

N°4
FEVRIER
FEBRUARY
2002

BULLETIN ACCOBAMS

20031117 158

▼ Les effets des bruits sous-marins sur les mammifères marins

par Gianni Pavan

Centro Interdisciplinare di Bioacustica
e Ricerche Ambientali

Università degli Studi di Pavia, Italia

<http://www.unipv.it/cibra>

En mer Méditerranée la vie marine est menacée par la dégradation de l'habitat due aux activités humaines telles que la pêche, le trafic maritime, la pollution, et l'urbanisation de la côte. En plus des atteintes dues à la pollution chimique, qui peut contaminer la totalité de la chaîne alimentaire, les cétacés peuvent également être affectés par pollution sonore.

L'environnement sous-marin a ses propres particularités acoustiques et les cétacés y sont extraordinairement bien adaptés. Chez ces mammifères, la communication sonore a acquis un rôle privilégié, comparée à d'autres moyens de communication. Les mammifères marins vivent dans un milieu qui transmet mal la lumière, mais dans lequel les sons se propagent très bien, même sur de longues distances. Les mammifères marins se servent fortement des sons pour communiquer, pour exploiter et étudier leur environnement, pour trouver des proies et pour éviter les obstacles.

L'effet du bruit anthropique sur l'environnement marin est une nouvelle importante préoccupation pour les scientifiques.

Chez l'homme, les sons peuvent influencer le bien-être physique et psychique, et des directives ou des lois fixent les seuils d'émissions acoustiques potentiellement préjudiciables. Notre connaissance au sujet de l'impact du bruit sur l'environnement marin est encore limitée, mais récemment la prise en compte du problème s'est accrue.

Les bruits et les vibrations sous-marins produits par l'homme peuvent provenir de diverses sources: trafic maritime, prospections sismiques, forages sous-marins, sonars, dispositifs de télémétrie, expériences océanographiques, explosions sous-marines, vibrations provenant de la côte, etc. Tous ces bruits peuvent interférer sur la vie animale de manière différente. L'environnement marin lui-même produit des sons: les mouvements de l'eau, le vent, la pluie et les séismes sont des sources acoustiques qui peuvent avoir un impact sur les animaux. Cependant, ces derniers ont adapté à la plupart d'entre eux leurs moyens de communication.

L'exposition au bruit peut produire tout une gamme d'effets sur les mammifères marins. A un bas niveau le son peut-être perçu sans produire d'effet. A des niveaux supérieurs le bruit peut les déranger et induire des actions d'évitement. Si les animaux, pour une raison quelconque, ne peuvent pas éviter la source de bruit, ils peuvent se

▼ Effects of underwater noise on marine mammals

by Gianni Pavan

Centro Interdisciplinare di Bioacustica
e Ricerche Ambientali

Università degli Studi di Pavia, Italia

<http://www.unipv.it/cibra>

In the Mediterranean Sea marine life is threatened by habitat degradation due to human activities such as fisheries, ship traffic, pollution, and coast anthropization. Other than being effected by chemical pollution, which may contaminate the whole marine food web, cetaceans can also be effected by noise pollution.

The underwater environment has its own acoustic peculiarities and cetaceans are extraordinarily well adapted to them. In these mammals, acoustic communication has acquired a privileged role compared with other communication channels. Marine mammals live in a medium which poorly transmits light but through which sound propagates very well, even over long distances. Marine mammals heavily rely on sound to communicate, to exploit and investigate the environment, to find prey and to avoid obstacles.

The effect of anthropogenic noise on the marine environment is a new serious concern for scientists.

Noise can influence the physical and psychic well-being of man, and directives and laws set limits on potentially damaging acoustic emissions. Our knowledge about the impact of noise on the marine environment is still limited, but lately the problem has been taken more and more into consideration.

Underwater noise and vibrations produced by man may come from many sources: ship traffic, touristic boats, seismic surveys, seabed drilling, sonars, telemetry devices, oceanographical experiments, underwater explosions, vibrations propagating from the coast, etc. All these can variously interfere with animal life. The marine environment itself includes sources of noise: movement of water, wind, rain and earthquakes, are acoustic sources which may have an impact on animals. However, animals have adapted to most of them by elaborating suitable schemes of communication. Exposure to sound can produce a range of effects on marine mammals. A low level sound can be audible to animals without resulting in any visible effect. At increased levels the sound may disturb animals and induce avoidance and other behavioral changes. If animals for any reason can't avoid a noise source, they may be exposed to acoustic conditions capable of producing negative effects, which may range from discomfort and stress to physical acoustic trauma. Exposure to very loud sounds, explosions at short range for example, can produce

trouver exposés à des conditions acoustiques capables de produire des effets négatifs qui peuvent aller du simple trouble, ou stress, à un traumatisme acoustique physique. L'exposition aux bruits très forts, explosions proches par exemple, peut produire des dommages à beaucoup d'autres organes autres qu'à ceux de l'audition.

L'effet de base d'un traumatisme acoustique est une diminution des capacités d'audition ou la détérioration du seuil de sensibilité. Les pertes d'audition sont provisoires (TTS - Temporary Traumatic Stress) ou permanentes (PTS - Permanent Traumatic Stress). L'intensité et la durée peuvent agir en synergie pour accentuer la perte d'audition, les expositions longues ou répétées aux niveaux TTS peuvent produire une perte d'audition permanente (PTS). Ce qui signifie que le niveau et la durée de l'exposition peuvent jouer dans l'induction des dommages acoustiques.

Même en-dessous des niveaux correspondant à une perte d'audition, l'exposition au bruit peut déclencher une variété d'effets comportementaux potentiellement perturbateurs, difficiles à évaluer, qui peuvent avoir un impact à long terme sur les populations.

Avec la réduction des capacités auditives, un bruit de fond accru peut affecter sévèrement la capacité des animaux à percevoir leur environnement, à communiquer, à s'entendre entre eux, et à percevoir les faibles échos de leurs impulsions sonar.

Ces matières ont été récemment largement discutées. C'est en 1995 que la marine italienne a commencé à examiner ce problème et à considérer, sur la base du principe de précaution, la limitation des exercices de sonar dans le Sanctuaire pour les cétacés de la mer des Ligures.

En mai 1996, l'échouage massif de baleines de Cuvier dans le Golfe de Kyparissiakos, sur la côte occidentale de la Grèce ionienne, alors que se déroulait à proximité un essai de sonar de l'OTAN, a stigmatisé l'attention sur les impacts potentiels des sonars actifs de forte intensité. D'autres épisodes (Bahamas, mars 2000) ont accru les préoccupations sur ce problème.

Cependant, il faut rappeler que des sources autres que les sonars émettent des bruits sous-marins importants et un inventaire de toutes ces sources est nécessaire pour avoir une image de la situation. Par ailleurs, des vibrations peuvent se propager depuis les côtes et sous certaines conditions les bruits des travaux de construction côtiers peuvent balayer des dizaines de miles.

Nous considérons habituellement deux types principaux de pollution par le bruit: la pollution aiguë, produite dans un endroit précis pour une période de temps définie, par exemple une activité sonar pour l'exploration géophysique, et la pollution diffuse qui provoque un bruit de fond généralisé du fait d'un grand nombre de sources.

Le trafic maritime est un exemple de pollution diffuse qui peut affecter des secteurs très larges. Un suivi des bruits sous-marins produits par les navires est nécessaire afin de modéliser leur diffusion et leur impact sur l'environnement sous-marin; dans ce contexte, les effets cumulatifs des expositions multiples et prolongées doivent être étudiés. Le bruit du trafic maritime peut être réduit en

damage to many organs in addition to hearing.

The basic effect of an acoustic trauma is a decrease in hearing ability, or worsening of sensitivity threshold. Hearing losses are classified as temporary (TTS) or permanent (PTS) threshold shifts. As intensity and duration can act synergistically to broaden the loss, long or repeated exposures to TTS levels may produce permanent hearing loss (PTS). This means that both level and duration of exposure may lead to acoustic damage.

Exposure to noise may have an effect even if below the levels required to produce hearing loss. Such low level noise exposure may produce a variety of potentially, difficult to evaluate, disruptive behavioral effects that may have a long-term impact on marine mammal populations.

As with reduced hearing capabilities, an increased background noise may severely effect the animals' ability to perceive the environment, to communicate, to hear each other, and to perceive the weak echoes of their biosonar pulses.

These topics recently began to be widely discussed. It was 1995 when the Italian Navy started to face this problem and considered, based on the precautionary principle, to limit sonar exercises in the Ligurian Sea Cetacean Sanctuary.

In May 1996, a mass stranding of Cuvier's beaked whales occurred in the Kyparissiakos Gulf, on the west coast of Ionian Greece. This stranding was near, and in temporal coincidence with, a NATO sonar test, and focused attention on potential impacts of high power active sonars. Further episodes (Bahamas, March 2000) increased the concern about this problem.

However, we have to remember that sources other than sonars emit loud sounds underwater, and a census of all sources is required to have a complete picture of the situation. In addition, we must consider that vibrations may propagate from the coasts, and in certain conditions the noises of construction works on a coast propagate underwater for tens of miles.

We usually consider two main types of noise pollution. One is acute pollution, produced in a location for a defined period of time, for example a sonar test or a geophysical exploration. The other is diffuse pollution, which is a generalized background noise increase due to the sum of a large number of sources.

Ship traffic is an example of diffuse pollution that may effect very wide areas. A monitoring of ships' underwater noise is required to model their diffusion and the impact on the underwater environment. In relation to this, cumulative effects due to multiple and prolonged exposures must be studied. Ship traffic noise can be reduced by lowering the noise irradiated by engines and propellers, and by modifying ship tracks to avoid sensitive areas such as breeding grounds, feeding grounds and migratory corridors.

Acute pollution seems to be more manageable. The Acoustic Risk Mitigation Policies under development and testing by military and civilian institutions are aimed at finding ways to minimize effects of irradiated noise by

abaissant le bruit produit par les moteurs et les hélices et en modifiant les trajets des navires pour éviter des secteurs sensibles, comme les zones de reproduction, d'alimentation et les couloirs de migration.

La pollution aiguë semble être d'approche plus aisée. Les politiques de réduction des nuisances acoustiques, en cours de développement et mises à l'essai par des organismes militaires et civils, visent les moyens de réduire au minimum les effets des bruits produits en choisissant soigneusement des secteurs et des périodes spécifiques pour mener les activités potentiellement nocives. La vérification constante qu'aucun animal n'est présent dans le secteur qui va être touché ou n'est sur le point de s'en approcher peut également réduire les risques d'impact et minimiser le danger. Ce qui peut être réalisé en combinant des observations visuelles et une écoute passive des bruits sous-marins, avec les instruments appropriés.

Ce genre de protocole est nécessairement basé sur une connaissance précise des mammifères marins et de leur environnement afin de prévoir la distribution et la densité des animaux et, sur place, de pouvoir détecter, classer et suivre ces animaux dans la zone critique. Dans le centre de recherches sous-marines Saclant de l'OTAN, le projet SOLMAR (Sound Oceanography and Living Marine Resources) est centré sur le développement de politique de mise en œuvre sans risque des sources sonores de puissance élevée.

Cependant, la question de la détermination de niveaux d'exposition inoffensifs est toujours en discussion, non seulement en relation avec les PTS et TTS, mais également avec les comportements de rupture à court et à long terme.

Actuellement, il n'y a aucune étude fournissant des données fiables sur les seuils pour des espèces de mammifères marins, et les nombreux arguments sur les risques acoustiques de traumatisme chez les mammifères marins continuent à être développés.

Un certain nombre d'études ont démontré des réponses comportementales aux bruits anthropiques. Ces études montrent comment leurs effets peuvent considérablement changer selon la nature du son, les conditions locales de sa propagation, ainsi que sur la sensibilité des animaux qui dépend de l'espèce, de son comportement, de son contexte social, et d'autres facteurs.

L'US Office for naval Research (ONR) finance actuellement de nombreuses recherches. L'objectif de l'ONR est d'augmenter la connaissance sur les mammifères marins et leur sensibilité aux expositions sonores pour permettre aux navires militaires d'agir de manière à ne pas en dépasser les limites et de rester en conformité avec le Marine Mammals Protection Act. La recherche dans ce domaine est également financée par des compagnies pétrolières qui sont tenues d'atténuer les effets des tirs de canons à air (air-gun) utilisés pour la recherche pétrolière.

Bien que le nombre de recherches sur cette matière se soit accru ces dernières années, la rareté de l'information scientifique de base disponible sur les rapports causes-effets gêne la compréhension des effets à long terme et l'adoption de politiques de conservation appropriées.

carefully choosing specific areas and periods for potentially harmful activities. Constant verification that no animals are in the area to be ensounded or approaching it can further minimize harm. This can be achieved by combining visual observation and passive listening to underwater sound with suitable instrumentation.

These kinds of protocols are necessarily based on a strong knowledge of marine mammals and their environment in order to predict animal distribution and density, and once in the field, to be able to detect, classify and track animals within critical ranges. At the NATO Saclant Undersea Research Center, the SOLMAR (Sound Oceanography and Living Marine Resources) Project is aimed at developing a policy to safely operate high power sound sources.

However, the determination of safe exposure levels, not only related with PTS or TTS effects, but also with short and long term behavioural disruption is still a debatable question.

At present, there are no studies providing reliable threshold shift data for marine mammal species, and there continue to be a wide range of arguments presented about acoustic trauma susceptibilities in marine mammals.

A number of studies have demonstrated behavioral responses to man made sounds. These studies show how effects may widely vary depending on the nature of the sound, on local sound propagation conditions, and on the animals' sensitivity, which varies according to species, behavior, social context, and other factors.

The US Office of Naval Research (ONR) currently funds many research projects on this topic. ONR's aim is to increase knowledge about marine mammals and their sensitivity to sound exposure, to allow Navies to operate within safeguard limits, and to comply with the Marine Mammal Protection Act. Research on these topics is also funded by oil companies, which need to mitigate the effects of airgun operations for petroleum search.

Even if the number of studies on this topic has increased in recent years, the scarce availability of baseline scientific information about cause-effect relationships prevents us from understanding long-term effects and adopting appropriate conservation policies.

In the last few decades, underwater acoustic technology has become available for civil research institutions, thus opening a new window on marine mammals studies. However, acoustic behavior of only a small part of marine mammals species has been described. Nowadays, other than expanding the number of studied species, the interest of researchers is shifting to more comprehensive research topics such as environment use, critical habitat identification, and analysis of the impact of human activities.

Very little is known about marine mammals' critical habitats. The lack of adequate knowledge about cetacean population distribution, size, trends, dynamics, reproductive cycles, migratory habits, sensitivity to human activities, ecological roles and communication

Ces dernières décennies, les technologies acoustiques sous-marines sont devenues disponibles aux établissements civils de recherche, ouvrant une nouvelle fenêtre sur les études des mammifères marins. Cependant le comportement acoustique de seulement quelques espèces de mammifères marins a pu être décrit. De nos jours, au delà de l'accroissement du nombre d'espèces étudiées, l'intérêt des chercheurs s'oriente vers des sujets de recherches plus pointus tels que l'utilisation de l'habitat, l'identification d'habitats critiques et l'analyse de l'impact des activités humaines.

Nous connaissons très peu de chose sur les habitats critiques des mammifères marins. Notre capacité à développer des stratégies et des politiques pour la conservation des cétacés est nettement limitée par le manque de connaissance convenable sur leurs populations, leur distribution, leur taille, leurs tendances, leur dynamique, leurs cycles reproducteurs, leurs habitudes migratrices, leur sensibilité aux activités humaines, leur rôle écologique et leurs capacités de communication. Ceci rend toute espèce de cétacé vulnérable à l'accroissement de la dégradation et de la perturbation de l'habitat, en particulier à long terme.

Au delà des principes généraux de protection de l'environnement et du principe de précaution, une augmentation des financements pour la recherche et des mesures fortes sont requises d'urgence afin d'augmenter notre prise de conscience sur les besoins des habitats critiques et de réduire les impacts directs et indirects provoqués par des activités humaines. La recherche scientifique coordonnée est l'outil de base pour atteindre cet objectif.

abilities, dramatically limits our ability to develop strategies and policies for their conservation. This makes all cetacean species vulnerable to increased disturbance and habitat degradation, particularly in the long term.

Other than general principles of environmental protection and precautionary principles, more funding for research and strong measures are urgently needed in order to increase our awareness about critical habitat requirements and to reduce direct and indirect impacts caused by human activities. Coordinated scientific research is the basic tool to achieve this goal.

Selected References

- Au, 1993. The sonar of dolphins. Springer-Verlag
Urick, 1983. Principles of underwater sound. McGraw Hill
Richardson et al., 1995. Marine Mammals and Noise. Academic Press
AA.VV., 2000. Marine Mammals and Low-Frequency Sound: Progress Since 1994. National Academic Press
Gisiner (Editor), 1998. Proceedings of the workshop on the effects of anthropogenic noise in the marine environment. Available in pdf format at http://www.onr.navy.mil/sci_tech/personnel/cnb_sci/proceed.pdf