIVI DES IMPACTS SUR LES MAMMIFERES MARINS DE LA ZONE	22
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	24
<hr/>	

INTRODUCTION GENERALE

Dans le cadre du Grenelle de l'environnement, le gouvernement français vise l'installation d'une capacité de 6 000 mégawatts d'éolien offshore à l'horizon 2020. Dans cette optique, un appel d'offre portant sur 3 000 mégawatts sur 5 zones de Manche et d'Atlantique a été lancé, et un deuxième devrait suivre. L'explosion de ces nouvelles technologies est récente, et les impacts potentiels de ces activités sur le milieu marin sont encore mal connus.

La pré-étude suivante vise à déterminer les impacts potentiels d'un parc éolien offshore sur les mammifères marins, par une approche bibliographique et une analyse des données non publiées disponibles au Centre de Recherche sur les Mammifères Marins (CRMM), Université de La Rochelle (ULR). Il s'agira de savoir quelles sont les espèces et les populations de mammifères marins potentiellement exposées au parc éolien grâce à l'analyse régionale des échouages et des observations en mer. Des propositions de suivi seront émises pour réaliser un état des lieux mammalogique dans la zone et un suivi des populations présentes pendant les phases de construction et de fonctionnement.

A. LES IMPACTS POTENTIELS DE L'IMPLANTATION D'ÉOLIENNES OFFSHORE : APPROCHE BIBLIOGRAPHIQUE

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 naturelles (vent, vagues, courants, bulles, précipitations, banquise, organismes marins...) et anthropiques (augmentation du trafic maritime, sonars militaires, prospections sismiques, répulsifs acoustiques, forages offshore, implantations de piliers, recherches acoustiques scientifiques...). Les sources anthropiques sont de plus en plus nombreuses et variées et augmentent le bruit de fond des océans. L'augmentation du bruit ambiant dans les océans, des sources de bruits anthropogènes et leurs impacts possibles sur les mammifères marins sont une préoccupation croissante. Cette augmentation a été estimée entre trois et cinq dB par décennie, soit un doublement de la puissance du bruit toutes les décennies depuis 60 ans (IWC, 2005 ; Hildebrand, 2005).

Les éoliennes peuvent également être ajoutées dans la liste des sources de bruits anthropogènes augmentant le bruit de fond des océans. L'impact qu'elles peuvent avoir sur les mammifères est assez peu documenté mais les quelques études réalisées sont de bons indicateurs à moyen terme des effets engendrés. La production sonore engendrée par un parc éolien varie selon les étapes de son existence : la construction, l'exploitation et le démantèlement.

I. La sensibilité acoustique des mammifères marins

L'environnement sensoriel des mammifères marins est essentiellement acoustique. L'ouïe constitue ainsi le sens le plus important pour ces animaux. Ce sens est utilisé principalement pour trois fonctions principales : l'apport d'informations sur leur environnement, la communication et la détection des proies (David, 2006). La pollution sonore et les effets des

bruits anthropiques sur les mammifères marins constituent un enjeu de conservation important, afin d'en limiter les impacts et d'éviter les zones d'exclusion écologique. Les réactions 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 (figure 1, voir Richardson *et al.*, 1995 et Madsen *et al.*, 2006 pour synthèse).

- tolérance : pas de réaction lors de l'émission sonore ;
- changements de comportement ;
- réaction d'évitement ;
- masquage des signaux d'écholocation ou de communication ;
- perte de l'audition : temporaire (TTS) ou permanente (PTS) ;
- lésions irréversibles pouvant entraîner la mort de l'animal.

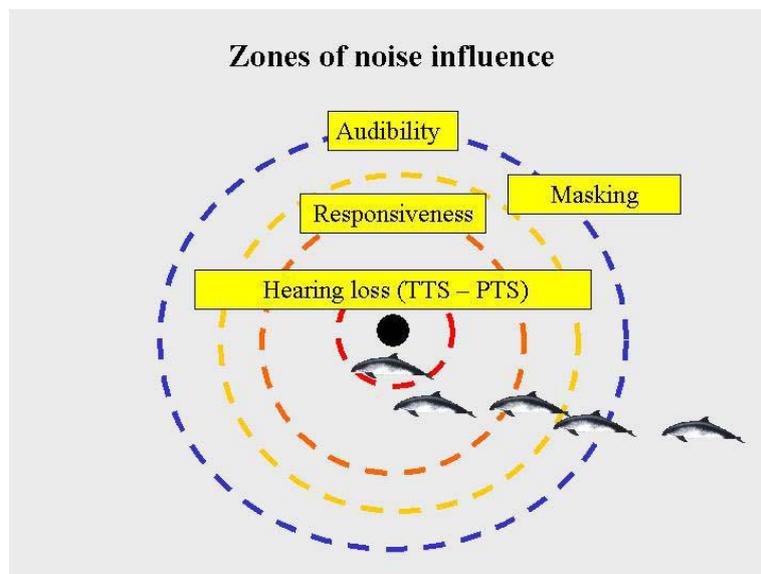


Figure 1 : Zones d'influence des émissions sonores sur les mammifères marins (d'après Richardson *et al.*, 1995).

Il est important de savoir quels sont les types de réaction engendrée par l'implantation d'éoliennes offshore sur les mammifères marins. En effet, les exemples de changement de comportements incluent l'abandon d'une activité importante (nourrissage, reproduction ou élevage des jeunes) ou d'un site d'importance écologique en réaction au bruit émis. L'abandon répété ou prolongé d'activités vitales pourrait mener à des conséquences dommageables pour l'animal affecté (Nowacek *et al.*, 2007).

II. Effets potentiels lors de la phase de construction

Différents aspects de la construction semblent être des sources potentielles de dérangement. Il s'agit des explorations sismiques réalisées avant le début des travaux, du bruit généré lors de la mise en place des fondations des éoliennes, du dragage lors de la création de tranchées pour l'enfouissement des câbles, de l'augmentation du trafic maritime durant l'exploration et la construction ainsi que la turbidité importante générée par la remise en suspension des sédiments et des polluants (Dolman *et al.*, 2003 ; Ferrer Costa, 2005 ; Gill, 2005 ; Teilmann *et al.*, 2006).

II.1. Modification de l'habitat

L'implantation d'un parc éolien en mer va nécessairement modifier les habitats existants. La remise en suspension des sédiments lors de la mise en place de fondations et l'enfouissement des câbles va provoquer une augmentation de la turbidité dans la zone. Par ailleurs, cette remise en suspension va également libérer des polluants chimiques ou organiques (organochlorés...). La turbidité impacte peu les mammifères marins, en raison de leur utilisation préférentielle de l'écholocalisation, en particulier en milieu côtier. En revanche, elle pourra impacter les organismes benthiques ou pélagiques, se répercutant ainsi les autres chaînons du réseau trophique par effet « *bottom up* ».

Peu d'étude font toutefois référence à ce type d'impact pour les mammifères marins (Whilhelmsson *et al.*, 2010) pour une raison simple : les nuisances sonores générées les auront probablement déjà éloignés de la zone de travaux.

II.2. Impacts sonores

Il semble que la mise en place des fondations constitue la phase la plus bruyante de la construction (Madsen *et al.*, 2006). Il faut toutefois noter que l'importance des nuisances sonores va dépendre avant tout du type de fondation choisi : les fondations de type « monopieu » sont les plus bruyantes, suivis des types « tripod », « jacket » puis « gravitaire ». La technique d'installation va également jouer un rôle.

Pour le marsouin commun par exemple, ces activités sont probablement audibles à plus de 80 km de la source d'émission. 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 (Thomsen *et al.*, 2006). Des modélisations ont par ailleurs indiqué que des pertes d'auditions temporaires sont prévisibles à 400 m de la source d'émission sonore pour les pinnipèdes, et à 2 km pour le marsouin (Madsen *et al.*, 2006).

L'audition des grands dauphins (*Tursiops truncatus*) serait très proche de celles des marsouins communs. Il est donc probable que ces animaux perçoivent les bruits de la construction des éoliennes aux mêmes distances que les marsouins (David, 2006). Basée sur les basses fréquences, l'audition des baleines permettrait la détection des émissions liées à la construction à des distances plus importantes.

Les émissions sonores générées par la phase de constructions sont estimées entre 201 et 205dB re 1 μ Pa en moyenne, et de 175 à 178 dB re 1 μ Pa à une distance de 500m (Nehls *et al.*, 2007). Le forage (préférentiellement utilisé sur ce site) étant moins bruyant que le battage, les niveaux de nuisance seront plus faibles.

En Europe, 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 TTS et de perturbations comportementales pour de grandes catégories de mammifères marins en fonction de la nature du son (pulsé ou non) (voir tableau 1).

Aux Etats-Unis, la NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) utilise le seuil de perte temporaire de l'audition comme critère déterminant. Ce seuil est fixé à 180 dB re 1 μ Pa pour les cétacés et 190 dB re 1 μ Pa pour les pinnipèdes. La COWRIE (*Collaborative*

Offshore Wind Research Into the Environment) estime quant à elle que des impacts sont déjà possibles pour ces valeurs, et conseille un seuil de 140 dB re 1 μ Pa (Nehls *et al.*, 2007).

Tableau 1 : Seuils de perte d'audition temporaire (TTS) et de perturbation comportementale en fonction de la nature du son (Southall *et al.*, 2007).

	TTS		Perturbations comportementales	
	Son impulsif	Son continu	Son impulsif	Son continu
Cétacés	198 dB re : 1 μ Pa	215 dB re : 1 μ Pa	183 dB re : 1 μ Pa	-
Pinnipèdes (eau)	186 dB re : 1 μ Pa	203 dB re : 1 μ Pa	171 dB re : 1 μ Pa	-
Pinnipèdes (air)	144 dB re : 20 μ Pa	144 dB re : 20 μ Pa	100 dB re : 20 μ Pa	-

II.2.1. Cétacés

Plusieurs suivis de population des marsouins communs au Danemark ont été réalisés pendant la construction et le fonctionnement de deux parcs éoliens (Tougaard & Teilmann, 2005 ; Teilmann *et al.*, 2006a ; Blew *et al.*, 2006, Carstensen *et al.*, 2006).

Quels que soient les sites considérés, la fréquentation de la zone par les animaux durant la phase de construction diminue, sur le site même et dans les stations de contrôle. Des comportements de fuite (Tougaard & Teilmann., 2005) et un éloignement des animaux jusqu'à plusieurs dizaines de kilomètres de la zone d'implantation ont été observés (Henriksen *et al.*, 2004 ; Brandt *et al.*, 2009).

II.2.2. Pinnipèdes

L'impact de ces constructions d'éoliennes a également été étudié *in situ* sur les phoques gris et les phoques veaux-marins, notamment au Danemark. Des dérangements importants peuvent être observés lors de la phase d'implantation des piliers, avec une diminution de la fréquentation des reposoirs par les animaux (Clermont Edren *et al.*, 2004). Dans les zones où le trafic maritime était important avant l'implantation des éoliennes, la fréquentation de la zone par ces animaux est moins impactée (Tougaard *et al.*, 2006).

En résumé, la phase de construction d'un parc éolien crée des dérangements de différentes ampleurs. Les impacts les plus importants apparaissent lors de la mise en place des fondations des éoliennes, selon la technique employée. De nombreux paramètres entrent en jeu, notamment les caractéristiques du site (propagation du son, profondeur, topographie...) et les techniques utilisées. Il est donc difficile de dégager une réaction générale des mammifères marins aux éoliennes, d'autant que même au sein d'une espèce, les réactions peuvent différer en fonction du sexe, de l'âge, de l'activité et de la période de l'année.

III. Effets potentiels lors de la phase opérationnelle

La phase opérationnelle d'un parc éolien peut avoir différents impacts sur les mammifères marins (Environmental Impact Assessment, 2000 ; Dolman *et al.*, 2003):

- réactions à la structure physique ;
- bruits et vibrations ambiantes liés au fonctionnement ;
- réactions aux bateaux et engins associés à la structure ;
- impact électromagnétique ;
- perte d'habitat. (figure 2)

III.1. Les impacts physiques

L'installation d'éoliennes offshore implique une modification physique du milieu, notamment par la présence des piliers. Le risque de collision 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 immergées, fixes et de grande taille telles que les piliers d'éoliennes présentent peu de risques de collision pour les mammifères marins (Inger *et al.*, 2009).

III. 2. Les impacts 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 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 pilier, du montage réalisé et de la nature du substrat (Dolman *et al.*, 2003).

Les études menées au Danemark sur l'impact des parcs éoliens sur les marsouins indiquent qu'après la phase de construction, les animaux retrouvent la fréquentation habituelle du site (Teilmann *et al.*, 2006a). La vitesse de recolonisation peut différer d'un site à l'autre, selon la nature des techniques de construction utilisées. D'une manière générale, la recolonisation du site est quasiment complète après deux ans (Teilmann *et al.*, 2006b).

Il est probable que l'utilisation du site avant l'implantation d'éoliennes joue un rôle important dans la vitesse de recolonisation. En effet, l'intérêt du site pour l'écologie des animaux motive plus ou moins leur retour.

Il est difficile de déterminer si le retour des animaux dans la zone est dû à une habitude au bruit ou à une diminution permanente du seuil de l'audition. 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).

Une étude menée aux Pays-Bas a montré que les marsouins étaient plus nombreux dans la zone du parc éolien après la construction. Leur nombre est également plus important dans la zone d'éolienne que dans les zones témoins, révélant probablement un effet « récif » ou « réserve », en raison de l'absence de pêche (Scheidat *et al.*, 2011).

Le bruit émanant d'éoliennes en phase opérationnelle pourrait également avoir un effet de masque sur la perception de signaux importants par les marsouins communs et sur leur communication (Evans, 2008). Si les nuisances sonores générées par la phase de fonctionnement sont nettement moins puissantes que celles produites lors de la construction, elles ne sont pas pour autant négligeables, car elles sont permanentes.

Des suivis télémétriques ont montré que les phoques veaux-marins et gris continuent de fréquenter la zone et les alentours du parc éolien pendant la phase de fonctionnement (Tougaard *et al.*, 2006 ; Dietz *et al.*, 2001) même s'ils l'ont déserté pendant la construction.

III. 3. Autres effets non évalués

III.3.1. Impact électromagnétique

Les câbles électriques sous-marins servant à transférer l'énergie produite vers le continent peut générer un champ électromagnétique similaire au champ électromagnétique terrestre (Inger *et al.*, 2009). Il est difficile de définir l'impact de ces champs électromagnétiques 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). Certains échouages en masse de cétacés ont été mis en relation avec des zones de diminution du champ magnétique terrestre (Walker, 2002). Mais de nombreuses interrogations persistent quant à l'effet des champs électriques des éoliennes sur la sensibilité magnétique des cétacés.

III.3.2. Effet « récifs »

L'implantation d'éoliennes pourrait constituer une perte d'habitat pour certaines espèces (Dolman *et al.*, 2003). 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, l'implantation de structures solides supplémentaires entraîne la reformation de réseaux trophiques complexes (Vella *et al.*, 2001). Ces îlots de biodiversité peuvent alors devenir des sources d'attraction pour de nombreuses espèces. Ces « récifs » pourraient donc attirer les espèces naturellement présentes dans le milieu (Connel, 2001) mais pourraient également générer le développement d'espèces invasives ou non présentes de façon naturelle (Page *et al.*, 2006).

III.3.3. Effets à moyen et long terme

Les travaux de construction, en particulier la mise en place des piliers, 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.

IV. Conseils

Les grands groupes de travail réunis sur la thématique des bruits anthropogènes s'accordent sur certaines grandes recommandations, généralement applicables à toutes les sources de

bruits non naturelles (IWC, 2005) ou plus particulièrement aux éoliennes (OSPAR commission Denmark and Germany, 2007).

- identifier et surveiller les habitats critiques pour les cétacés ;
- réaliser un suivi acoustique de ces habitats sur des échelles spatio-temporelles cohérentes avant et après des activités produisant des nuisances sonores ;
- utiliser la télémétrie, les suivis vidéo et/ou l'acoustique passive pour étudier la fréquentation du site par ces animaux avant, pendant et après les phases bruyantes ;
- réaliser des suivis en mer pour étudier le comportement des animaux ;
- réaliser un suivi des échouages durant ces périodes d'activité ;
- lors de constructions d'éoliennes, utiliser les outils et les techniques les moins bruyantes.

Conclusion

Les impacts de l'implantation d'éoliennes offshore restent assez mal connus. Les études acoustiques basées sur les spectres d'audition des cétacés restent très théoriques, mais sont néanmoins en accord avec les observations de terrain et les suivis par acoustique passive. Pour ce dernier type d'études, il est difficile de distinguer les effets répulsifs entre eux (vibrations, sons, trafic maritime...). L'impact de ces structures sur les animaux dépend de nombreux paramètres, comme l'espèce concernée, le site, l'utilisation que les animaux font du site et l'installation en elle-même. Il n'existe donc pas de réponse-type à l'implantation d'éoliennes offshore.

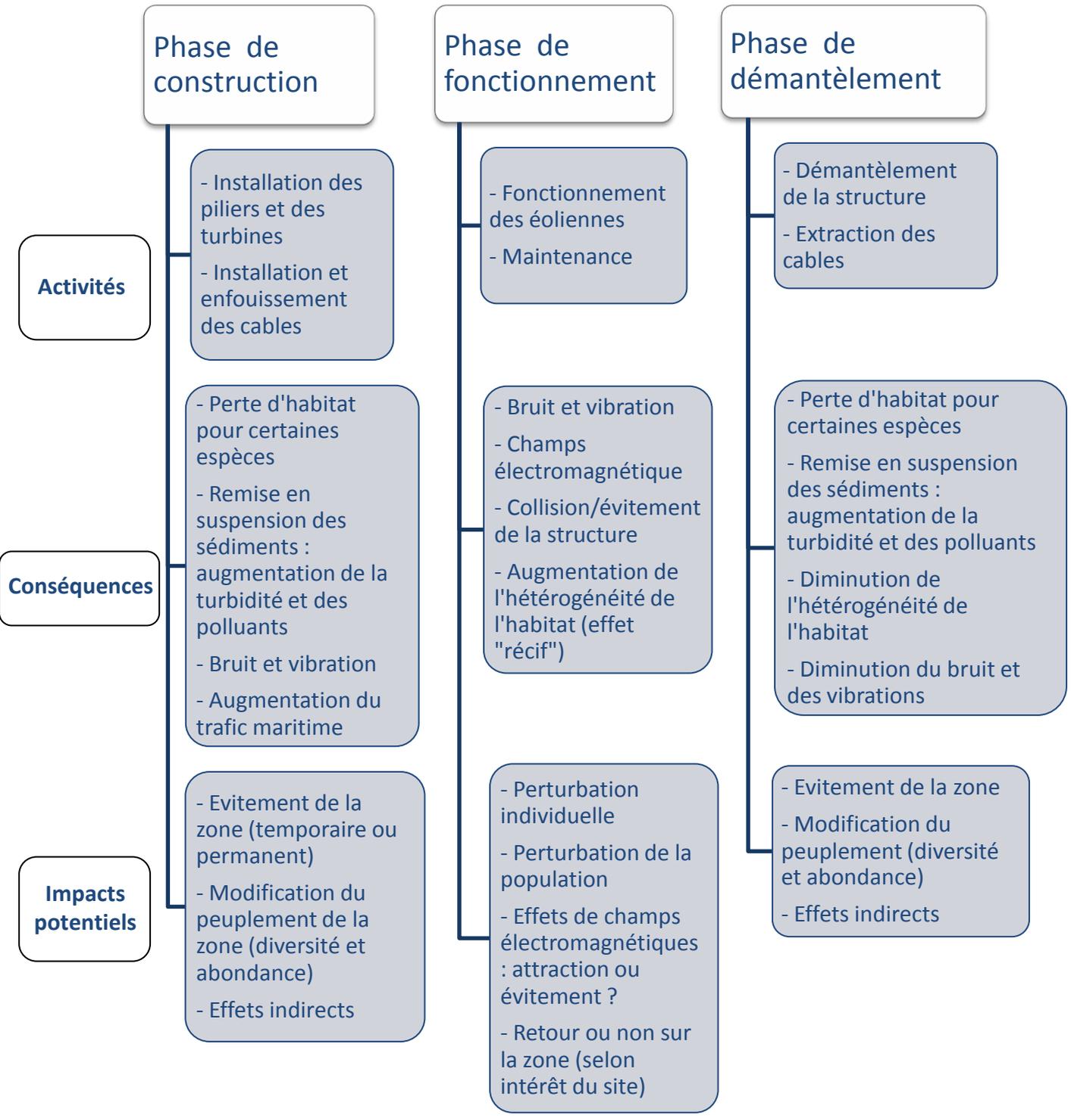


Figure 2 : Effets induits lors des différentes phases d'existence d'un parc éolien et impacts potentiels sur les mammifères marins (adapté d'après Gill, 2005 et Dolman & Simmonds, 2010).

B. ETAT INITIAL DES MAMMIFERES MARINS AUX ENVIRONS DE LA BAIE DE SAINT-BRIEUC

I. Les principales espèces des côtes françaises

Parmi les cétacés à dents, ou odontocètes, se trouvent les dauphins, les cachalots ou encore les marsouins. Ce sous-ordre est le plus diversifié et le plus abondant. Quatre espèces d'odontocètes, dont trois espèces de delphinidés et une espèce de marsouin sont régulièrement observées le long des côtes françaises et plus particulièrement en Manche. Il s'agit du dauphin commun (*Delphinus delphis*), du grand dauphin (*Tursiops truncatus*), du globicéphale noir (*Globicephala melas*) et du marsouin commun (*Phocoena phocoena*).

Les cétacés à fanons ou mysticètes, regroupent les plus gros mammifères vivants, avec plusieurs espèces de rorquals, dont le petit rorqual, qui est régulièrement observé dans la zone d'étude. Les pinnipèdes regroupent les phoques, les otaries et les morses. Deux espèces de phoques sont présentes de manière régulière le long des côtes de la Manche, le phoque gris et le phoque veau-marin.

L'ensemble des espèces de mammifères marins sont protégées, en France et en Europe par diverses directives et accord internationaux. Le grand dauphin, le marsouin commun, le phoque gris et le phoque veau-marin sont notamment listés à l'annexe II de la Directive Habitats, Faune, Flore, permettant la définition de Zones Spéciales de Conservation (ZSC) sur la base de la fréquentation régulière d'un secteur par ces espèces.

II. La zone d'étude

L'étude des échouages et des observations autour de la baie de Saint-Brieuc concerne les données recensées dans un rayon de 100 kilomètres autour de la future zone d'implantation d'éoliennes, cumulées de 1971 à 2010 (Figure 3).

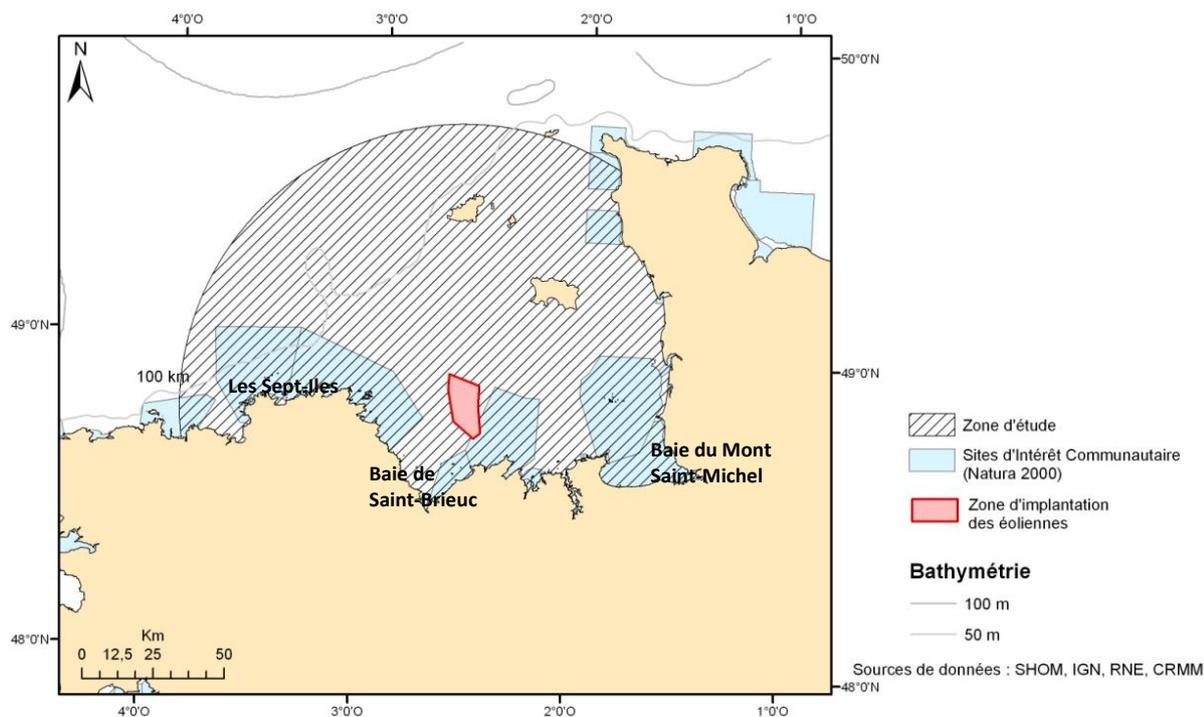


Figure 3 : Localisation de la zone propice d'implantation de parc éolien et de la zone d'étude considérée pour les mammifères marins

L'approche bibliographique réalisée sur les impacts d'un parc éolien offshore a déterminé des réponses différentes des marsouins communs selon la distance à la source de bruit. Ainsi, à l'instar de l'étude de Bailey *et al.*, (2010), des zones d'un rayon de 20, 40, 80 et 100 km ont été définies afin de déterminer les populations potentiellement exposées aux différents effets.

De nombreuses zones ont été définies comme Sites d'Intérêt Communautaire dans le cadre de la Directive Habitats, Faune, Flore (Figure 3). Cependant, de nouveaux programmes d'acquisition de données pour Natura 2000 en mer (programme PACOMM) sont en cours, afin de proposer de nouvelles zones, voir de redéfinir celles existantes.

III. Les échouages depuis 1972

Le Réseau National d'Echouage (RNE) français a été créé en 1972. Plus de 200 volontaires interviennent sur 300 à 1 000 échouages par an. Le RNE est composé d'un coordinateur national, quatre coordinateurs régionaux et des correspondants locaux pour chaque département du littoral.

Ainsi, le RNE recense les échouages du littoral français depuis près de 40 ans, ce qui constitue la plus longue série temporelle continue en Europe et assure une stabilité dans la collecte de ces données.

En moyenne, une quinzaine d'espèces de mammifères marins s'échoue chaque année sur l'ensemble du littoral français (Van Canneyt *et al.*, 1998 à 2007). La plupart de ces espèces sont fréquemment observées échouées sur nos côtes, alors que d'autres sont plus irrégulières, voire rares.

III.1. Les échouages de cétacés

Au total, 996 échouages ont été observés dans la zone d'étude entre 1972 et 2010, dont 752 échouages de cétacés. 5 familles de cétacés ont été identifiées. L'essentiel des échouages est composé de delphinidés (plus de 86 %).

Les dauphins communs sont abondamment présents en échouage, avec plus de 40 % des cétacés (Figure 4). Les grands dauphins représentent plus de 14 % des échouages, suivis des marsouins communs. Les globicéphales noirs et les dauphins bleu-et-blanc représentent respectivement 8 et 4 % des échouages. Quelques échouages de dauphins de Risso, de petits rorquals et rorquals communs sont également répertoriés.

Au total, 15 espèces de cétacés ont été observées en échouage dans un rayon de 100 km autour du futur parc éolien. Cette richesse spécifique est relativement importante. Il convient toutefois d'être prudent, le fait de retrouver les animaux échoués ne signifie pas forcément que les cétacés étaient présents dans la zone de leur vivant. En effet, sous l'influence de la dérive, les cadavres de cétacés peuvent parcourir de grandes distances (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, dans le cas où les animaux arrivent vivants ou frais à la côte, présumant d'une mort récente, d'un temps de dérive court et donc d'une zone de mortalité proche de la zone d'échouage.

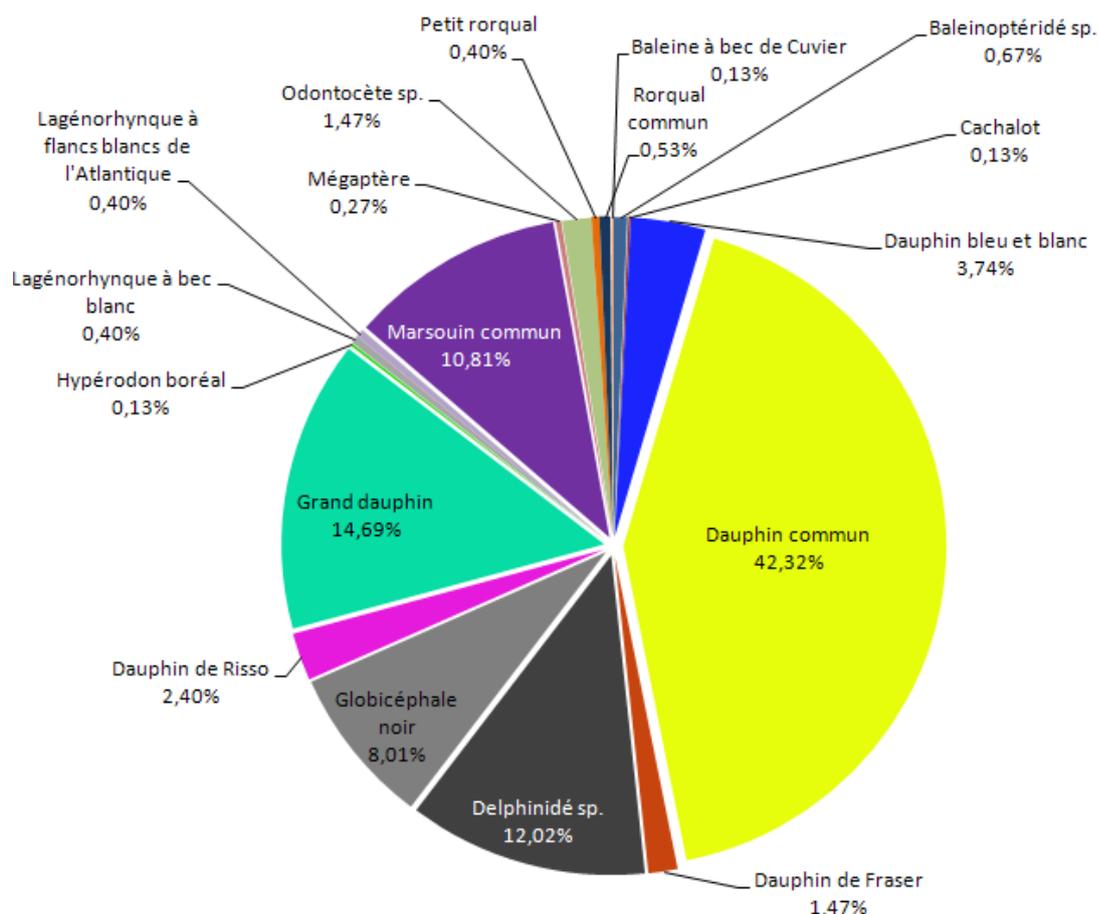


Figure 4 : Part des échouages de cétacés cumulés de 1972 à 2010 dans la zone étudiée.

III. 1. 2. Suivi annuel des échouages de cétacés

Globalement, le nombre d'échouages est en augmentation, en particulier depuis le début des années 2000. Toutefois, toutes les espèces ne sont pas concernées. La hausse enregistrée reflète l'augmentation très nette des échouages de dauphins communs. Les effectifs des autres espèces, delphinidés et mysticètes, sont relativement constants au cours du temps.

La plupart des échouages surviennent durant la période hivernale, de janvier à mars. Le plus grand nombre d'échouages observé en hiver peut être dû à différents facteurs, comme une plus grande mortalité des populations en hiver, une fréquentation plus importante des zones côtières durant cette période, ou encore des régimes de vents d'ouest importants, favorisant l'arrivée des cadavres à la côte (Peltier, 2007). Aucun de ces facteurs ne semble suffisant à lui seul pour expliquer cette distribution des échouages, la réponse se situe probablement en une combinaison de ces facteurs.

La saisonnalité des échouages est essentiellement due au profil saisonnier des échouages de dauphins communs. Ces tendances sont moins marquées pour les autres petits cétacés. Les marsouins, les grands dauphins et les globicéphales noirs sont observés toute l'année en échouages.

III. 1. 3. Distribution spatiale des échouages de cétacés

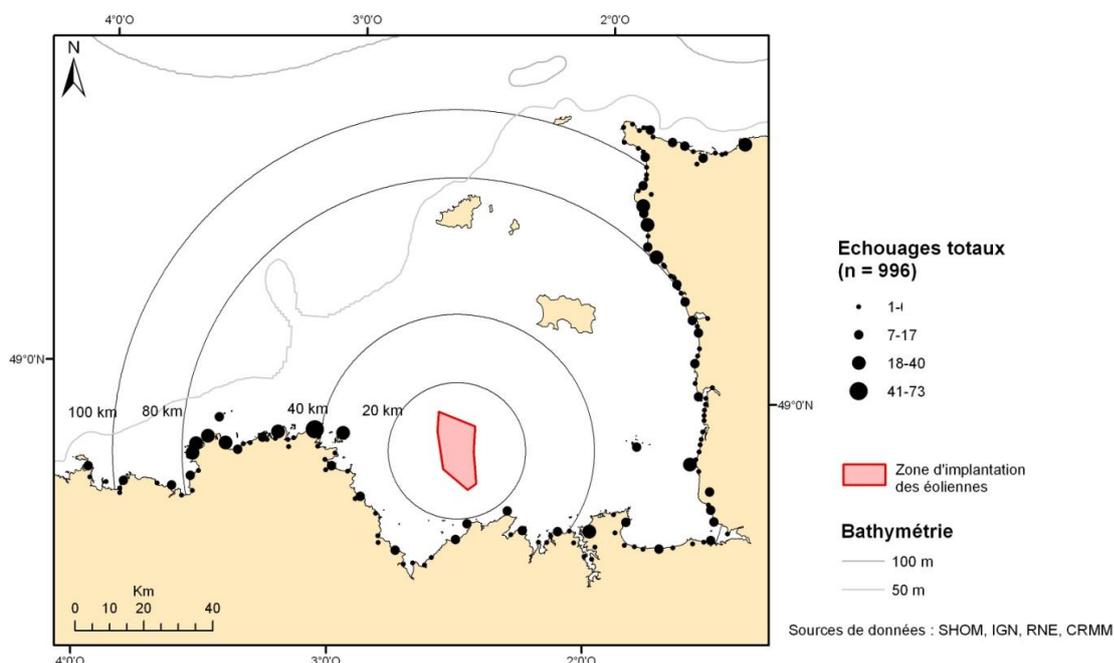


Figure 5 : Distribution spatiale des échouages de cétacés cumulés de 1972 à 2010 dans la zone étudiée.

La localisation des échouages, dans un rayon de 100 km autour du futur parc éolien ne permet pas de déterminer si les animaux ont fréquenté la zone lorsqu'ils étaient vivants. Néanmoins, le suivi des échouages depuis 1972 permet de déceler des zones de plus ou moins forte densité d'échouages selon les espèces considérées. Il apparaît que les côtes externes de la baie sont des zones de densité d'échouage comparativement plus importante, pour la plupart des espèces concernées. La baie de Saint-Brieuc ainsi que la baie du Mont Saint-Michel sont relativement pauvre en échouages.

Les plus fortes densités d'échouages sont localisées sur la côte ouest du Cotentin et entre les Sept-Iles et Paimpol (Figure 5). L'exposition de ces côtes aux vents et aux marées explique la plus forte proportion d'échouages, par rapport aux baies abritées.

Les échouages de dauphins communs sont très importants. Les marsouins communs, les globicéphales et les grands dauphins sont également abondamment présents en échouage autour de la zone d'étude. Les échouages de mysticètes et de grands plongeurs (physétéridés, ziphiidés) sont également notables, même si les effectifs de ces derniers sont faibles. La rareté de ces espèces fait que leurs échouages sont des événements.

III. 2. Les échouages de pinnipèdes

III. 2. 1. Composition spécifique

Les échouages de phoques dans la zone d'étude sont fréquents puisque 244 individus ont été répertoriés depuis 1972. Ces animaux appartenaient à 4 espèces de phoques (figure 6). Le phoque gris est le plus représenté en échouage avec 164 individus, soit plus de 67 % des phoques retrouvés échoués. 19 % des échouages concernent le phoque veau-marin. 2 espèces de phoques polaires ont été retrouvées échouées, soit un phoque à crête

(*Cystophora cristata*) et un phoque annelé (*Phoca hispida*). Enfin, plus de 12 % des phoques n'ont pas pu être identifiés

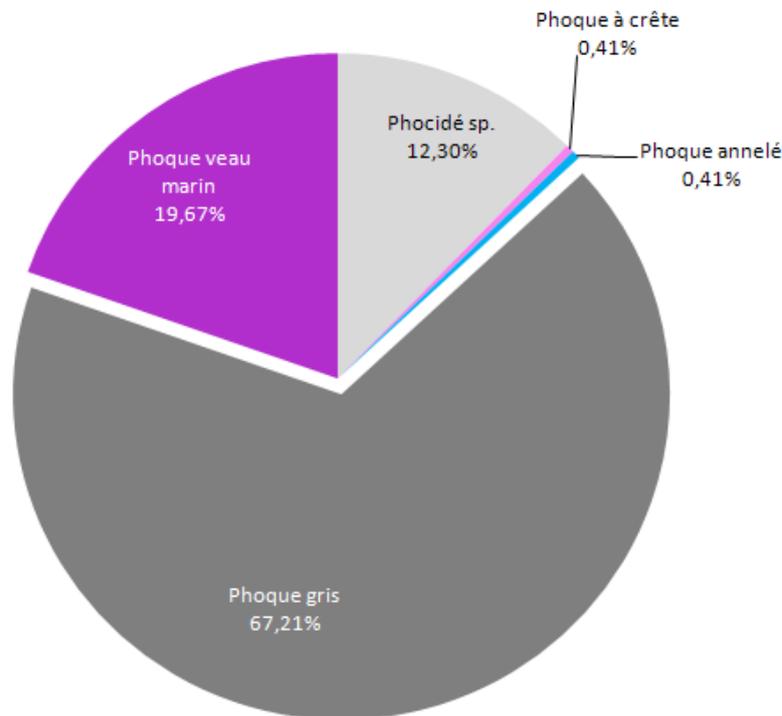


Figure 6 : Part des espèces de phoques retrouvées en échouages de 1972 à 2010 dans la zone d'étude.

III. 2. 2. Suivi annuel des échouages de pinnipèdes

Les effectifs de phoques gris sont en augmentation depuis la fin des années 1980. Il en est de même pour le phoque veau-marin, dans des proportions moins importantes.

Les échouages de phoques sont observés tout au long de l'année mais en effectifs variables. Les échouages de phoques gris sont globalement observés de novembre à février. Ces animaux se reproduisant durant la période hivernale, le pic de naissances survient en France à la fin du mois de novembre (Vincent, 2001). La colonie la plus proche étant localisée aux Sept-Iles, la présence de nombreux phoques gris en échouages s'explique aisément.

Concernant le phoque veau-marin, les échouages ont lieu surtout de juin à août. Leur reproduction a lieu au printemps et les naissances se déroulent en été, d'où le pic d'échouage durant cette saison. La colonie la plus proche est localisée en baie du Mont Saint-Michel.

III. 2. 3. Distribution spatiale des échouages de pinnipèdes

Les échouages de pinnipèdes sont représentatifs de la distribution des animaux. En effet, les phoques sont partiellement inféodés au milieu littoral. Il semble donc que le site d'échouage soit très proche du site de mortalité. Des échouages sont recensés en effectifs non négligeables dans toute la zone étudiée (figure 7). Les plus fortes densités d'échouages surviennent dans un rayon supérieur à 40 km du futur parc éolien, là où sont localisées les colonies.

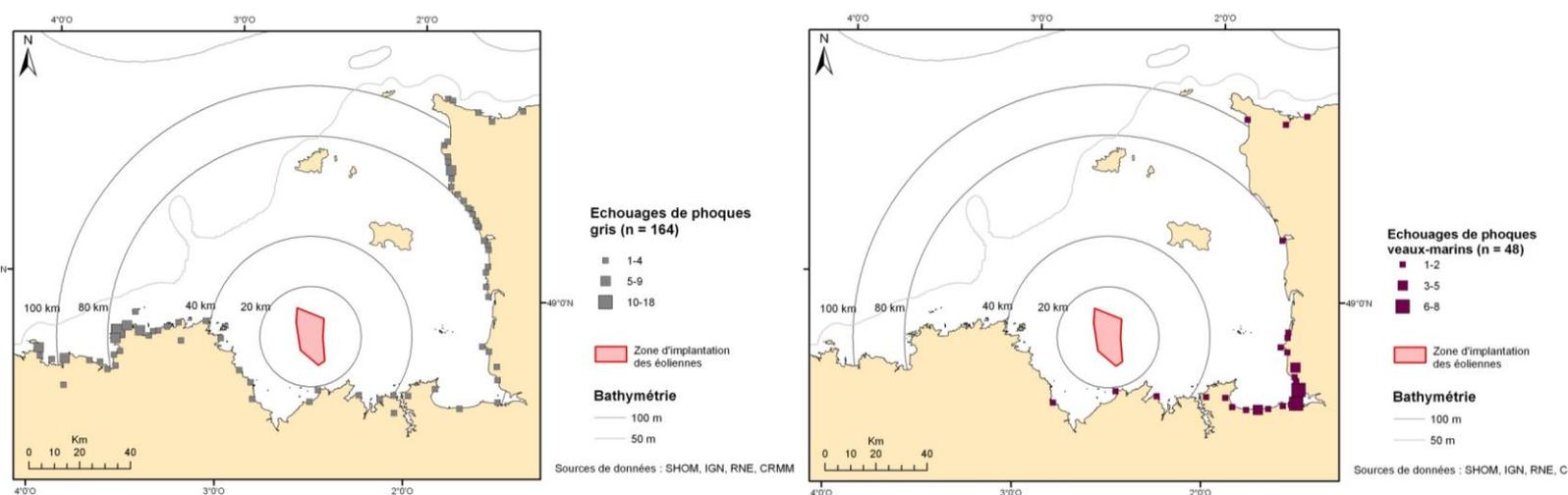


Figure 7 : Distribution spatiale des échouages de phoques gris et veaux-marins cumulés de 1972 à 2010 dans la zone étudiée.

IV. Les observations en mer depuis 1981

Deux types d'observations ont été recensés dans cette zone. Il s'agit des observations opportunistes (ou occasionnelles), réalisées par des plaisanciers ou lors de sorties en mer non dédiées à l'observation des cétacés, et des observations avec effort, réalisées lors de campagnes dédiées au recensement de cétacés (dites données « standardisées »). Lors de ces dernières, l'effort d'observation est quantifié. Il s'agit du temps ou de la distance parcourue pendant laquelle des observateurs qualifiés ont recherché des cétacés.

IV.1. Les observations opportunistes

IV. 1. 1. Composition spécifique

317 observations ont été réalisées par des plaisanciers ou des observateurs opportunistes. Ce sont 11 espèces de mammifères marins qui ont été observées dans cette zone depuis 1981.

Les grands dauphins sont les plus souvent observés, puisqu'ils représentent plus de 78 % des observations occasionnelles. Puis les dauphins communs et les marsouins communs sont les espèces les plus fréquemment rencontrées puisqu'elles constituent respectivement 8 % et 3 % des observations enregistrées. Un peu plus de 2 % des observations concernent les globicéphales noirs et les dauphins de Risso.

Enfin, moins de 2 % des observations correspondent à des pinnipèdes.

IV. 1. 2. Variations saisonnières

La plupart des observations opportunistes ont eu lieu entre avril et août. Ceci est dû à des augmentations de la fréquentation du site par les plaisanciers durant l'été. Ainsi, l'augmentation des observations de mammifères marins en été n'est pas nécessairement liée à une augmentation de la fréquentation des animaux dans la zone, mais à une augmentation du temps passé en mer par des observateurs potentiels.

IV. 1. 3. Distribution spatiale

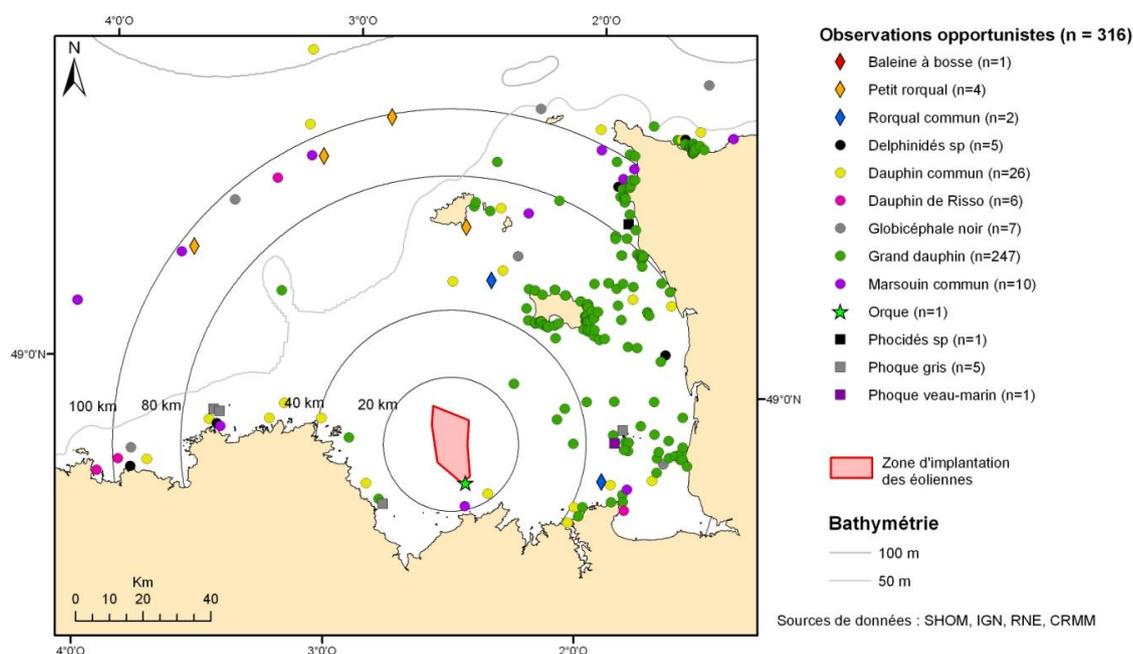


Figure 8: Distribution spatiale des observations opportunistes de mammifères marins cumulées de 1981 à 2010.

La distribution des observations opportunistes est, tout comme les variations saisonnières des observations, représentative de la fréquentation de la zone par les plaisanciers, plus que de la fréquentation des cétacés. En effet, la plupart des observations ont lieu à proximité de la côte et des îles (Figure 8).

La majorité des observations concerne des grands dauphins, en particulier autour des îles anglo-normandes et le long de la côte ouest du Cotentin. Ces observations correspondent à une population résidente de grands dauphins connue et étudiée (Louis, 2010).

Les dauphins communs sont observés de façon assez régulière, généralement près des côtes, et parfois même très près de la future zone d'implantation d'éoliennes.

Quelques marsouins communs sont également signalés, notamment dans un périmètre de moins de 20 km autour du futur parc. Des globicéphales et des dauphins de Risso ont été observés dans la zone d'étude, entre 50 et 100 km du parc.

IV. 2. Les observations standardisées

IV. 2. 1. Composition spécifique

La composition spécifique des observations standardisées est assez différente de celle des observations opportunistes. Les espèces principalement observées sont les marsouins communs, les grands dauphins, et les dauphins communs. Ce sont les observations de marsouins communs qui sont les plus nombreuses avec 33 %. Le grand dauphin représente 25 % des observations et le globicéphale 10 %. Quelques petits rorquals et dauphins de Risso ont également été recensés. Une large part des observations concerne le phoque veau-marin, qui représente plus de 26 % des observations. Le phoque gris ne représente que 2 %.

IV. 2. 2. Variations saisonnières

Les pics d'observations sont liés aux campagnes de recensement. Ainsi, les campagnes IBTS organisées par IFREMER ont lieu depuis 2007 en janvier. Durant le mois de juillet et août, des survols aériens ont été réalisés lors du programme de dénombrement européen SCANS-II. Des prospections ont également été effectuées durant le reste de l'année avec les campagnes de survol de l'Aérobaie du Mont Saint-Michel et les campagnes de dénombrement hivernal ROMER.

IV. 2. 3. Distribution spatiale

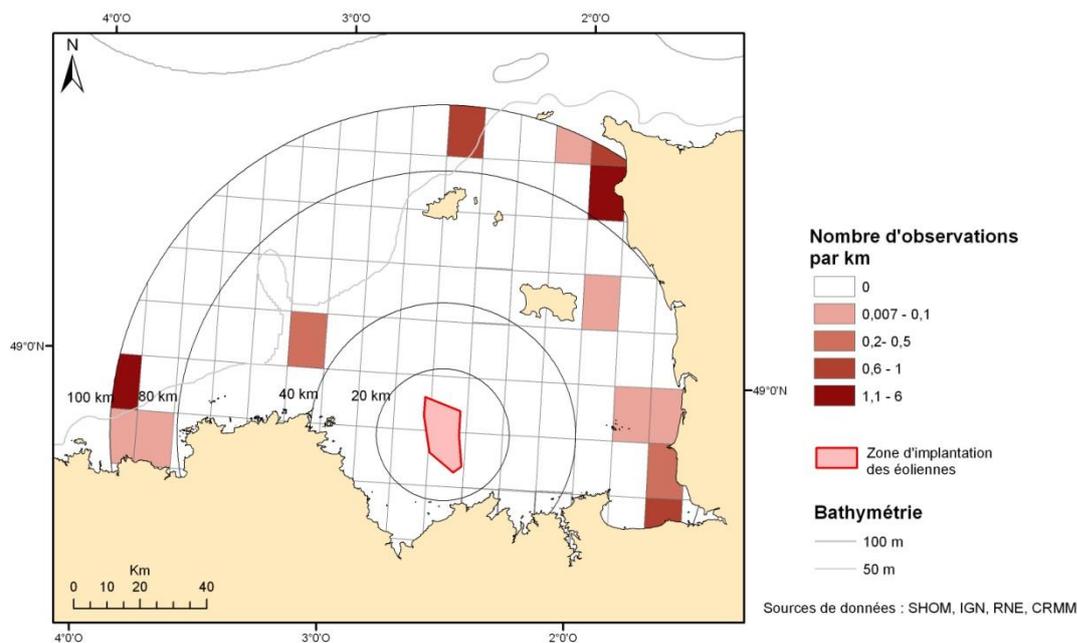


Figure 9 : Taux de rencontre lors des campagnes menées de 2000 à 2010.

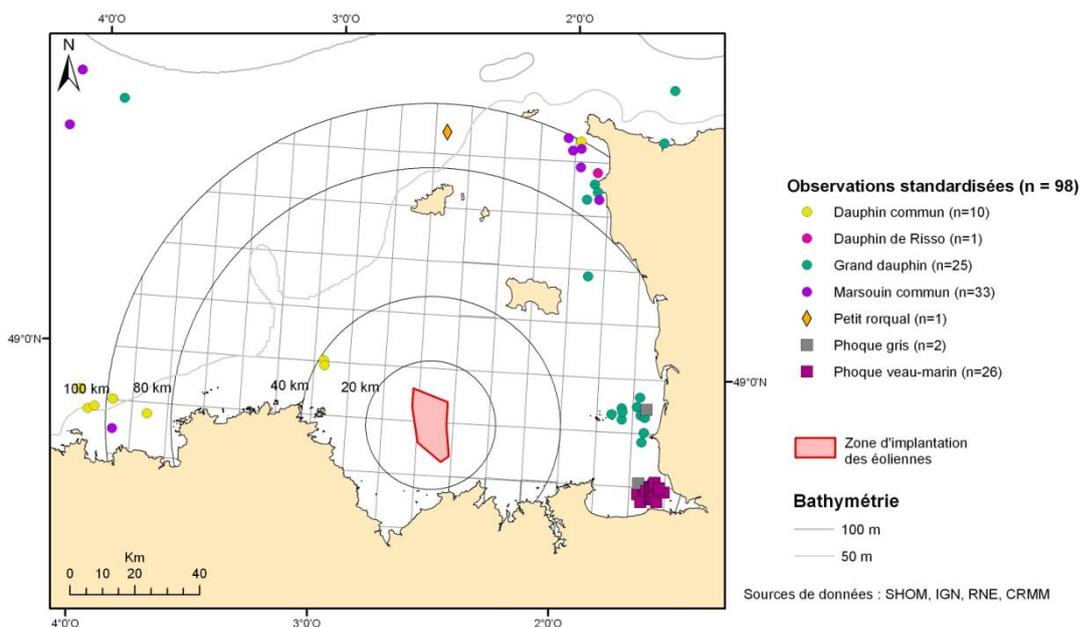


Figure 10 : Distribution spatiale et composition spécifique des observations en mer réalisées de 2000 à 2010 dans la zone étudiée.

L'analyse de la distribution spatiale des observations de cétacés indique que la plupart des observations ont lieu à plus de 40 km du futur parc (figure 10). Les grands dauphins sont localisés le long de la côte ouest du Cotentin, alors que les dauphins communs sont plutôt observés à l'ouest de Saint-Brieuc. Les phoques veaux-marins sont observés en baie du Mont Saint-Michel. Plusieurs observations de marsouins sont à signaler, attestant de la présence de l'espèce sur la zone, ainsi qu'une observation de dauphin de Risso et de petit rorqual.

V. Bilan de la fréquentation de la zone

Les observations réalisées en mer sont assez nombreuses au regard de la période considérée.

Ainsi, les dauphins communs, les grands dauphins, les marsouins communs et les phoques veaux-marins sont observés près du site d'implantation prévu, et leur fréquentation de ce site est vraisemblablement régulière. Les observations des autres espèces ne permettent pas de conclure de manière définitive sur leur exposition aux effets potentiels des éoliennes. Néanmoins, elles suggèrent que les rorquals, les phoques gris et les dauphins de Risso fréquentent régulièrement ou occasionnellement la zone et que des précautions doivent être prises concernant ces espèces.

Les observations opportunistes permettent de recueillir des informations de présence des animaux durant toute l'année, en effectifs inconnus.

L'analyse des données d'échouages permet de recenser des espèces difficiles à observer en mer qui ont probablement fréquenté la zone et ses environs.

Les échouages de dauphins communs, marsouins communs, grands dauphins ou encore globicéphales noirs sont de bons indicateurs de présence pour ces espèces, puisqu'ils sont confirmés par les observations réalisées en mer. Les échouages de dauphins bleu-et-blanc en effectifs non négligeables, peuvent indiquer la présence occasionnelle de cette espèce dans la zone alors qu'aucune observation n'a été recensée en mer.

Les observations de phoques vivants ou échoués sont le fait d'individus provenant des colonies proches, à savoir la baie du Mont Saint-Michel et les Sept-Iles. Ces individus résidents seront donc directement soumis aux activités anthropiques de la zone.

Ainsi, il semble que les espèces les plus exposées aux effets potentiels de l'implantation d'un parc éolien soient les grands dauphins, les marsouins communs, les dauphins communs, les phoques gris et veaux-marins. Ceci est dû à leur fréquentation des habitats côtiers et de l'intérêt de cette zone pour ces animaux, observés durant toute l'année. Les colonies de phoques et la population résidente de grands dauphins expliquent la fréquentation importante du site par ces espèces.

C. PROPOSITIONS DE MESURES ET DE SUIVIS POUR LA MISE EN PLACE DU FUTUR PARC EOLIEN AU LARGE DE SAINT-BRIEUC

Les propositions de suivi concernent l'établissement d'un état initial de la fréquentation de la zone étudiée par les mammifères marins et un suivi de ces populations pendant les phases de construction, de fonctionnement et de démantèlement.

I. Etablissement d'un état initial

Trois principaux types de suivis sont généralement utilisés dans ce type d'études : les suivis visuels, acoustiques et télémétriques. Tous présentent des avantages et des limites, le but étant de réduire ces dernières en compilant plusieurs types de suivis (Tableau 2).

Tableau 2 : Principales méthodes de suivis utilisées dans le cadre d'études similaires

Type de suivi	Variable mesurée	Avantages	Limites
Suivi visuel (bateau et avion)	Distribution, abondance relative, habitat préférentiel	Grande emprise géographique, spatialisation facilitée, bonne identification des espèces	Non utilisable par mauvaise visibilité ou la nuit
Acoustique passive	Taux de détection pendant la période de déploiement	Détection par tout temps et de nuit	Rayon de détection limité, identification des espèces et du nombre d'individus limitées
Télémétrie	Suivis des localisations et des individus. Analyse des domaines vitaux, utilisation de l'espace, connectivité entre site.	Résolution spatiale fine, échelle individuelle. Relation précise avec l'habitat. Indépendant des conditions météorologiques, ou de nuit.	Essentiellement limité aux phoques, grands cétacés et au marsouin pour le moment. Difficulté d'extrapoler à la population.

I.1. Suivis visuels

Les principales techniques consistent à réaliser des suivis en mer par bateau et/ou par avion de la zone. Ces suivis seraient effectués selon des transects linéaires, avec prise en compte de l'effort d'observation par des observateurs qualifiés. En ce sens, des survols aériens sont proposés dans un rayon de 100 km autour du site d'implantation prévu, ainsi que des suivis en bateau dans un rayon de 20 km autour du futur parc éolien. Il est recommandé de réaliser les suivis en bateau tous les mois durant l'année avant le début des travaux, alors que les survols aériens, plus coûteux, seraient réalisés au minimum une fois par saison.

I.2. Suivis acoustiques

Les C-POD (*Cetacean POrpoise Detector*) sont des détecteurs acoustiques automatisés, développés et commercialisés par Chelonia Ltd (UK). Ils enregistrent les clics d'écholocations

des odontocètes grâce à une large gamme de fréquence (20-160kHz), et permettent un enregistrement sur plusieurs mois (Diederichs *et al.*, 2008).

Deux principaux schémas de suivis peuvent être organisés avec les PODs. Le premier, le plus courant, est désigné sous le terme « B-A-C-I » (*Before, After, Control, Impact*) dans la littérature. Il permet d'avoir des données et des mesures *in situ* de l'impact des éoliennes sur les mammifères marins de la zone en plaçant des C-POD dans la zone d'implantation d'éolienne et dans une zone témoin et en comparant les résultats (Carstensen *et al.*, 2006 ; Thompson *et al.*, 2010).

On peut aussi imaginer un déploiement de C-POD par zone, conformément à ce qui a été réalisé pour le parc Horns Rev II. 6 PODs ont été placé selon un transect allant de la zone d'implantation à 25 km à l'extérieur du parc (Brandt *et al.*, 2009). Il est ainsi possible de suivre l'étendue spatiale des impacts, et la fréquentation à l'extérieur du parc.

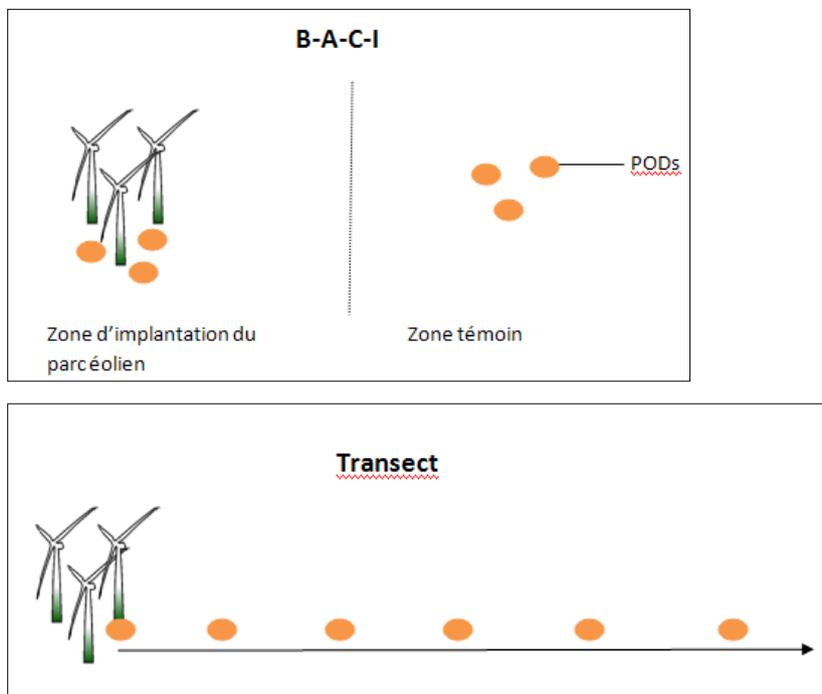


Figure 11 : Différentes configurations de C-PODs envisageables

Il pourrait éventuellement être envisagé de combiner en partie les deux techniques, voir de les améliorer, en plaçant par exemple plusieurs C-PODs sur des lignes équidistantes afin d'assurer une meilleure couverture. Ceci mérite d'être discuté, afin d'élaborer un protocole précis répondant aux problématiques que l'on souhaitera développer.

Le nombre de C-POD à déployer dépend de la taille de la zone et de la solution retenue. Le prix d'un C-POD et de son mouillage est d'environ 3500 €.

L'embarquement d'hydrophones à bord des bateaux utilisés pour les observations autour du futur parc éolien pourrait également permettre de détecter ces animaux.

I.3. Suivis télémétriques

De même que pour les marsouins, la question de la détectabilité se pose également pour les phoques. En effet, les phoques sont facilement observables lorsqu'ils sont à terre sur leurs reposoirs, mais deviennent très difficile à observer en mer. La télémétrie peut alors être une solution, et permettrait de définir les aires d'alimentation des phoques et leurs déplacements. Cette méthode consiste à poser des balises type ARGOS ou GPS-GSM sur les animaux. Leurs déplacements sont alors transmis par satellite. Des balises de type GPS-GSM permettent d'avoir une résolution suffisamment fine pour la zone considérée, et peuvent tenir sur l'animal jusqu'à 6 mois (environ 3000 € l'unité).

Ces propositions couvrent l'ensemble des possibilités de suivis des mammifères marins de la zone (BSH, 2003). Toutes ne seront peut-être pas appliquées. Les critères techniques et financiers permettront de déterminer lesquelles sont les plus adaptées, en accord avec les différents acteurs scientifiques.

De façon plus générale, il pourrait être opportun de mener une étude acoustique autour des nuisances sonores engendrées par la construction et le fonctionnement des parcs éoliens. En amont de la construction, celle-ci pourrait permettre de prédire quelle sera l'étendue des nuisances, en fonction des caractéristiques du site (profondeur, topographie, courant...) et des éoliennes (puissance, type de fondations...).

II. Mesures de réduction et de suivis des impacts

Deux aspects peuvent être pris en compte dans la minimisation des risques : d'une part, il est possible d'adapter les techniques de façon à créer le moins de nuisances possibles ; d'autre part, il peut être développé des protocoles de prévention vis-à-vis des mammifères marins.

Les mesures de prévention présentées concernent uniquement les phases du projet qui génèrent des sons de très forte intensité susceptibles de créer des dommages physiques aux mammifères marins présents. En ce qui concerne les émissions sonores de plus faibles intensités produites par les éoliennes en fonctionnement, aucune mesure d'accompagnement n'existe à l'heure actuelle pour réduire les impacts potentiels. Les solutions dans ce domaine sont probablement à développer en amont, lors du processus de développement par la recherche de matériaux et de technologies susceptibles de réduire les niveaux sonores produits par les éoliennes en fonctionnement.

II.1. Les techniques de réduction des émissions sonores

La littérature cite différentes méthodes et notamment la création d'un rideaux 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 mais elle est difficile à mettre en œuvre dès que les conditions courantologiques sont un peu 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).

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

II.2. L'éloignement des mammifères marins

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

Des répulsifs acoustiques (« *pingers* ») peuvent être recommandés pour éloigner les animaux de la zone (Nehls *et al.*, 2007), mais leurs effets sur les mammifères marins sont encore peu documentés (Carlström *et al.*, 2009) et méritent réflexion.

Lors de la phase de construction, il est recommandé de suivre les propositions du JNCC (*Joint Nature Conservation Committee*) qui suggère d'établir une zone d'exclusion d'un kilomètre autour de la zone de travaux en vérifiant qu'aucun mammifère marin ne s'y trouve et d'interrompre les travaux en cas d'incursion de mammifères marins dans cette zone.

Il peut également être opportun 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).

II.3. Le suivi des impacts sur les mammifères marins de la zone

Lors de la phase de fonctionnement du site, il serait intéressant de continuer le *monitoring* visuel et acoustique, afin de suivre le retour des animaux sur le site. Il est primordial de vérifier si les animaux reviennent sur le site, et si leur utilisation de celui-ci diffère ou non de l'état initial.

Une attention particulière devra être portée aux grands dauphins résidents du Cotentin, directement concernés par la mise en place du parc éolien. Il en est de même pour les phoques des Sept-Iles et de la baie du Mont Saint-Michel, qui devront être pris en compte, éventuellement par utilisation de la télémétrie.

Durant les phases de construction et de fonctionnement, une vigilance particulière envers les échouages devra être assurée, afin de détecter rapidement des anomalies de mortalités et de réaliser les examens nécessaires (conformément à ce qui est pratiqué par les correspondants locaux du Réseau National d'Echouages).

Récapitulatif des suivis

Visuel

	Avant construction	Pendant construction	En fonctionnement
But	Inventaire des mammifères marins de la zone. Diagnostic de l'intérêt écologique de la zone,	Suivis des impacts des activités de construction sur l'abondance et l'utilisation de l'habitat des mammifères marins de la zone.	Suivis des impacts des activités de fonctionnement sur l'abondance et l'utilisation de l'habitat des mammifères marins de la zone.
Durée du suivi	Au moins une année avant construction, 2 si possible,	Toute la durée des travaux	Minimum 3 ans, à maintenir au-delà si possible.
Fréquence du suivi	Couverture de la totalité de l'année	Totalité de la phase de construction	Couverture de la totalité de l'année
Méthodes de suivis	Transects linéaires par avion et/ou par bateau		
Résultats attendus	Distribution des animaux sur la zone. Fréquentation saisonnière du site.	Impact sur la fréquentation par les mammifères marins	Retour ou non sur le site. Schéma saisonnier.

Acoustique

	Avant construction	Pendant construction	En fonctionnement
But	Occurrence, temps passé dans la zone de projet. Schéma saisonnier de fréquentation.	Occurrence et temps passé dans la zone pendant la construction.	Occurrence et temps passé dans la zone pendant le fonctionnement des éoliennes.
Durée du suivi	1 à 2 ans avant le début des travaux	Toute la durée des travaux	Minimum 3 ans, à maintenir au-delà si possible
Fréquence du suivi	Couverture de la totalité de l'année	Totalité de la phase de construction	Totalité de l'année
Méthode de suivi	Acoustique passive : C-POD		
Résultats attendus	Utilisation de l'habitat (cycle journalier, saisonnier)	Impact des travaux sur l'utilisation et la fréquentation du site.	Fréquentation et utilisation de l'habitat.

(adapté d'après BSH, 2003 ; MEEDDM, 2010)

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BAILEY, H., SENIOR, B., SIMMONS, D., RUSIN, J., PICKEN, G. & THOMPSON, P.M. 2010. Assessing underwater noise levels during pile-driving at an offshore windfarm and its potential effects on marine mammals. *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 60 : 888-897.
- 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).
- BSH. 2003. Standards for Environmental Impact Assessments of Offshore wind turbines on the environment. Hamburg and Rostock, 55p.
- CARLSTRÖM, J., BERGGREN, P. & TREGENZA, N.J.C. 2009. Spatial and temporal impact of pingers on porpoises, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Vol. 66 : 72-82.
- CARSTENSEN, J., HENRIKSEN, O.D. & TEILMANN, J. 2006. Impacts of offshore wind farm construction on harbour porpoises: acoustic monitoring of echolocation activity using porpoise detectors (T-PODs). *Marine Ecology Progress Series*, Vol. 321: 295–308.
- CLERMONT EDREN, S.M., TEILMANN, J., DIETZ, R. & CARSTENSEN, J. 2004. Effect from the construction of Nysted Offshore Wind Farm on seals in Rødsand seal sanctuary based on remote video monitoring. Technical report to Energi E2 A/S, 33p.
- CONNEL, S.D. 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*, Vol. 52, 115-125.
- DAVID, J.A. 2006. Likely sensitivity of bottlenose dolphins to pile-driving noise. *Water and Environment Journal*, Vol. 20 : 48-54.
- 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, O.D. & 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.J., SIMMONDS, M.P. & KEITH., S. 2003. Marine wind farms and cetaceans. Paper SC/55/E4 presented to the IWC Scientific Committee, June 2003, Berlin (Germany), 18p.
- DOLMAN, S. & Simmonds, M. 2010. Towards best environmental practice for cetacean conservation in developing Scotland's marine renewable energy. *Marine Policy*, Vol. 34 : 1021-1027.
- ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT. 2000. Investigation of marine mammals in relation to the establishment of a marine wind farm on Horns Reef, Summary of the EIA Report, 17p.
- EVANS, P. G. H. 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.

- 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..
- GILL, A.B. 2005. Offshore renewable energy : ecological implications of generating electricity in the coastal zone. *Journal of Applied Ecology*, Vol. 42 : 605-615.
- 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.
- HENRIKSEN, O.D., CARSTENSEN, J., TOUGAARD, J. & TEILMANN, J. 2004. Effects of the Nysted Offshore Wind Farm construction on harbour porpoises. Annual status report for the acoustic T-POD monitoring programme during 2003. Technical Report to Energi E2 A/S, 33p.
- 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, M.J., BEARHOP, S., BRODERICK, A.C., GRECIAN, W.J., HODGSON, D.J., MILLS, C., SHEEHAN, E., VOTIER, S.C., WITT, M.J. & GOODLEY, B.J. 2009. Marine renewable energy : potential benefits to biodiversity ? An urgent call for research. *Journal of Applied Ecology*, Vol. 46 : 1145-1153.
- 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.
- 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.
- KOSCHINSKI, S., CULIK, B.M., HENRIKSEN, O.D., 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*, Vol. 265: 263–273.
- LOUIS, M. 2010. Dynamique de population et structure sociale du grand dauphin, *Tursiops truncatus*, en Normandie. Mémoire de Master 2 Approche Intégrées des Ecosystèmes Littoraux, Université de La Rochelle, 45p.
- MADSEN, P.T., 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*. Vol. 309 : 279-295.
- MINISTERE DE L'ÉCOLOGIE, DE L'ÉNERGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE LA MER, en charge des technologies vertes et des négociations sur le climat. 2010. Guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens, actualisation 2010, 191p.
- 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.
- NOWACEK, D. P., THORNE, L. H., JOHNSTON, D. W. & TYACK, P. L. 2007. Responses of cetaceans to anthropogenic noise. *Mammal Review*, Vol. 37(2) : 81-115.
- OSPAR COMMISSION, 2007. Draft Guidance of Assessments of the Environmental Impacts of, and Best Environmental Practice for, Offshore Wind Farms in relation to Operation, Presented by Denmark. Meeting of the Biodiversity Committee. Brussels, 26-30 mars 2007.

PAGE, H.M., DUGAN, J.E., CULVER, C.S. & HOESTEREY, J.C. 2006. Exotic invertebrate species on offshore oil platforms. *Marine Ecology Progress Series*, Vol. 325 : 101–107.

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.

RICHARDSON, W.J., GREENE, C.R.G. JR., MALME, C.I. & THOMSON, D.H. 1995. *Marine Mammals and Noise*. Academic Press, San Diego, 576p.

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*, Vol. 6 : 1-10.

TEILMAN, 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.

TEILMANN, J., TOUGAARD, J. & CARSTENSEN, J. 2006a. Summary on harbour porpoise monitoring 1999-2006 around Nysted and Horns Rev Offshore Wind Farms. Report to Energi E2 A/S and Vattenfall A/S, 14p.

THOMPSON, P.M., 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*, Vol. 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.

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.

VAN CANNEYT, O., COLLET, A., THIBEAUDEAU, A., LECOQ, K. & PONCELET E. 1998. Seasonal site fidelity of long-finned pilot whale (*Globicephala melas*) on the pertuis charentais (France, Bay of Biscay). *European Research on Cetacean*, Vol. 13 : 347-350.

VAN CANNEYT, O., DABIN, W. & COLLET, A. 1998. Synthèse sur les mammifères marins échoués sur le littoral français de 1992 à 1996. Rapport CRMM pour le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Direction de la Nature et des Paysages, Programme Observatoire du Patrimoine Naturel : 18p.

VAN CANNEYT, O., COLLET, A., LE COQ, K. & DABIN, W. 1998. Les échouages de mammifères marins sur le littoral français en 1997. Rapport CRMM pour le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Direction de la Nature et des Paysages, Programme Observatoire du Patrimoine Naturel : 30p.

VAN CANNEYT, O., LENIERE, A. & COLLET, A. 1999. Les échouages de mammifères marins sur le littoral français en 1998. Rapport CRMM pour le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Direction de la Nature et des Paysages, Programme Observatoire du Patrimoine Naturel : 25p.

VAN CANNEYT, O., HEINTZ, M. & PONCELET, E. 2000. Les échouages de mammifères marins sur le littoral français en 1999. Rapport CRMM pour le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Direction de la Nature et des Paysages, Programme Observatoire du Patrimoine Naturel : 24p.

- VAN CANNEYT, O. 2001. Les échouages de mammifères marins sur le littoral français en 2000. Rapport CRMM pour le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Direction de la Nature et des Paysages, Programme Observatoire du Patrimoine Naturel : 26p.
- VAN CANNEYT, O., 2002. Structure bio-démographique de dauphin commun (*Delphinus delphini*) 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.
- VAN CANNEYT, O. 2002. Les échouages de mammifères marins sur le littoral français en 2001. Rapport CRMM pour le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Direction de la Nature et des Paysages, Programme Observatoire du Patrimoine Naturel : 24p.
- VAN CANNEYT, O. & DOREMUS, G. 2003. Les échouages de mammifères marins sur le littoral français en 2002. Rapport CRMM pour le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Direction de la Nature et des Paysages, Programme Observatoire du Patrimoine Naturel : 28p.
- VAN CANNEYT, O., KOSTECKI, C. & DOREMUS, G. 2004. Les échouages de mammifères marins sur le littoral français en 2003. Rapport CRMM pour le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Direction de la Nature et des Paysages, Programme Observatoire du Patrimoine Naturel : 39p.
- VAN CANNEYT, O. 2005. Les échouages de mammifères marins sur le littoral français en 2004. Rapport CRMM pour le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Direction de la Nature et des Paysages, Programme Observatoire du Patrimoine Naturel : 47p.
- VAN CANNEYT, O. & PELTIER, H. 2006. Les échouages de mammifères marins sur le littoral français en 2005. Rapport CRMM pour le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Direction de la Nature et des Paysages, Programme Observatoire du Patrimoine Naturel : 40p.
- VAN CANNEYT, O. & CHAUVEL, C. 2007. Les échouages de mammifères marins sur le littoral français en 2006. Rapport CRMM pour le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Direction de la Nature et des Paysages, Programme Observatoire du Patrimoine Naturel : 47p.
- 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.
- 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.
- WALKER, M.M. 2002. Biomagnetism. In Encyclopedia of marine mammals, eds Perrin, W.F., Würsig, B. & Theewissen, J.G.M., Academic Press : 104-105.
- WÜRSIG, B., GREENE, C.R., & JEFFERSON, T.A. 2000. Development of an air bubble curtain to reduce underwater noise of percussive piling. Marine Environmental Research, Vol. 49 : 79-93.
- WILHELMSSON, D., MALM, T., THOMPSON, R., TCHOU, J., SARANTAKOS, G., MCCORMICK, N., LUITJENS, S., GULLSTRÖM, M., PATTERSON EDWARDS, J.K., AMIR, O. AND DUBI, A. (eds.).2010. Greening Blue Energy: *Identifying and managing the biodiversity risks and opportunities of off shore renewable energy*, Gland, Switzerland. IUCN. 102p.