

## LE RÉPULSIF A CÉTACÉS PERFORMANCES ACOUSTIQUES REQUISES

Découvrez plus de documents  
accessibles gratuitement dans [Archimer](#)

Y. Le Gall<sup>1</sup> – L. Origné<sup>1</sup> – C. Scalabrin<sup>2</sup> – Y. Morizur<sup>2</sup>

IFREMER Brest

<sup>1</sup> Département Technologie des Systèmes Instrumentaux – Service Acoustique-Sismique

<sup>2</sup> Département Sciences et Technologies Halieutiques  
BP70 – 29280 Plouzané - FRANCE

### INTRODUCTION

L'utilisation de répulsifs acoustiques représente une solution attrayante en vue de résoudre les problèmes de prises accidentelles de cétacés lors des opérations de chalutage pélagique ou des pêches artisanales avec filets.

Les alarmes sonores (également appelées balises acoustiques ou pinger) actuellement commercialisées présentent de faibles niveaux d'émission permettant d'accroître leur autonomie. Elles sont surtout utilisées pour les filets calés. Des campagnes expérimentales ont prouvé leur efficacité sur certaines espèces (*Marsouins*). Par contre, sur les dauphins, les résultats scientifiques sont variables selon les espèces animales en interactions, les pêcheries. Récemment, des expérimentations françaises ont montré leurs limites dans le cas des *Dauphins bleu et blanc* et des *Grand dauphins* (Rossi *et al.*, 2003). Il se pourrait que, dans certains cas, il y ait habitude du cétacé à l'alarme sonore (Cox *et al.*, 2001), ce qui peut conduire à terme à des effets contraires à ceux recherchés dans certaines pêcheries.

L'analyse des données bibliographiques sur la physiologie et le comportement acoustique recueillies sur deux espèces (*Marsouin commun et Grand dauphin*) ont permis, d'une part, de constater de grandes différences entre ces deux espèces en termes de seuil de dérangement et de limites de lésions auditives, et, d'autre part, de caractériser une zone de gêne efficace qui soit sans danger pour les espèces à protéger.

En tenant compte des propriétés de propagation des ondes sonores dans le milieu marin, l'amplitude minimale du signal répulsif à émettre, en fonction de la portée souhaitée, est proposée. La nature de signaux potentiellement efficaces (modulation de fréquences et signaux impulsionnels) est également présentée.

En conclusion, les possibilités de développement et d'intégration d'un répulsif de nouvelle génération, possédant des caractéristiques en accord avec les besoins précédemment décrits, sont évoquées.

### PROJET NECESSITY

Le volet "cétacés" du projet européen NECESSITY, dans lequel est impliqué l'IFREMER, a pour objectifs de comprendre le phénomène des captures accidentelles de cétacés, de chercher des solutions alternatives afin de réduire ces captures, et d'évaluer l'impact de ces solutions. Les espèces concernées sont le Dauphin bleu et blanc, le Dauphin commun, le Marsouin commun, et le Grand dauphin (Tableau 1). Les travaux prévus sont, d'une part, relatifs aux modifications des engins de pêche, avec l'étude et les tests de systèmes mécaniques d'exclusion pour les pêcheries du thon et du bar (chalutage en bœuf). Le volet acoustique prévoit, quant à lui, la caractérisation expérimentale des alarmes acoustiques existantes, des expérimentations acoustiques en captivité et en mer, et l'étude du comportement des cétacés au voisinage du chalut.

### COMPORTEMENT ACOUSTIQUE DES CÉTACÉS

Le *Grand dauphin* et le *Dauphin bleu et blanc* ont une sensibilité auditive maximale au voisinage de 60 kHz (Committee on Potential Impacts of Ambient Noise in the Ocean on Marine Mammals, 2003) ; elle se situe autour de 40 kHz pour le *Marsouin*. Dans tous les cas, ils restent très sensibles entre 20 à 120 kHz (Figure 1), et leur gamme de signaux d'écholocation peut monter jusqu'à 160 kHz. Des niveaux d'apparition d'une gêne sont donnés par Verboom (NATO unclassified report) et Taylor *et al.* (1997) : 150 dB (réf. 1  $\mu$ Pa) pour le *Grand dauphin* et 130 dB (réf. 1  $\mu$ Pa) pour le *Marsouin*. Le National Marine Fisheries Service (Federal Register, 2004) propose quant à lui un niveau de gêne ("Level B harassment") à 160 dB (réf. 1  $\mu$ Pa) pour les cétacés, sans distinction des espèces.

Le TTS (Temporary Threshold Shifts) est le seuil de perte temporaire d'audition, dont les valeurs estimées sont comprises entre 165 dB et 200 dB (réf. 1  $\mu$ Pa), en fonction de l'espèce (Verboom, NATO unclassified report). Ce niveau ne dépend pas uniquement du niveau émis, mais également de la fréquence, de la durée du signal et du temps d'exposition. Des données expérimentales proposent un TTS de 193 dB (réf. 1  $\mu$ Pa) pour le *Grand dauphin* à 75 kHz (Schlundt *et al.*, 2000). Le PTS (Permanent Threshold Shifts) est le seuil de perte définitive d'audition, dont les valeurs estimées sont comprises entre 180 dB et 220 dB (réf. 1  $\mu$ Pa), en fonction de l'espèce (Verboom, NATO unclassified report). Le National Marine Fisheries Service propose un niveau potentiellement dangereux pour les cétacés ("Level A harassment") à 180 dB (réf. 1  $\mu$ Pa), toujours sans distinction des espèces. Cette dernière valeur est par ailleurs celle retenue comme niveau pouvant altérer les capacités auditives des cétacés, lors des études d'impacts des signaux du sonar basse fréquence SURTASS sur les mammifères marins.

Ces différents seuils, caractéristiques de la sensibilité auditive des cétacés, sont présentés sur la figure 2. Ils permettent de définir une zone de gêne potentielle.

### SIGNAUX POTENTIELLEMENT RÉPULSIFS

La plage fréquentielle retenue pour des signaux potentiellement répulsifs est large bande et comprise entre 30 et 160 kHz. La limite basse de 30 kHz est choisie, d'une part, en raison des transducteurs de petites dimensions utilisés et pour lesquels la sensibilité en basse fréquence est réduite, et d'autre part, pour ne pas affecter négativement les activités de pêche. Il n'y a pas d'intérêt particulier à travailler au delà de 150-160 kHz en raison des seuils d'audition qui deviennent très élevés en haute fréquence.

A partir des données bibliographiques, il semble raisonnable de proposer des niveaux d'émission permettant de se situer, à la portée d'efficacité voulue, entre le seuil d'apparition de la gêne (150-160 dB réf. 1  $\mu$ Pa) et le niveau potentiellement dangereux (180 dB réf. 1  $\mu$ Pa). Si la portée d'efficacité visée du système est de 50 m, et en tenant compte des pertes par divergence sphérique et par amortissement, le niveau d'émission minimum du répulsif devra être de l'ordre de 190 dB (réf. 1  $\mu$ Pa à 1 m). La figure 3 propose pour ce niveau d'émission à 1 m (constant avec la fréquence), l'amplitude du signal à 20 et 50 m, comparée aux seuils.

Concernant la nature des signaux à émettre, et compte-tenu de l'incertitude existant sur les différents seuils de gêne des cétacés, il est souhaitable, pour limiter le phénomène d'accoutumance des mammifères marins, et pour couvrir la large bande retenue, d'utiliser à la fois des modulations de fréquences et des signaux impulsionnels. Les modulations de fréquences ou *chirps* sont utilisées par les cétacés pour la communication, et les signaux impulsionnels sont émis sous forme de *trains de clics* pour la fonction d'écholocation. Les signaux impulsionnels permettent de couvrir toute la gamme audible du cétacé à un instant *t*.

Remarquons que l'émission d'ondes acoustiques énergétiques et très large bande proposée se rapproche, avec des niveaux inférieurs, des dispositifs traditionnels utilisés efficacement pour limiter les interactions des cétacés avec les pêcheries (explosifs, gong, fusils, ...).

### **PINGERS EXISTANTS**

L'objectif de ce document n'est pas de lister l'ensemble des alarmes sonores commercialisées, mais de présenter leurs caractéristiques principales. Les systèmes développés (Aquatec, Dukane, SaveWave, Fumunda, Airmar, ...) sont compacts et affichent une autonomie de quelques mois à plusieurs années, selon les modèles. Ils génèrent des signaux, soit monochromatiques, soit modulés sur une large bande fréquentielle. Les niveaux d'émission maximaux sont compris entre 130 et 155 dB (réf. 1  $\mu$ Pa à 1 m), et la portée annoncée se situe entre 50 et 100 m (Anon., 2002).

Etudions plus précisément le cas intermédiaire de l'AquaMark 200 (Aquatec Subsea) dont le niveau d'émission maximal est de 145 dB (réf. 1  $\mu$ Pa à 1 m). Les mesures acoustiques effectuées dans le bassin d'essais de l'IFREMER (résultats non présentés) ont permis de vérifier les caractéristiques fournies par le constructeur. Toutefois, ce pinger s'est révélé inefficace, lors de tests longue durée en Corse, où l'objectif était de limiter les interactions entre les dauphins (bleu et blanc et grands dauphins) et les filets de pêche (Rossi *et al.*, 2003). A une distance de 100 m, portée annoncée par le constructeur, le niveau résiduel est de l'ordre de 100 dB (réf. 1  $\mu$ Pa), amplitude inférieure de 50 dB au seuil minimal estimé de gêne (Verboom, NATO unclassified report). Compte-tenu du seuil d'audition des mammifères marins (figure 1), il est clair que ce signal sera perçu par le dauphin, mais ne lui occasionnera aucune gêne. Notons qu'à une distance de 1 m, les conclusions seraient identiques.

L'autonomie élevée de ces pingurs est certes intéressante, mais, en contrepartie, ne leur permet pas de disposer de niveaux d'émission suffisamment élevés pour occasionner un effet répulsif sur les dauphins. Des résultats positifs peuvent être observés à de courtes distances sur les marsouins, qui présentent des seuils de gêne inférieurs et vraisemblablement un comportement différent face aux ondes acoustiques.

### **RÉPULSIF PROTOTYPE ET ESSAIS EN MER**

L'IFREMER va tenter de mener des essais en milieu naturel, sur des grands dauphins solitaires et si possible sur des dauphins communs, à l'aide d'un répulsif acoustique prototype, constitué d'un transducteur électroacoustique étudié pour l'application, d'un amplificateur de puissance de laboratoire, et d'un PC générant les différents signaux. Ils devraient permettre de vérifier l'efficacité des signaux retenus et d'affiner l'amplitude adaptée à la fonction.

Ce dispositif a été qualifié en bassin d'essais, afin, d'une part, de s'assurer de la bonne aptitude du capteur à la génération des signaux large bande, et, d'autre part, pour calibrer la chaîne d'émission complète. La figure 4 présente un signal acoustique temporel émis par ce prototype : une modulation de fréquence linéaire de quelques centaines de ms, dont l'amplitude est comparée à un signal issu de l'AquaMark 200. L'observation du deuxième type de signal potentiellement répulsif (figure 5) permet de vérifier que le transducteur piézoélectrique répond parfaitement à des signaux impulsifs de quelques dizaines de  $\mu$ s.

### **ADAPTATION AU CHALUT PELAGIQUE**

Il semblerait que les dauphins viennent volontairement se nourrir à l'entrée des chaluts, et se feraient capturer probablement en raison d'une modification de la géométrie du filet, après un changement brusque de direction. Le choix d'un positionnement du répulsif au niveau de la gueule du chalut apparaît donc approprié. Les dimensions maximales de l'ouverture d'un chalut pélagique étant de l'ordre de 80 m de largeur, pour 40 m de hauteur (chalutage en bœuf), le niveau d'émission de 190 dB (réf. 1  $\mu$ Pa à 1 m) semble donc en accord avec la fonction répulsive attendue.

Actes de la 13<sup>e</sup> Conférence Internationale sur les Cétacés de Méditerranée et du 6<sup>e</sup> Séminaire annuel du Réseau National des Echouages, 13-14 nov 2004, Nice , p. 24-30 (édition 2005).

L'IFREMER participe, en collaboration avec ACELMA (Acoustique Electronique Marine), au développement d'un netsonde sans fil multifréquence (75-200 kHz). ACELMA en a dérivé un équipement opérationnel, nommé "capteur corde de dos", dont l'objectif est d'imager le fond et le bourrelet. Ce capteur, compatible d'un point de vue fréquentiel avec la large bande visée, pourrait avantageusement être utilisé pour assurer également la fonction "répulsif à cétacés". Placé au centre de la corde de dos, son efficacité devrait s'étendre sur une grande partie de l'ouverture du chalut. En prenant la valeur de 150 dB (réf. 1 µPa) comme seuil de gêne, il est possible de représenter la zone de gêne dans la gueule du chalut en fonction du niveau émis (figure 6). Une étude d'intégration va être lancée début 2005.

## CONCLUSIONS

Cette étude des performances acoustiques requises pour un répulsif à cétacés nous a permis de définir la nature et l'amplitude d'un certain nombre de signaux potentiellement efficaces, en tenant compte des risques possibles de blessures. Compte-tenu de l'incertitude existant sur les seuils de gêne auditive des mammifères marins, il est nécessaire d'effectuer des essais sur différentes espèces. Ces tests seront réalisés à partir de mars 2005 en Mer d'Iroise sur des grands dauphins solitaires et sur des dauphins communs, à l'aide d'un répulsif acoustique prototype de laboratoire. Il semble également que les alarmes acoustiques actuellement commercialisées, privilégiant l'autonomie à l'intensité, n'induisent pas d'effet répulsif sur les dauphins (résultats confirmés par des expérimentations récentes). Concernant l'adaptation au chalut pélagique, la définition d'un capteur multifonction de type "corde de dos", permettant la génération de signaux potentiellement répulsifs, sera entreprise en parallèle avec les essais in-situ. L'intégration d'un système opérationnel sur un chalut pélagique fera par la suite l'objet d'une étude statistique d'efficacité.

## RÉFÉRENCES

Rossi L., Maggiani F., Dijoux J., Pieri X., Cipriani F.D., 2003. Quantification des attaques des dauphins sur les filets de pêche munis de balises acoustiques de type AquaMark 200 dans la Prud'homie de Balagne. Actes de la 12<sup>e</sup> conférence internationale sur les cétacés de Méditerranée.

Cox T.M., Read A.J., Solow A., Tregenza N., 2001. Will harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) habituate to pingers ? J. Cetacean Res. Manage. 3(1) : 81-86.

Committee on Potential Impacts of Ambient Noise in the Ocean on Marine Mammals, 2003. Ocean Noise and Marine Mammals.

Verboom W.C.. Estimation of Cetacean Hearing Criteria Levels. NATO unclassified report (<http://enterprise.spawar.navy.mil/nepa/whales/pdf/doc2-7.pdf>).

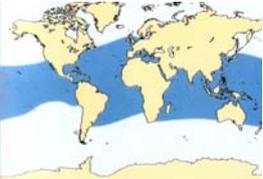
Taylor V.J., Johnston D.W., Verboom W.C., 1997. Acoustic Harassment Device (AHD) use in the aquaculture industry and implications for Marine Mammals. Proceeding Symposium on Bio-Sonar and Bioacoustics, Loughborough University, U.K..

Federal Register, Vol. 69, N° 53, March 2004. Small takes of Marine Mammals incidental to specified activities ; Oceanographic surveys in the Southern Gulf of California.

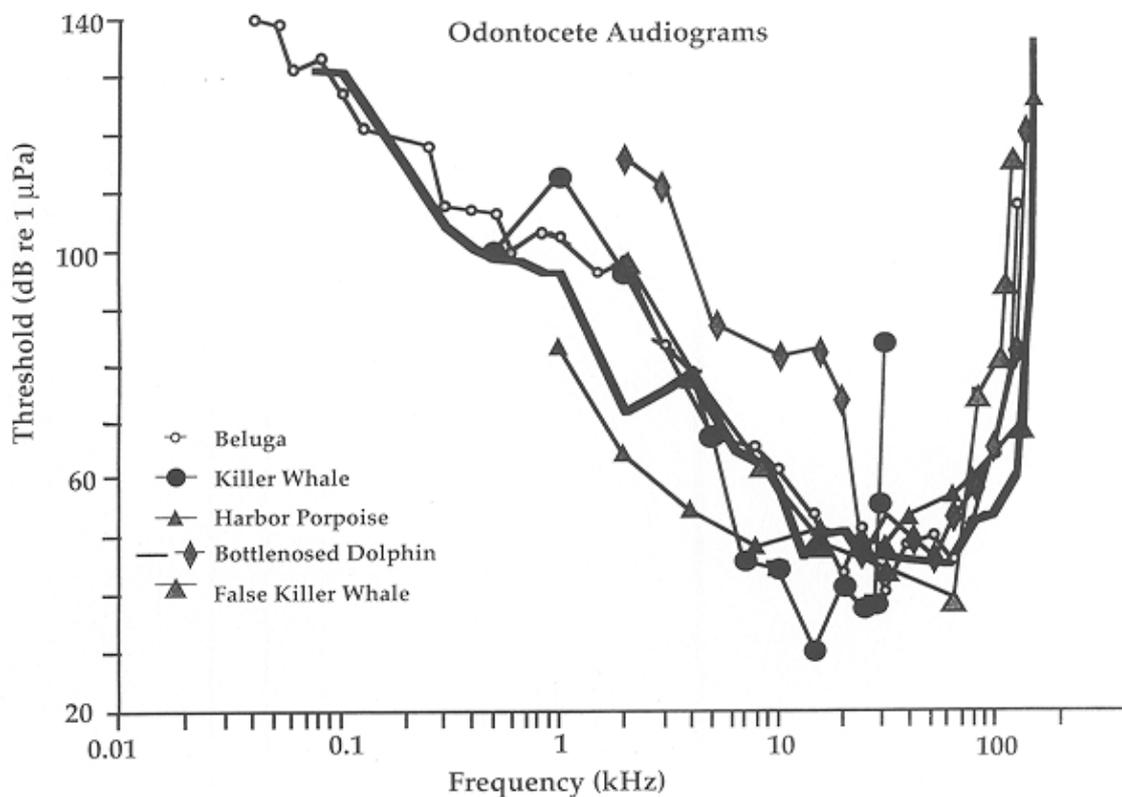
Schlundt C.E., Finneran J.J., Carder D.A., Ridgway S.H., 2000. Temporary shift in masked hearing thresholds of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, and white whales, *Delphinapterus leucas*, after exposure to intense tones. J. Acoust. Soc. Am. 107 (6).

Anon., 2002. Incidental catches of small cetaceans. Report of the second meeting of the subgroup on fishery and environment (SGFEN) of the Scientific, Technical and Economical Committee for Fisheries (STECF). Brussels 11-14 June 2002 . CEC, SEC(2002)1134, 59p

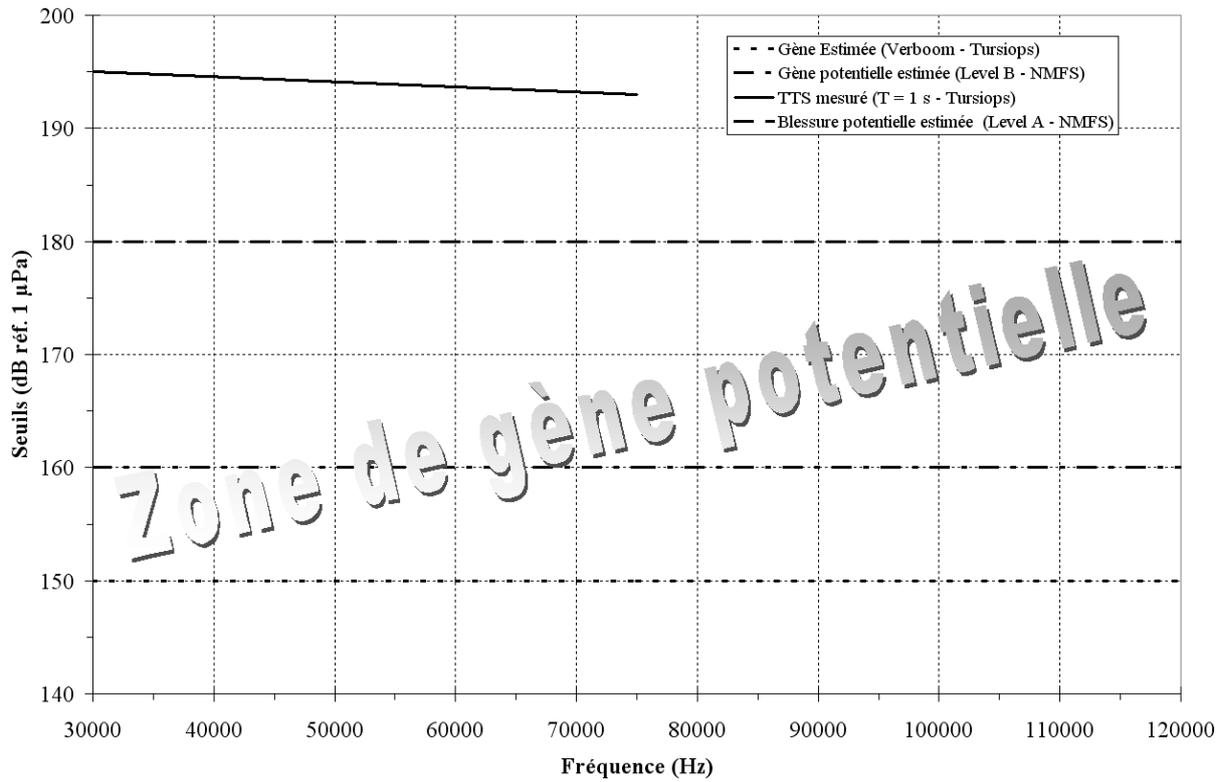
**Tableau 1.** Principales espèces à protéger (chalutage pélagique)

<b>Nom français</b>	Dauphin bleu et blanc	Dauphin commun	Marsouin commun	Grand dauphin
<b>Nom scientifique</b>	<i>Stenella coeruleoalba</i>	<i>Delphinus delphis</i>	<i>Phocoena phocoena</i>	<i>Tursiops truncatus</i>
<b>Nom anglais</b>	Striped dolphin	Common dolphin	Harbour porpoise	Bottlenose dolphin
<b>Carte des observations</b>				
<b>Physionomie</b>				
<b>Habitats</b>	Littoral, haute mer	Littoral, haute mer	Littoral	Littoral, haute mer
<b>Poids adulte</b>	90 à 150 Kg	70 à 110 Kg	55 à 65 Kg	150 à 650 Kg
<b>Taille adulte</b>	1,8m à 2,5 m	1,7m à 2,4m	1,4m à 1,9m	1,9 à 3,9m

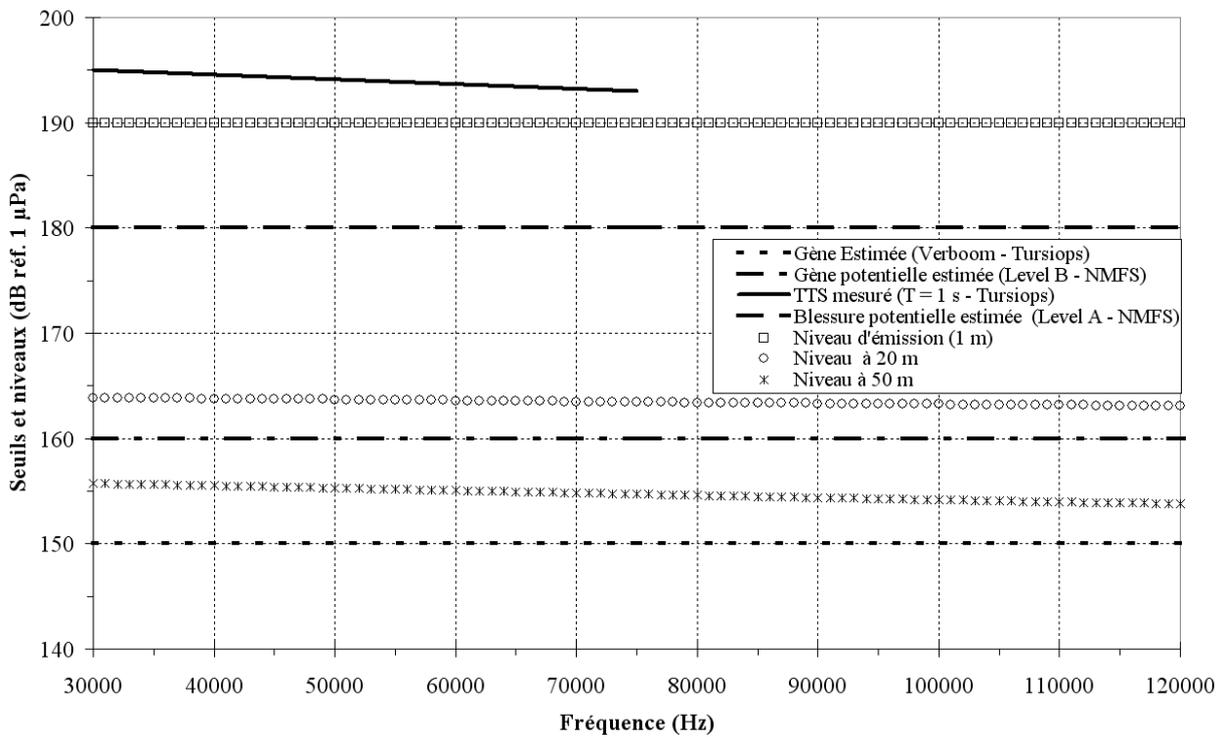
**Figure 1.** Audiogramme de certains odontocètes



**Figure 2.** Seuils de gêne estimés et TTS mesuré

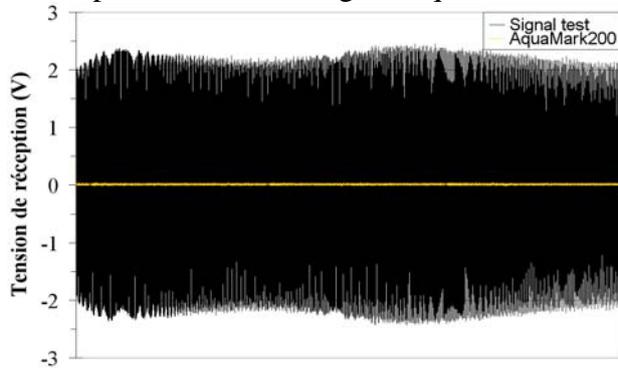


**Figure 3.** Niveau d'émission de 190 dB (réf. 1 µPa à 1 m), ramené à 20 et 50 m, et comparés aux différents seuils

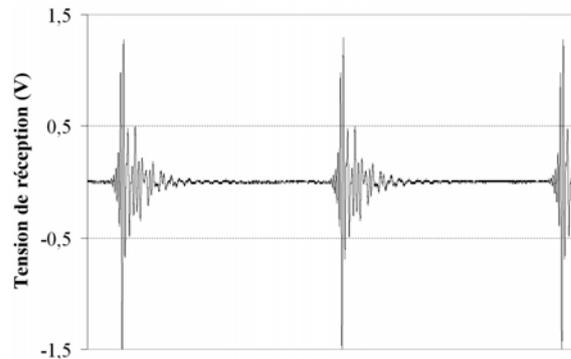


### Exemples de signaux acoustiques temporels potentiellement répulsifs

**Figure 4.** Modulation de fréquence linéaire  
(quelques centaines de ms)  
Comparaison avec un signal AquaMark 200



**Figure 5.** Signaux impulsionnels  
(quelques dizaines de  $\mu$ s par motif)



**Figure 6.** Zone de gêne potentielle dans l'ouverture d'un chalut pélagique dont les dimensions maximales sont (80 m x 40 m), en fonction du niveau d'émission à 1 m (SL).

