

Méthodologie
Répulsion et suivi
des mammifères marins –
Parc Eolien Offshore du Banc de
Guérande, Saint-Nazaire

Thilo Liesenjohann
Georg Nehls

Husum, Septembre 2014

Prepared for EDF-EN

Contents

1	INTRODUCTION.....	5
2	DESCRIPTION DES PROCEDURES DE REPULSION	8
2.1	Dispositifs.....	8
2.1.1	Répulsif acoustique <i>pinger</i>	8
2.1.2	Répulsif acoustique pour phoques <i>seal scarer</i>	9
2.1.3	Démarrage progressif	10
2.2	Déroulement de la répulsion	13
2.3	Remarques	15
2.3.1	Communication.....	15
2.3.2	HSE	15
2.3.3	Documentation / Compte-rendu de répulsion	15
2.3.4	Costs.....	17
2.3.5	Coûts	17
3	SUIVI DE L’EFFICACITE DE LA REPULSION SUR LE CHANTIER.....	18
3.1	Contrôle de l’efficacité de la répulsion	18
3.1.1	Documentation	22
3.1.2	Coûts	23
3.2	Suivi acoustique en temps réel.....	24
3.2.1	Remarques	27
3.2.2	Coûts	28
3.3	Systèmes tractés de suivi acoustique passif	29
3.3.1	Coûts	32
3.4	Le suivi des zones Natura2000 concernées (adaptations comportementales longue- distance aux niveaux sonores avoisinant les 145 dB).....	33
3.4.1	Coûts	37

List of figures

Illustration 1.1: Parc éolien en mer de Saint-Nazaire (zone de l'appel d'offre). Le point de référence est la position du centre du parc éolien.....	5
Illustration 2.1 : Le pinger mesure environ 16 cm de long et 5,5 cm de large. L'orifice mesure 11 mm de large (photo BioConsult SH).....	8
Illustration 2.2 : Répulsif acoustique seal scarer avec batterie (à gauche), transducteur (orange) et câble de 25 m (photo BioConsult SH).....	9
Illustration 2.3: Relation entre l'énergie du marteau (en vert) et l'immission du bruit (en bleu). Le battage démarre à 10h10 (UTC) avec 200 à 300 kJ, et l'énergie est portée à 800 kJ de 10h20 à 10h30 (UTC - photographie gracieusement fournie par itap GmbH).	10
Illustration 2.4: Relation entre l'énergie du marteau (en rouge) et la profondeur de pénétration (en bleu). Le battage démarre à 10h10 (UTC) avec 200 à 300 kJ, et l'énergie est portée à 800 kJ de 10h20 à 10h30 (UTC).	11
Illustration 2.5 : Déroulement du déploiement de dispositifs répulsifs et recommandation concernant la procédure de démarrage progressif.....	14
Illustration 2.6: Exemple de fiche pour documenter tous les processus mis en œuvre avant et durant le battage.....	16
Illustration 3.1 : Exemple de déploiement de C-POD à 750 m et à 1500 m en vue du contrôle de l'efficacité.....	19
Illustration 3.2 : Exemple de déploiement de C-POD à 750 m et 1500 m sur un site où des fondations sont déjà installées.	19
Illustration 3.3 : Exemple d'évaluation des mesures de répulsion et d'atténuation comprenant le déploiement de deux C-POD (en gris). Les minutes auxquelles des signaux acoustiques sont avérés sont représentées par des lignes verticales noires (minutes comprenant des séries de cliquetis de marsouins communs).	20
Illustration 3.4 : Déroulement temporaire du suivi.....	21
Illustration 3.5 : Documentation du déploiement.....	22
Illustration 3.6: Déploiement d'une bouée WDS avant le début du battage (photo BioConsult SH / C. Schlawe).....	24
Illustration 3.7 : Réseau de bouées pour former un système de surveillance fermé. Six bouées ayant un rayon de détection de 400 m doivent être déployées pour éviter de laisser des passages non surveillés.	25
Illustration 3.8 : Arbre de décision en cas de détection de marsouins communs avant et pendant le battage. Les détections effectuées par les systèmes de détection sans fil doivent faire l'objet d'un contrôle visuel à l'aide du logiciel PAMGUARD.	26
Illustration 3.9 : Réseau d'hydrophones tractés. Les hydrophones qui sont les plus près de la source du signal reçoivent le signal en premier, ce qui permet de calculer l'angle vis à vis de la source en se basant sur les différences d'heures d'arrivée entre les hydrophones (animation réalisée par : DOSITS.com, découverte de sons dans la mer).	29

Illustration 3.10 : Exemple de configuration d’une unité de base et de moniteurs présentant en affichage distinct les données relatives aux hautes et aux basses fréquences (photo : Seiche Measurements Ltd)	30
Illustration 3.11 : Exemple de configuration d’hydrophones avec données techniques de base (photo : Seiche Measurements Ltd).....	31
Illustration 3.12 : Positionnement des C-POD à 750 m et à 1500 m de distance et dans la zone Natura2000 “Plateau du Four” and “Estuaire de la Loire Nord” pour suivi des effets à longue distance (à 12km) du battage	34
Illustration 3.13 : Exemple d’évaluation des mesures de répulsion et d’atténuation et du déploiement de quatre C-POD (en gris). Les minutes auxquelles des signaux acoustiques ont été avérés sont représentées par des lignes noires (minutes comprenant des séries de cliquetis de marsouins communs).....	35
Illustration 3.14 : Configuration de station permanente comprenant quatre bouées de marquage sur pierres d’ancrages de 600 kg et trois C-POD au total placés au milieu sur pierres d’ancrages de 150 kg.	36

1 INTRODUCTION

Le parc éolien en mer de Saint-Nazaire sera situé à 12 km au Ouest de la côte de Saint-Nazaire (Department Loire-Atlantique, illustration 1.1). Le parc éolien couvrira une surface de 78 km². Il comprend 80 turbines de six mégawatts (MW) pour une capacité nominale de 480 MW d'après les calculs. Les turbines seront construites sur des monopieux de 7 mètres de diamètre. La profondeur d'eau sur le site d'installation est comprise entre 12 et 25 mètres.

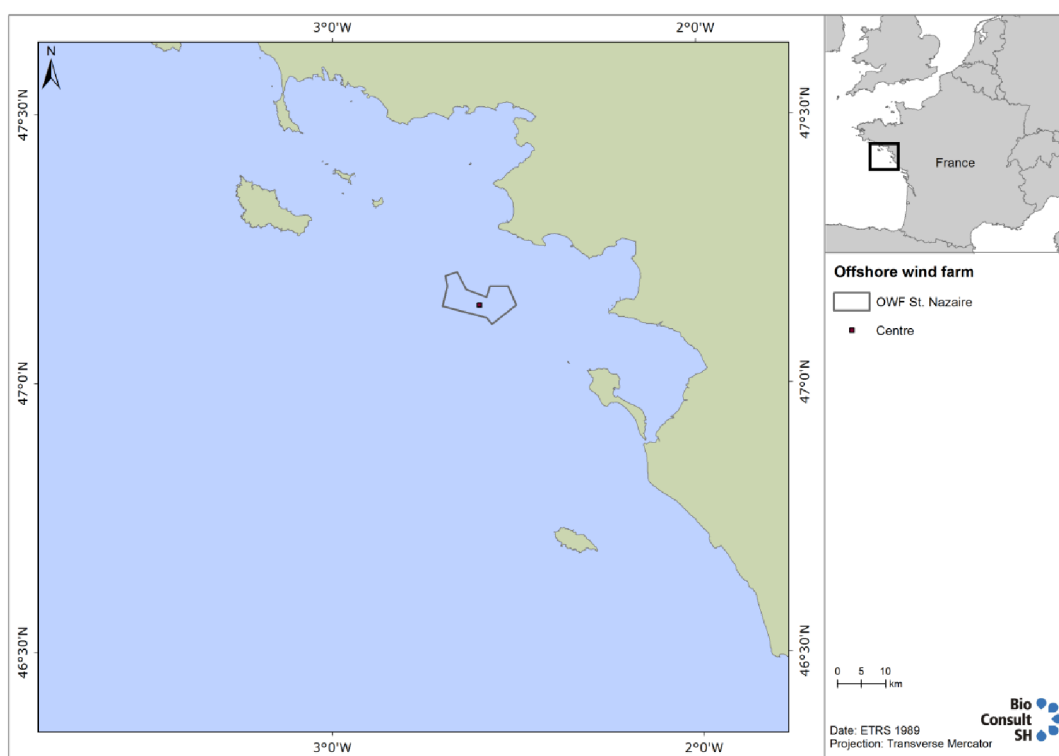


Illustration 1.1: Parc éolien en mer de Saint-Nazaire (zone de l'appel d'offre). Le point de référence est la position du centre du parc éolien.

Afin d'éviter ou de réduire les risques de blessure chez les mammifères marins et autres animaux, plusieurs mesures d'atténuation ainsi que des procédures d'installation ont été introduites sur tous les chantiers de l'UE. L'utilisation de répulsifs acoustiques à cétacés (appelés *pingers* dans le texte) et de répulsifs acoustiques pour phoques (appelés *seal scarers* dans le texte) avant le battage de pieux est désormais une pratique courante au Danemark, en Belgique, en Allemagne et aux Pays-Bas, elle est incluse dans les directives générales et les autorisations. En outre, des procédures de démarrage progressif imposant d'augmenter lentement l'énergie de percussion des marteaux de battage et d'augmenter lentement les niveaux sonores ont été utilisées sur les chantiers de construction de parcs éoliens en Allemagne, au Danemark et aux Pays-Bas. Sur les chantiers au Royaume-Uni, des observateurs de mammifères marins ont été recrutés et partiellement doublés ou remplacés par des systèmes de suivi acoustique en temps réel. Ces systèmes de suivi en temps réel ont également été utilisés dans le cadre de projets de recherche sur des chantiers allemands et sont désormais aptes à un usage commercial en mer.

Les mesures présentées ici permettent d'évacuer les mammifères marins de la zone à risque afin d'éviter de leur nuire, et d'effectuer un suivi de l'activité des mammifères marins à proximité des chantiers de construction en mer durant les opérations bruyantes de battage de pieux

Comme l'établit le rapport réalisé par Quiet Ocean et BioConsult SH (Etude d'Impact Acoustique du Parc Eolien en Mer du Saint Nazaire, France, fév. 2014), le marsouin commun (*Phocoena phocoena*) est l'espèce la plus abondante dans les zones concernées, c'est également l'espèce la plus sensible aux lésions irréversibles (permanent threshold shift = PTS) dues à l'exposition à des impulsions sonores de niveaux acoustiques élevés.

Ainsi, le rayon dans lequel un seul coup ou des niveaux d'exposition sonore cumulée dues à des coups multiples martelés lors du battage de monopieux causent un PTS est plus vaste pour les marsouins communs et peut être considéré de manière prospective comme le pire des cas de figure. En conséquence, les développements suivants présentent des procédures et des recommandations qui concernent le marsouin commun mais sont également valables pour toutes les autres espèces potentiellement présentes dans la zone (répertoriées dans: Quiet Ocean Etude d'Impact Acoustique du Parc Eolien en Mer du Saint Nazaire, France, fev. 2014).

Afin de définir la zone à risque, nous avons modélisé le rayon dans lequel un PTS peut être occasionné (250 m pour un seul coup et 1,47 km cumulés après 30 minutes d'exposition au bruit de battage avec soft start). Le périmètre ainsi obtenu est désormais considérée comme la zone qui doit être vidée de tous ses mammifères marins avant le début du battage à plein régime. Les analyses montrent qu'il est possible de déplacer les animaux hors de cette zone en combinant plusieurs procédures de répulsion et d'atténuation. L'utilisation d'un *seal scarer* et de *pingers* peu avant le battage, combinée à une procédure de démarrage progressif pour débiter le battage, permet de contraindre en douceur les mammifères marins à quitter la zone critique avant que les activités de battage n'atteignent des niveaux sonores nocifs (voire partie 0).

Pour contrôler l'efficacité de la répulsion, on peut effectuer un suivi de la présence de mammifères marins à proximité du chantier à l'aide de différents systèmes mobiles ou fixes. Le suivi en temps-réel des alentours du chantier peut être réalisé au moyen soit d'un système de détection sans fil (wireless detection system:WDS. Opérationnel sans aucune contrainte météorologiques ni de durée), soit au moyen d'hydrophones tractés. Les bouées du WDS transmettent les signaux des marsouins communs à un récepteur situé sur le navire de construction, ce qui permet d'évaluer en temps réel la présence de mammifères marins et d'agir immédiatement (voir détails ci-dessous). Les hydrophones (C-POD, suivi acoustique passif avec contrôle post-battage) constituent une alternative au système de détection sans fil : ils enregistrent les vocalisations des mammifères marins et peuvent être déployés quelques heures avant le battage et récupérés quelques heures après le battage. Les données recueillies sur le C-POD doivent être analysées après le battage. Un tel dispositif permet de contrôler l'efficacité de la répulsion mais pas d'agir immédiatement durant le battage (voir détails au point 3).

Les C-POD constituent un outil fiable d'acquisition de données pour le long terme, ces dispositifs ou d'autres similaires peuvent ainsi être utilisés pour le suivi des effets sur les habitats Natura2000 (voir point 3.3).

Les développements qui suivent présentent les méthodes de répulsion et d'atténuation et fournissent des recommandations concernant les procédures de répulsion et de suivi.

2 DESCRIPTION DES PROCEDURES DE REPULSION

2.1 Dispositifs

2.1.1 Répulsif acoustique *pinger*

Le *pinger* (modèle AQUAmark 100) fut conçu à l'origine pour éloigner les marsouins communs et autres dauphins des filets de pêche en les effrayant, le but étant de réduire les prises accessoires. Il est par exemple produit par le groupe Aquatec Group Limited du Royaume-Uni (courriel : inquiry@AquatecGroup.com, www.AquatecGroup.com).

Le *pinger* émet des pulsations sonores de 200 à 300 ms chacune, dont la gamme de fréquence est comprise entre 20 et 160 kHz et dont le niveau d'exposition sonore (SEL) est de 145 dB re 1 μ Pa @ 1 m. Le *pinger* exerce un effet aversif sur les mammifères marins avec une portée limitée de 100 à 200 m.

Ce dispositif est logé dans un boîtier plastique hermétique présentant des contacts aux deux extrémités. Au contact de l'eau de mer, le circuit électrique du *pinger* se ferme et le dispositif s'allume alors automatiquement.

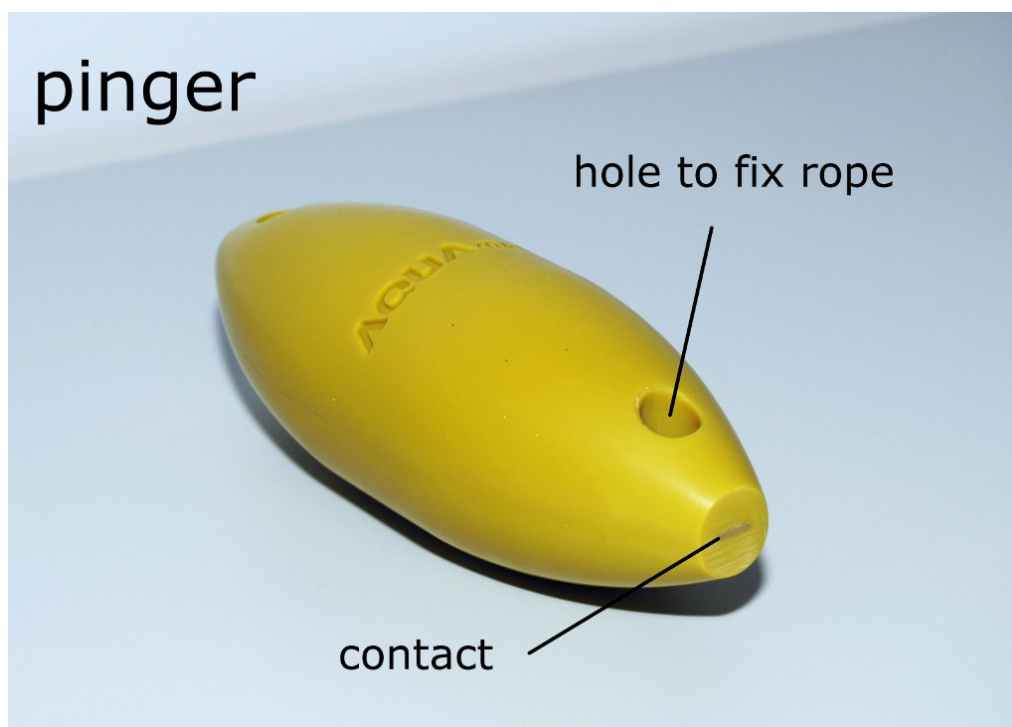


Illustration 2.1 : Le pinger mesure environ 16 cm de long et 5,5 cm de large. L'orifice mesure 11 mm de large (photo BioConsult SH).

2.1.2 Répulsif acoustique pour phoques *seal scarer*

Le *seal scarer* (Illustration 2.2) fut conçu à l'origine pour effrayer les phoques communs et les éloigner ainsi des fermes piscicoles, mais il est également très efficace pour déplacer des marsouins communs. L'entreprise norvégienne Lofitech AS (courriel : lofitech@lofitech.com, www.lofitech.no) produit un dispositif dont l'efficacité est avérée.

Le *seal scarer* fonctionne sur une alimentation 12 VDC assurée par des batteries au plomb qui garantissent une hausse de puissance suffisante durant la transmission sonore. Son champ d'efficacité s'étend à environ 300 mètres pour les phoques communs, on estime que les effets aversifs opèrent sur les marsouins communs dans un champ allant jusqu'à 2 kilomètres. Le niveau sonore émis est de 185 dB re 1 μ Pa@1m.

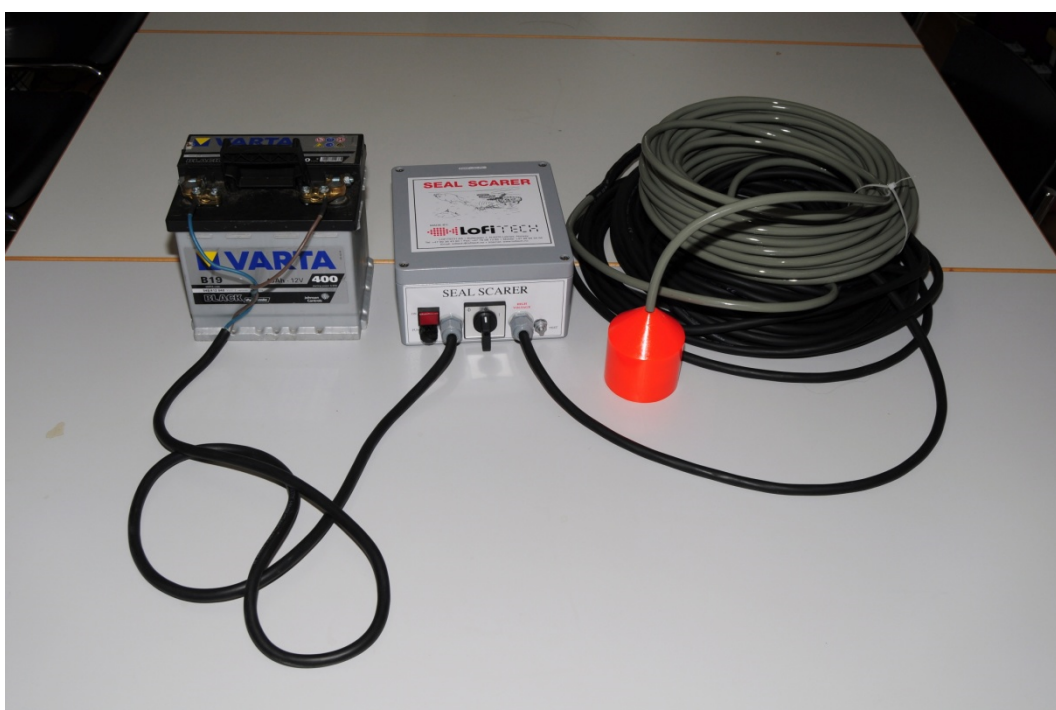


Illustration 2.2 : Répulsif acoustique seal scarer avec batterie (à gauche), transducteur (orange) et câble de 25 m (photo BioConsult SH).

2.1.3 Démarrage progressif

Un démarrage progressif consiste en une évolution programmée de l'énergie conférée au marteau pour chaque coup sur un pieu. Puisque l'immission du bruit s'accroît dans une certaine mesure lorsque l'énergie augmente, il est conseillé d'augmenter progressivement l'énergie du marteau, ce qui induira une augmentation lente du bruit émis dans l'eau. Les mammifères marins auront ainsi la possibilité de localiser la source du bruit et de quitter la zone d'impact critique. Lorsque l'énergie atteint 600 à 800 kJ (en fonction de la configuration marteau-pieu), les émissions sonores atteignent un palier, et on peut augmenter l'énergie sans accroître les niveaux d'exposition sonore (*Illustration 2.3*).

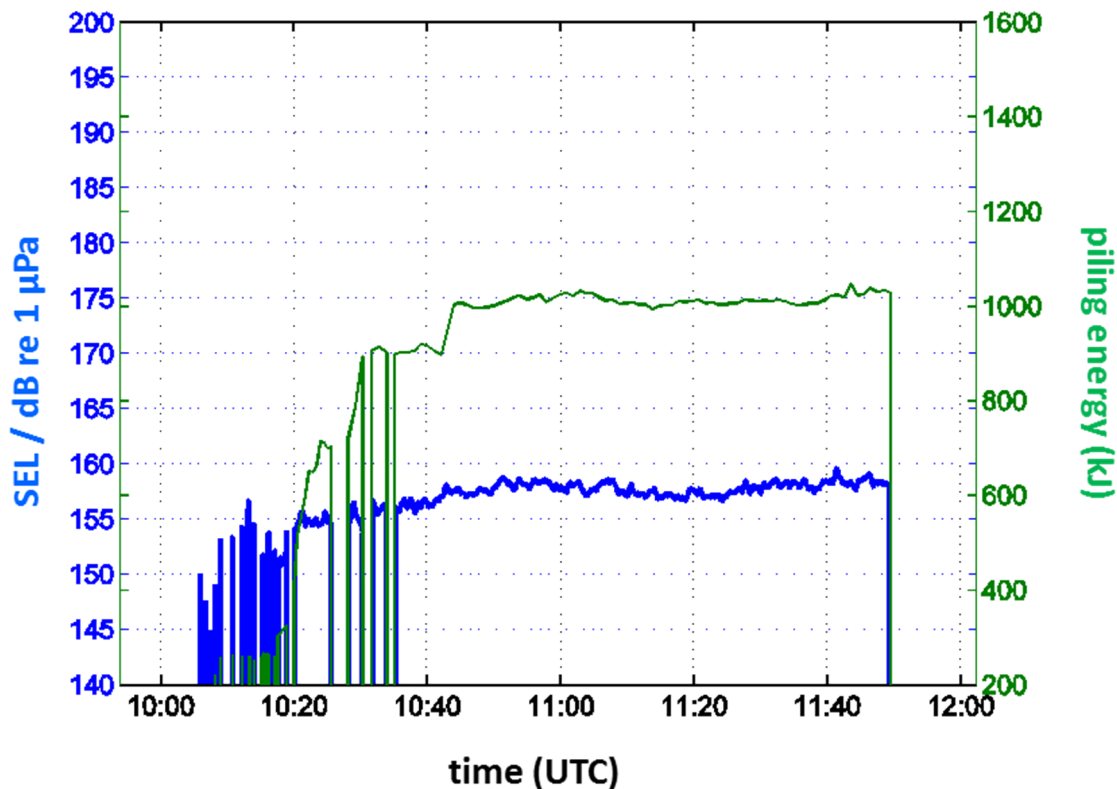


Illustration 2.3: Relation entre l'énergie du marteau (en vert) et l'immission du bruit (en bleu). Le battage démarre à 10h10 (UTC) avec 200 à 300 kJ, et l'énergie est portée à 800 kJ de 10h20 à 10h30 (UTC - photographie gracieusement fournie par itap GmbH).

Ainsi, l'énergie de battage croît progressivement pendant les 10 premières minutes, et le pieu s'enfonce lentement dans le sol (comparer les *Illustration 2.3* et *Illustration 2.4* pour le même pieu - la figure 2.4 est en heure locale).

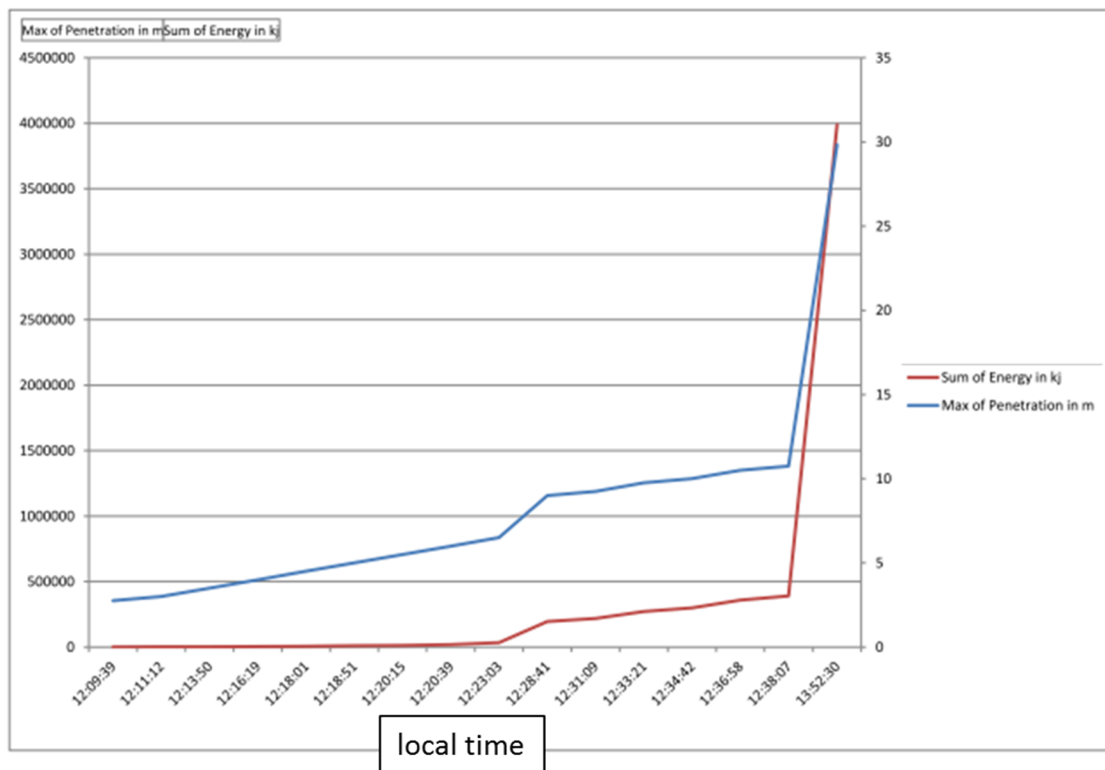


Illustration 2.4: Relation entre l'énergie du marteau (en rouge) et la profondeur de pénétration (en bleu). Le battage démarre à 10h10 (UTC) avec 200 à 300 kJ, et l'énergie est portée à 800 kJ de 10h20 à 10h30 (UTC).

Conformément aux prévisions fournies par Quiet Oceans (voir le document « Etude d'Impact Acoustique du Parc Eolien en Mer du Saint Nazaire », France, février 2014) la zone où les niveaux sonores sont critiques pour les mammifères marins a un rayon de 740 mètres au bout de 10 minutes (avec soft start). Par conséquent, la procédure de battage recommandée est la suivante :

	Énergie du marteau	Durée	Objectif
Démarrage en douceur (Soft Start)	10 % de l'énergie nominale du marteau (200 kJ pour un marteau de 2 000 kJ)	10 minutes	Permettre aux mammifères marins de localiser la source du bruit et de quitter les alentours
Augmentation progressive (Ramp Up)	Augmentation jusqu'à 600 à 800 kJ	10 minutes	Permettre aux animaux de quitter une zone plus grande à mesure que le niveau sonore augmente
Battage normal	Énergie maximale	1 à 2 heures	Enfoncer le pieu jusqu'à sa profondeur finale

2.2 Déroulement de la répulsion

Le processus de répulsion nécessite l'utilisation de trois *pingers* et d'un *seal scarer* (les *seal scarers* requièrent de l'équipement supplémentaire, notamment une batterie et un chargeur). Les quatre dispositifs sont déployés à partir du navire d'installation (le *seal scarer* et l'un des *pingers* sont placés au milieu du navire du côté qui fait face au battage, un *pinger* en poupe et l'autre en proue du navire). Les trois *pingers* sont déployés à 20 m sous la surface de l'eau. Il convient d'activer les *pingers* 50 minutes avant le premier coup de battage. Deuxième étape : le transducteur du *seal scarer* est déployé à 20 mètres sous la surface de l'eau. Allumer le *seal scarer* 40 minutes avant la première frappe du démarrage progressif. Le déploiement des trois *pingers* et du *seal scarer* dure entre 8 et 10 min environ. Éteindre le *seal scarer* cinq minutes après la première frappe du battage. Retirer les *pingers* immédiatement après avoir éteint le *seal scarer*.

Pour chacun des monopieux, le battage peut être lancé par démarrage progressif et en procédant à une augmentation lente de l'énergie de battage. Durant les 10 premières minutes du battage, l'énergie du battage ne doit pas dépasser 10 % de la capacité du marteau. En cas d'interruption du battage durant plus de 20 minutes, il convient de relancer le battage par un démarrage progressif. Cette procédure de démarrage progressif (*slow ramp-up*) permet aux animaux de s'éloigner de la source sonore à la nage. Si l'on part du principe que, sous l'effet des *pingers* et du *seal scarer*, aucun animal n'est présent dans un rayon de maximum un kilomètre, le démarrage progressif laisse le temps aux mammifères de quitter le périmètre PTS qui s'étend sur un rayon de 1470 m (PTS après 30 min de battage avec soft start).

En cas d'interruption du battage pendant plus de 30 minutes, il convient de réitérer toutes les mesures de répulsion en observant des délais plus courts. Dans ce cas, déployer les *pingers* 10 minutes avant et allumer le *seal scarer* 5 minutes avant la première frappe du battage. Éteindre le *seal scarer* immédiatement après la première frappe et récupérer les *pingers* dans la foulée. En cas d'interruption du battage pendant moins de 30 minutes, il est possible de redémarrer le battage sans réitérer de procédure de répulsion.

L'encadré ci-dessous présente un récapitulatif de la procédure de répulsion (Illustration 2.5) :

Illustration 2.5 : Déroulement du déploiement de dispositifs répulsifs et recommandation concernant la procédure de démarrage progressif

Déroulement de la répulsion :

- (1) Le directeur de l'installation à bord du navire d'installation envoie 1 message une heure avant le battage.
- (2) Déployer les *pingers* 50 minutes avant le battage, les récupérer 5 minutes après la première frappe.
- (3) Déployer les *seal scarers* 40 minutes avant le battage, les récupérer 5 minutes après la première frappe. Si un mammifère marin est détecté dans les 20 minutes qui précèdent l'heure prévue de démarrage du battage, reporter le démarrage progressif 20 minutes plus tard.
- (4) Commencer le battage par ce que l'on appelle un démarrage progressif, c'est-à-dire en observant une augmentation lente de l'énergie de battage, énergie qui demeurera inférieure à 20 % de la capacité du marteau durant les 20 premières minutes de battage.
- (5) Si des mammifères marins sont détectés durant le battage, réactiver les *pingers* et le *seal scarer* pendant 15 minutes, poursuivre le battage.

Si le battage est interrompu durant plus de 30 minutes, déployer de nouveau les dispositifs en observant des délais plus courts :

- (1) *Pinger* : le déployer 10 minutes avant le démarrage progressif, le récupérer immédiatement après la première frappe.
- (2) *Seal scarer* : le déployer 5 minutes avant le démarrage progressif, le récupérer immédiatement après la première frappe.

Si l'interruption dure moins de 30 minutes, il est possible de redémarrer le battage sans nouvelle mesure de répulsion.

2.3 Remarques

2.3.1 Communication

La communication est un élément décisif du processus de répulsion car pour obtenir l'effet souhaité, toutes les actions doivent être précisément minutées. La personne responsable des mesures de répulsion doit être en étroite relation avec la direction du chantier et doit être informée au moins 90 minutes avant le début du battage.

Les personnes travaillant sur le pont doivent être informées des mesures de répulsion, p. ex. lors des réunions de chantier et des réunions levage de charges lourdes. Il est notamment nécessaire d'informer le superviseur de levage et le superviseur HSE.

2.3.2 HSE

Les *seal scarers* et les *pingers* sont suspendus par-dessus bord et dans l'eau, amarrés à de longs cordages. Ceux-ci peuvent se prendre dans des objets sous-marins ou s'emmêler avec le navire d'installation.

Le son émis par le *seal scarer* est peut endommager l'ouïe de tout plongeur présent à proximité. Par conséquent, le *seal scarer* ne doit pas être utilisé lorsque des plongeurs sont dans l'eau.

2.3.3 Documentation / Compte-rendu de répulsion

Le personnel du navire d'installation doit consigner précisément par écrit l'utilisation des *pingers* et des *seal scarers*. Les horaires et durées de fonctionnement de l'un et l'autre dispositif doivent être consignés à la minute près. Un tableau vierge portant les informations nécessaires à cet effet est joint ci-dessous (Illustration 2.6).

Illustration 2.6: Exemple de fiche pour documenter tous les processus mis en œuvre avant et durant le battage

date [jj.mm.aaaa] :		
responsable :		
pieu n° :		
mammifères avant le battage	OUI NON	heure :
mammifères pendant le battage	OUI NON	heure :
position du navire d'où sont mis en œuvre les dispositifs de répulsion : (WGS 84)		
lat., long. (jj° mm,mmmm')	° ____,_____'N ° ____,_____'E	
	début/on (hh:mm) UTC	fin/off (hh:mm) UTC
pinger 1		
pinger 2		
pinger 3		
seal scarer		
démarrage progressif		
battage de pieu		
	début/on (hh:mm) UTC	fin/off (hh:mm) UTC
pinger 1		
pinger 2		
pinger 3		
seal scarer		
démarrage progressif		
battage de pieu		

2.3.4 Costs

2.3.5 Coûts

Le *pinger* et le *seal scarer* doivent impérativement être manipulés par une personne à bord du navire d'installation et ses actes doivent être précisément consignés par écrit (documentation). La personne qui manipule ces dispositifs peut être un biologiste ou une personne travaillant sur le navire d'installation et formée à cet effet.

Pour ces mesures de répulsion, il n'est pas nécessaire d'employer un navire supplémentaire ; c'est la solution la plus économique. Toutefois, cette solution n'inclut pas de contrôle de la présence de mammifères marins. Les coûts mentionnés ici sont des estimations approximatives, les coûts survenus peuvent varier du fait de tâches supplémentaires ou de clause contractuelle.

Matériel :	Tarif à la journée (euro) :	Coût pour un mois (euro / 30 jours)
- 2 seal scarers (1 de rechange) - 3 pingers	60,-	1800,-
- (en option) biologiste : maintenance de l'équipement et exécution des mesures de répulsion	1000,-	Variable selon le nombre de journées en mer

Le démarrage progressif ne génère a priori aucun coût ; il est susceptible d'entraîner un léger allongement de la durée du battage.

3 SUIVI DE L'EFFICACITE DE LA REPULSION SUR LE CHANTIER

3.1 Contrôle de l'efficacité de la répulsion

Le recours à des procédures de répulsion et d'atténuation permet certes d'évacuer les mammifères marins de la zone à risque, mais il est impératif que ces derniers ne soient pas exposés à un risque de blessure. Pour contrôler l'efficacité des procédures de répulsion et d'atténuation ainsi que la présence de marsouins communs (et d'autres cétacés à dents) avant, pendant et après le battage, on pourra déployer des hydrophones sur chaque chantier ou bien sur des sites particulièrement intéressants. Les hydrophones (p. ex. le C-POD commercialisé par l'entreprise Chelonia Ltd du Royaume-Uni) filtrent le bruit ambiant afin d'identifier des signaux acoustiques propres aux espèces et enregistrent l'heure de survenue du signal, sa durée ainsi que d'autres caractéristiques. Les C-PODS peuvent faire la différence entre les signaux des marsouins communs, des dauphins et des sonars, ce qui permet d'éviter, dans la mesure du possible, des résultats positifs erronés. Les C-PODS regroupent également les qualités de signal permettant ainsi à l'utilisateur de choisir uniquement les signaux dont la source peut être identifiée de manière fiable. Le champ de détection maximum pour les marsouins communs s'étend sur un rayon d'environ 400 mètres qui varie selon les caractéristiques et l'orientation du rayon d'écholocalisation de l'animal. Ces dispositifs sont accompagnés d'un programme permettant d'évaluer les données et d'extraire des variables, p. ex. la présence d'espèces, le temps écoulé depuis la dernière vocalisation, ou encore le type et la densité des signaux acoustiques tonals (considérés comme des indices de la présence d'activité animale).

Généralement, les C-PODS sont déployés à des distances critiques du chantier afin de pouvoir répertorier et documenter la présence d'animaux exposés à des niveaux d'exposition sonore connus. Dans les cas modélisés ici, il s'agirait d'un C-POD placé à 250 m du battage (risque de PTS immédiat à partir d'un seul coup) et à 1470 m du battage (risque de PTS immédiat après 30 minutes de battage). Pour normaliser les distances et de tenir compte des zones de sécurité des navires de construction (en généralement 500 m tout au plus), on pourra placer des C-POD à 750 m et à 1500 m de chaque chantier (Illustration 3.1). Les C-POD fonctionnent jusqu'à 100 m de profondeur.

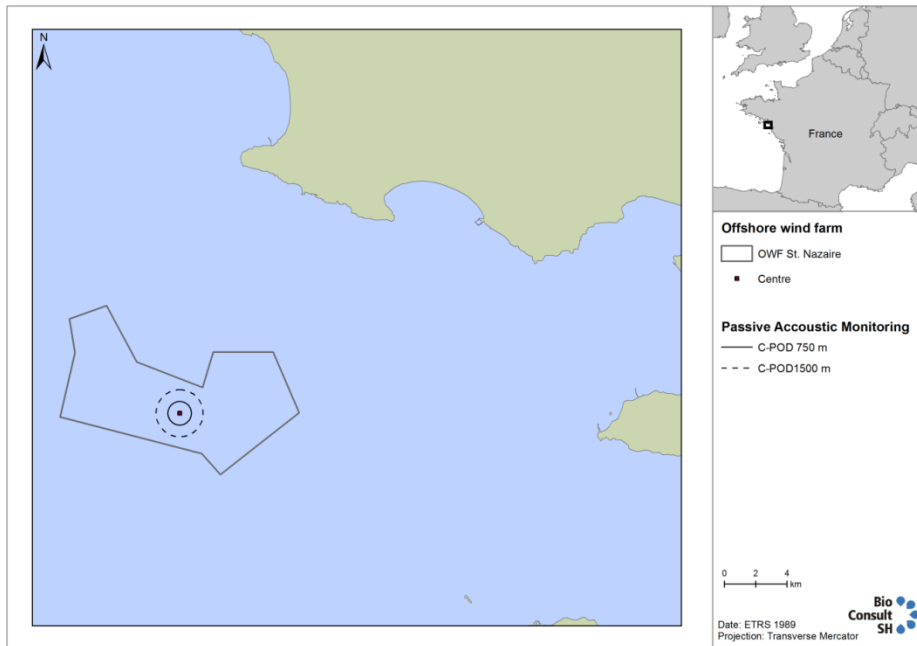


Illustration 3.1 : Exemple de déploiement de C-POD à 750 m et à 1500 m en vue du contrôle de l'efficacité

Il convient de définir la position des C-POD avant le battage et de la coordonner avec la personne responsable du chantier à bord du navire d'installation ou du centre de coordination marine (MCC). La présence d'autres navires, de câbles ou de fondations déjà en place dotés de leur propre zone de sécurité peut restreindre les positions possibles (exemple voir Illustration 3.2).

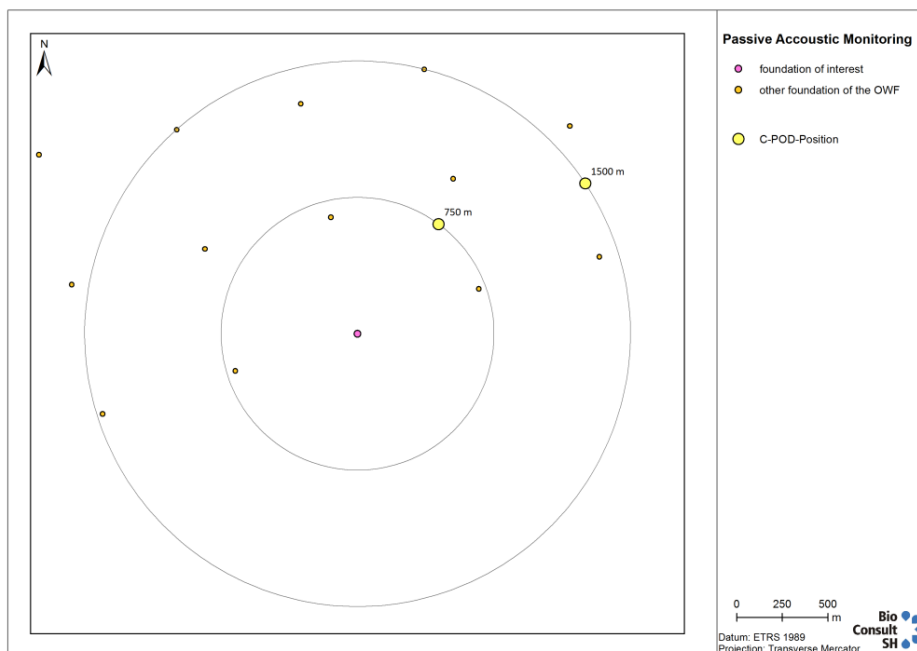


Illustration 3.2 : Exemple de déploiement de C-POD à 750 m et 1500 m sur un site où des fondations sont déjà installées.

Afin de disposer d'un ensemble de données fiable concernant la présence de mammifères marins avant, pendant et après le battage, des C-POD pourront être installés 24 heures avant le battage et récupérés 24 heures après le battage. Les mammifères marins retournent généralement sur les sites de chantier dans les 24 heures qui suivent l'opération de battage ; les données du C-POD permettent donc de vérifier l'effet du battage sur la présence de mammifères marins dans la zone du chantier ainsi que les temps et heures de retour. Les navires disposant de possibilités de déplacement restreintes sur une zone de chantier, cela peut impliquer des durées de déploiement plus courtes ou même plus longues. Ainsi, dans le cas où le battage de monopieux dure peu de temps, il peut s'avérer utile de déployer plusieurs ensembles de C-POD, soit de déployer un deuxième ensemble de C-POD avant d'avoir récupéré le premier. Les données brutes des C-POD peuvent être envoyées à des biologistes et examinées ou vérifiées afin d'identifier les signaux de mammifères marins, il est possible de rédiger les rapports peu de temps après le battage. L'illustration ci-dessous présente un exemple de vérification visuelle de la présence de marsouins communs (Illustration 3.3). Dans l'exemple présenté, le C-POD à 750 m n'est déployé que quelques heures avant le battage du fait des restrictions de déplacement de navires sur le chantier, et le C-POD à 1500 m est déployé près de 30 heures avant et après le battage. L'exemple montre que des signaux de marsouins communs ont été détectés jusqu'au début de la répulsion mais qu'aucun marsouin commun n'était présent dans la zone critique durant le battage. Les marsouins communs sont entre temps retournés rapidement dans la zone à 1500 et à 750 m.

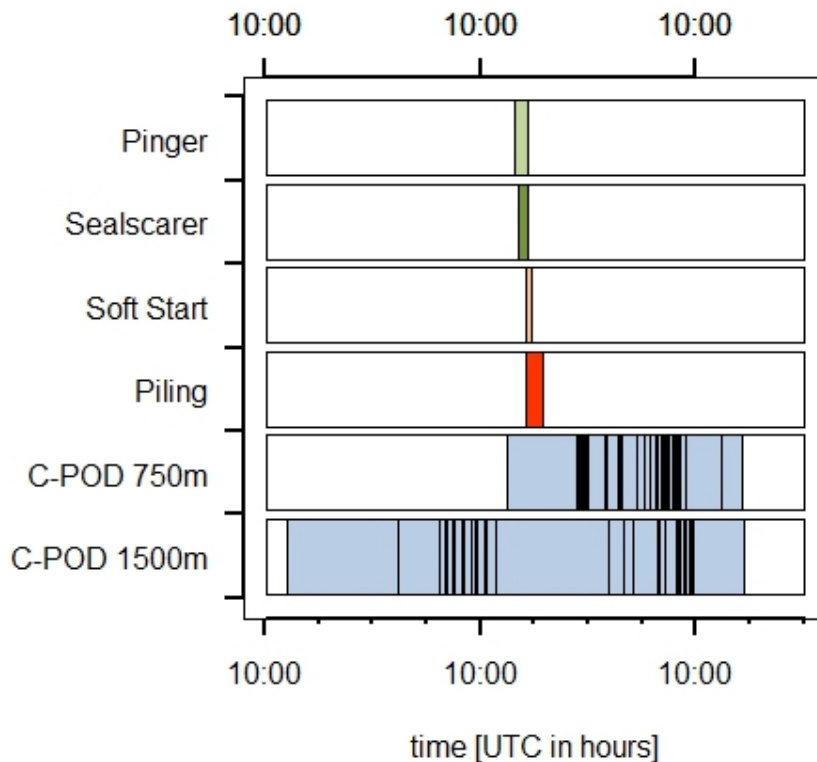


Illustration 3.3 : Exemple d'évaluation des mesures de répulsion et d'atténuation comprenant le déploiement de deux C-POD (en gris). Les minutes auxquelles des signaux acoustiques sont avérés sont représentées par des lignes verticales noires (minutes comprenant des séries de cliquetis de marsouins communs).

L'illustration 3.4 présente un aperçu de la planification horaire des actions à effectuer pour assurer le suivi de l'efficacité des procédures de répulsion.

Illustration 3.4 : Déroulement temporaire du suivi

activités	temps	objectif	effort
Définir les positions potentielles des C-POD et les communiquer au centre de coordination marine (CCM)	1 à 2 jours avant le déploiement	Éviter les conflits dans la zone du chantier	1 à 2 heures de calculs (SIG)
Déployer les C-POD sur le chantier (à 750 m et 1500 m)	30 heures avant le battage – 30 heures après le battage	Documenter l'efficacité de la répulsion ainsi que le retour des animaux	Déployer et récupérer les dispositifs et l'amarrage – lire les données
Analyser les données et rédiger un rapport	1 à 3 jours après le battage	Rapport aux autorités et aux clients	16 à 24 heures

3.1.1 Documentation

Le biologiste ou le personnel formé déploie les C-POD munis d'un système d'ancrage de 150 kg et d'une boule de marquage de 60 litres, ils consignent par écrit toutes les actions et toutes les informations nécessaires à la rédaction du rapport. Un tableau vierge portant les informations nécessaires à cet effet est joint ci-dessous :

Illustration 3.5 : Documentation du déploiement

Vessel:		Date/time (UTC)	
IMO:		Staff / team leader:	
C-POD deployment	Area:	Person:	
POD Nr.	Position-Nr.		
Settings: Software (Date):	scanlimit:	degree	
Voltage:			
Date/time Settings (UTC):		Person:	
Date/ time POD in Water (UTC):			
POD-Position	__ ° __ , __ N	__ ° __ , __ O	
Buoy-Position	__ ° __ , __ N	__ ° __ , __ O	ID- Buoy:
Alternate Position:	__ ° __ , __ N	__ ° __ , __ O	POD-depth: H²O-Tiefe:
Annotations ():			

3.1.2 Coûts

Ces coûts viennent s'ajouter aux coûts d'utilisation des répulsifs acoustiques (ADD, *Acoustic deterrent device*) mais la combinaison des deux offre une solution simple et complète pour mener à bien la répulsion et l'analyse post-battage de la présence de mammifères marins. Le déroulement du déploiement et la récupération des C-POD peut être planifié en fonction du processus d'installation, ces opérations sont cependant coûteuses puisqu'elles requièrent un navire supplémentaire. Les coûts mentionnés ici sont des estimations approximatives, les coûts survenus peuvent varier du fait de tâches supplémentaires ou de clause contractuelle.

Matériel :	Tarif à la journée (euro) :	Coût pour un mois (euro / 30 jours)
Systèmes de C-POD pour installation à 750 m et à 1500 m, systèmes d'amarrage compris		3000,-
2 biologistes : documentation et exécution du contrôle de l'efficacité	2 x 1000,-	Variable selon le nombre de journées en mer
Navire (permettant d'entreposer les ancres et les bouées, grue jusqu'à 500 kg)	6000	Varie selon le contrat / le nombre de journées en mer
Analyse des données du C-POD	520,- (par fondation)	Varie selon le nombre de fondations / mois
Rédaction des rapports	1040,- (par fondation)	Varie selon le nombre de fondations / mois et le type de rapport

3.2 Suivi acoustique en temps réel

Un suivi en temps réel nécessite l'utilisation d'un système et d'un matériel de détection permettant à la fois d'enregistrer et d'analyser les signaux émis par les mammifères marins. Un tel système est proposé par Seiche Measurements Ltd (Royaume-Uni) sous le nom de « **wireless detection system** » (WDS). Il consiste en un réseau de bouées (Illustration 3.6) auxquelles sont suspendus des hydrophones haute fréquence enregistrant les signaux émis par les mammifères marins. La largeur de bande généralement utilisée pour détecter ces animaux va de 20 Hz à 150 kHz. Les signaux sont transmis par liaison RF à un navire, où ils font l'objet d'un traitement informatique suivi d'un affichage sur un écran surveillé par un opérateur se trouvant à bord. Le logiciel PAMGUARD utilise des spectrogrammes, des schémas de relèvement et des hauteurs de fréquence pour caractériser un signal d'écholocation ou acoustique émis par un marsouin (ou tout autre mammifère marin recherché). Si des signaux indiquent la présence de mammifères marins avant ou pendant le battage, il est possible de réagir en conséquence. Si le système n'est pas sujet aux conditions météorologiques ni limité aux heures de la journée, il doit cependant être mis en place, récupéré et déplacé par un navire disponible sur zone.

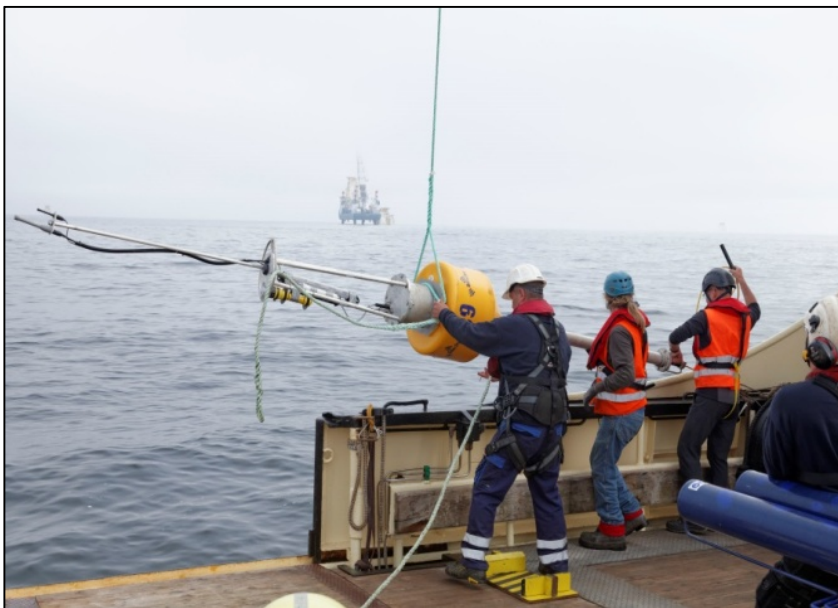


Illustration 3.6 : Déploiement d'une bouée WDS avant le début du battage (photo BioConsult SH / C. Schlawe).

Puisque le rayon de détection de chaque bouée est de 400 m, il est conseillé d'installer un réseau de bouées autour du pieu (Illustration 3.7 - haut). Pour le parc éolien du Saint-Nazaire, les calculs ont montré que le rayon de la zone où les mammifères marins risquent un déficit auditif permanent au bout de 10 minutes de battage (avec un démarrage progressif) est 740 m. Le contrôle de cette zone au moyen d'un système de détection en temps réel minimise le risque de blesser des mammifères marins pendant le battage et après de courtes interruptions de celui-ci en cas de retour d'animaux dans la zone à risque. Une telle configuration nécessite six bouées WDS pour former un cercle de surveillance fermé autour du site de construction (Illustration 3.7 - bas).

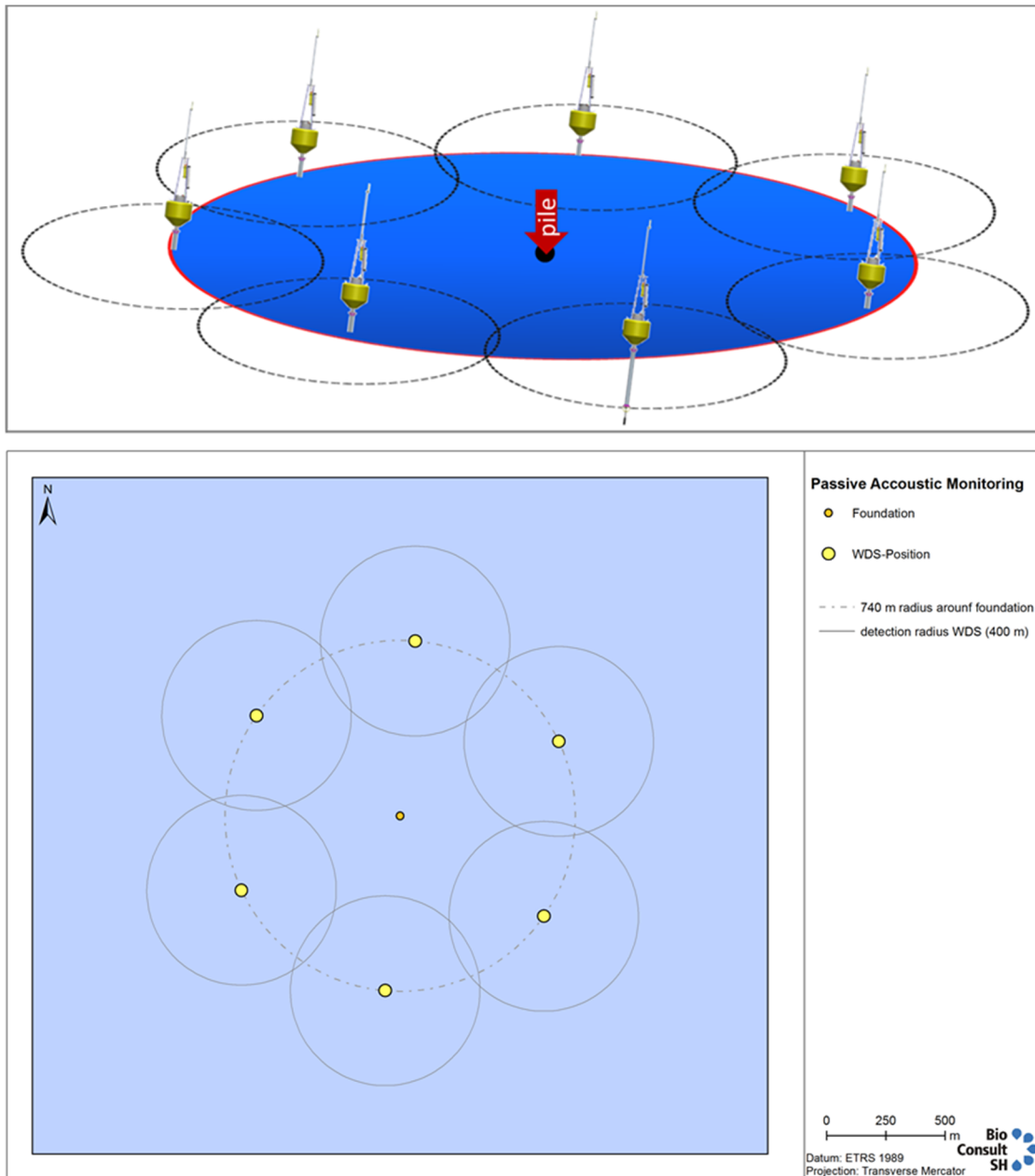


Illustration 3.7 : Réseau de bouées pour former un système de surveillance fermé. Six bouées ayant un rayon de détection de 400 m doivent être déployées pour éviter de laisser des passages non surveillés.

L'utilisation d'un système de détection d'êtres vivants permet de prendre plusieurs mesures pour éviter de blesser les mammifères marins, comme retarder le début du battage, voire l'interrompre si des mammifères se trouvent à proximité immédiate du site de construction (voir l'arbre de décision simplifié à la Illustration 3.8). Cependant, pour éviter tout conflit dans la zone de construction, les coordonnées des bouées doivent être choisies avec soin et le déploiement du réseau de bouées doit être effectué à un moment opportun. Un système WDS peut être combiné à un répulsif acoustique réglable permettant d'augmenter le bruit émis par ce dernier en présence d'animaux. Un tel répulsif acoustique à niveau de sortie réglable devrait être disponible sur le marché d'ici à 2017.

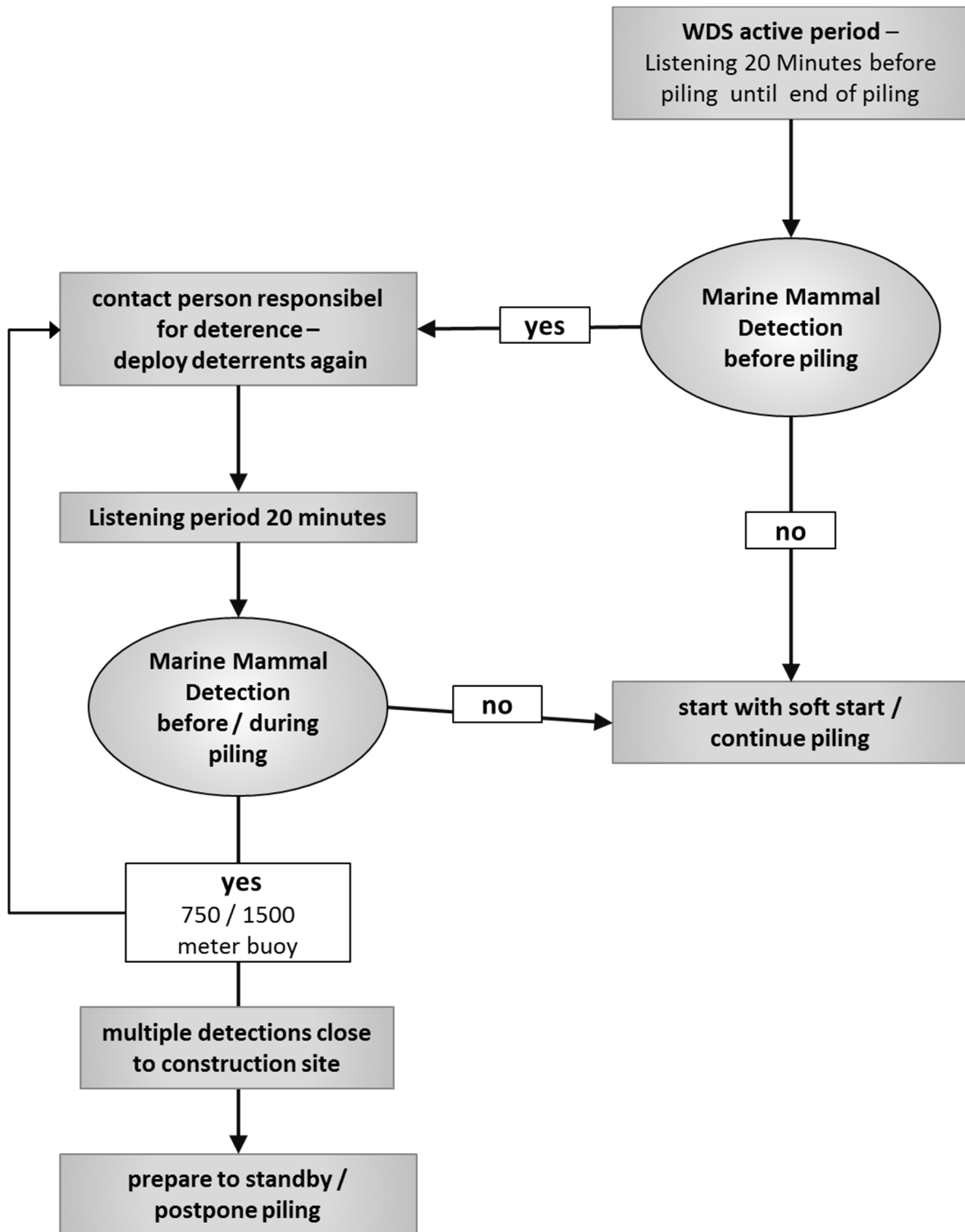


Illustration 3.8 : Arbre de décision en cas de détection de marsouins communs avant et pendant le battage. Les détections effectuées par les systèmes de détection sans fil doivent faire l'objet d'un contrôle visuel à l'aide du logiciel PAMGUARD.

3.2.1 Remarques

- Chaque bouée WDS est munie d'une batterie d'une durée limitée à 50 heures, la durée de vie de la batterie est gérée à distance en allumant et en éteignant la bouée.
- Il convient de budgétiser l'utilisation durant toute la phase de construction d'un navire capable de déployer et d'entreposer un nombre de bouées suffisant.
- Afin de mesurer et d'analyser les niveaux d'exposition sonore réels, il est nécessaire de déployer un ensemble d'hydrophones supplémentaires dédiés à cet effet. Les systèmes sans fil et les C-POD ne peuvent pas enregistrer de sons émis par les activités de battage. Wildlife Acoustics Inc. propose des enregistreurs chronologiques bivalents qui enregistrent les signaux bioacoustiques ainsi que le bruit ambiant pendant l'installation du parc éolien.

3.2.2 Coûts

Ces coûts s’ajoutent aux coûts des répulsifs acoustiques (ADD). Le WDS couvre une vaste zone autour du chantier, il renvoie des données fiables mais requiert également une coordination plus précise et un navire personnalisé adapté afin d’entreposer diverses bouées. Les coûts mentionnés ici sont des estimations approximatives, les coûts survenus peuvent varier du fait de tâches supplémentaires ou de clause contractuelle. Les systèmes de détection sans fils nécessitent la mobilisation de quatre personnes maximum pour contrôler le déroulement des opérations et les signaux sur l’écran en direct et pour identifier les signaux des mammifères marins.

Matériel :	Tarif à la journée (euro) :	Coût pour un mois (euro / 30 jours)
Système de détection sans fil	devis valable nécessaire	
4 biologistes : faire fonctionner le WDS sur le chantier	4 x 1000,-	Variable selon le nombre de journées en mer
Navire (permettant d’entreposer et de manipuler plusieurs bouées WDS)	6000,-	Varie selon le contrat et le nombre de journées en mer
Analyse des données WDS	520,- (par fondation)	Varie selon le nombre de fondations / mois
Rédaction des rapports	1040,- (par fondation)	Varie selon le nombre de fondations / mois et le type de rapport

3.3 Systèmes tractés de suivi acoustique passif

Les systèmes de suivi acoustique passif peuvent être tractés par des navires d'exploration ou par des navires de plus petite taille ; ils sont utilisés lors d'explorations sismiques et dans le cadre d'études menées pour la recherche ou d'étude préparatoires à la construction. Généralement, deux à quatre hydrophones sont tractés en réseau et couvrent une bande de 100 à 300 m dans la zone considérée, avec une bande passante de 10 Hz à 200 kHz. Effectuer régulièrement des virées transversales avec des hydrophones tractés permet de fournir des données fiables relatives à la présence de mammifères marins dans une zone donnée.

Selon le nombre et l'espacement des hydrophones, un réseau d'hydrophones permet de déterminer les distances et les directions des signaux reçus.

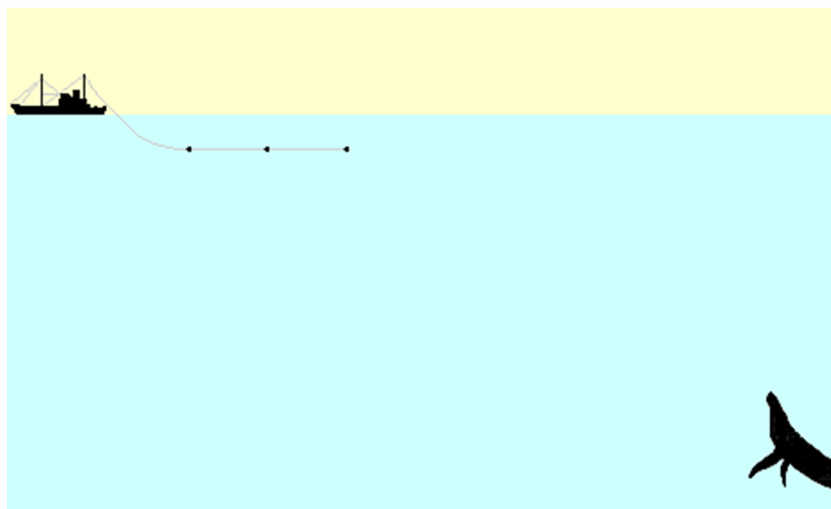


Illustration 3.9 : Réseau d'hydrophones tractés. Les hydrophones qui sont les plus près de la source du signal reçoivent le signal en premier, ce qui permet de calculer l'angle vis à vis de la source en se basant sur les différences d'heures d'arrivée entre les hydrophones (animation réalisée par : DOSITS.com, découverte de sons dans la mer).

Le système de suivi acoustique des mammifères marins détaillé ci-dessous a été utilisé pour de nombreux projets notamment des études sismiques, des projets de parc éolien en mer et des croisières de recherche scientifique. La solidité et la fiabilité de ce système sont avérées à l'épreuve de longues périodes d'utilisation en mer. Le système complet est fourni par l'entreprise du Royaume-Uni Seiche Measurements Limited. Le pack de l'équipement se compose de plusieurs unités distinctes décrites ci-dessous :

- 1.) Unité de streaming à double sensor (hydrophone) logée dans 5 mètres de tube de polyuréthane de 30 millimètres de diamètre extérieur reliée au navire de suivi par 250 mètres de câble de tractage renforcé en Kevlar et par des œillets de remorquage.
- 2.) Amplificateur, filtre, unité d'alimentation
- 3.) Une carte son haute qualité (p.ex. Konnekt 24D)
- 4.) Carte son haute-fréquence
- 5.) Lecteur de profondeur
- 6.) Ordinateurs
- 7.) GPS et logiciel de suivi en open source (PAMGUARD) et hardware (p.ex. une unité de mémoire tampon traitant les données entrantes et comprenant des ports Ethernet permettant de la relier à n'importe quel moniteur sur le navire récepteur, voir Illustration 3.10 et Illustration 3.11).

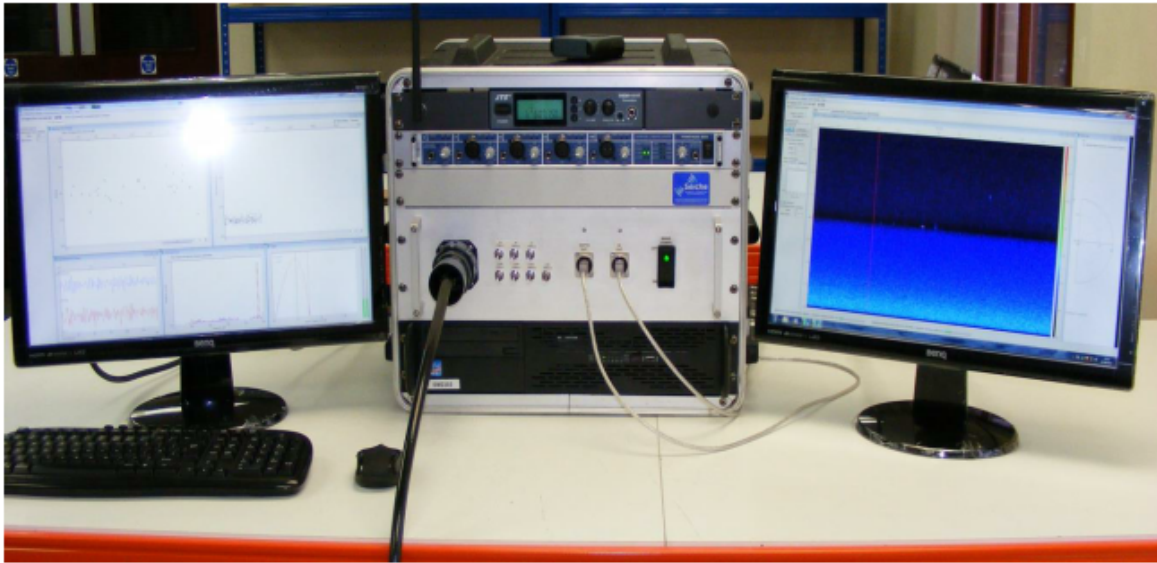
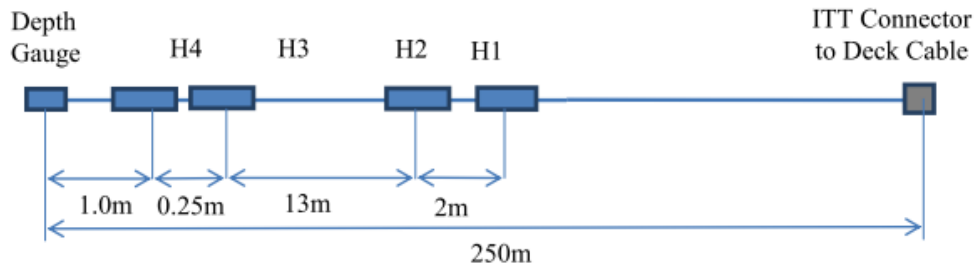


Illustration 3.10 : Exemple de configuration d'une unité de base et de moniteurs présentant en affichage distinct les données relatives aux hautes et aux basses fréquences (photo : Seiche Measurements Ltd)

L'illustration 3.11 présente un exemple de configuration comprenant deux types d'hydrophones (large bande et standard) et précise les distances d'espacement à observer entre les hydrophones. Cette configuration a une longueur totale de 250 mètres. Il est possible de louer ce système entier à la journée ou au mois.



Mechanical Information

Length: 250m
 Depth Rating: 100m (not connector)
 Diameter: 14mm over cable, 32mm over mouldings, 64mm over connectors
 Weight: 60kg
 Connector: ITT 19 pin
 BS 500 kg

Hydrophone elements

H1	Broadband	200 Hz to 200 kHz (3dB points)
H2	Broadband	200 Hz to 200 kHz (3dB points)
H3	Standard	2 kHz to 200 kHz (3dB points)
H4	Standard	2 kHz to 200 kHz (3dB points)

Spacing H1- H2 (HF detection)	2m	1.28mSecs
Spacing H2 - H3 (HF detection)	13m	8.32mSecs
Spacing H3 - H4 (LF detection)	0.25m	0.16mSecs

Illustration 3.11 : Exemple de configuration d’hydrophones avec données techniques de base (photo : Seiche Measurements Ltd).

3.3.1 Coûts

Les coûts mentionnés ici sont des estimations approximatives, les coûts survenus peuvent varier du fait de tâches supplémentaires ou de clause contractuelle. Si les hydrophones sont tractés au travers d'une zone comportant un parc éolien, il est nécessaire de se coordonner avec grand soin lorsque des navires supplémentaires d'installation et/ou des navires de pose de câbles sont dans la zone.

Matériel :	Tarif à la journée (euro) :	Coût pour un mois (euro / 30 jours)
Système d'hydrophone tracté	Devis valable de Seiche nécessaire	
2 biologistes : faire fonctionner le réseau d'hydrophones et assurer les tâches de communication durant la construction	2 x 1000,-	Variable selon le nombre de journées en mer
Navire (permettant de manipuler un réseau tracté ainsi que l'équipement informatique et de communication)	6000,-	Varie selon le contrat et le nombre de journées en mer
Analyse des données	520,- (par fondation)	Varie selon le nombre de fondations / mois
Rédaction des rapports	1040,- (par fondation)	Varie selon le nombre de fondations / mois

3.4 Le suivi des zones Natura2000 concernées (adaptations comportementales longue-distance aux niveaux sonores avoisinant les 145 dB)

Au total, 12 sites couverts par la directive Natura 2000 relative aux habitats jouxtent le site de construction¹. Sur plusieurs de ces sites vivent des mammifères marins figurant à l'annexe IV, principalement le marsouin commun (*Phocoena phocoena*) et/ou le grand dauphin (*Tursiops truncatus*). Certaines de ces zones protégées hébergent le dauphin commun (*Delphinus delphis*), la baleine de Minke (*Balaenoptera acutorostrata*) et le globicéphale noir (*Globicephala melas*), qui sont considérés comme des espèces supplémentaires de mammifères marins importants.

D'après les calculs, on estime pour ce projet que les rayons sonores allant jusqu'à 20 km provoquent des adaptations comportementales chez les marsouins communs, affectant par conséquent potentiellement des marsouins communs et d'autres populations de mammifères marins dans la zone Natura2000. Pour opérer un suivi de ces effets, on pourra durant la totalité de la phase de construction placer des C-PODs en vue de l'acquisition de données à long terme sur les sites Natura2000. Ces C-POD stockent les données pendant huit semaines et peuvent donner une impression plutôt fidèle de la présence animale, dévoilant à la fois les cycles naturels et les réactions à court terme aux immissions sonores générées par des activités humaines.

La figure 3.12 illustre un exemple de déploiement de C-POD dans les zones Natura 2000 « Plateau du Four » et « Estuaire de la Loire Nord », avec une distance de 12 km par rapport au centre du parc éolien. Dans ces deux habitats, *Phocoena phocoena* et *Tursiops truncatus* figurent dans la liste des espèces grégaires conformément à l'annexe II de la directive 92/43/EEC. Les distances augmentent ou diminuent selon que le battage est effectué ou non sur les sites de construction périphériques du parc éolien, permettant ainsi de couvrir toutes les zones où l'on peut rencontrer des niveaux sonores critiques.

¹ "Estuaire de la Loire Sud – Baie de Bourgneuf" (FR5202012), "Estuaire de la Loire Nord" (FR5202011), "Plateau du Four" (FR5202010), "Iles Houat-Hoedic" (FR5300033), "Marais salants de Guérande, traicts du Croisic et dunes de Pen-Bron" (FR5200627), Belle Ile en Mer" (FR5300032), "Plateau Rocheux de l'île d'Yeu" (FR5202013), "Estuaire de la Loire" (FR5200621), „Marais du Mes, Baie et dunes de Pont-Mahé, Etang de Pont de Fer" (FR5200626), "Massif du-naire Gâvres-Quiberon, zones humides associées" (FR5300027), "Golfe du Morbihan, côte ouest de Rhuys" (FR5300029), "Rivière de Penerf, Marais de Sucinio" (FR5300030)

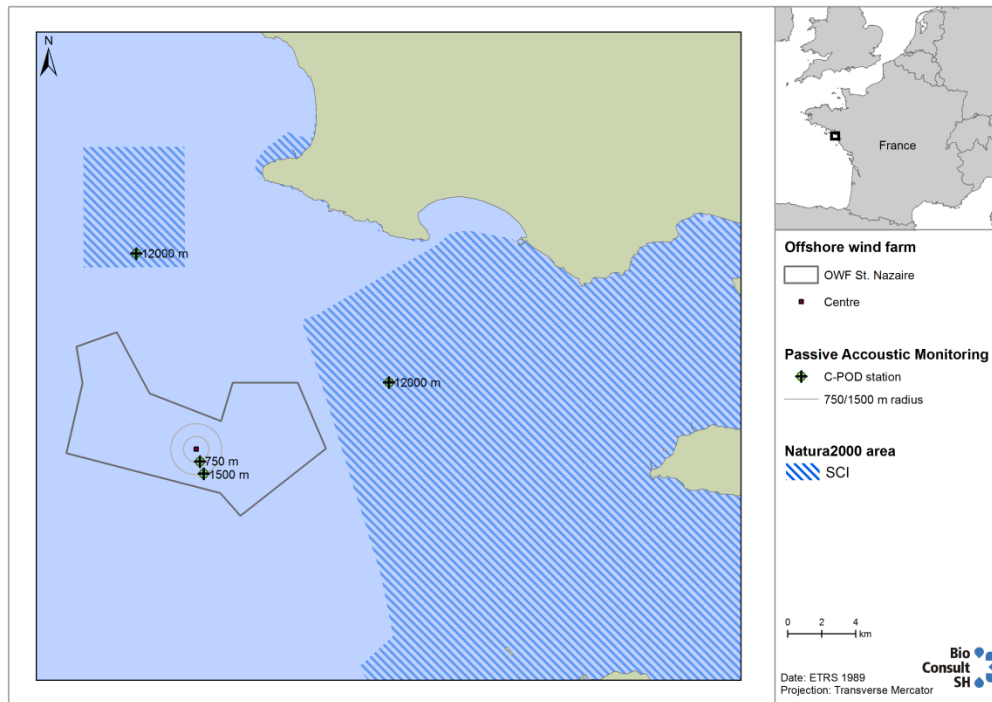


Illustration 3.12 : Positionnement des C-POD à 750 m et à 1500 m de distance et dans la zone Natura2000 "Plateau du Four" and "Estuaire de la Loire Nord" pour suivi des effets à longue distance (à 12km) du battage

Pour l’affichage et l’évaluation des données de ces C-POD, on pourra procéder de la même manière qu’avec les C-POD de contrôle de l’efficacité, voir Illustration 3.13. L’analyse de ces données permet en outre de dégager des tendances et les effets du battage offshore sur le long terme.

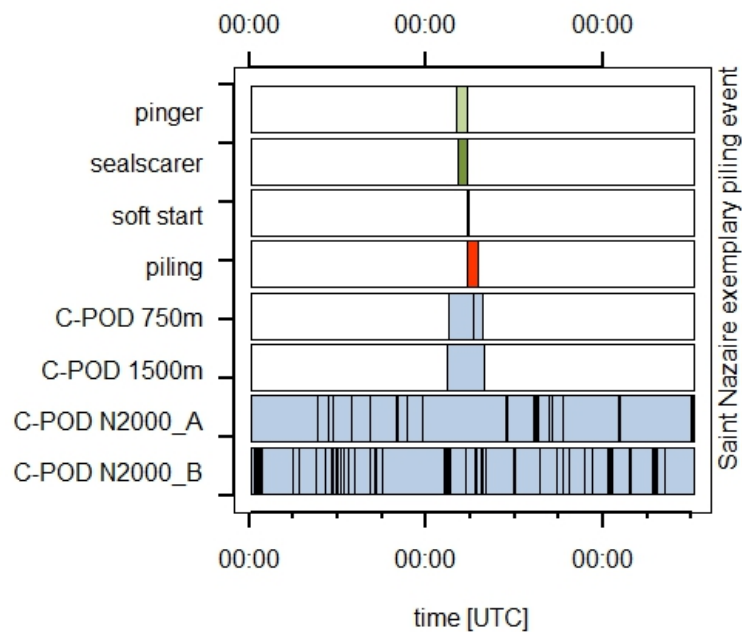


Illustration 3.13 : Exemple d'évaluation des mesures de répulsion et d'atténuation et du déploiement de quatre C-POD (en gris). Les minutes auxquelles des signaux acoustiques ont été avérés sont représentées par des lignes noires (minutes comprenant des séries de cliquetis de marsouins communs).

Les stations de C-POD mobilisées pour de longues durées de déploiement devront stocker les données de manière redondante, elles sont généralement composées de trois C-POD à la même position. L'illustration 3.14 présente un exemple de station permanente. Les stations sont signalées par 4 bouées munies d'un système d'ancrage et d'amarrage de 600 kg, elles contiennent 3 C-POD muni chacun de son propre système d'ancrage et d'amarrage de 150 kg. Les données de ces stations peuvent être collectées toutes les six à huit semaines et intégrées à des rapports rétrospectifs portant sur plusieurs opérations de battage. Si les données du C-POD sont collectées uniquement durant le battage de la station offshore, il est possible d'utiliser un système d'ancrage et d'amarrage plus léger pour un déploiement d'une durée de trois à quatre jours. Si les stations sont sorties durant la totalité de la phase de construction, il convient de choisir la configuration plus lourde présentée ci-dessous.

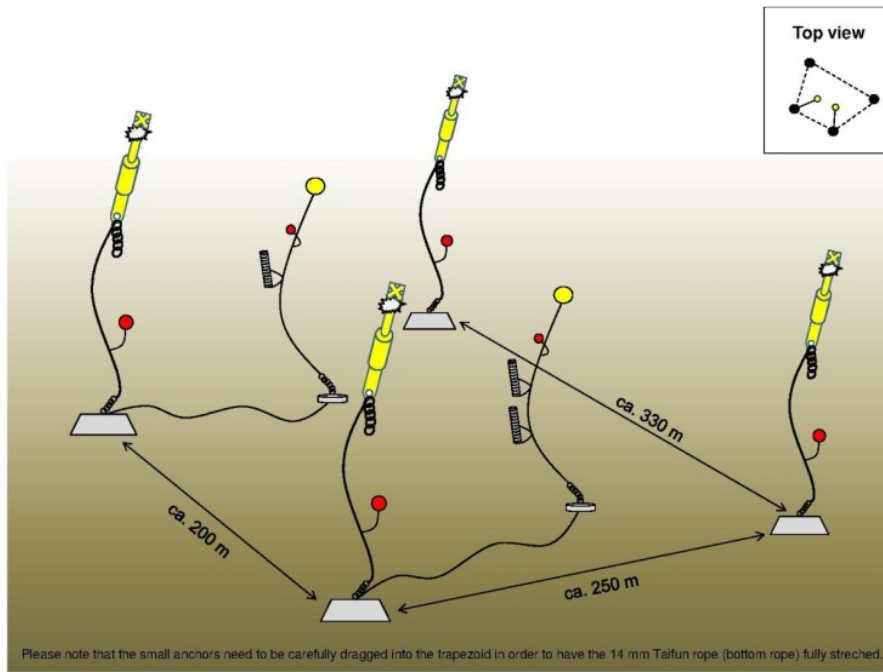


Illustration 3.14 : Configuration de station permanente comprenant quatre bouées de marquage sur pierres d’ancrages de 600 kg et trois C-POD au total placés au milieu sur pierres d’ancrages de 150 kg.

3.4.1 Coûts

Ces coûts s'ajoutent aux coûts d'utilisation des répulsifs acoustiques (ADD) et des C-POD sur le chantier. Les coûts mentionnés ici sont des estimations approximatives, les coûts survenus peuvent varier du fait de tâches supplémentaires ou de clause contractuelle. Ces procédures de suivi sont sans effet sur les plans de déroulement ou le calendrier de construction.

Matériel :	Tarif à la journée	Tarif au mois
Station permanente (3 POD, 4 systèmes d'ancrage lourds et 2 légers)		4000
biologistes : service, échange et stockage des données	1000,-	3000,- (un service par mois, env. 3 jour par tournée)
Navire (permettant de lever le système d'ancrage pour pouvoir effectuer la maintenance)	6000,-	30 000,- (cinq jours)
Analyse des données*		3250,-
Rédaction des rapports*		3250,-

*varie selon le type de rapport et les données à inclure. Prix pour des rapports de synthèse après chaque intervalle de service