



GUIDE DE BONNES PRATIQUES POUR LIMITER L'IMPACT DE L'EXPLORATION SISMIQUE SUR LES CETACES EN GUYANE



©Green Heritage Fund Suriname

Claire Pusineri, responsable scientifique de l'association OSLO

Avec la collaboration de Ludivine Martinez (chargée des activités d'expertise à destination des sociétés privées/industrielles, Observatoire Pelagis, Université de La Rochelle).

Version finale, juillet 2016



Nous remercions vivement Cécile Ducatel, Yves Le Gall, et Xavier Lurton du Service Acoustique Sous-Marine de l'Ifremer, ainsi qu'Anaïs Gainette de l'ONCFS qui coordonne le Réseau Tortues Marines de Guyane et Amandine Bordin de l'association GEPOG pour leur relecture attentive de ce travail et leurs corrections. Merci aussi à l'association Green Heritage Fund Suriname pour les photographies qui illustrent ce guide.

I. INTRODUCTION.....	5
II. GENERALITES.....	8
1. LES CETACES EN GUYANE	9
2. LES ETUDES SISMIQUES	12
3. IMPACT DES LA POLLUTION ACOUSTIQUE CAUSEE PAR LES SOURCES SISMIQUES SUR LES CETACES ..	18
4. EVALUATION DES EFFETS DE LA POLLUTION ACOUSTIQUE CAUSEE PAR LES SOURCES SISMIQUES SUR LES CETACES EN GUYANE.....	23
III. GUIDE DE BONNES PRATIQUES.....	27
FICHE N°1 : L'ESSENTIEL DU CONTEXTE EN GUYANE.....	29
FICHE N°2 : DOCUMENT D'EVALUATION DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX.....	32
FICHE N°3 : PLANIFICATION DE LA CAMPAGNE.....	34
FICHE N°4 : CARACTERISTIQUES DE LA SOURCE SONORE.....	36
FICHE N°5 : CERTIFICATION DES OBSERVATEURS ET DES OPERATEURS ACOUSTIQUE	37
FICHE N°6 : ZONE D'EXCLUSION	39
FICHE N°7 : ORGANISATION DU TRAVAIL DES OBSERVATEURS ET DES OPERATEURS ACOUSTIQUE	41
FICHE N°8 : PROTOCOLE DE (RE)DEMARRAGE DE LA SOURCE ACOUSTIQUE.....	44
FICHE N°9 : GESTION DE LA SOURCE SONORE PENDANT LES CHANGEMENTS DE LIGNE.....	47
FICHE N°10 : DONNEES COLLECTEES PAR LES OBSERVATEURS.....	48
FICHE N°11 : SUIVI DES POPULATIONS DE CETACES	50
FICHE N°12 : MESURES DE MITIGATION POUR LES TORTUES MARINES ET LES OISEAUX MARINS	52
IV. BIBLIOGRAPHIE.....	58

I. INTRODUCTION



©C.Pusineri ONCFS

Cachalot (*Physeter macrocephalus*), grand plongeur caractéristique du milieu océanique

Les survols aériens de la ZEE de Guyane menés dans le cadre du programme REMMOA (Van Canneyt *et al.*, 2009) puis les campagnes par bateau réalisées par le GEPOG (Bordin *et al.*, 2012) ont mis en évidence une diversité de cétacés élevée dans le territoire avec 17 espèces identifiées. Les densités sont elles aussi relativement importantes pour une région tropicale avec trois fois plus de groupes d'animaux détectés que dans les Antilles françaises (Mannocci *et al.*, 2013).

La France s'est engagée au niveau international, au travers de la convention de Carthagène et notamment de son protocole relatif aux zones et à la vie sauvage spécialement protégées (SPAW), à assurer la protection à long-terme de toutes les espèces de mammifères marins. En outre, l'ensemble des espèces est intégralement protégé par arrêté ministériel.

Plusieurs pressions s'exercent en Guyane sur les cétacés. La pêche menace ces espèces et notamment les mortalités induites par les captures accidentelles de dauphins de Guyane (*Sotalia guianensis*) dans les filets côtiers : sur les 12 dauphins de Guyane retrouvés échoués par le réseau de suivi des échouages de Guyane en 2014 et 2015, 10 portaient des marques de filets (Pusineri et Berzins, 2016). La pollution des eaux côtières pourrait aussi avoir un impact sur le dauphin de Guyane comme cela a été montré au Brésil dans certaines régions (Alonso *et al.*, 2010; Carvalho *et al.* 2008). En effet, la concentration de près de 90% de la population sur le littoral guyanais

participe à la dégradation des milieux littoraux et marins, en particulier en raison des systèmes d'épuration encore insuffisants et du rejet important de macrodéchets (sacs plastiques, canettes...) directement dans le milieu naturel. En outre, certains fleuves sont contaminés en amont par les rejets de l'orpaillage et la pollution aux pesticides (AAMP, 2009). La prospection pétrolière constitue une autre menace pour l'ensemble des espèces de cétacés. Cette activité a débuté en Guyane en 1964. Entre cette date et la fin des années 70, quatre campagnes sismiques et trois forages d'exploration ont été réalisés. Ces recherches n'ayant pas donné de résultats satisfaisants, les opérations se sont ensuite arrêtées jusqu'au début des années 2000. En 2001, un nouveau Permis d'Exploration a été attribué pour 5 ans, qui couvrait 65000 km², entre la limite des eaux territoriales et 3000 m de profondeur. Ce permis a été renouvelé jusqu'à 2011, puis à nouveau jusqu'à 2016, mais limité à la zone du talus. En 15 ans, deux campagnes de prospection sismique 2D, cinq campagnes de prospection 3D et cinq forages d'exploration ont été réalisés. Actuellement, deux demandes de permis d'exploration sont en cours : un dont l'emprise se situe sur le plateau continental et un qui s'étend sur le domaine maritime profond (MEDDE, 2014).

Une analyse bibliographique a été rédigée sur l'impact des activités pétrolières sur les cétacés en Guyane (Pusineri *et al.*, 2014). Ce travail présente une synthèse des informations disponibles dans la

littérature scientifique sur ce sujet, évalue les impacts sur la communauté de cétacés en Guyane et fait des propositions pour optimiser les mesures de mitigation à mettre en œuvre.

L'évaluation de l'amplitude potentielle des effets de la pollution acoustique causée par les campagnes pétrolières d'exploration sismique sur les cétacés en Guyane, montre que l'effet est potentiellement majeur sur la plupart des espèces si les mesures de mitigation mises en place sont insuffisantes, en particulier sur les rorquals (Balaenopteridés), le cachalot (*Physeter macrocephalus*), les baleines à bec (Ziphiidés) et le dauphin de Guyane.

Une des mesures clés proposée est la rédaction d'un guide de bonnes pratiques pour les campagnes d'exploration sismique qui comporte :

- Des recommandations pour la prise en compte des enjeux liés aux mammifères marins dans les documents d'évaluation des impacts environnementaux.
- Des propositions pour organiser au mieux les activités dans le temps et l'espace afin de minimiser leur impact en particulier sur les espèces (rorquals, dauphin de Guyane, ziphiidés et cachalot) et espaces (aires protégées et ZNIEFFs) sensibles.
- Une liste de mesures visant à limiter les impacts durant les campagnes sismiques.
- Des recommandations concernant la sélection des observateurs embarqués.
- Une description détaillée des fiches de collecte de données et

des rapports qui doivent être rendus par les observateurs.

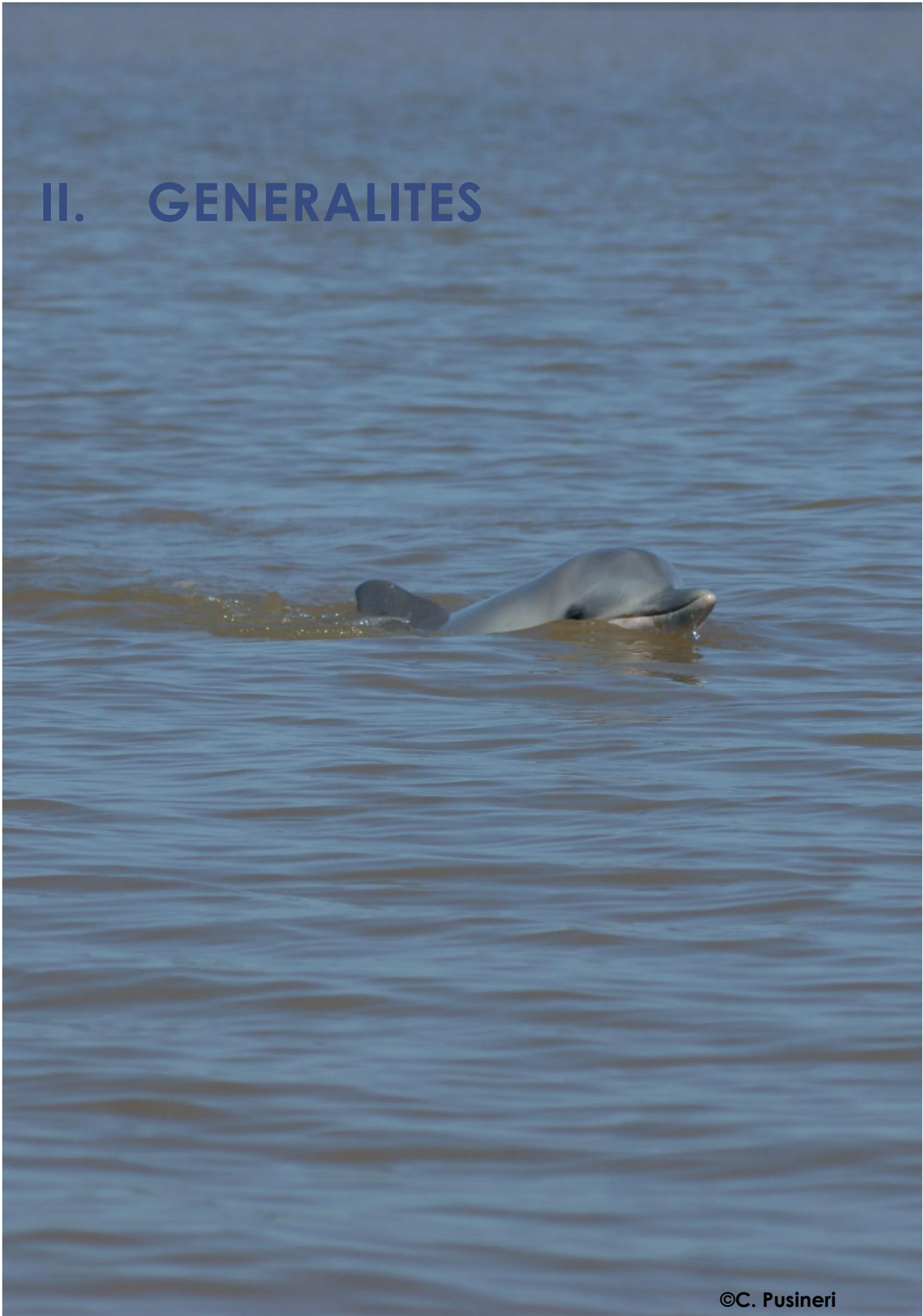
- Un protocole de rendu et de centralisation des rapports, formulaires et données collectées durant la campagne (observations, bandes son, photos...).

Le présent document fait suite à cette préconisation. Il est composé de deux chapitres :

- Le premier reprend les principaux éléments de l'analyse bibliographique concernant l'impact des sources sismiques sur les cétacés en Guyane.
- Le second présente les pratiques qui semblent les plus pertinentes à mettre en œuvre pour limiter l'impact de la pollution acoustique causée par l'exploration sismique sur les cétacés en Guyane, en l'état actuel des connaissances. Il est organisé en 12 fiches.

Des campagnes d'exploration sismique peuvent être réalisées avec un autre objectif que celui de la recherche d'hydrocarbures tout en utilisant des sources sismiques similaires de forte puissance. **Ce guide s'adresse donc à toute campagne d'exploration sismique qui utilise des sources acoustiques supérieures ou égales à un volume total de 500 cubic inches.** Ce seuil est celui qui a été choisi par l'Ifremer comme limite à partir de laquelle des mesures de mitigation doivent être mises en place pour les mammifères marins dans le cadre de leurs propres campagnes d'exploration sismique (Ducatel *et al.*, 2016).

II. GENERALITES



©C. Pusineri

Dauphin de Guyane (*Sotalia guianensis*), petit delphinidé inféodé aux côtes des Guyanes

1. LES CETACES EN GUYANE

PRESENTATION DE LA COMMUNAUTE DE CETACES

Les survols de la ZEE de Guyane réalisés dans le cadre du programme REMMOA (Van Canneyt *et al.*, 2009), les campagnes par bateau menées par le GEPOG (Bordin *et al.*, 2012) et les campagnes d'exploration sismique (Shell, 2012a et b; Hardman, 2010) ont mis en évidence une diversité de cétacés relativement élevée en Guyane, avec 23 espèces identifiées dont 17 avec certitude (Tableau 1). Les taux d'occurrences sont eux aussi relativement importants pour une région tropicale avec en moyenne 2,5 groupes détectés pour 100 km parcourus pour la campagne du GEPOG (navire) et 1,8 obs./100km pour la campagne REMMOA (avion), contre par exemple 0,6 obs./100km dans les Antilles françaises (avion).

En zone côtière, sur des fonds inférieurs à 20 m, l'espèce la plus rencontrée est le dauphin de Guyane ou sotalie (*Sotalia guianensis*). Sur le reste de la ZEE, les survols REMMOA ont mis en évidence un cortège d'espèces largement dominé par le grand dauphin (*Tursiops truncatus*). De grands cétacés ont été aussi régulièrement observés durant cette campagne sur le talus (100 m à 3000 m de profondeur) et dans le milieu océanique (> 3000 m de profondeur) : des baleines à bec (ziphiidés), des rorquals (*Balaenopteridés*) et le cachalot (*Physeter macrocephalus*, Figure 1). L'inventaire pélagique du

GEPOG a mis en évidence des communautés plus diversifiées, dominées par les petits delphinidés des genres *Stenella* et *Delphinus*, accompagnés de la présence notable de grand dauphin sur le plateau (20 m à 100 m de profondeur), du péponocéphale (*Peponocephala electra*) sur le talus et du cachalot dans le domaine océanique. Les deux études mettent en évidence l'importance particulière du talus où les densités sont beaucoup plus fortes : 149 ind./100km contre 13 sur le plateau et 38 en milieu océanique (Bordin *et al.*, 2012).

D'autres espèces ont été observées par les observateurs embarqués lors des trois campagnes d'exploration sismique réalisées au niveau du talus (Shell, 2012a et b; Hardman, 2010) : la baleine à bosse (*Megaptera novaeangliae*), le rorqual bleu (*Balaenoptera musculus*), la baleine à bec de True (*Mesoplodon mirus*), l'orque pygmée (*Feresa attenuata*), le dauphin de Clymène (*Stenella clymene*), le dauphin bleu et blanc (*Stenella coeruleoalba*), le dauphin commun (*Delphinus delphis*), le dauphin de Fraser (*Lagenodelphis hosei*), et l'orque (*Orcinus orca*). Ces identifications sont intéressantes car elles permettent de compléter la liste des espèces présentes au niveau du talus, qui est une zone très peu étudiée de par son éloignement de la côte. Les identifications de la baleine à bosse, du rorqual bleu et de l'orque, ont été validées par des photographies. En revanche, quelques

II. GENERALITES

doutes subsistent quant à l'identification des autres espèces, qui peuvent facilement être confondues avec d'autres. En attendant que ces identifications soient validées avec l'appui de photographies, le choix a été fait de considérer la présence de ces espèces comme incertaine.



Figure 1 : Deux espèces emblématiques du milieu océanique en Guyane : la baleine à bosse (*Megaptera novaeangliae*), espèce migratrice, et le cachalot (*Physeter macrocephalus*), grand plongeur vraisemblablement résident.

Trois espèces présentes en Guyane sont classées Vulnérable dans la liste rouge mondiale de l'UICN : le rorqual commun (*Balaenoptera physalus*), le rorqual bleu (*Balaenoptera musculus*) et le cachalot. En outre le dauphin de Guyane, qui est classé dans la catégorie données insuffisantes à l'échelle mondiale, est localement menacé (Pusineri et Berzins, 2016).

La présence notable de certains cétacés a constitué un élément clé dans l'établissement des ZNIEFF-Mer (Zone d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique) en Guyane (Bordin *et al.*, 2015) : le dauphin de Guyane pour la ZNIEFF côtière de type II et plusieurs ZNIEFF de type I, le globicéphale pour la ZNIEFF du plateau, les baleines à bec et le cachalot pour la ZNIEFF située sur la partie Est du talus.

CONVENTIONS INTERNATIONALES ET REGLEMENTATION NATIONALE

La France est signataire du protocole relatif aux zones et à la vie sauvage spécialement protégées (SPAW) de la Convention de Carthagène qui vise entre autre à assurer la protection à long-terme de toutes les espèces de mammifères marins.

En outre, l'ensemble des espèces est intégralement protégé par l'Arrêté ministériel du 1er juillet 2011 qui interdit « La destruction, la mutilation, la perturbation intentionnelle » de ces animaux, mais aussi « la destruction, l'altération ou la dégradation des sites de reproduction et des aires de repos [...] aussi longtemps qu'ils sont effectivement utilisés ou utilisables au cours des cycles successifs de reproduction ou de repos et pour autant que la destruction, l'altération ou la dégradation compromette la conservation de l'espèce en remettant en cause le bon accomplissement des cycles biologiques. »

II. GENERALITES

Tableau 1 : Liste des cétacés observés dans la ZEE de Guyane (Bordin *et al.*, 2012 ; Hardman, 2010 ; Shell, 2012a et b ; Van Canneyt *et al.*, 2009)

Profondeur < 20 m = milieu côtier, 20 à 100 m = plateau continental, 100 à 3000 m = talus, > 3000 m = milieu océanique

LC = préoccupation mineure, VU = Vulnérable, EN = en danger, DD = manque de données, NA = non applicable

Nom scientifique	Nom commun	Nom commun anglais	Présence	Habitat préférentiel	Statut UICN mondial
<i>Balaenoptera physalus</i>	Rorqual commun	Fin Whale	occasionnelle	Océanique / Talus	EN
<i>Balaenoptera musculus</i>	Rorqual bleu	Blue Whale	occasionnelle	Océanique / Talus	EN
<i>Megaptera novaeangliae</i>	Baleine à bosse	Humpback Whale	occasionnelle	Océanique / Talus	LC
<i>Physeter macrocephalus</i>	Cachalot	Sperm whale	commune	Océanique / Talus	VU
<i>Ziphius cavirostris</i>	Baleine à bec de cuvier	Cuvier's Beaked Whale	occasionnelle	Océanique / Talus	LC
<i>Mesoplodon mirus</i>	Baleine à bec de True	True's Beaked Whale	incertaine		DD
<i>Orcinus orca</i>	Orque	Killer whale	occasionnelle	Océanique / Talus	DD
<i>Globicephala macrorhynchus</i>	Globicéphale tropical	Short-finned Pilot Whale	commune	Océanique / Talus	DD
<i>Pseudorca crassidens</i>	Pseudorque, faux orque	False killer whale	occasionnelle	Océanique / Talus / Plateau	DD
<i>Feresa attenuata</i>	Orque pygmée	Pygmy killer whale	incertaine		DD
<i>Peponocephala electra</i>	Péponocéphale	Melon-headed whale	commune	Talus	LC
<i>Sotalia guianensis</i>	Dauphin de Guyane	Sotalia	commune	Côtier	DD
<i>Steno bredanensis</i>	Sténo	Rough-toothed dolphin	commune	Talus / Plateau	LC
<i>Lagenodelphis hosei</i>	Dauphin de Fraser	Fraser's dolphin	incertaine		LC
<i>Grampus griseus</i>	Dauphin de Risso	Risso's dolphin	commune	Océanique / Talus	LC
<i>Tursiops truncatus</i>	Grand dauphin	Bottlenose dolphin	commune	Talus / Plateau	LC
<i>Stenella longirostris</i>	Dauphin à long bec	Spinner Dolphin	commune	Océanique / Talus	DD
<i>Stenella frontalis</i>	Dauphin tacheté de l'Atlantique	Atlantic spotted dolphin	commune	Talus / Plateau	DD
<i>Stenella attenuata</i>	Dauphin tacheté pantropical	Pantropical spotted dolphin	commune	Océanique / Talus	LC
<i>Stenella clymene</i>	Dauphin de Clymene	Clymene dolphin	incertaine		DD
<i>Stenella coeruleoalba</i>	Dauphin bleu et blanc	Striped dolphin	incertaine		LC
<i>Delphinus delphis</i>	Dauphin commun	Common dolphin	occasionnelle	Plateau	LC

2. LES ETUDES SISMIQUES

L'EXPLORATION PETROLIERE DANS LE MILIEU MARIN EN GUYANE

La prospection pétrolière en Guyane a débuté en 1964 avec l'attribution d'un permis d'exploration à la Société PETROMAR. Entre cette date et la fin des années 70, les permis et les opérations se succèdent avec : quatre campagnes sismiques en 1964, 1972, 1976 et 1977 et trois forages d'exploration : deux en 1975 par petits fonds (48 m) et grands fonds (2000 m) et un en 1978 par grands fonds (3950 m ; AAMP, 2009). Ces recherches n'ayant pas donné de résultats satisfaisants, les opérations de prospection se sont ensuite arrêtées jusqu'au début des années 2000.

En 2001, le Permis d'Exploration Guyane Maritime est attribué pour 5 ans à la Société *Planet Oil Limited*. Il couvre 65000 km², entre la limite des eaux territoriales et 3000 m de profondeur. En 2002, une campagne de prospection sismique en 2D a couvert 7700 km linéaire sur la partie ouest de la zone du permis. Cette première phase a été complétée en 2005 par une nouvelle campagne de prospection en 3D, de quelques centaines de km², sur la partie centrale et orientale de la zone du permis. Deux sites potentiels de forages ont alors fait l'objet d'études approfondies : l'un à l'est dit « Kawana », situé à 2400 m de profondeur, au pied du talus continental, et l'autre à l'ouest dit « Matamata » à 1200 m de

profondeur, rattaché au domaine du talus continental (AAMP, 2009).

Le permis d'exploration a été renouvelé en 2007 jusqu'à 2011, mais limité cette fois à la zone du talus du plateau continental (d'environ 100 m à 3 000 m de profondeur, Figure 2), et muté au profit de la société *Hardman Petroleum France SAS*. De septembre 2009 à février 2010, une nouvelle campagne de prospection sismique 3D à l'ouest du site de Kawana a été menée, couvrant au total 2800 km² (CREOCEAN, 2012). Au sein de ce périmètre, des zones potentielles d'accumulation d'hydrocarbures ont été identifiées. Un premier forage d'exploration (GMES1) a été réalisé sur le site *Zaedyus* en 2011 afin de confirmer les résultats de la campagne sismique.

En 2011, le permis est à nouveau prolongé jusqu'en 2016, au profit du consortium *Hardman Petroleum France SAS, Shell Exploration and Production France SAS, Total E&P Guyane Française SAS*. Dans le cadre de ce permis, deux campagnes sismiques ont été réalisées en 2012, sur le site Kawana, de part et d'autre de la zone prospectée en 2009-2010. Les aires de prospection se trouvaient à 130 km de la côte, sur le talus, sur des fonds compris entre 250 m et 3000 m (CREOCEAN, 2012). Une zone Est, de 600 km², a été prospectée en juillet 2012 et une zone Ouest, de 4700 km², a été prospectée entre les mois d'août et décembre 2012, par le navire *M/V Oceanic Phoenix* opéré par

II. GENERALITES

CGGVeritas (Shell, 2012a et b). En outre, le consortium a procédé entre mi-2012 et jusqu'à fin 2013 à la réalisation de quatre forages d'exploration sur le talus afin de mieux connaître le gisement avant de décider d'une éventuelle mise en production. Ces quatre forages n'ont pas mis en évidence de réservoirs d'hydrocarbures exploitables.

De 2011 à 2013, huit demandes de permis d'exploration ont été déposées. Pour la zone du plateau continental, quatre permis ont été demandés, pour des secteurs similaires, qui s'étendent du talus à la limite des eaux territoriales, de part et d'autre des deux frontières, pour une surface d'environ 35000 km². Pour le milieu océanique, trois permis ont été

déposés, pour des aires qui s'étendent du talus, dans la continuité de Guyane Maritime, jusqu'aux bordures de la ZEE, avec des surfaces allant de 35000 km² à 50000 km². Enfin, un permis a été déposé, pour une surface de 11000 km² environ, située dans le secteur du talus (MEDDE, 2014). Deux demandes ont été sélectionnées suite à la première instruction des dossiers par le ministère et ont été soumises à consultation du public en juin : la demande nommée « Guyane Maritime SHELF », dont l'emprise se situe sur le plateau continental et la demande « Guyane Maritime UDO », qui s'étend sur le domaine maritime profond (MEDDE, 2014). La suite de l'instruction des dossiers est en cours.

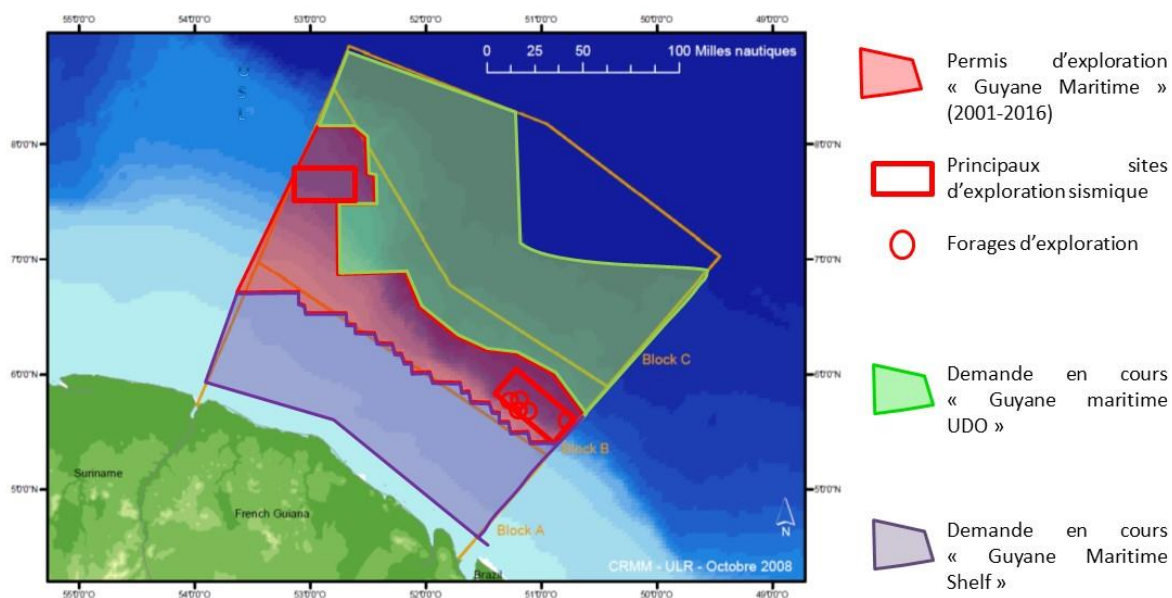


Figure 2 : Permis d'exploration en cours et en projet en Guyane

PRINCIPES DE L'EXPLORATION SISMIQUE PETROLIERE

Les hydrocarbures s'accumulent par migration ascendante dans les zones perméables de certaines formations géologiques, formant ainsi des réservoirs. Les études sismiques ont pour but de détecter la présence de formations rocheuses abritant de tels réservoirs. Pour cela, on utilise une source sismique, composée en général de plusieurs canons à air qui émettent des ondes de fortes intensités et de basses fréquences dirigées vers le fond de la mer (Figure 3). Ces ondes sont en partie réfléchies par la surface des sédiments, ainsi qu'à chaque changement de structure du sous-sol, comme les poches d'hydrocarbures. Les ondes réfléchies sont enregistrées par des hydrophones tirés derrière le navire à la surface de la mer. Les signaux reçus sont ensuite transmis à un équipement de traitement présent à bord et sont analysés afin de révéler les structures géologiques sous-marines.

Il existe deux grandes catégories d'opérations sismiques : les opérations 2D et les opérations 3D (pour deux et trois dimensions respectivement). Dans le cas des études 2D, les données sont acquises selon des lignes, tandis qu'en 3D, les données sont acquises sur des surfaces. On réalise en général dans un premier temps des études en deux dimensions, qui fournissent des données moins détaillées mais collectées plus rapidement et donc sur de plus grandes surfaces. Si des zones

d'intérêt particulier sont détectées, on lance alors des études en trois dimensions sur ces secteurs.

Dans le cas de l'exploration pétrolière, un navire sismique mesure en général 100 à 120 m de long. En sismique 2D, le navire traîne derrière lui et à quelques mètres sous la surface, une source acoustique (*air-gun array*) composée de plusieurs canons à air. Après cette source acoustique, est remorqué un câble appelé flûte (*streamer*) qui est constitué de plusieurs hydrophones, sur une longueur qui peut atteindre plus de dix kilomètres (Frisk *et al.*, 2003; NOAA, 2013; Figure 3). Dans le cas de la sismique 3D, le navire traîne plusieurs sources acoustiques (en général deux ou trois) et une dizaine de flûtes. La largeur totale de l'équipement peut être de plusieurs centaines de mètres.

Le navire effectue successivement des traits de navigation parallèles, à une vitesse comprise entre 3 et 5 nœuds. Dans le cas de la sismique 2D, ces traits sont espacés en général de plusieurs kilomètres ; tandis qu'en 3D, les traits sont proches les uns des autres. En fin de trait, le navire effectue un virage à 180°. Compte-tenu de la longueur du dispositif formé par le navire et les flûtes, un temps de manœuvre relativement long (environ 2h) est nécessaire pour effectuer ce virage. Le navire opère la plupart du temps jour et nuit et la campagne peut durer des jours à des mois, en fonction de la surface à explorer et de la météo (CREOCEAN, 2012).

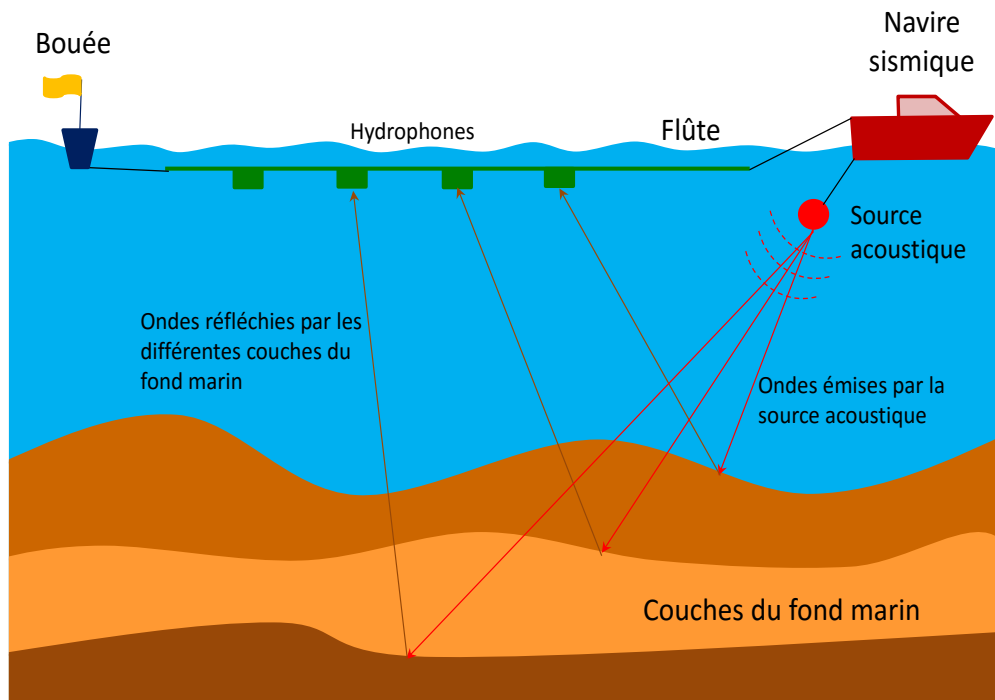


Figure 3 : Schéma d'une opération sismique

CARACTERISTIQUES ACOUSTIQUES DES SOURCES SISMIQUES

Dans le cas de l'exploration pétrolière, typiquement, une source sismique produit une onde dont le niveau sonore est d'environ 240 à 265 dB re $1\mu\text{Pa}$ @ 1m¹ et est active en général toutes les 10-20 secondes (Caldwell et Dragoset, 2000 ; Richardson *et al.*, 1995). Par comparaison, le niveau sonore d'une explosion sous-marine est d'environ 280 dB re $1\mu\text{Pa}$ @ 1m et le niveau sonore d'un grand navire type

navire sismique est d'environ 180 dB re $1\mu\text{Pa}$ @ 1m à 195 dB re $1\mu\text{Pa}$ @ 1m. L'essentiel de l'énergie produite par une source sismique se situe dans une bande de fréquences comprise entre 10 Hz et 200 Hz, avec un large pic autour de 20-120 Hz (Breitzke *et al.*, 2008). Cependant, de l'énergie est également générée dans une gamme de fréquences plus élevées, jusqu'à environ 20 KHz (Breitzke *et al.*, 2008 ; Goold et Fish, 1998, Madsen *et al.*, 2006).

Le signal sismique est dominé par une impulsion forte, qui atteint un niveau maximal pendant une durée d'environ 20 ms, puis qui se dégrade pendant une période qui peut se prolonger jusqu'à 0,1 sec (URS, 2012).

¹ L'unité dB re $1\mu\text{Pa}$ @ 1m est utilisée pour donner le niveau sonore d'une source en décibels, mesuré ou estimé à une distance de 1 mètre de la source.

II. GENERALITES

La propagation du son dans le milieu marin est un phénomène complexe, influencé par les caractéristiques du milieu (notamment sa densité et la bathymétrie) et les caractéristiques de l'onde (amplitude et fréquence). Cependant, pour estimer les pertes de propagation d'une onde sismique dans un milieu de grande profondeur, les modèles simples de propagation

sphérique sont en général suffisants. Ces modèles montrent que les ondes sismiques parcourent de longues distances. Par exemple, le modèle de propagation d'une source de niveau sonore de 251 dB re 1 μ Pa @ 1m, montre que la pression acoustique est encore d'environ 210 dB re 1 μ Pa à 100 m et d'environ 190 dB re 1 μ Pa à un kilomètre (Figure 4).

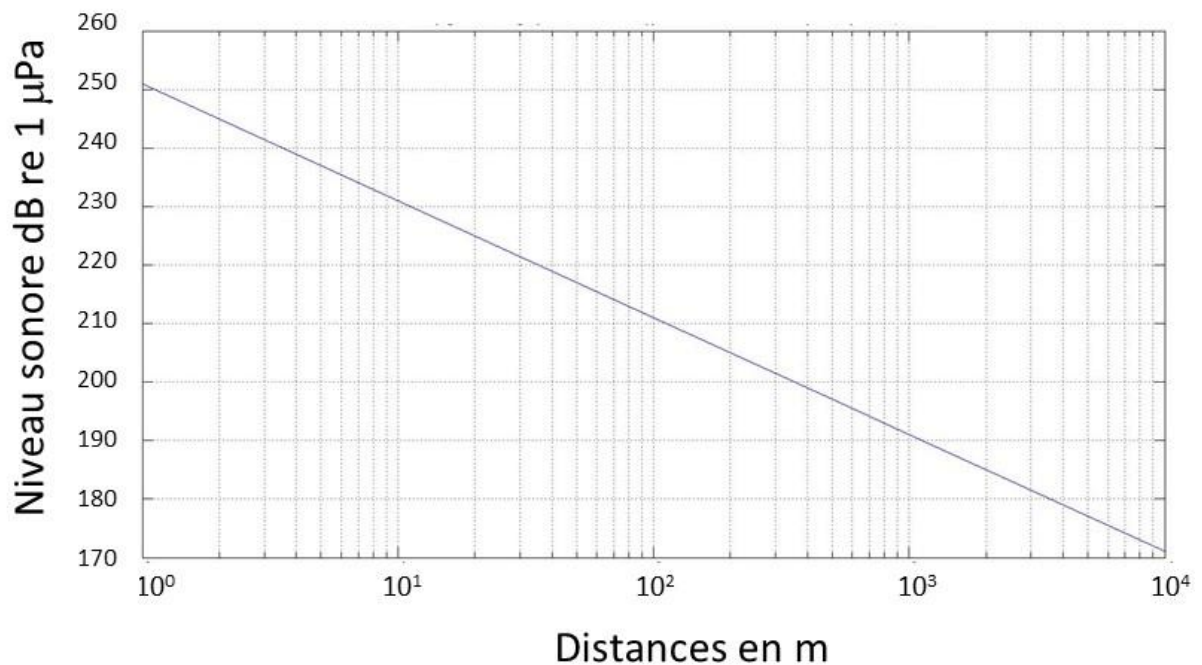


Figure 4 : modélisation du niveau sonore en fonction de la distance à la source, pour une source sismique produisant une onde de 251 dB re 1 μ Pa @ 1m (Totalfina Elf).

REGLEMENTATION

La première étape pour réaliser des travaux d'exploration, campagne sismique ou forage, consiste à déposer un permis exclusif de recherche d'hydrocarbures (PERH). Celui-ci donne à son détenteur un droit exclusif d'explorer la présence d'hydrocarbures à l'intérieur du périmètre de son permis. Le dossier de demande de PERH précise la zone géographique concernée, le programme des travaux, les capacités techniques de l'opérateur, et comporte une notice d'impact sur le milieu. Cette notice d'impact doit indiquer les incidences éventuelles des travaux projetés sur l'environnement et les conditions dans lesquelles l'opération projetée prend en compte les préoccupations environnementales.

La demande de permis exclusif de recherches est adressée au ministre chargé des mines. Le dossier est étudié par la DREAL de la région concernée et la Préfecture. Il est ensuite soumis au Conseil Général de l'Industrie de l'Énergie et des Technologies (CGIET) pour avis, puis est soumis à consultation du public pendant une durée de 30 jours. Enfin, il est accordé ou non par arrêté ministériel.

Avant l'ouverture des travaux, pour une campagne sismique, la société doit faire une déclaration d'ouverture de travaux (DOT) auprès de la Préfecture (Décret n°2006-649). Dans le cas de forages, il s'agit d'une demande d'autorisation d'ouverture de travaux (AOT).

Dans le cas des campagnes sismiques, la déclaration doit être assortie d'une notice d'impact ; tandis que dans le cas des forages d'exploration, la demande est assortie d'une étude d'impact et d'une enquête publique. Là encore, la notice d'impacts doit indiquer les incidences éventuelles des travaux projetés sur l'environnement et les conditions dans lesquelles l'opération projetée prend en compte les préoccupations d'environnement.

Qu'il s'agisse d'une déclaration ou d'une demande d'ouverture de travaux, le Préfet fait connaître au demandeur les prescriptions dont il entend assortir son arrêté. Ces prescriptions portent notamment sur les mesures de contrôle des ouvrages et des installations, sur la surveillance de leurs effets sur l'environnement, sur les conditions dans lesquelles doivent être portés à la connaissance du public les analyses, les mesures et les résultats des contrôles éventuellement exigés, ainsi que sur les moyens d'intervention dont doit disposer le bénéficiaire en cas d'incident ou d'accident.

3. IMPACT DES LA POLLUTION ACOUSTIQUE CAUSEE PAR LES SOURCES SISMIQUES SUR LES CETACES

L'IMPORTANCE DU SON CHEZ LES CETACES

La lumière étant rapidement absorbée dans la colonne d'eau (150 m maximum dans les eaux claires océaniques, Barnes et Hughes 1999), la vision se trouve rapidement limitée en mer, voir inutile. A l'inverse, l'environnement marin est dominé par les sons car les ondes sonores s'y propagent plus rapidement et sur de plus longues distances que dans l'air et sont réfléchies sur le fond ainsi qu'à l'interface eau-air. Voilà pourquoi le système auditif des mammifères marins est particulièrement développé.

Les signaux de communication peuvent être des clics, des sifflements, des vocalisations ou des chants. De tels signaux sont émis par les cétacés pour communiquer avec des individus du même groupe mais aussi d'autres groupes et éventuellement d'autres espèces. Les émissions de basses fréquences des mysticètes (cétacés à fanons) leur permettent de communiquer sur des dizaines, voire des centaines de kilomètres. La communication joue un rôle particulièrement important dans la reproduction, comme chez les baleines à bosse mâles qui chantent pour attirer les femelles ou pour établir leur dominance par rapport à d'autres individus (Darling *et al.*, 2006).

La perception passive des sons permet aux mammifères marins d'identifier et de localiser leurs prédateurs et leurs proies, comme cela a été montré chez les orques et les grands dauphins (ex : Gannon *et al.*, 2005 ; Heithaus et Dill, 2008).

Par ailleurs, les odontocètes (cétacés à dents) sont aussi capables d'utiliser l'écholocation pour mieux appréhender leur environnement. Ils émettent ainsi des sons sous forme de clics de hautes fréquences pour ensuite analyser les échos qui leur reviennent afin de s'orienter et se situer dans l'espace mais aussi d'identifier les objets et les êtres vivants qu'ils rencontrent (Thomson et Richardson, 1995). L'utilisation de l'écholocation est restreinte aux odontocètes mais il semble que certains mysticètes utilisent les échos de leurs émissions sonores à basses fréquences pour se repérer dans l'espace, comme les baleines boréales (*Balaena mysticetus*) qui s'orientent ainsi pour se déplacer sous les glaces (George *et al.*, 1989).

LES CAPACITES AUDITIVES DES CETACES

On classe les cétacés en trois grands groupes aux capacités auditives très différentes (Finneran et Jenkins, 2012 ; Ketten, 1998 ; Nedwell et Howell, 2004 ; Richardson *et al.*, 1995, Southall *et al.*, 2007, Figure 5) :

- Les cétacés à basses-fréquences : ce groupe comprend l'ensemble des mysticètes. On estime, parce qu'elles émettent des sons dans ces fréquences, que ces espèces sont capables d'entendre des sons compris entre 7 Hz et 22 kHz, avec une sensibilité maximale pour des sons de 20 Hz à 2 kHz.
- Les cétacés à moyennes-fréquences : ce groupe est composé de l'ensemble des Ziphidés, du cachalot et des Delphinidés, exception faite des espèces du genre *Cephalorynchus*. Il s'agit du groupe le mieux connu car les capacités auditives ont pu être mesurées pour une quinzaine de ces espèces, notamment en captivité. Ces animaux sont capables d'entendre des sons compris entre 150 Hz et 160 kHz. Leur sensibilité est maximale pour des sons de 16 kHz à 120 kHz environ, pour lesquels leur seuil d'audition est de 40 à 60 dB.
- Les cétacés à hautes-fréquences : ce groupe inclut les delphinidés du genre *Cephalorynchus*, les Kogidés, les marsouins (Phocoenidés) et les dauphins de rivière (Platanistidés, Iniidés, Lipotidés, Pontoporiidés). Les capacités auditives ont pu être mesurées chez quelques espèces. On estime ainsi que les individus de ce groupe peuvent entendre des sons allant d'environ 200 Hz à 180 kHz. Ils présentent une sensibilité maximale pour des sons d'une centaine de kHz, pour lesquels leur seuil d'audition semble être compris entre 30 et 60 dB.

LES EFFETS DE LA POLLUTION ACOUSTIQUE CAUSEE PAR LES SOURCES SISMIQUES SUR LES CETACES

UNE SENSIBILITE ET DES REACTIONS VARIABLES

L'essentiel de l'énergie produite par une source sismique se situe typiquement dans une bande de fréquences comprise entre 10 Hz et 200 Hz, avec un large pic autour de 20-120 Hz (Breitzke *et al.*, 2008). Le groupe d'espèces le plus sensible à ces ondes est donc celui des mysticètes (Figure 5). Cependant, chez les odontocètes, il faut souligner la très forte réactivité des baleines à bec et la difficulté de détection des grands plongeurs comme les cachalots et les baleines à bec. Ces animaux peuvent se trouver en chasse à de grandes profondeurs au moment où la source sismique est mise en route, et être ainsi soumis à un niveau sonore dommageable lors de leur remontée vers la surface.

En plus de l'espèce, la sensibilité des animaux va dépendre de paramètres individuels tels que : leur état de santé, leur âge, l'activité dans laquelle ils sont engagés... Enfin, bien entendu, l'impact potentiel sera fonction du niveau sonore émis, de la distance à la source sonore, de la durée et de la fréquence des émissions, ou encore de la bathymétrie dans les eaux peu profondes.

Les différentes réactions connues sont présentées dans les paragraphes suivants.

II. GENERALITES

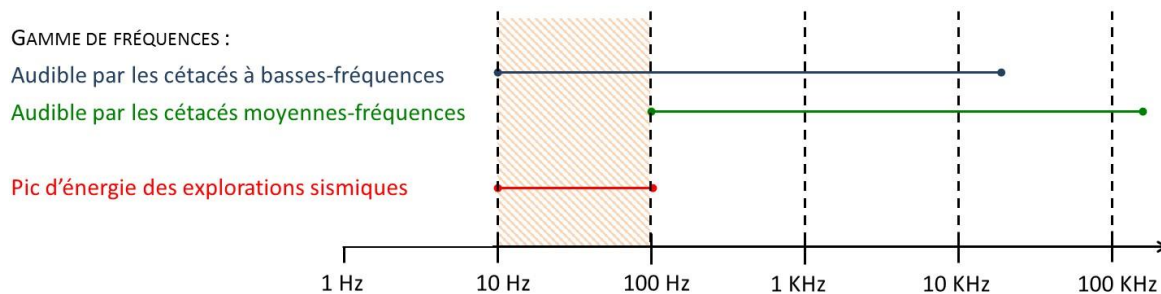


Figure 5 : Comparaison de la gamme de fréquences du pic d'énergie des sources acoustiques de l'exploration sismique pétrolière et des gammes de fréquences audibles par les cétacés à basses-fréquences (Mysticètes) et à moyennes-fréquences (Ziphiidés, cachalot et la plupart des Delphinidés)

TOLERANCE ET HABITUATION

Dans certains cas, les individus ne répondent pas à une émission sonore (tolérance) ou cessent progressivement d'y répondre lorsqu'elle est répétée (habituation). Ces cas de figure se présentent lorsque le son est de faible amplitude, ou ne rentre pas dans la bande passante audible de l'espèce, ou encore lorsque les coûts d'un déplacement de la population ou d'une modification de comportement sont trop élevés (Frisk *et al.*, 2003).

MASQUAGE

On utilise ce terme lorsqu'un bruit ambiant réduit l'aptitude d'un animal à percevoir les autres sons d'intérêt pour l'espèce. À court terme, le masquage réduit l'espace acoustiquement utilisable par un animal, l'oblige à modifier les fréquences des sons émis (Lesage *et al.*, 1999 ; Romanenko et Kitain, 1992 ; Thomas et Turl, 1990), ou à augmenter

l'amplitude des émissions sonores (Di Iorio and Clark, 2009 ; Holt *et al.*, 2009 ; Parks *et al.*, 2009). Ces réponses sont accompagnées d'un surcoût énergétique (Tyack 2008).

CHANGEMENT DE COMPORTEMENTS

Une réponse courante des cétacés à la pollution acoustique est la modification de leurs vocalisations. On observe aussi d'autres changements comportementaux tels que la modification de la durée des plongées, l'abandon de l'activité en cours, en particulier lorsqu'il s'agit de l'alimentation ou du repos, ou encore des comportements de fuite comme une augmentation de la vitesse de nage ou des déplacements erratiques (Bowles *et al.*, 1994 ; Hastie *et al.*, 2003 ; Lesage *et al.*, 1999 ; Williams *et al.*, 2002 ; Ng et Leung, 2003 ; Soto *et al.*, 2006). Ces modifications de comportements entraînent un surcoût énergétique pour les animaux.

REACTION D'EVITEMENT

Plusieurs exemples existent de déplacements temporaires de populations de cétacés durant la réalisation d'une activité bruyante (revu dans Frisk *et al.*, 2003). Comme les modifications comportementales, ces déplacements vers des habitats souvent moins favorables ont un coût pour les animaux (Koper et Plön, 2012).

PERTES D'AUDITION TEMPORAIRE ET PERMANENTE

Une pression acoustique importante peut provoquer une perte partielle d'audition en endommageant les cellules ciliées de la cochlée (qui transforment l'énergie acoustique en influx nerveux). Lorsque les cellules ciliées sont endommagées, si la durée du son et son amplitude sont en dessous de seuils limites, elles seront restaurées. On observe dans ce cas une perte partielle et temporaire d'audition (TTS). En dessus de ces seuils limites de temps et d'amplitude, les cellules ciliées sont définitivement détruites et on aura une perte d'audition permanente (PTS).

Dans le cas des cétacés, il existe aujourd'hui quelques données sur le type de sons capable d'induire une perte d'audition temporaire mais rien n'est disponible pour les pertes d'audition permanentes (Southall *et al.*, 2007). Les seuils les plus fréquemment utilisés sont les seuils de Southall *et al.* (2007), qui sont aussi ceux retenus par l'IFREMER (Ducatel *et al.*, 2016 ; Lurton, 2013). Southall *et al.* (2007) distinguent, pour les cétacés à basse et à moyenne fréquences, un

seuil de perte temporaire d'audition à 224 dB re1 μ Pa (en niveau sonore de crête) et un seuil de perte d'audition permanente de 230 dB re1 μ Pa (en niveau sonore de crête). Ces seuils sont en cours d'actualisation par la NOAA.

IMPACTS SUR LE LONG-TERME

Les effets décrits dans les paragraphes précédents entraînent un surcoût énergétique (Koper et Plön, 2012 ; Tyack, 2008) et potentiellement du stress (Wright *et al.*, 2007 ; Rolland *et al.*, 2012). Cela peut avoir des conséquences à long-terme sur les populations comme un déplacement permanent, une baisse de la croissance, de la reproduction ou encore de la survie. Ce phénomène n'a encore jamais été démontré chez les cétacés dans le cas de la pollution acoustique mais il l'a été pour d'autres activités anthropiques jugées initialement inoffensives comme le tourisme baleinier (ex : Bejder *et al.*, 2006 ; Higham et Bejder, 2008 ; Lusseau *et al.*, 2006).

LESIONS SEVERES ET MORTALITE

Dans les cas extrêmes, les sons de très fortes amplitudes, tels que les sonars militaires, sont capables de causer la mort en induisant des embolies chez les baleines à bec (Dolman et Simmonds, 2006). Ce phénomène n'a jamais été mis en évidence dans le cas d'études sismiques.

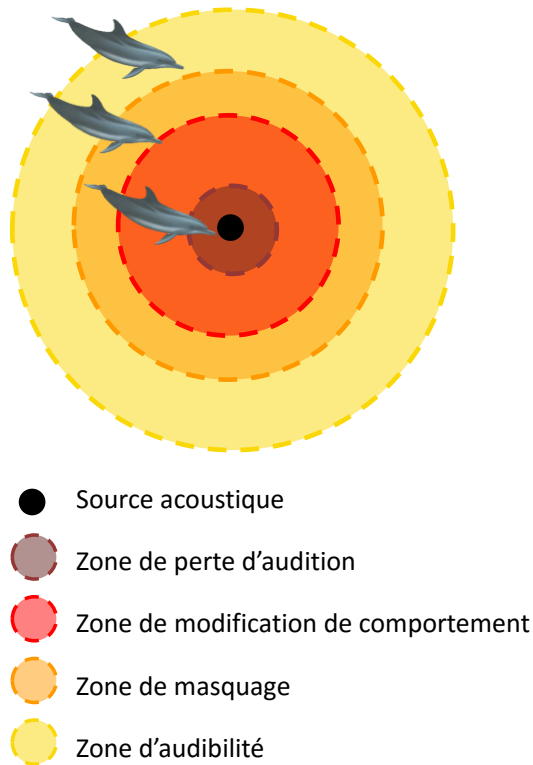


Figure 6 : Impact d'une source acoustique sur les cétacés en fonction de la distance. Les distances varient en fonction de l'espèce, de l'individu, des caractéristiques de la source et du milieu et sont loin d'être définies pour chaque cas.

MESURES DE MITIGATIONS

Afin de limiter l'impact de l'exploration sismique sur les cétacés, plusieurs pays proposent aux opérateurs une liste de mesures qu'ils doivent ou sont fortement encouragés à prendre, de manière à obtenir une autorisation. C'est par exemple le cas en Grande Bretagne, au Canada, en Australie, aux États-Unis, ou encore en Nouvelle Zélande.

Ces mesures sont pour la plupart issues des principales lignes directrices utilisées comme référence à l'international : celles du *Joint Nature Conservation Committee*, un organisme indépendant qui conseille le Gouvernement Britannique sur les questions relatives à la conservation de la nature (JNCC, 2010), celles de l'Accord sur la conservation des petits cétacés de la mer Baltique, du nord-est de l'Atlantique et des mers d'Irlande et du Nord (ACCOBAMS, 2010) et celle de l'Association internationale des Observateurs embarqués pour la surveillance des Mammifères Marins pendant les campagnes sismiques (MMOA, 2012).

Ces mesures sont de trois ordre : celles visant à organiser au mieux les campagnes dans le temps et l'espace, celles visant à limiter l'impact des ondes sismiques durant les campagnes (par exemple : mise en place d'une surveillance par des observateurs, limiter l'activité la nuit...) et celles visant à assurer le suivi des populations impactées.

4. EVALUATION DES EFFETS DE LA POLLUTION ACOUSTIQUE CAUSEE PAR LES SOURCES SISMIQUES SUR LES CETACES EN GUYANE

METHODE

Afin d'évaluer l'amplitude potentielle des effets de la pollution acoustique causée par l'exploration sismique sur les cétacés en Guyane, une matrice a été constituée, comprenant huit groupes d'espèces et plusieurs scénarios.

L'amplitude potentielle des effets de la pollution acoustique causée par l'exploration sismique a été évaluée pour chaque groupe d'espèces, à partir des informations présentées dans les paragraphes précédents. Les effets ont été classés selon trois niveaux d'amplitude : effet négligeable, effet modéré, effet majeur.

Effet négligeable : il est peu probable qu'il y ait des effets négatifs quantifiables sur l'espèce considérée en Guyane.

Effet modéré : il peut y avoir des effets négatifs quantifiables mais il est peu vraisemblable qu'ils soient à l'origine de la destruction, de la mutilation d'individus, ou d'une perturbation intentionnelle significative, ou encore de la destruction, l'altération, la dégradation des sites de reproduction et des aires de repos d'une manière qui compromette la conservation de l'espèce. Par exemple : modification notable

mais de court terme des comportements ou de la distribution.

Effet majeur : il peut y avoir des effets négatifs quantifiables qui sont susceptibles d'être à l'origine de la destruction, de la mutilation d'individus, ou d'une perturbation intentionnelle significative, ou encore de la destruction, l'altération, la dégradation des sites de reproduction et des aires de repos d'une manière qui compromette la conservation de l'espèce considérée.

Les huit groupes d'espèces ont été déterminés à partir des données disponibles à l'heure actuelle (Bordin *et al.*, 2012 ; Hardman, 2010 ; Shell, 2012a et b ; Van Canneyt *et al.*, 2009) sur les cétacés en Guyane : la présence des espèces dans le milieu, leur classification, leur habitat et leur profondeur de plongée. Ces groupes sont :

- Les rorquals : il s'agit d'espèces observées occasionnellement en Guyane, non résidentes, et distribuées essentiellement dans le secteur océanique et au niveau du talus. Ces mysticètes appartiennent au groupe des cétacés à basses-fréquences qui sont les plus sensibles aux fréquences émises par les sources

II. GENERALITES

sismiques. Deux espèces appartenant à ce groupe ont été identifiées en Guyane : le rorqual commun et le rorqual bleu. Toutes deux sont menacées (classées dans la catégorie en danger de l'UICN).

- La baleine à bosse : ce mysticète est observé occasionnellement en Guyane. Il est non résident, et distribué essentiellement dans le secteur océanique et au niveau du talus. Des couples mère-petits ont été observés.
- Le cachalot : cet odontocète est régulièrement observé en Guyane, essentiellement dans le secteur océanique et au niveau du talus. Des couples mère-petits ont été observés et il est possible que certains groupes soient résidents. Le cachalot est capable de plonger à plus de 1000 m de profondeur et peut rester sous l'eau plus d'une heure ; il est donc particulièrement difficile à détecter ce qui peut être à l'origine d'accidents lorsque les sources sismiques sont en activité. L'espèce est menacée (catégorie Vulnérable de l'UICN).
- Les baleines à bec : ces odontocètes sont occasionnellement observés en Guyane, essentiellement dans le secteur océanique et au niveau du talus. Il est possible que certains groupes soient résidents. Comme le cachalot, les baleines à bec sont des grands plongeurs.
- Les grands delphinidés océaniques : ce groupe comprend le

glocéphale, le pseudorque et le dauphin de Risso. Ces espèces sont occasionnellement observées en Guyane, essentiellement dans le secteur océanique et au niveau du talus. Il est probable que certains groupes soient résidents.

- Les petits delphinidés océaniques : ce groupe comprend les petits delphinidés qui sont fréquemment observés en milieu océanique ou au niveau du tombant (le péponocéphale, les *Stenella spp.*, le dauphin commun, le sténo et le dauphin de Fraser). Il est probable que certains groupes de ces espèces soient résidents.
- Les delphinidés du plateau : ce groupe comprend le grand dauphin, le dauphin tacheté de l'Atlantique, le dauphin commun à long-bec et le sténo, qui sont fréquemment observés sur le plateau continental, au-delà du secteur côtier. Il est très probable que certains groupes soient résidents.
- Le dauphin de Guyane : cette espèce est fréquemment observée dans la bande côtière et est très probablement résidente pour au moins une partie de sa population. Le dauphin de Guyane est menacé en Guyane (Pusineri et Berzins, 2016).

Deux scénarios ont été construits : un scénario sans mesures de mitigation et un scénario avec des mesures de mitigation similaires à celle préconisées dans le présent document.

EVALUATION

L'effet de la pollution acoustique causée par l'exploration sismique pétrolière a été évalué pour chaque groupe d'espèces, en fonction des différents scénarios, et à partir des informations présentées dans les chapitres précédents. Les données disponibles sur les populations de cétacés présentes en Guyane et sur l'impact à long-terme des sources sismiques sur ces animaux étant encore limitées, cette évaluation s'appuie sur le principe de précaution.

Dans le cas où aucune mesure de limitation des impacts ne serait prise, l'effet a été considéré comme :

- Majeur pour les rorquals (mysticètes menacés) ainsi que le cachalot (odontocète menacé, résident et grand plongeur) et les baleines à bec (odontocètes résidents et grands plongeurs).
- Modéré pour la baleine à bosse, (mysticète non résident et non menacé).
- Majeur à modéré, pour les delphinidés océaniques et du plateau, en fonction des caractéristiques des populations (habitats préférentiels,

saisonnalité...) mais aussi de la campagne (durée, secteur géographique, puissance de la source sismique...). Les delphinidés sont moins sensibles aux fréquences émises par les ondes sismiques mais ils sont présents à l'année dans la ZEE.

- Majeur à négligeable pour le dauphin de Guyane (delphinidé côtier et menacé), en fonction du secteur géographique où est conduite la campagne (l'effet sera majeur si la campagne se déroule près du secteur côtier et négligeable sinon).

Dans le cas où des mesures de réduction des impacts sont mises en place, l'effet peut être considéré comme :

- Majeur à modéré, en fonction des caractéristiques des populations et de la campagne, pour les rorquals, le cachalot et les baleines à bec.
- Modéré pour la baleine à bosse ainsi que les delphinidés océaniques et du plateau.
- Majeur à négligeable pour le dauphin de Guyane, en fonction du secteur géographique où la campagne se déroule.

II. GENERALITES

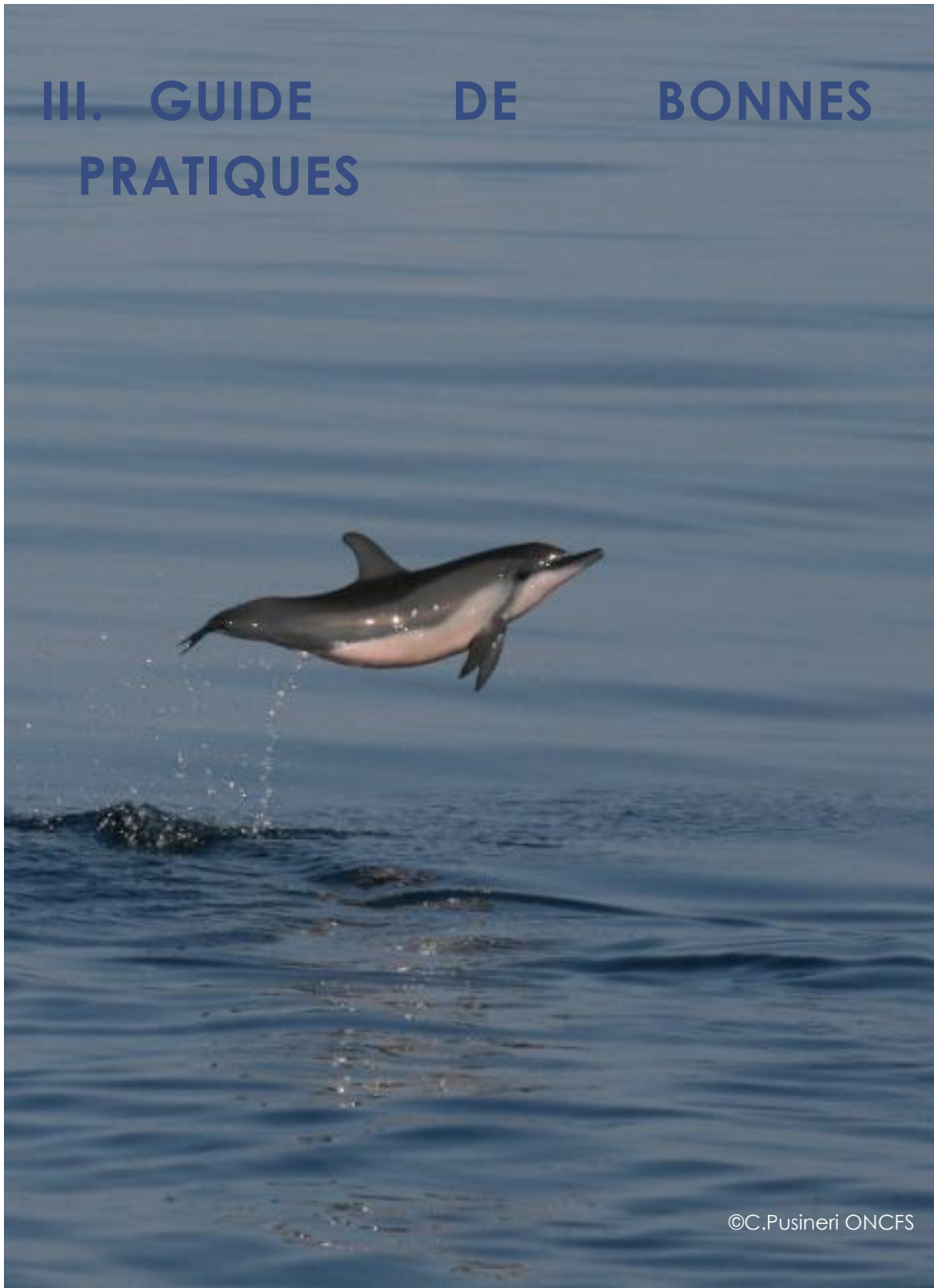
Tableau 2 : Évaluation des effets de la pollution acoustique causée par l'exploration sismique pétrolière sur les cétacés en Guyane

Groupe d'espèces	Sans mesures de limitation des impacts	Avec des mesures de limitation des impacts similaires à celles préconisées dans le présent document.
Les rorquals	Majeur	Majeur à modéré
Baleine à bosse	Modéré	Modéré
Le cachalot	Majeur	Majeur à modéré
Les baleines à bec	Majeur	Majeur à modéré
Grands delphinidés océaniques	Majeur à modéré	Modéré
Petits delphinidés océaniques	Majeur à modéré	Modéré
Delphinidés du plateau continental	Majeur à modéré	Modéré
Dauphin de Guyane	Majeur à négligeable	Majeur à négligeable



Figure 7 : Navire d'exploration sismique ©GHFS

III. GUIDE DE BONNES PRATIQUES



Jeune dauphin à long bec (*Stenella longirostris*), une des espèces les plus fréquentes sur le talus en Guyane

Le présent guide est organisé en 12 fiches présentées brièvement ci-dessous.

FICHE N°1

La première fiche rappelle les éléments essentiels à retenir sur le contexte en Guyane pour bien appréhender les mesures préconisées.

FICHES N°2 A 11 : MESURES DE MITIGATION POUR LES CETACES

Les mesures ont été rassemblées par thématiques :

- Fiche 2 : Document d'évaluation des impacts environnementaux
- Fiche 3 : Planification de la campagne
- Fiche 4 : Caractéristiques de la source sonore
- Fiche 5 : Certification des observateurs et opérateurs acoustique
- Fiche 6 : Zone d'exclusion
- Fiche 7 : Organisation du travail des observateurs et des opérateurs acoustique
- Fiche 8 : Protocole de (re)démarrage de la source acoustique
- Fiche 9 : Gestion de la source sonore pendant les changements de ligne
- Fiche 10 : Données collectées par les observateurs
- Fiche 11 : Suivi des populations de cétacés

Dans chaque fiche, on trouve :

- La définition et les objectifs des mesures ;
- les préconisations des principaux guides de bonnes pratiques utilisés comme référence à l'international (JNCC, 2010 et ACCOBAMS, 2010) ainsi que les préconisations du MMOA (Marine Mammal Observer Association, 2012) et les mesures préconisées par le projet MamaCocoSea pour la région des Guyanes (GHFS et WWF, 2015) ;
- la liste des préconisations pour la Guyane.

FICHE N°12 : MESURES DE MITIGATION POUR LES TORTUES MARINES ET LES OISEAUX MARINS

On trouve dans cette fiche :

- La définition et les objectifs des mesures ;
- L'essentiel du contexte en Guyane concernant les tortues marines et les oiseaux de mer ;
- les préconisations des principaux guides de bonnes pratiques qui prennent en compte les tortues marines (guide du Brésil, du Canada, des États-Unis) ainsi que les mesures préconisées par le projet MamaCocoSea pour la région des Guyanes (GHFS et WWF, 2015) ;
- la liste des préconisations pour la Guyane.

FICHE N°1 : L'ESSENTIEL DU CONTEXTE EN GUYANE

UNE COMMUNAUTE DE CETACES REMARQUABLE MAIS MENACEE

La Guyane présente un contexte particulier, avec une diversité et une abondance de cétacés élevées pour une région tropicale, avec 23 espèces identifiées dont 17 avec certitude et trois fois plus de groupes d'animaux détectés que dans les Antilles françaises. Cependant, les pressions d'origine anthropique se développent avec notamment les captures accidentelles dans les filets de pêche, la pollution des eaux côtières, et l'exploration pétrolière.

UN STATUT DE PROTECTION FORT

En termes réglementaires, l'Arrêté ministériel du 1er juillet 2011 fixant la liste des mammifères marins protégés sur le territoire national et les modalités de leur protection, interdit entre autre : « La destruction, la mutilation, la capture ou l'enlèvement intentionnels incluant les prélèvements biologiques, la perturbation intentionnelle incluant la poursuite ou le harcèlement des animaux dans le milieu naturel. La destruction, l'altération ou la dégradation des sites de reproduction et des aires de repos des animaux. Ces interdictions s'appliquent aux éléments physiques ou biologiques réputés nécessaires à la reproduction ou au repos de l'espèce considérée, aussi longtemps qu'ils sont effectivement

utilisés ou utilisables au cours des cycles successifs de reproduction ou de repos de cette espèce et pour autant que la destruction, l'altération ou la dégradation compromette la conservation de l'espèce en remettant en cause le bon accomplissement des cycles biologiques. ». Cette réglementation s'applique à l'ensemble des mammifères marins présents en Guyane.

DES ESPECES PEU CONNUES

L'espèce de mammifère marin la plus étudiée de Guyane est le petit delphinidé côtier appelé dauphin de Guyane. Plus au large, les données disponibles proviennent d'une campagne de survol aérien réalisée en 2008 au-dessus de l'ensemble de la ZEE, de campagnes par bateau réalisée jusqu'au tombant en 2012 et des données collectées par les observateurs embarqués à bord des navires d'exploration sismique (2009-2010 et 2012).

LES DIFFERENTS MILIEUX

On distingue dans la ZEE de Guyane quatre milieux qui présentent des cortèges d'espèces de cétacés bien différenciés (Tableau 1, Figure 8) :

Le milieu côtier, de la côte à la bathymétrie des 20 m, est fortement influencé par les eaux amazoniennes. Il est essentiellement fréquenté par le dauphin de Guyane.

Le plateau continental, compris entre les bathymétries 20 m et 100 m, est lui aussi influencé par les eaux amazoniennes mais dans une moindre mesure. Il est fréquenté par une communauté de cétacés largement dominée par les delphinidés.

Le talus est compris entre les bathymétries 100 m à 3000 m. À son niveau, le plateau continental plonge vers le milieu océanique, selon une pente abrupte à l'Est (sur quelques dizaines de km) et plus douce à l'Ouest (sur plus de 100 km). Ce secteur est fréquenté par plusieurs espèces de delphinidés mais aussi par les grands plongeurs (cachalots et baleines à bec) et par les mysticètes, et en particulier les rorquals.

Le milieu océanique, à partir de la bathymétrie des 3000 m, est fréquenté par un cortège d'espèces similaire à celui du talus.

LES ZONES A FORTS ENJEUX DE CONSERVATION POUR LES CETACES

Il n'existe pas encore de données sur la saisonnalité ou l'utilisation précise des habitats par les cétacés en Guyane, mais deux zones à forts enjeux de conservation ont été identifiées pour ce groupe d'espèces :

- Le talus, qui présente les plus fortes densités de cétacés en général, et en particulier de grands plongeurs (cachalots et ziphiidés) et d'espèces menacées (cachalots et rorquals). S'appuyant en partie sur la présence de ces espèces, une

ZNIEFF-mer de type II a été établie dans la partie Est du talus (Figure 8), où la pente est la plus abrupte.

- Le milieu côtier, qui est l'habitat privilégié du dauphin de Guyane, espèce elle-aussi menacée. Une ZNIEFF-mer de type II a été établie sur l'ensemble du milieu côtier (Figure 8) qui s'appuie en partie sur la présence de cette espèce. À l'Est de la ZNIEFF, se trouve la Réserve Naturelle Nationale de l'île du Grand Connétable

L'IMPACT DE L'EXPLORATION SISMIQUE SUR LES CETACES EN GUYANE

L'analyse bibliographique portant sur l'impact des activités pétrolières sur les cétacés en Guyane (Pusineri *et al.*, 2014) montre que les effets de la pollution acoustique causée par les campagnes d'exploration sismique pétrolière sur les cétacés en Guyane peuvent être considérés comme majeurs pour la plupart des espèces si les mesures de mitigation mises en place sont insuffisantes, en particulier pour les rorquals, le cachalot, les baleines à bec et le dauphin de Guyane.

Le document préconise donc de renforcer les mesures de mitigation pour les prochaines campagnes, et en particulier d'améliorer leur encadrement en amont (étude d'impact et planification) et en aval (suivi des populations).

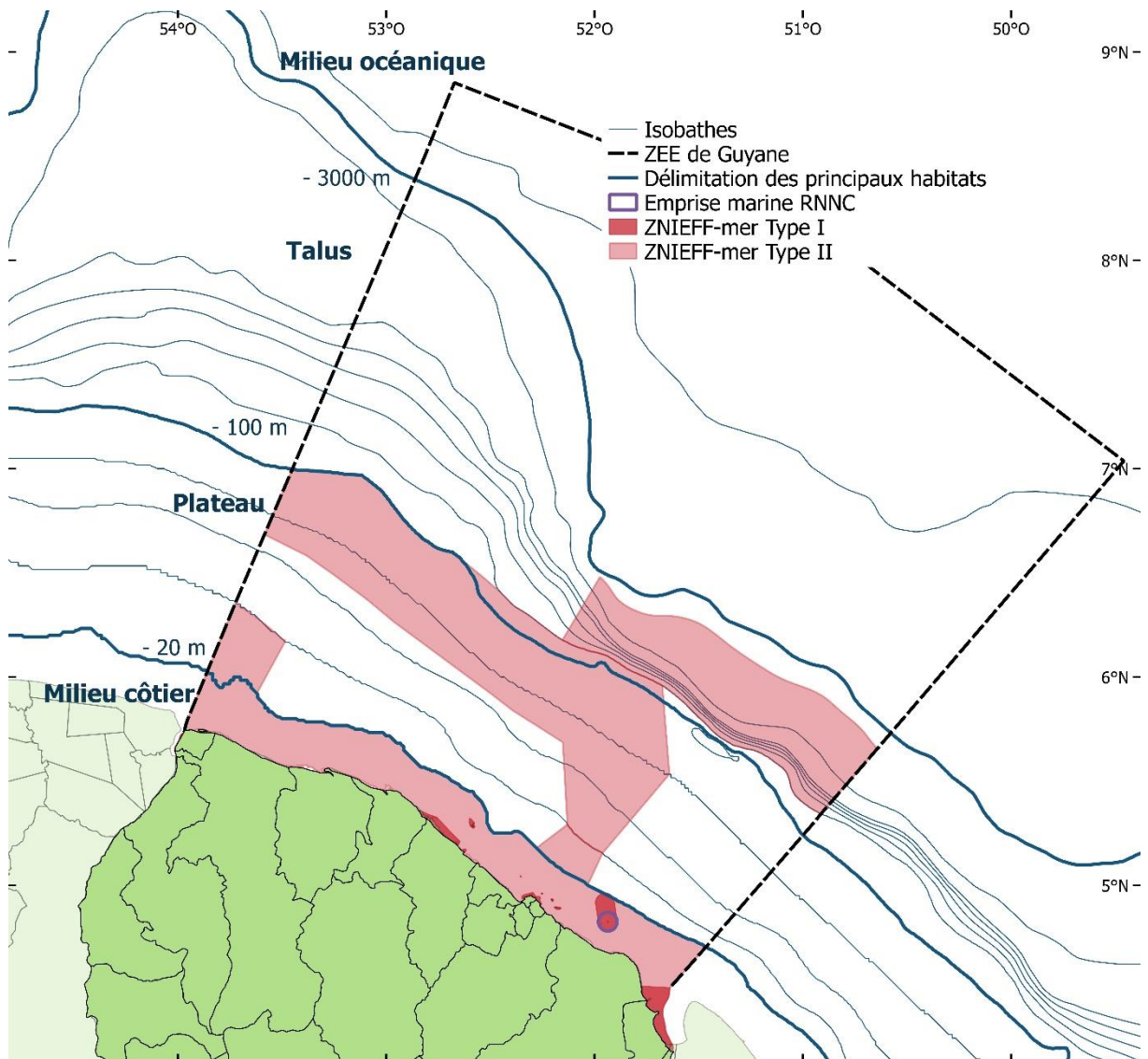


Figure 8 : les différents habitats de la ZEE de Guyane, les ZNIEFF-mer et la Réserve Naturelle Nationale du Grand Connétable

FICHE N°2 : DOCUMENT D'ÉVALUATION DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

DEFINITION ET OBJECTIFS

Dans le cas des campagnes sismiques, la déclaration d'ouverture de travaux doit être assortie d'une notice d'impact qui doit indiquer les incidences éventuelles des travaux projetés sur l'environnement et les conditions dans lesquelles l'opération projetée prend en compte les enjeux environnementaux. Dans le cas des mammifères marins, il s'agit donc d'évaluer les impacts de la pollution acoustique sur les populations de cétacés et de présenter les mesures visant à les éviter, et lorsque cela n'est pas possible, les réduire ou enfin les compenser.

CE QUI EST PRECONISE AILLEURS

Contenu du document d'évaluation des impacts environnementaux	ACCOBAMS	JNCC	MMOA	MAMACOCOSEA
Caractéristiques des espèces présentes, de leur distribution, de leur saisonnalité...	X	X	X	X
Caractéristiques de la propagation du son dans le milieu	X		X	X
Évaluation de l'impact de la source acoustique sur les espèces présentes	X	X	X	X
Évaluation de l'impact cumulé de l'ensemble des menaces d'origine anthropique	X		X	
Organisation spatiale et temporelle des activités, de manière à limiter l'impact sur les habitats sensibles et/ou durant les périodes les plus sensibles pour les animaux	X		X	
Une liste de mesures de mitigation à mettre en place durant la campagne sismique	X		X	

PRECONISATIONS POUR LA GUYANE

–Il est préconisé que le document d'évaluation des impacts environnementaux comporte un chapitre sur les mammifères marins développé avec :

- Une présentation à jour et aussi détaillée que possible (dans la limite des données disponibles) des espèces présentes : fréquentation de la zone impactée, habitat préférentiel, saisonnalité.
- Les caractéristiques acoustiques de la source sismique (volume, nombre de canons, pression pic max, niveau sonore émis, niveau d'exposition sonore pour un tir, cadence des tirs et niveau d'exposition sonore cumulé) et la zone d'exclusion (ZE) proposée pour les mammifères marins (voir fiche N°6 pour le calcul de la ZE).
- Les caractéristiques de la propagation du son dans le milieu ciblé par la campagne.
- Une évaluation de l'impact de la source acoustique sur les groupes d'espèces présents dans la région impactée.
- Une organisation spatiale et temporelle de la campagne visant à limiter l'impact sur les mammifères marins.
- Les mesures de mitigation qui seront mises en œuvre pendant le déroulement de la campagne pour limiter son impact sur les mammifères marins.

–Le document doit prendre en compte l'ensemble des espèces présentes dans la région impactée mais doit porter une attention particulière aux espèces les plus menacées par la sismique (Tableau 2) : rorquals, cachalots et baleines à bec au niveau du talus et du milieu océanique (fonds > 100 m) et dauphin de Guyane dans le milieu côtier (fonds inférieurs à 20 m).

–Lorsque peu de données sont disponibles, les opérateurs pétroliers sont fortement encouragés à soutenir la réalisation d'études indépendantes sur les mammifères marins de la région impactée.

FICHE N°3 : PLANIFICATION DE LA CAMPAGNE

DEFINITION ET OBJECTIFS

Pour plusieurs auteurs, l'organisation spatiale et temporelle des activités constitue la mesure la plus simple et la plus efficace pour limiter l'impact des activités sur le milieu (Compton *et al.*, 2008 ; MMOA, 2012 ; Nowacek *et al.*, 2013 ; Weir et Dolman, 2007). Cette planification en amont, présentée dans le document d'évaluation des impacts environnementaux, vise les zones à forts enjeux de conservation pour les cétacés (Koper et Plön, 2012) :

- les habitats essentiels aux espèces menacées,
- les régions caractérisées par de fortes densités d'espèces menacées,
- les régions caractérisées par une forte diversité d'espèces,
- les régions couvrant une proportion importante des habitats de nourrissage ou de reproduction d'une espèce,
- les routes migratoires,
- les régions fermées.

CE QUI EST PRECONISE AILLEURS

ACCOBAMS	JNCC	MMOA	MAMACOCOSEA
La campagne doit être organisée de manière à éviter les habitats préférentiels des cétacés, les zones fermées, les zones à fortes densités et les routes migratoires. Des zones tampons doivent être définies autour de ces habitats.	La campagne doit être organisée de manière à minimiser les taux de rencontre avec les mammifères marins.	La campagne doit être organisée de manière à minimiser les risques de blessures et de perturbation des mammifères marins, y compris les risques de déplacements des habitats critiques.	La campagne ne doit pas être organisée dans des zones ou à des périodes où il est probable que des cétacés se reproduisent, se reposent, s'alimentent ou migrent.

PRECONISATIONS POUR LA GUYANE

- Les campagnes d'exploration sismique ne doivent pas se dérouler dans la ZNIEFF II côtière (zone fermée et habitat du dauphin de Guyane, Figure 8) ni dans la ZNIEFF II du talus (fortes diversité et densité d'espèces et habitat essentiel d'espèces menacées).
- À partir des fonds de 100 m, un protocole de mitigation adapté à la présence de grands plongeurs doit être prévu (ex : temps de recherche pré-tir de 60 min, limiter au maximum le démarrage de la source sismique la nuit ou par mauvais temps).



Figure 9 : le cachalot (*Physeter macrocephalus*) et la baleine à bec de Blainville (*Mesoplodon densirostris*), deux grands plongeurs caractéristiques des grands fonds et particulièrement sensibles à la pollution sonore produite par la sismique.

FICHE N°4 : CARACTERISTIQUES DE LA SOURCE SONORE

DEFINITION ET OBJECTIFS

Afin de limiter l'impact des ondes sismiques sur le milieu, la mesure la plus immédiate est de limiter au mieux leur puissance, dans la limite des besoins de l'étude. Certaines techniques permettent aussi de modifier à la marge les caractéristiques de la source acoustique sans diminuer son efficacité, de manière à limiter au maximum son impact sur les mammifères marins. Il s'agit en particulier de limiter la propagation horizontale des ondes sismiques et de limiter l'émission des hautes fréquences inutiles.

CE QUI EST PRECONISE AILLEURS

ACCOBAMS	JNCC	MMOA	MAMACOCOSEA
Utiliser la source d'énergie la plus faible possible. Limiter la propagation horizontale et les hautes fréquences inutiles.	Utiliser la source d'énergie la plus faible possible. Utiliser des méthodes permettant de réduire la production inutile de hautes fréquences.	Utiliser la source d'énergie la plus faible possible.	Utiliser la source d'énergie la plus faible possible.

PRECONISATIONS POUR LA GUYANE

- Utiliser la source d'énergie la plus faible possible, dans les limites des besoins de l'étude.
- Limiter au maximum la propagation horizontale des ondes sonores.
- Limiter au maximum la production de hautes fréquences inutiles.
- Présenter en détail les mesures correspondantes dans un chapitre spécifique du document d'évaluation des impacts environnementaux.

FICHE N°5 : CERTIFICATION DES OBSERVATEURS ET DES OPERATEURS ACOUSTIQUE

DEFINITIONS ET OBJECTIFS

Pendant les campagnes d'exploration sismique, le suivi des mammifères marins est assuré par des observateurs embarqués, qui assurent une surveillance visuelle (Marine Mammal Observers, MMO), et des opérateurs acoustiques, qui assurent un suivi par acoustique passive (Passive Acoustic Monitoring, PAM). Le système PAM vient compléter les observations visuelles ; il est particulièrement intéressant pour détecter les cétacés grands plongeurs mais aussi la nuit et par mauvais temps. Cependant, il ne peut remplacer les observations visuelles à l'heure actuelle car il présente des limitations technologiques qui ne permettent pas une localisation ni une identification précises des animaux. Il s'agit d'employer les personnes les plus performantes possibles pour assurer au mieux ce travail de surveillance. Étant donné le manque de connaissances existant sur les mammifères marins en Guyane, il est aussi important que ces personnes soient qualifiées pour la collecte de données à des fins scientifiques.

CE QUI EST PRECONISE AILLEURS

ACCOBAMS	JNCC	MMOA	MAMACOCOSEA
Les MMO et les opérateurs PAM doivent être qualifiés et expérimentés.	Les MMO et les opérateurs PAM doivent avoir suivi une formation reconnue par le JNCC.	Les MMO et les opérateurs PAM doivent avoir suivi une formation reconnue par le JNCC et doivent être expérimentés (>20 semaines en tant que MMO ou opérateurs PAM). Une liste des qualifications requises est donnée (Encart 1)	Les MMO et les opérateurs PAM doivent être indépendants et avoir reçu une formation reconnue. Une partie d'entre eux au moins doit être expérimentée (> 3 ans comme MMO ou >10 ans dans la recherche sur les mammifères marins). Ils doivent avoir de bonnes capacités de communication, de travail en équipe et de prise de décision.

PRECONISATIONS POUR LA GUYANE

- L'équipe doit comprendre au moins un MMO et un opérateur PAM :
 - Séniors ;
 - qui ont suivi et validé une formation reconnue (ex : JNCC, MMO) ;
 - qui ont une expérience dans la reconnaissance visuelle et/ou acoustique des espèces présentes.
- Tous les MMO et les opérateurs PAM doivent être indépendants.
- L'employeur doit s'assurer sur la base du CV et de l'entretien d'embauche que tous les MMO et les opérateurs PAM ont les qualités listées par la MMOA (2012, Encart 1).

Encart 1 : Qualification des observateurs embarqués et des opérateurs acoustique (MMOA, 2012)

- Bonne aptitude à rester concentré en effort d'observation sur de longues durées, cela pour plusieurs semaines.
- Bonnes connaissances et compréhension des mesures de mitigation à mettre en œuvre.
- Aptitude à prendre des décisions rapidement et à transmettre les informations à l'équipage de manière concise, polie, objective et ferme.
- Expérience dans la collecte de données scientifiques.
- Expérience en analyse basique des données et en rédaction de rapports.
- Aptitude à travailler en équipe et à communiquer.

En plus, pour les MMO :

- Bonne vision (avec ou sans verres correctifs).
- Aptitude à estimer correctement une distance en mer.

Pour les opérateurs PAM :

- Bonne audition
- Aptitude à assembler, déployer et configurer un équipement acoustique pour optimiser le ratio signal/bruit
- Aptitude à interpréter les logiciels d'acoustique pour détecter les animaux et estimer les distances.

FICHE N°6 : ZONE D'EXCLUSION

DEFINITION ET OBJECTIFS

La zone d'exclusion (ZE) est une surface circulaire, centrée sur la source sismique, et en dehors de laquelle on considère que la probabilité que les espèces considérées soient exposées à des dommages auditifs temporaires ou permanents est négligeable. Cette zone d'exclusion est variable en fonction de la source sismique considérée, du milieu et des seuils de risques d'atteintes physiologiques des espèces considérées. L'objectif est que les espèces que l'on souhaite protéger ne pénètrent pas dans ce cercle lorsque la source sonore est active, phase de démarrage comprise. Elle est surveillée par des observateurs embarqués (MMO) et des opérateurs acoustique.

CE QUI EST PRECONISE AILLEURS

	ACCOBAMS/MMOA	JNCC	MAMACOCOSEA
Rayon de la ZE	Définir pour la zone d'exclusion une base scientifique et préventive adaptée au contexte local (espèces, classes d'âge, comportement, source sonore, caractéristiques physiques du milieu...).	La ZE est de 500 m autour de la source sonore.	Il est proposé la mise en place de trois zones : (1) une zone de surveillance >3km, (2) une ZE de 1-2 km, pour la phase de recherche pré-tir, et (3) une ZE de 500 m lorsque la source sonore est active.
Conditions d'arrêt de la source sonore	Arrêter la source sonore à chaque fois qu'un cétacé est vu en train de pénétrer la ZE.	Arrêter la source sonore à chaque fois qu'un cétacé est vu en train de pénétrer la ZE pendant la phase de recherche pré-tir seulement.	Arrêter la source sonore à chaque fois qu'un cétacé est vu en train de pénétrer la ZE.

PRECONISATIONS POUR LA GUYANE

- Toutes les espèces de mammifères marins sont concernées.
- La zone d'exclusion doit être définie à partir d'un modèle d'émission et de propagation qui prend en compte (p. ex. Ducatel *et al.*, 2016) :
 - Les caractéristiques de la source considérée, notamment le niveau sonore émis et le niveau d'exposition sonore pour un tir.
 - La bathymétrie dans les eaux peu profondes.
 - L'aspect pulsatile des émissions sonores (cadence des tirs et niveau d'exposition sonore cumulé).
 - Les seuils les plus récents de perte d'audition temporaire chez les mammifères marins validés par la communauté scientifique (à l'heure actuelle Southall *et al.*, 2007 reste la référence pour la plupart des guides de bonnes pratiques mais ce travail est en cours d'actualisation par la NOAA).
 - Les espèces présentes.
- Il est préconisé d'arrêter la source sonore à chaque fois qu'un mammifère marin est vu en train de pénétrer la ZE lorsque la source sonore est active (phase de démarrage comprise). Ensuite, le démarrage de la source acoustique doit suivre le protocole décrit dans la fiche correspondante (N°8).
- Il est préconisé de définir une zone d'alerte, d'un rayon égal à environ deux fois celui de la ZE et de maximum 2km, afin d'alerter l'équipage lorsque des mammifères marins se rapprochent de la ZE.

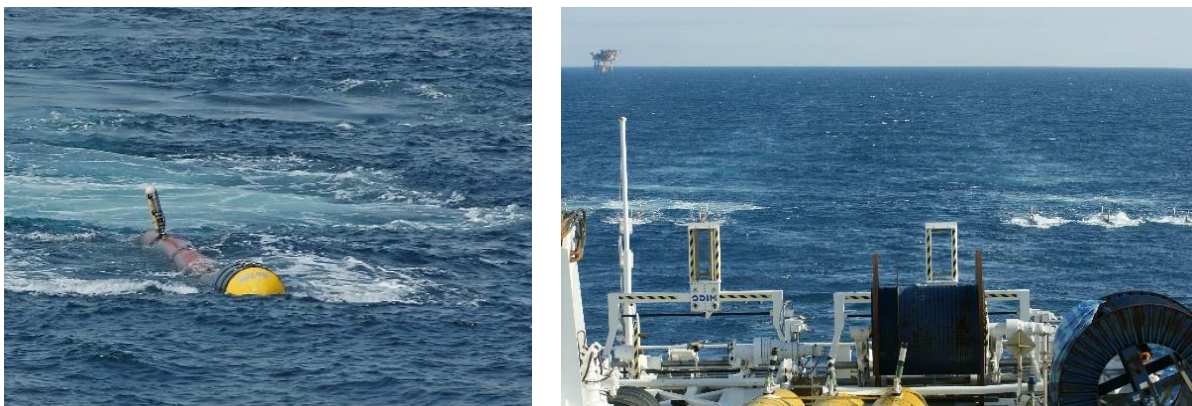


Figure 10 : Canons à air déployés ©GHFS

FICHE N°7 : ORGANISATION DU TRAVAIL DES OBSERVATEURS ET DES OPERATEURS ACOUSTIQUE

OBJECTIFS

Il s'agit, par des mesures simples, d'organiser au mieux le travail des MMO et des opérateurs PAM pendant les campagnes sismiques, de manière à ce qu'ils travaillent dans de bonnes conditions et soient le plus performant possible.

CE QUI EST PRECONISE AILLEURS

	ACCOBAMS	JNCC	MMOA	MAMACOCOSEA
Éléments à mettre à l'ordre du jour des réunions de travail amont	Informers les MMO et les opérateurs PAM des caractéristiques de la source sismique utilisée et des protocoles de mitigation.	Fournir aux MMO et aux opérateurs PAM les détails du déroulement de la campagne. Discuter de l'organisation de leur travail.	Clarifier les moyens de communication et la chaîne de commande entre les MMO/opérateurs PAM et les opérateurs de la source sismique. Clarifier les procédures pour rapporter toute infraction aux mesures de mitigation.	Informers l'ensemble des parties (client, observateurs, équipage...) des mesures de mitigation prévues.
Nombre de MMO et d'opérateurs PAM	Au moins deux MMO. Deux opérateurs PAM.	Un MMO. Présence d'un opérateur PAM optionnelle.	Plusieurs MMO. Plusieurs opérateurs PAM.	Deux MMO sur le navire d'exploration, un sur le navire de soutien. Un opérateur PAM.

III. GUIDE DE BONNES PRATIQUES

	ACCOBAMS	JNCC	MMOA	MAMACOCOSEA
Planification du travail	<p>Surveillance visuelle permanente le jour quand la source sonore est active. Organisation de quarts d'observation.</p> <p>Surveillance acoustique permanente si possible et obligatoire pour les opérations de nuit ou lorsque la visibilité est faible.</p>	<p>Surveillance visuelle obligatoire seulement pendant la phase de recherche pré-tir.</p> <p>Si une surveillance acoustique est prévue, elle doit être mise en œuvre pendant la phase de recherche pré-tir.</p>	<p>Surveillance visuelle et acoustique permanentes le jour quand la source sonore est active.</p> <p>Une surveillance visuelle peut être mise en place la nuit avec du matériel de vision nocturne.</p> <p>Pour la surveillance visuelle, organisation de quarts de deux heures suivis d'une pause d'une heure.</p>	<p>Surveillance visuelle permanente le jour quand la source sonore est active.</p> <p>Organisation de quarts d'observation de deux heures.</p> <p>Surveillance acoustique la nuit.</p>
Organisation logistique du travail		<p>Les observateurs doivent être situés sur la plateforme la plus haute possible et avoir une vue dégagée à 360 °.</p> <p>Ils doivent être équipés d'une paire de jumelles.</p>	<p>Les observateurs doivent être localisés sur le navire sismique à moins qu'une autre localisation leur permette d'être plus proches de la source sonore.</p>	<p>Si possible, organiser la surveillance acoustique sur un navire localisé en avant du navire sismique.</p>

PRECONISATIONS POUR LA GUYANE

- Prévoir une réunion de préparation de la campagne dédiée aux mesures de mitigation, avec : le client, l'équipage du navire sismique, les MMO et opérateurs PAM, et les services de l'État concernés. Durant cette réunion, les détails de la campagne et les moyens de communication avec l'équipage et le client seront fournis aux observateurs. L'organisation de leur travail et les mesures de mitigation seront présentées et discutées.
- Les MMO et opérateurs PAM trouveront une description des espèces de mammifères marins observés en Guyane sur le lien suivant : <http://www.faune-guyane.fr/>. Ils sont encouragés à consulter les experts locaux en la matière *via* la DEAL de Guyane qui pourra leur fournir les contacts.
- Il est préconisé d'embarquer trois MMO et deux opérateurs PAM.
- La surveillance visuelle doit être permanente le jour quand la source sonore est active (phases de démarrage incluses). Deux MMO seront en observation en permanence. Des quarts de 2 heures suivis d'une heure de pause doivent être organisés.
- La surveillance par acoustique passive doit être permanente de jour comme de nuit. Des rotations doivent être prévues pour s'assurer de la qualité du travail des opérateurs.
- Les MMO doivent être situés sur la plateforme la plus haute possible et avoir une vue dégagée à 360°. Ils doivent être équipés d'une paire de jumelles graduées.

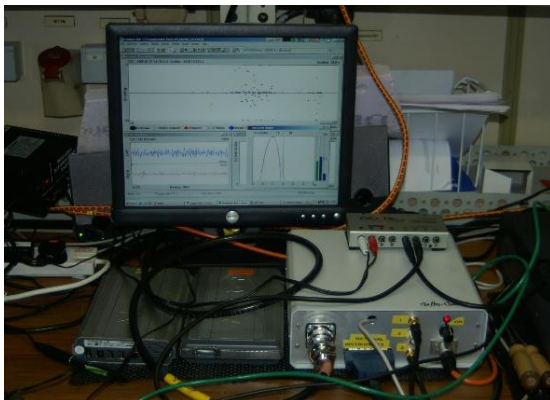


Figure 11 : Matériel de suivi acoustique ©GHFS

FICHE N°8 : PROTOCOLE DE (RE)DEMARRAGE DE LA SOURCE ACOUSTIQUE

DEFINITION ET OBJECTIFS

On considère que le risque que la source sismique blesse des mammifères marins est particulièrement important au moment de son démarrage. Un certain nombre de mesures sont donc préconisées pour minimiser ce risque :

- Avant le démarrage de la source sismique, une **recherche pré-tir** doit être mise en œuvre, qui peut être variable en fonction des espèces présentes dans le milieu. Pendant cette période, les MMO et les opérateurs PAM sont chargés de vérifier qu'aucun mammifère marin ne pénètre dans la zone d'exclusion (ZE) définie.
- Lorsque la source sonore a été arrêtée suite à l'observation de mammifères marins dans la ZE, ou lorsque des mammifères marins ont été observés dans la ZE pendant la phase de pré-tir, après la sortie des mammifères marins de la ZE (ou après leur dernière observation dans la ZE), il est préconisé d'attendre encore une courte **période tampon** avant de (re)démarrer la source. Là encore, cette période peut être variable en fonction des espèces présentes dans le milieu.
- A chaque fois que la source est mise en route, un **démarrage progressif** doit être mis en œuvre.
- Enfin, des précautions supplémentaires sont demandées lorsque la source sonore est démarrée **la nuit ou par mauvais temps**.

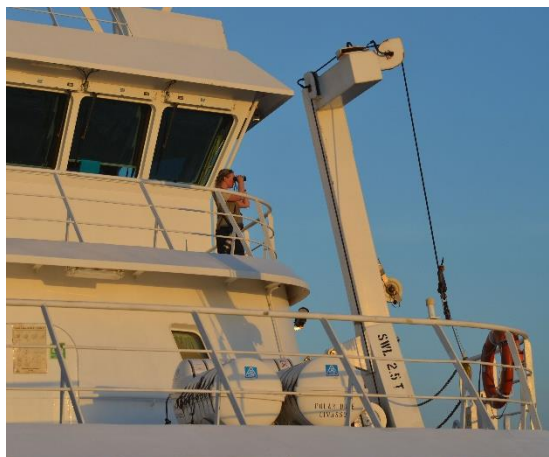


Figure 12 : Observateur embarqué ©GHFS

CE QUI EST PRECONISE AILLEURS

	ACCOBAMS	JNCC	MMOA	MAMACOCOSEA
Période de recherche pré-tir	30 min ou 120 min si présence de ziphiidés possible.	30 min ou 60 min sur des fonds > 200 m	30 min minimum.	30 min ou 60 min sur des fonds > 200 m
Période tampon	30 min après que les animaux aient quitté la ZE ou après leur dernière observation dans la ZE. 120 min s'il s'agit de ziphiidés	20 minutes après que les animaux aient quitté la ZE.	Elle doit être évaluée en fonction de la vitesse du navire et des espèces présentes dans la région.	30 min après que les animaux aient quitté la ZE ou après leur dernière observation. 60 min s'il s'agit de ziphiidés
Protocole de démarrage progressif	Augmenter la puissance acoustique progressivement pendant au moins 30 min.	Augmenter la puissance acoustique progressivement pendant 20 à 40 min.	Le temps de démarrage progressif doit être suffisant pour permettre aux animaux de se déplacer à une distance de la source sonore où ils se trouvent en sécurité.	Augmenter la puissance acoustique progressivement pendant 20 à 40 min.
Protocole de démarrage la nuit et par mauvais temps	Idéalement, le démarrage des canons à air devrait être interdit la nuit, et aux autres périodes de faible visibilité.	Idéalement, le démarrage de la source sonore doit être planifié de jour. Le démarrage de la source sonore de nuit ne doit être envisagé que lorsqu'une surveillance acoustique peut être mise en place.		Idéalement, le démarrage de la source sonore doit être planifié de jour.

PRECONISATIONS POUR LA GUYANE

- Avant le démarrage de la source sismique, le temps de recherche pré-tir est de 30 minutes sur le plateau et de 60 minutes sur des fonds supérieurs à 100 m (talus et milieu océanique). La surveillance mise en œuvre pendant cette période sera à la fois visuelle et acoustique.
- La période tampon est de 30 minutes sur le plateau et de 60 minutes sur des fonds supérieurs à 100 m (talus et milieu océanique), après la sortie des mammifères marins de la ZE ou après leur dernière observation dans la ZE. La surveillance mise en œuvre pendant cette période sera à la fois visuelle et acoustique.
- Le protocole préconisé pour le démarrage progressif de la source sonore est le suivant : la puissance acoustique doit être augmentée progressivement pendant 20 à 40 min et la puissance sonore initiale doit être équivalente à la puissance minimale émise par les appareils acoustiques (plus petit canon à air avec la plus petite pression).
- Il est préconisé de planifier les opérations de manière à ne pas avoir à démarrer les canons à air la nuit ainsi qu'aux périodes de faible visibilité, en particulier au niveau du talus et dans le milieu océanique. Si un tel événement se produit, le démarrage doit se faire selon le protocole classique de démarrage des sources sonores.
- Dans le cas particulier d'un arrêt accidentel de la source sismique, si les observateurs continuent leur surveillance de la ZE pendant toute la durée de l'arrêt et si aucun mammifère marin n'est observé dans la ZE, la source pourra être redémarrée avec un démarrage progressif, sans recherche pré-tir. Si des mammifères marins sont observés dans la ZE pendant l'arrêt de la source, le démarrage progressif se fera après la sortie des animaux de la ZE et la période tampon. Si les observateurs arrêtent leur surveillance, la remise en route de la source sismique se fera après une recherche pré-tir et un démarrage progressif.

FICHE N°9 : GESTION DE LA SOURCE SONORE PENDANT LES CHANGEMENTS DE LIGNE

OBJECTIFS

Entre deux lignes d'acquisition sismique, le navire effectue un virage pendant lequel la source sonore n'est en général pas en phase d'acquisition. Des protocoles sont donc préconisés afin de limiter la pollution acoustique durant ces manœuvres.

CE QUI EST PRECONISE AILLEURS

JNCC ET MAMACOCOSEA	MMOA
La source sonore doit être arrêtée dans le cas où les canons à air sont >500 in ³ et la manœuvre est >20 min.	La source sonore doit être arrêtée à chaque fois que le navire n'est pas en phase d'acquisition sismique.

PRECONISATIONS POUR LA GUYANE

- Pendant les manœuvres de changement de ligne, il est préconisé d'arrêter la source sonore dans le cas où le temps de manœuvre prévu est >20 min. Après cet arrêt, la source sonore sera redémarrée comme décrit dans la fiche 8, avec une recherche pré-tir et un démarrage progressif.
- Il est préconisé de ne pas utiliser de source sonore de faible amplitude lorsque la source sismique est arrêtée, dans l'attente que des études scientifiques prouvent l'utilité de cette mesure.

FICHE N°10 : DONNEES COLLECTEES PAR LES OBSERVATEURS

OBJECTIFS

Afin de contrôler la bonne mise en œuvre des mesures de mitigation, il est demandé aux observateurs embarqués de remplir des formulaires quotidiens sur leur activité ainsi qu'un rapport d'activité final. Cette mesure permet aussi de mettre les informations collectées à bord à disposition de scientifiques pour améliorer les connaissances sur les populations de cétacés. Cela est d'autant plus pertinent que les campagnes ont souvent lieu dans des régions peu étudiées. Ces données peuvent aussi servir à améliorer l'efficacité des mesures de réduction des impacts ou encore la connaissance des effets des activités sismiques sur les mammifères marins. Afin de s'assurer de la pertinence des informations collectées et de leur comparabilité d'une campagne à l'autre, il est important de définir en amont les formats des fiches de collecte de données et des rapports.

CE QUI EST PRECONISE AILLEURS

	ACCOBAMS	JNCC	MMOA	MAMACOCOSEA
Format des données collectées et du rapport de mission		Les fiches de collecte de données à utiliser sont les fiches standards du JNCC (disponibles sur le site du JNCC avec la base de données correspondante). Le contenu du rapport de mission est décrit dans le guide du JNCC.	La MMOA préconise d'utiliser les fiches de collecte de données et la base de données disponibles sur le site du JNCC.	Un format standard de rapport de mission doit être défini.
Éléments à transmettre et mode de transmission	La rédaction d'un rapport de mission détaillé est obligatoire.	L'ensemble des données collectées et le rapport final doivent être transmis au JNCC dès que possible après la fin de la campagne.	En plus des données collectées et du rapport, il est préconisé de transmettre : les données acoustiques, les photographies et la route complète du navire.	Le rapport de mission doit être transmis sous 60 jours après la fin de la campagne.

PRECONISATIONS POUR LA GUYANE

- L'ensemble des données collectées seront centralisées par la DEAL de Guyane. Elles lui seront transmises au plus tard deux mois après la fin de la campagne.
- Les données collectées comprendront : les bases de données correspondant aux fiches de terrain, toutes les photographies, toutes les données acoustiques et la route complète du navire.
- Il est préconisé de définir en amont avec la DEAL les modalités de diffusion et de valorisation de ces données
- Il est préconisé d'utiliser les fiches de collecte de données et les bases de données disponibles sur le site du JNCC : <http://jncc.defra.gov.uk/page-1534>
- Il est préconisé que le rapport final de mission contienne toutes les informations définies dans le guide de bonnes pratiques du JNCC (Encart 2).
- La valorisation des données collectées à des fins scientifiques doit être encouragée et soutenue dans le respect des règles de diffusion préalablement définies.

Encart 2 : contenu du rapport de mission des observateurs défini dans le guide de bonnes pratiques du JNCC (JNCC, 2010)

Le rapport doit comprendre :

- L'ensemble des fiches de collecte de données complétées durant la mission,
- la localisation de la campagne,
- le nombre et le volume des canons à air utilisés,
- une description détaillée de la source sonore : fréquence (en Hz), intensité (en dB re. 1µPa) et intervalles de tir (en secondes),
- le nombre et le type de navires utilisés,
- une description des périodes pendant lesquelles la source sonore a été utilisée,
- une description des périodes pendant lesquelles les observateurs étaient en effort d'observation avec le détail des observations collectées et de l'activité de la source sonore à ces périodes ;
- une description détaillée de tout problème rencontré par les observateurs pendant la campagne, et en particulier, toute infraction aux mesures de mitigation prévues.

FICHE N°11 : SUIVI DES POPULATIONS DE CETACES

OBJECTIFS

L'impact de la pollution acoustique produite par l'exploration sismique sur les mammifères marins est encore mal connue, en particulier sur le moyen et le long-terme et à l'échelle des populations. En outre, l'efficacité de certaines mesures de mitigation demande à être validée sur le terrain. Il est donc important d'assurer le suivi des populations afin de s'assurer de l'efficacité des mesures de mitigation mises en œuvre, en particulier dans les milieux à forts enjeux de conservation.

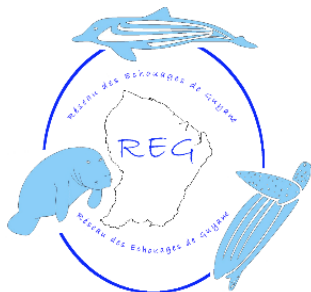
CE QUI EST PRECONISE AILLEURS

ACCOBAMS (2010) préconise de réaliser un suivi des populations de cétacés après la campagne afin d'évaluer son impact.

PRECONISATIONS POUR LA GUYANE

- Si des campagnes d'exploration sismiques sont réalisées dans ou aux abords des milieux à forts enjeux de conservation pour les mammifères marins en Guyane, un suivi des populations doit être effectué avant et après la campagne.
- Il est aussi préconisé de poursuivre et de soutenir le suivi des populations de cétacés sur l'ensemble de la ZEE par survols aériens qui a été initié en 2009, en insistant sur les ZNIEFF.
- Enfin, il est préconisé de soutenir le développement du réseau de suivi des échouages de mammifères marins et de tortues marines de Guyane (Encart 3).

Encart 3 : le réseau de suivi des échouages de Guyane



Les organismes guyanais impliqués dans la conservation du milieu marin ont créé en 2014 le Réseau de suivi des Échouages de mammifères marins et de tortues marines de Guyane (REG), en partenariat avec la DEAL de Guyane et le Réseau National des Échouages (RNE). Le REG compte en 2016 25 membres formés et prêts à intervenir sur l'ensemble du littoral guyanais.

Les objectifs du réseau sont :

- De secourir les animaux lorsque cela est possible
- D'améliorer les connaissances sur les causes de mortalité des tortues marines et des mammifères marins en Guyane
- De mieux connaître la biologie de ces espèces

Entre début 2014 et fin 2015, les membres du REG sont intervenus sur 12 échouages de dauphins de Guyane.



FICHE N°12 : MESURES DE MITIGATION POUR LES TORTUES MARINES ET LES OISEAUX MARINS

OBJECTIFS

Les mammifères marins constituent le groupe d'espèces marines le plus sensible aux impacts de l'exploration sismique et font donc l'objet de plans de mitigation spécifiques. Cependant, la plupart des espèces de la faune marine sont impactées par ces activités. Certaines mesures simples peuvent être mises en place pour limiter cet impact *a minima* sur les groupes d'espèces les plus fragiles et menacés que sont les tortues marines et les oiseaux de mer.

L'ESSENTIEL DU CONTEXTE GUYANAIS

La Guyane est un territoire clé pour la reproduction des tortues marines. Cinq espèces peuvent y être observées et trois espèces y nidifient régulièrement : la tortue luth (*Dermochelys coriacea*), la tortue olivâtre (*Lepidochelys olivacea*) et la tortue verte (*Chelonia mydas*). Pendant leur période de reproduction, ces trois espèces restent essentiellement dans le milieu côtier. En phase d'alimentation, la tortue luth se disperse en milieu océanique, loin de la ZEE de Guyane ; la tortue verte longe la côte jusqu'à ses aires d'alimentation situées au Brésil ; enfin, la tortue Olivâtre se disperse sur l'ensemble du plateau des Guyanes (Entraygues, 2014). Toutes ces espèces sont intégralement protégées par l'arrêté ministériel du 14 octobre 2005, fixant la liste des tortues marines protégées sur le territoire national, et sont classées dans les catégories menacées de la liste rouge de l'UICN.

Une communauté importante d'oiseaux de mer est observée en Guyane (Tableau 3). Les espèces qui s'y reproduisent sont : la frégate superbe (*Fregata magnificens*), la mouette atricille (*Leucophaeus atricilla*), la sterne de Cayenne (*Thalasseus sandvicensis eurygnatha*), la sterne royale (*Thalasseus maximus*), la sterne fuligineuse (*Onychoprion fuscatus*), le noddie brun (*Anous stolidus*). Le principal site de nidification est la Réserve Naturelle Nationale de l'île du Grand Connétable (Hauselmann *et al.*, 2013). Le pic de la période de reproduction sur l'île, toutes espèces confondues, est entre mars et août. A cette période, les espèces nicheuses se nourrissent dans un rayon de plusieurs dizaines de kilomètres autour de l'île. Toutes ces espèces sont intégralement protégées en Guyane (Arrêté Ministériel du 25 mars 2015).

CE QUI EST PRECONISE AILLEURS

	BRESIL	CANADA (TORTUE LUTH UNIQUEMENT)	ÉTATS-UNIS (GOLFE DU MEXIQUE)	MAMACOCOSEA
ZE pour les tortues marines	500 m	500 m	500 m	500 m
Arrêt de la source sismique lorsque des tortues sont observées dans la ZE	OUI	OUI	NON (les tortues marines sont uniquement prises en compte dans la phase de recherche pré-tir)	OUI
Période tampon pour les tortues marines	30 min	30 min	30 min	Jusqu'à ce que les tortues marines soient sorties de la ZE
Fermeture saisonnières des habitats critiques des tortues marines	OUI	OUI	NON	OUI
Autres mesures spécifiques aux tortues marines				Dispositifs de sauvegarde des tortues marines sur les bouées de queue.
Mesures spécifiques aux oiseaux de mer				Réduire au maximum les lumières sur le pont la nuit.

On notera que la plupart des mesures préconisées pour les tortues marines sont basées sur les mesures mises en place pour les mammifères marins, faute de connaissances suffisantes sur l'impact de l'exploration sismique sur les tortues marines. Par principe de précaution Nelms *et al.* (2016) préconise tout de même de considérer ces mesures mais surtout de mettre en place une fermeture saisonnière des habitats critiques pour les tortues marines.

PRECONISATIONS POUR LA GUYANE

- Il est préconisé d'appliquer aux tortues marines la même zone d'exclusion que celle définie pour les mammifères marins.
- Lorsque la source sonore est en phase d'acquisition, il est préconisé de l'éteindre si des tortues marines sont observées dans la ZE. Ensuite, la source sonore sera redémarrée progressivement (selon le protocole décrit dans la fiche n°8), 30 min après la sortie des tortues de la ZE ou 30 min après leur dernière observation dans la ZE.
- Pendant la phase de pré-tir, la source sonore ne doit pas être démarrée si des tortues marines sont observées dans la ZE. La source sonore pourra être démarrée 30 min après la sortie des tortues de la ZE ou 30 min après leur dernière observation dans la ZE.
- Il est préconisé d'équiper les bouées de queue de systèmes de sauvegarde des tortues marines.
- Aucune campagne d'exploration sismique ne doit être réalisée dans la ZNIEFF de type II côtière.
- Les campagnes d'exploration sismiques ne doivent pas être conduites dans une zone tampon d'un rayon de 80 km autour de la Réserve Naturelle Nationale du Grand Connétable de début mars à début août (Figure 13).
- Il est préconisé de réduire au maximum les lumières sur le pont des navires la nuit pour les oiseaux marins.
- Les MMO sont fortement encouragés à noter les observations de tortues marines et d'oiseaux marins (Tableau 3), en dehors des phases de recherche pré-tir. Une liste des oiseaux présents en Guyane mise à jour régulièrement est disponible sur le lien suivant : <http://www.faune-guyane.fr/>

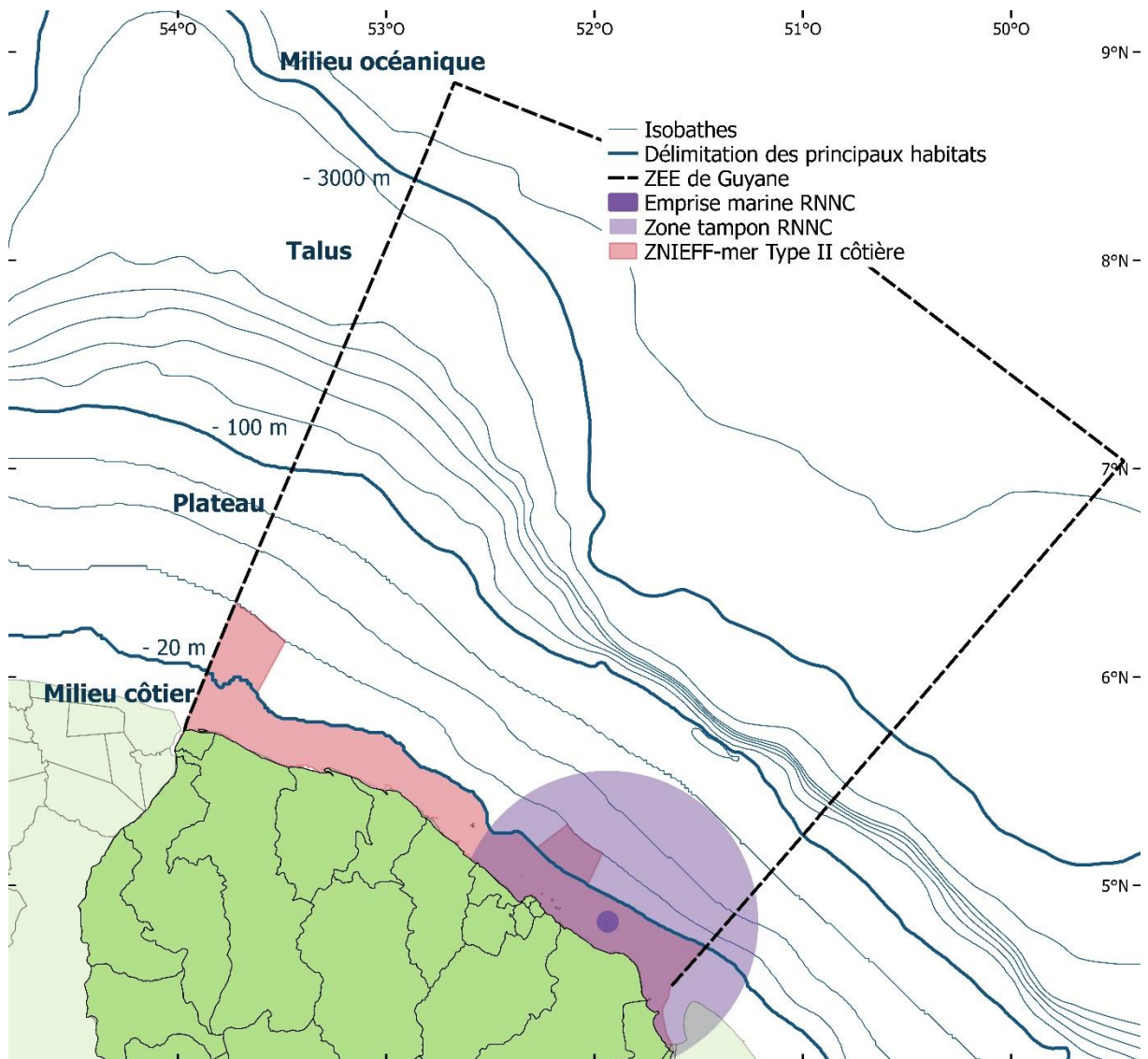


Figure 13 : zones à considérer pour limiter l'impact de l'exploration sismique sur les tortues marines et les oiseaux marins : la ZNIEFF-mer de type II côtière et la zone tampon de la Réserve Naturelle Nationale de l'île du Grand Connétable

III. GUIDE DE BONNES PRATIQUES

Tableau 3 : Liste des principales espèces d'oiseaux marins identifiées en Guyane

Bordin *et al.*, 2015 ; Claessens *et al.*, 2015 ; Comité d'homologation de Guyane, 2016

Noms			Présence	Habitat(s)	
Scientifique	Commun	Anglais		Côtier	Pélagique
Diomedéidés					
<i>Thalassarche chlororhynchos</i>	Albatros à nez jaune	Yellow-nosed Albatross	rare		X
Procellariidés					
<i>Pterodroma feae deserta</i>	Pétrel des Desertas	Desertas Petrel	occasionnelle		X
<i>Bulweria bulwerii</i>	Pétrel de Bulwer	Bulwer's Petrel	rare		X
<i>Calonectris diomedea</i>	Puffin cendré	Cory's Shearwater	occasionnelle		X
<i>Ardenna gravis</i>	Puffin majeur	Great Shearwater	rare		X
<i>Puffinus puffinus</i>	Puffin des Anglais	Manx Shearwater	occasionnelle		X
<i>Puffinus lherminieri</i>	Puffin d'Audubon	Audubon's Shearwater	rare		X
Hydrobatidés					
<i>Oceanites oceanicus</i>	Océanite de Wilson	Wilson's Storm-Petrel	occasionnelle		X
<i>Oceanodroma castro</i>	Océanite de Castro	Band-rumped Storm-Petrel	rare		X
<i>Oceanodroma leucorhoa</i>	Océanite cul-blanc	Leach's Storm-Petrel	occasionnelle		X
Phaethonidés					
<i>Phaethon aethereus</i>	Phaéton à bec rouge	Red-billed Tropicbird	occasionnelle		X
Fregatidés					
<i>Fregata magnificens</i>	Frégate superbe	Magnificent Frigatebird	commune	X	X
Sulidés					
<i>Sula dactylatra</i>	Fou masqué	Masked Booby	occasionnelle		X
<i>Sula sula</i>	Fou à pieds rouges	Red-footed Booby	rare		X
<i>Sula leucogaster</i>	Fou brun	Brown Booby	occasionnelle		X
Stercorariidés					
<i>Stercorarius skua</i>	Grand Labbe	Great Skua	rare		X
<i>Stercorarius maccormicki</i>	Labbe de McCormick	South Polar Skua	rare		X
<i>Stercorarius pomarinus</i>	Labbe pomarin	Pomarine Jaeger	occasionnelle		X
<i>Stercorarius parasiticus</i>	Labbe parasite	Parasitic Jaeger	rare	X	X
<i>Stercorarius longicaudus</i>	Labbe à longue queue	Long-tailed Jaeger	occasionnelle		X

III. GUIDE DE BONNES PRATIQUES

Noms			Présence	Habitat(s)	
Scientifique	Commun	Anglais		Côtier	Pélagique
Laridés					
<i>Rissa tridactyla</i>	Mouette tridactyle	Black-legged Kittiwake	rare		X
<i>Xema sabini</i>	Mouette de Sabine	Sabine's Gull	rare		X
<i>Chroicocephalus cirrocephalus</i>	Mouette à tête grise	Gray-hooded Gull	rare	X	
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	Mouette rieuse	Black-headed Gull	rare	X	
<i>Leucophaeus atricilla</i>	Mouette atricille	Laughing Gull	commune	X	
<i>Leucophaeus pipixcan</i>	Mouette de Franklin	Franklin's Gull	rare	X	
<i>Larus canus</i>	Goéland cendré	Common Gull	rare	X	
<i>Larus dominicanus</i>	Goéland dominicain	Kelp Gull	rare	X	
<i>Larus marinus</i>	Goéland marin	Great Black-backed Gull	rare	X	
<i>Larus fuscus</i>	Goéland brun	Lesser Black-backed Gull	rare	X	
<i>Larus argentatus</i>	Goéland argenté	Herring Gull	rare	X	
<i>Anous stolidus</i>	Noddi brun	Brown Noddy	commune	X	X
<i>Onychoprion fuscatus</i>	Sterne fuligineuse	Sooty Tern	commune	X	X
<i>Onychoprion anaethetus</i>	Sterne bridée	Bridled Tern	rare	X	X
<i>Sterna antillarum</i>	Petite Sterne	Least Tern	occasionnelle	X	X
<i>Sterna superciliaris</i>	Sterne argentée	Yellow-billed Tern	commune	X	
<i>Phaetusa simplex</i>	Sterne à gros bec	Large-billed Tern	occasionnelle	X	
<i>Gelochelidon nilotica</i>	Sterne hansel	Gull-billed Tern	commune	X	
<i>Chlidonias niger</i>	Guifette noire	Black Tern	occasionnelle	X	X
<i>Chlidonias leucopterus</i>	Guifette leucoptère	White-winged Tern	rare	X	
<i>Sterna hirundo</i>	Sterne pierregarin	Common Tern	commune	X	X
<i>Sterna dougallii</i>	Sterne de Dougall	Roseate Tern	occasionnelle	X	X
<i>Sterna paradisaea</i>	Sterne arctique	Arctic tern	occasionnelle	X	X
<i>Thalasseus elegans</i>	Sterne élégante	Elegant Tern	rare	X	
<i>Thalasseus sandvicensis</i>	Sterne caugek	Sandwich Tern	commune	X	X
<i>Thalasseus maximus</i>	Sterne royale	Royal Tern	commune	X	X

IV. BIBLIOGRAPHIE



©C. Pusineri/ONCFS

Le péponocéphale (*Peponocephala electra*), petit delphinidé caractéristique du talus

- AAMP. (2009). *Analyse Stratégique Régionale - Guyane*. Agence des Aires Marines Protégées, Brest. 154p.
- Alonso M.B., Marigo J., Bertozzi C.P., Santos M.C.O., Taniguchi S., Montone R.C. (2010). Occurrence of chlorinated pesticides and polychlorinated biphenyls (PCBs) in Guiana dolphins (*Sotalia guianensis*) from Ubatuba and Baixada Santista, São Paulo, Brazil. *LAJAM* 8(1-2): 123–130.
- ACCOBAMS. (2010). *Guidelines to address the impact of anthropogenic noise on cetaceans in the ACCOBAMS area*. 9p.
- Barnes R.S.K., Hughes R.N. (2009). *An introduction to Marine Ecology*. Wiley-Blackwell. 296 p.
- Bejder L., Samuels A., Whitehead H., Gales *et al.* (2006). Decline in Relative Abundance of Bottlenose Dolphins Exposed to Long-Term Disturbance. *Conservation Biology* 20: 1791-1798.
- Bordin A., de Pracontal N., Hauselmann A., Rinaldi R., Renaudier A. (2012). *Résultats de l'inventaire pélagique*. GEPOG, Cayenne. 67p.
- Bordin A., de Pracontal N., Pineau, K. (2015). Mise en œuvre de l'inventaire des Zones Naturelles d'Intérêt Écologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF) pour le milieu en Guyane française. Rapport final, GEPOG/DEAL. 62p.
- Bowles A.E., Smultea M., Würsig B., DeMaster D.P., Palka D. (1994). Relative abundance and behavior of marine mammals exposed to transmissions from the Heard Island Feasibility Test. *Journal of the Acoustical Society of America* 96: 2469-2484.
- Breitzke M., Boebel O., El Naggar S., Jokat W., Werner B. (2008). Broad-band calibration of marine seismic sources used by R/V Polarstern for academic research in polar regions. *Geophysical Journal International* 174: 505–524.
- Caldwell J., Dragoset W. (2000). A brief overview of seismic air-gun arrays. *The Leading Edge* August 2000: 898-902.
- Carvalho CEV, Di Benedetto APM, Souza CMG, Ramos RMA, Resende CE (2008) Heavy metal distribution in two cetacean species from Rio de Janeiro State, south-eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the UK* 88:1117
- Claessens O., Pelletier V. & Uriot S. 2015. Elaboration de la Liste Rouge des oiseaux menacés en Guyane. Document de travail, version provisoire novembre 2015. GEPOG/UICN.
- Comité d'homologation de Guyane 2016. Liste des oiseaux de Guyane, version mars 2016 (http://www.gepog.org/sites/default/files/fichiers/photos_chants/listes/CH_G_2016.pdf).
- Compton R., Goodwin L., Handy R., Abbott V. (2008). A critical examination of worldwide guidelines for minimising the disturbance to marine mammals during seismic surveys. *Marine Policy* 32(3): 255-262.
- CREOCEAN (2012). *Permis d'exploration Guyane maritime: réalisation d'une campagne sismique 3D - Volume 2: Document d'appréciation des impacts environnementaux (DAIE) Sismique*. 330p.
- Darling J.D., Jones M.E., Nicklin C.P. (2006). Humpback whale songs: do they organize males during the breeding season? *Behaviour* 143: 1051- 1101.
- Di Iorio L, Clark CW. (2009). Exposure to seismic survey alters blue whale acoustic communication. *Biological Letter*. doi: 10.1098/rsbl.2009.0651.
- Dolman S.J., Simmonds M.P. (2006). *An updated note on the vulnerability of cetaceans to acoustic disturbance*.

- Report prepared for the International Whaling Commission (IWC) by the Whale and Dolphin Conservation Society (WDCS). Wiltshire, United Kingdom. Report number: SC/58/E22. 11pp.
- Ducatel C., Le Gall Y., Lurton X. (2016) Contrôle des risques sonores pour les mammifères marins – Protocole pour les émissions sismiques. Ifremer. 34p.
- Entraygues M., 2014. Plan national d'actions en faveur des tortues Marines en Guyane. Partie I – Etat des connaissances et Etat de conservation. ONCFS. 150 p.
- Finneran J.J., Jenkins A.K. (2012). *Criteria and Thresholds for U.S. Navy Acoustic and Explosive Effects Analysis*. 64p.
- Frisk G., Bradley D., Caldwell J., D'Spain G., Gordon J., Hastings M., Wartzok D. (2003). *Ocean Noise and Marine Mammals*. National Academies Press. 218 p.
- Gannon D.P., Barros N.B., Nowacek D.P., Read A.J., Waples D.M., Wells R. S. (2005). Prey detection by bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*: an experimental test of the passive listening hypothesis. *Animal Behaviour* 69: 709-720.
- George J.C., Clark C., Carroll G.M., Ellison W.T. (1989). Observations on the ice-breaking and ice navigation behavior of migrating bowhead whales (*Balaena mysticetus*) near Point Barrow, Alaska, spring 1985. *Arctic* 42: 24-30.
- GHFS, WWF (2015) A review of seismic mitigation measures used along the coast of Northern South America, from North Brazil up to Columbia. Reference document for the MamaCocoSea Steering Committee.
- Goold J.C., Fish P.J. (1998). Broadband spectra of seismic survey air-gun emissions, with reference to dolphin auditory thresholds. *Journal of the Acoustical Society of America*. 103(4):2177-2184.
- Hardman (2010). *Marine mammal observer's report during Guyane Maritime 3D/2D seismic survey GFGUMA093DS11C French Guiana*. Hardman Petroleum France SAS.
- Hastie, G. D., B. Wilson, L. H. Tufft, and P. M. Thompson. (2003). Bottlenose dolphins increase breathing synchrony in response to boat traffic. *Marine Mammal Science* 19: 74-84.
- Hauselmann A., Bétremieux L., Alcide A. (2013). Plan de gestion de la Réserve Naturelle de l'île du Grand Connétable (2013-2017). GEPOG, ONCFS. 220p.
- Heithaus M.R., Dill L.M. (2008). Feeding strategies and tactics. p. 414-423. In Perrin W.F., Würsig B., Thewissen J.G.M. *Encyclopedia of Marine Mammals*. Academic Press Elsevier, San Diego, United States of America.
- Higham J.E.S., Bejder L. (2008). Managing Wildlife-based Tourism: Edging Slowly Towards Sustainability? *Current issues in tourism* 11:75-83.
- Holt M.M., Noren D.P., Veirs V., Emmons C.K., Veirs S. (2009). Speaking up: killer whales (*Orcinus orca*) increase their call amplitude in response to vessel noise. *JASA Express Letters* 125(1): EL27-EL32.
- JNCC. (2010). *JNCC guidelines for minimising the risk of injury and disturbance to marine mammals from seismic surveys*.
- Ketten D.R. (1998). *Marine Mammal Auditory Systems: A Summary of Audiometric and Anatomical Data and Its Implications for Underwater Acoustic Impacts*. NOAA TECHNICAL MEMORANDUM. NMFS, NOAA-TM-NMFS-SWFSC-256. 74 p.
- Koper R.P., Plön S. (2012). *The potential impacts of anthropogenic noise on marine mammals and recommendations for research in*

- South Africa. Endangered Wildlife Trust, South Africa. 118p.
- Lesage V., Barrette C., Kingsley M.C.S., Sjare B. (1999). The effect of vessel noise on the vocal behavior of belugas in the St. Lawrence river estuary, Canada. *Marine Mammal Science* 15: 65-84.
- Lurton X. (2013). *Contrôle des risques sonores pour les mammifères marins - Protocole Ifremer pour les émissions sismiques*. Ifremer. 24p.
- Lusseau D., Slooten L., Currey R. (2006). Unsustainable dolphin-watching tourism in Fiordland, New Zealand. *58th International Whaling Commission SC/58/WW6*.
- 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* 309: 279-295.
- Mannocci L., Monestiez P., Bolaños-Jiménez J., Dorémus G., Jeremie S., Laran S., Ridoux V. (2013). Megavertebrate communities from two contrasting ecosystems in the western tropical Atlantic. *Journal of Marine Systems* 111-112: 208-222.
- MMOA. (2012). *Marine Mammal Observer Association: Position Statements*. 36p.
- MEDDE (2014) Permis de recherche : carte des demandes et des permis attribués.
- Nedwell J.R., Howell D. (2004). 'A review of offshore windfarm related underwater noise sources'. Subacoustech Report Reference: 544R0308.
- Nelms S.E., Piniak W.E.D., Weir C.R., Godley B.J. (2016) Seismic survey and marine turtles: an underestimated global threat? *Biological Conservation* 193: 49-65.
- Ng S.L., Leung S. (2003). Behavioral response of Indo-Pacific humpback dolphin (*Sousa chinensis*) to vessel traffic. *Marine Environmental Research* 56: 555-567.
- Nowacek D., Bröker K., Donovan G., Gailey G., Racca R., et al. (2013). Responsible Practices for Minimizing and Monitoring Environmental Impacts of Marine Seismic Surveys with an Emphasis on Marine Mammals. *Aquatic Mammals* 39(4): 356-377.
- NOAA. (2013). *Effects of Oil and Gas Activities in the Arctic Ocean. Supplemental Draft Environmental Impact Statement*. 731p.
- Parks S.E., Urazghildiiev I., Clark C.W. (2009). Variability in ambient noise levels and call parameters of North Atlantic right whales in three habitat areas. *Journal of the Acoustical Society of America* 125(2): 1230-1239.
- Pusineri C., Berzins R. (2016). Réseau de suivi des échouages de Guyane : bilan des deux premières années de fonctionnement 2014-2015. OSL, ONCFS, Kourou, 22p.
- Pusineri C., Martinez L., Samaran F., Ridoux V. (2014). *Activités pétrolières et cétacés en Guyane : états des lieux, description des impacts, évaluation et préconisations*. OSL, Kourou, 119p.
- Rolland, R. M., Parks, S. E., Hunt, K. E., Castellote, M., Corkeron, P. J., Douglas, P., et al. (2012). Evidence that ship noise increases stress in right whales. *Proceeding of the Royal Society B*, 279(February), 2363-8.
- Richardson W.J., Greene C.R., Malme C.I., Thomsen D.H. (1995). *Marine Mammals and Noise*. Academic Press, San Diego.
- Romanenko E.V., Kitain V.Y. (1992). The Functioning of the Echolocation System of *Tursiops truncatus* During Noise Masking. p.415-419. In Thomas J.A., Kastelein R.A., Supin A.Ya., *Marine Mammal Sensory Systems*. Plenum, New York.

- Shell (2012a). *Surveillance des mammifères marins, des tortues et des chondrichthyens – Rapport zone Est Guyane française*. Shell.
- Shell (2012b). *Observations de mammifères marins et surveillance acoustique passive – Campagne sismique et géophysique 3D Ouest Guyane française*. Shell.
- Soto N.A., Johnson M., Madsen P.T., Tyack P.L., Bocconcelli A., Borsani J.F. (2006). Does intense ship noise disrupt foraging in deep-diving Cuvier's beaked whales (*Ziphius cavirostris*)? *Marine Mammal Science* 22: 690-699.
- Southall B.L., Bowles A.E., Ellison W.T., Finneran J.J., Gentry R.L., Green Jr .R., et al. (2007). Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Initial Scientific Recommendations. *Aquatic mammals* 33: 411-421.
- Thomas J.A., Turl C.W. (1990). Echolocation Characteristics and Range Detection Threshold of a False Killer Whale (*Pseudorca crassidens*). p.321-334. In Thomas J.A., Kastelein R.A., *Sensory Abilities of Cetaceans/Laboratory and Field Evidence*. Plenum, New York.
- Thomson D.H., Richardson W.J. (1995). Marine mammal sounds. p.159-204. In Richardson W.J., Green Jr. C.R., Malme C.I., Thomson D.H. *Marine mammals and sound*. Academic Press, Inc., San Diego, United States of America.
- Tyack P.L. (2008). Implications for marine mammals of large-scale changes in the marine acoustic environment. *Journal of Mammalogy* 89: 549-558.
- URS (2012). *Mission d'expertise dans le cadre de la campagne d'acquisition sismique conduite par Shell au large de la Guyane*. 60p.
- Van Canneyt O., Certain G., Doremus G., Laran S., Ridoux V., Bolanos J., Jeremie S., Watremez P. (2009). *Distribution et abondance de la mégafaune marine en Guyane française*. Université de La Rochelle, Agence des Aires Marines Protégées.
- Weir C.R., Dolman S.J. (2007). Comparative Review of the Regional Marine Mammal Mitigation Guidelines Implemented During Industrial Seismic Surveys, and Guidance Towards a Worldwide Standard. *Journal of International Wildlife Law & Policy* 10(1): 1-27.
- Williams R., Trites A.W., Bain D.E. (2002). Behavioural responses of killer whales (*Orcinus orca*) to whale-watching boats: opportunistic observation and experimental approaches. *Journal of Zoology London* 256: 255
- Wright, A. J., Soto, N. A., Baldwin, A. L., Bateson, M., Beale, C. M., Clark, C., et al. (2007). Do Marine Mammals Experience Stress Related to Anthropogenic Noise? *International Journal of Comparative Psychology*, 20, 274-316.

