

ÉCHOS D'ESCALE

LA MALLE À SOUVENIRS DE TARA

LIEU—
DE L'ESCALE

TYPE—
AGE

L'OBJET—
DE L'ESCALE

LA PROBLÉMATIQUE—
DE L'ESCALE

LES THÉMATIQUES—
DE L'ESCALE

MOTS—
CLÉS

EN MER

PROFESSEUR

LYCEE

BALEINE

En quoi les pollutions sonores marines
impactent-elles
les grands mammifères marins ?



SON - POLLUTION SONORE ANTHROPIQUE - AUDITION
RISQUE - CÉTACÉS

Fondation
taraocéan
explorer et partager
taraexpeditions.org



Problématique : En quoi les pollutions sonores marines impactent-elles les grands mammifères marins ?

Place de cette fiche et de ses ressources dans un programme

Cette étude de cas peut être choisie en introduction au programme de géographie de la classe de seconde car elle embrasse des thèmes variés qui seront déclinés ensuite tout au long de l'année, avec des rappels/allusions à cette référence liminaire. Parce qu'elle aborde tout aussi bien la pauvreté, le développement durable, les risques, la santé, cette fiche peut aussi constituer un fil rouge tout au long de l'année débouchant par exemple sur un plaidoyer.

Cette fiche propose un scénario, qui permet d'appréhender une **question, sous trois angles, économique, social et environnemental dans le cadre de l'éducation au développement durable** :

- Elle comprend des **problématiques**,
- Elle passe par une **phase de réflexion/recherches**,
- Elle est **organisée** et débouche sur une **production**.

Libre à chaque enseignant(e) de choisir son entrée, sa situation d'apprentissage, ses documents et de proposer une approche globale de la question.

En **fin de fiche, des ouvertures possibles**, ainsi que des **ressources** pour faciliter le travail des élèves.

Problématisation

L'idée est à partir de l'objet TARA et de la problématique principale, de générer un questionnement multiple soulignant la complexité de certaines questions géographiques, notamment celles du développement durable, ...

Le professeur peut tout d'abord présenter le projet, la démarche de TARA puis l'objet présent et, ainsi, susciter des premières questions. Des propositions de réponse(s) peuvent être avancées par des élèves. Elles peuvent être reprises sous la forme d'une trace écrite (recueil des questions des élèves - « Brainstorming » sous forme de nuage de mots, ou plus structuré par thème, au tableau) ; le professeur peut stimuler l'argumentation en demandant à chacun de justifier son point de vue par un ou des exemples.

Cela permet de rentrer dans un échange au cours duquel de nombreuses questions vont émerger. Une ou plusieurs questions de la liste ci-dessous peuvent ainsi se retrouver dans les questions venant des élèves, ce qui leur permet de s'en approprier les enjeux.

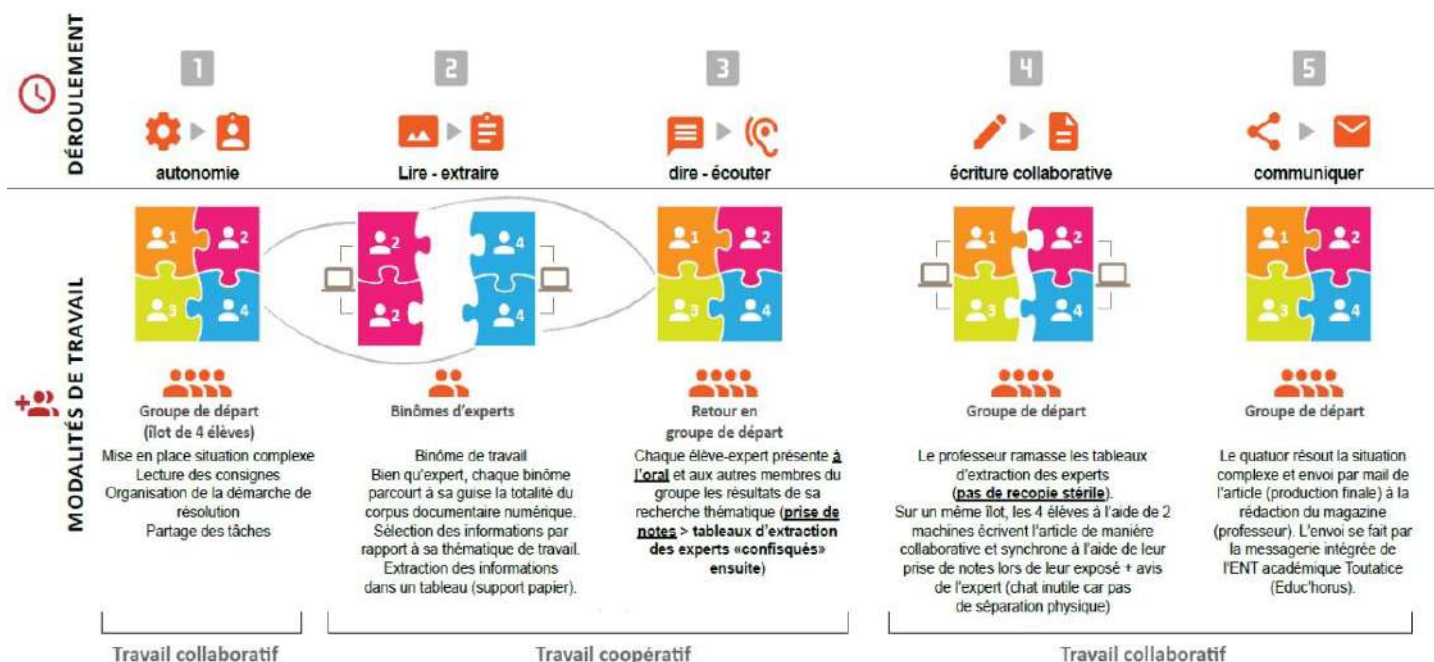
L'objectif est donc bien de montrer que le sujet est complexe et que plusieurs recherches seront à mener. Il ne s'agit pas de répondre à toutes les questions mais que les élèves soient

en mesure de questionner le monde : on souhaite que les recherches effectuées par la suite prennent du sens en cherchant à répondre à une partie du questionnement engagé.

Scénario proposé :

1. Problématisation en **groupes de départ**
2. Découverte du corpus documentaire : **groupes d'experts**
3. Echanges en **groupes de départ**
4. Elaboration d'une synthèse, par exemple une carte mentale

L'infographie ci-dessous illustre une façon possible de faire travailler les élèves d'abord en coopératif (les élèves travaillent sur un même objectif mais en se répartissant les tâches) puis ensuite de mixer les groupes en collaboratif (les élèves travaillent ensemble sur la même tâche).



1er temps : **formation de groupes d'experts pour problématiser**

2ème temps : **recherche documentaire à partir du corpus documentaire** (pouvant être étayé par l'enseignant(e)).

3ème temps : **élaboration d'une carte mentale (=production)** visant à établir l'ensemble des **causes** et **conséquences** de la pauvreté et de la vulnérabilité, notamment face aux conséquences du réchauffement climatique pour les petits Etats insulaires. L'application **Mindomo**, gratuite permet d'établir des **cartes mentales collaboratives** dans lesquelles il est possible **d'insérer** différentes ressources (**textes, images, ...**). Il existe d'autres logiciels ou applications gratuites qui permettent d'élaborer des cartes mentales. Elles peuvent évidemment se réaliser aussi de manière non numérisée.

Plusieurs solutions pour **compléter** la carte mentale :

- La solution “**classe entière**” : l’enseignant ou un élève complète une carte projetée au tableau à partir des réponses de la classe.
- La solution “**groupe**” : en présentiel, avec un **équipement connecté**, les groupes interviennent simultanément sur la même carte, un **temps d’échange collectif** est organisé par la suite **pour s’approprier la production**.
- La solution “en **déporté**” : les groupes complètent la carte commune de **chez eux ou du CDI** et la carte est **commentée collectivement en classe**.

L’objectif est d’établir la **complexité du phénomène** et **non de produire une recherche de solutions** (Absence de solution « toutes faites » dans le cadre d’une problématique complexe).

Corpus documentaire 1

Ce corpus doit permettre aux élèves d'identifier le rôle du son dans la communication chez les mammifères marins et les organes impliqués dans la réception des sons et le rôle de l'environnement dans le type de chant émis.

4 documents directement utilisables en classe. Il s'agit d'un choix de ressources (textes, images, graphiques...) sans imposer de démarche : pas de questions, juste des données

Le document 1 présente quelques aspects de l'histoire évolutive des cétacés

Le document 2 présente les différents signaux acoustiques émis par les Cétacés et leurs rôles.

Le document 3 présente le système auditif spécifique chez les Cétacés.

Le document 4 présente l'influence de l'environnement, ici lors des migrations, sur les signaux sonores émis par les baleines.

Questions auxquelles les documents ci-dessus répondent en partie : ces documents peuvent tout aussi bien servir à faire émerger ces questions qu'apporter des éléments de réponse :

1. Identifier les différents rôles du son dans le mode de vie des cétacés
2. Montrer que les cétacés ont la capacité d'émettre une diversité de signaux auditifs adaptés à la réalisation de fonctions écologiques essentielles.
3. Identifier les adaptations de l'appareil auditif des cétacés qui le rendent adaptés à leur système de communication et d'écholocation.
4. Montrer que l'appareil auditif des cétacés présentent des caractéristiques communes avec celui des autres mammifères mais des spécificités apparues au cours de l'évolution.
5. Identifier en quoi l'environnement peut influencer le chant des Baleines ?

Document 1 : Les cétacés, résultats et étapes de l'évolution

- Les **cétacés** forment un groupe de mammifères aquatiques.

Il existe, en 2020, 89 espèces (nombre non fixé car les chercheurs débattent encore), dont plus de la moitié sont de répartition mondiale. Seulement cinq espèces encore existantes vivent en eau douce. Le groupe des cétacés comprend les animaux les plus grands ayant existé sur Terre, dont les 14 espèces de baleines, notamment la baleine bleue. Ils sont considérés comme l'un des groupes d'espèces ayant le plus divergé des autres mammifères. Ces espèces sont réputées pour avoir une intelligence remarquable. Les cétacés peuvent produire un grand nombre de sons destinés à communiquer comme la production de bulles, de sifflements, de bruit de battements de nageoire, de vocalises et de trombes avec leurs événements, mais pas seulement pour communiquer.

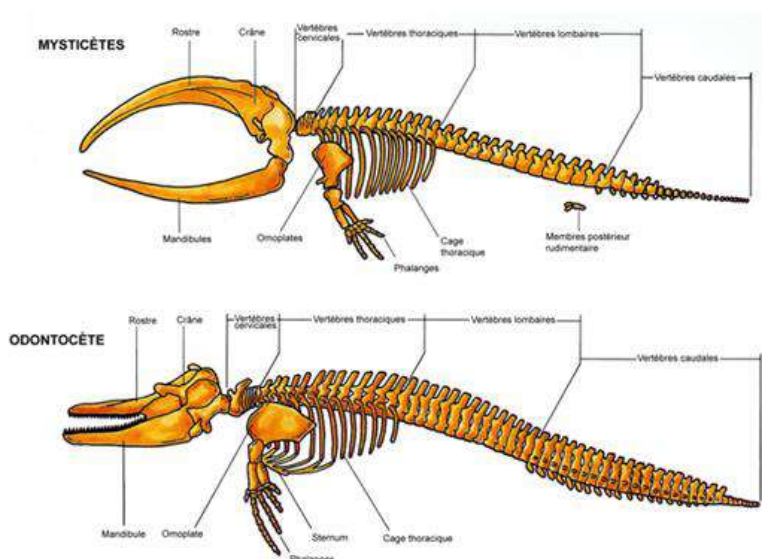
Leur chasse a également joué un rôle économique important pour de nombreux pays, mais est, à présent, très limitée.



Source : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Cetacea>

L'ordre des cétacés est divisé en deux sous-ordres : les odontocètes et les mysticètes.

- **Les odontocète**, dérive du terme grec *Odontos* signifiant « dents », en référence à leurs mâchoires munies de dents. Ce sont les dauphins, les cachalots, les orques, les marsouins, les baleines à bec ...
- **Les Mysticète**, dérive du terme grec *mystakos* signifiant moustache, pour leurs fanons. Ce sont les baleines et les rorquals. Ils possèdent des fanons et non des dents qui servent à filtrer la nourriture : petites crevettes appelées « krill », ou de petits poissons.



Source : <https://www.sosgrandbleu.asso.fr/ressources/dossiers/la-separation-odontocetes-et-mysticetes/>

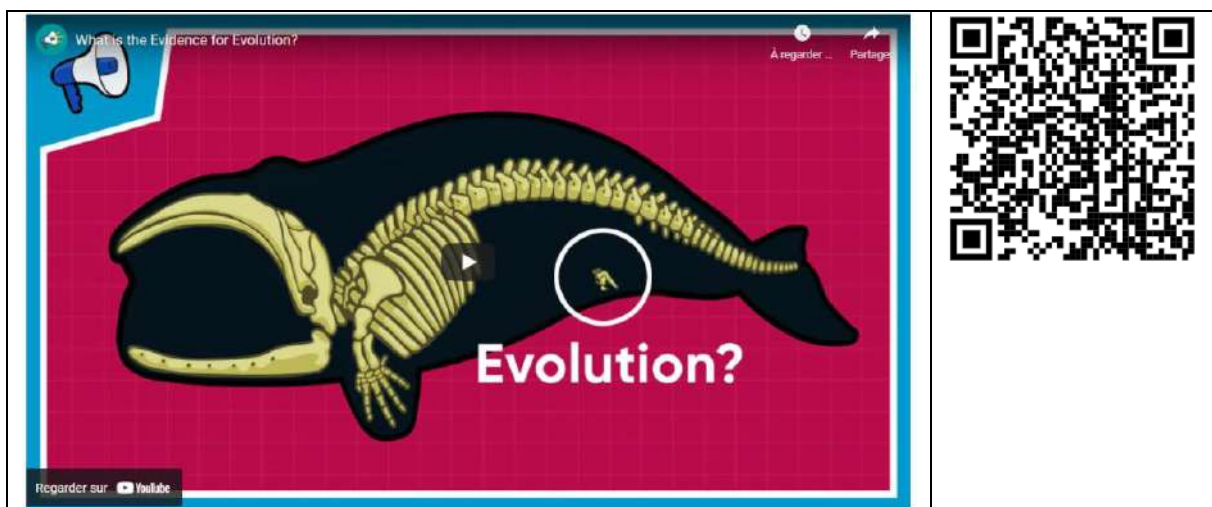
Les 89 espèces de cétacés sont toutes sur la liste rouge de l'International Union for Conservation of Nature. Cette triste situation est la conséquence directe de plusieurs événements, le réchauffement climatique, la pêche industrielle, le trafic maritime en explosion, les sonars militaires surpuissants, l'utilisation d'engins explosifs pour des prospections pétrolières et géophysiques sous-marines, le développement d'installations d'énergie nouvelle offshore, les marées noires, la pollution chimique par les engrais, l'important cumul de matière plastique dans les océans, etc.

La connaissance du milieu marin n'a jamais été aussi importante qu'aujourd'hui. Pourtant, il reste encore beaucoup à découvrir. Sur les cétacés, les scientifiques travaillent sur différents aspects pour mieux les comprendre, mieux décrire leurs interactions, leurs habitats. On s'intéresse aux paysages acoustiques sous-marins, avec l'objectif d'avoir une meilleure connaissance des écosystèmes et de mieux décrire les effets des activités humaines.

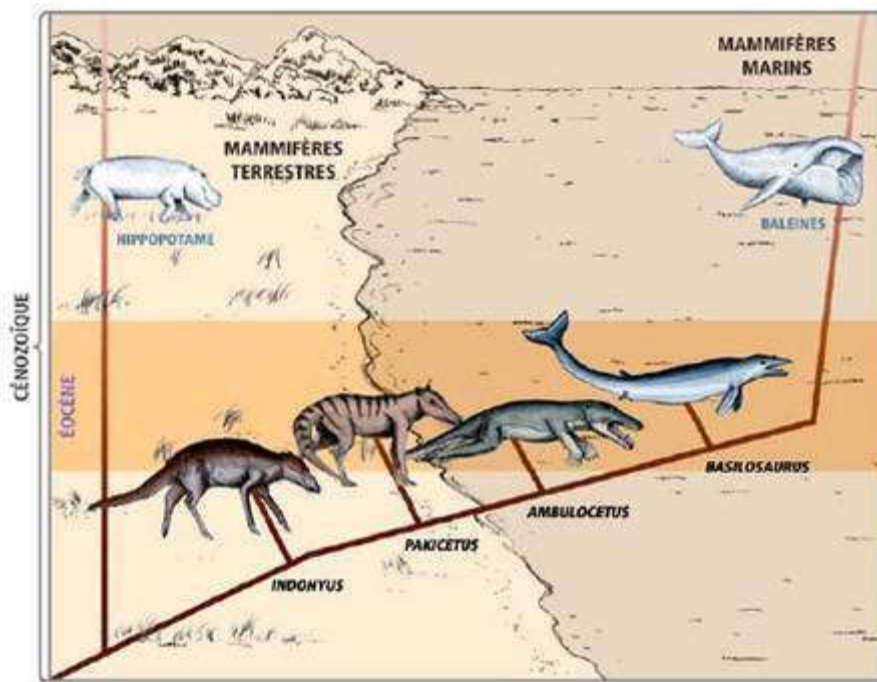
Un site avec des Quiz pour découvrir le monde des cétacés de France et du monde :
<https://www.cetaces.org/monde-sonore-cetaces/acoustique-sous-marine-et-les-cetaces/>

- Quelques aspects de l'**histoire évolutive** des cétacés

Voir en vidéo : <https://baleinesendirect.org/decouvrir/la-vie-des-baleines/morphologie/les-ancetres-des-baleines/>

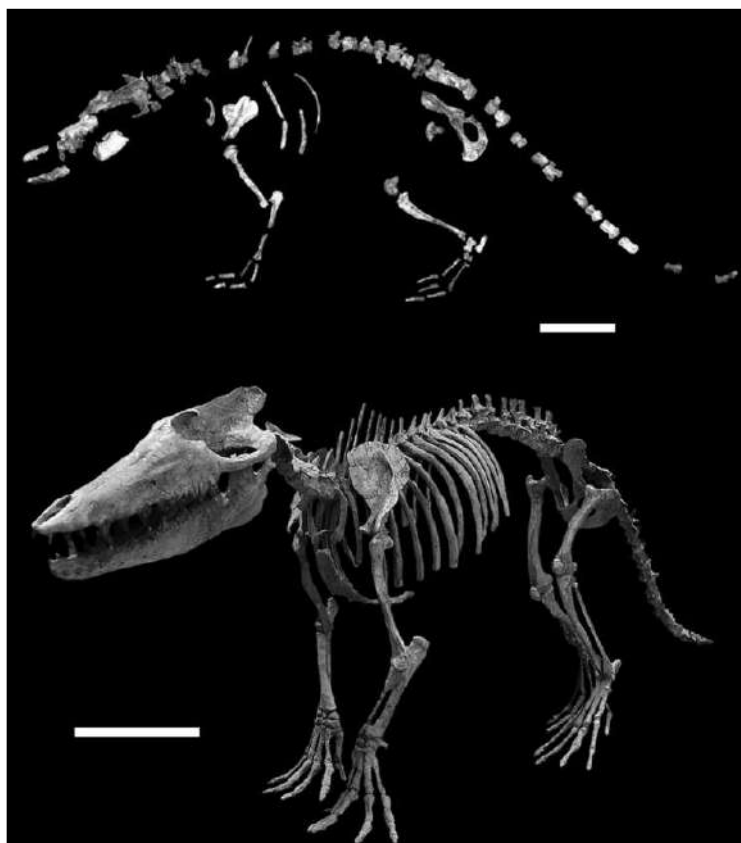


Les cétacés ont pour ancêtre un animal terrestre. Leur origine commune a été très discutée, mais une étude phylogénique a montré qu'ils dérivent d'une espèce commune. Les plus anciens fossiles connus datent d'environ 50 millions d'années (Ma). La comparaison des caractères morphologiques, anatomiques et génétiques a conduit les scientifiques à les regrouper au sein d'un même groupe avec les Artiodactyles (ongulés à doigts pairs). Ils sont donc plus proches des ruminants que des autres mammifères marins tels que les phoques et les loutres. L'étude d'autres caractères dérivés montre que leurs plus proches parents sont les hippopotames. Une étude basée sur la morphologie remet cependant en question cette proche parenté.

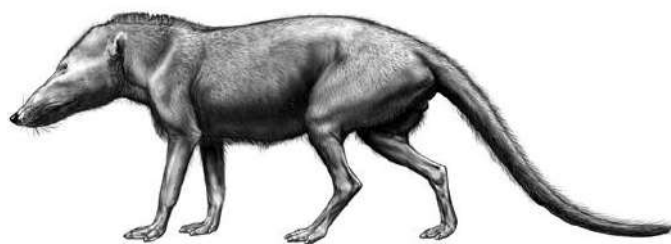


Source : <https://www.futura-sciences.com/sante/dossiers/biologie-darwin-fossiles-histoire-reconciliation-864/page/7/>

Le premier cétacé connu est *Pakicetus*, une forme terrestre et coureuse de l'Éocène inférieur (50 Ma), qui pouvait sans doute entrer dans l'eau des rivières pour compléter son alimentation ou se protéger du soleil.



Squelette partiel de *Pakicetus* (Éocène inférieur, Pakistan) constitué de plusieurs individus, (Photo H.J.G. Thewissen) et reconstitution du squelette (barres d'échelle = 20 cm).



Reconstitution de Pakicetus (par Carl Buell).

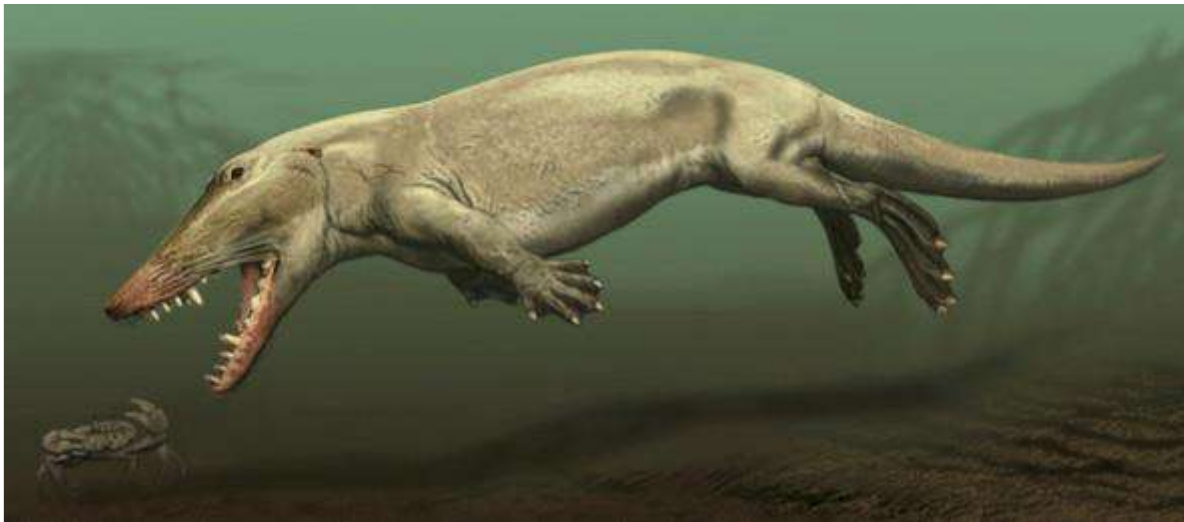
Quelques millions d'années plus tard *Ambulocetus* est une forme amphibie capable de marcher sur la terre ferme, mais nageant sans doute agilement à l'aide de ses membres postérieurs. *Ambulocetus* était un redoutable prédateur armé de puissantes dents. Les narines de *Pakicetus* et d'*Ambulocetus* étaient situées au-dessus du crâne.

À l'Éocène supérieur apparaissent les premiers cétacés totalement inféodés au milieu aquatique, les *Basilosauridés*. Leurs membres postérieurs sont totalement atrophiés et ne sont plus fonctionnels. Les narines se situent sur la face dorsale du rostre dans le tiers antérieur du crâne.



**Squelette (Holotype)
d'*Ambulocetus natans* de
l'Éocène inférieur à moyen
du Pakistan (barre
d'échelle = 30 cm) ;
reconstitution du
squelette d'*Ambulocetus* à
partir de l'holotype et seul
spécimen connu (photos
H.J.G. Thewissen).**





Reconstitution d'*Ambulocetus natans* (par Carl Buell).

Dès lors, la voie vers les cétacés modernes est ouverte ; les premiers mysticètes apparaissent à l'Éocène terminal et les premiers odontocètes à la fin de l'Oligocène inférieur.

Source : <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1631068308001097?token=944D09370F58E127799803AB7F9735A94944BF22493E83D7A6C629DFB294E9EA53EED17C38FA9862F8AFFE7B4A036A83&originRegion=eu-west-1&originCreation=20220125184756>

Document 2 : Signaux acoustiques chez les cétacés

Les cétacés utilisent les sons pour :

- Communiquer entre eux au moyen de vocalisations, plutôt à basse fréquence mais de spectre très variable selon les espèces ;
- Reconnaître et exploiter l'environnement naturel ou artificiel, à la manière d'un sonar passif : bruit de déferlement et proximité de la cote, interception de signaux des prédateurs et des proies, bruit de banquise, etc. ;
- Détecter activement proies et obstacles, à la manière d'un sonar actif avec détection, localisation, identification par émission de clicks d'écholocalisation à très haute fréquence : cette fonction semble n'exister que chez les odontocètes

Les odontocètes et particulièrement les dauphins communiquent à des fréquences supérieures à 100 Hz ; leur optimum auditif se situe entre 10 à 100 kHz, gamme d'émission de leurs clicks d'écholocalisation. Ils peuvent aussi émettre des sifflements à fréquence constante ou modulée (4-16 kHz), ainsi que des signaux ultrasonores,

Les mysticètes communiquent au moyen de fréquences plus basses que les odontocètes : de 12 Hz à 8 kHz, souvent inférieures à 100 Hz. On ne connaît pas directement leur efficacité auditive, mais il est probable que leur perception des basses fréquences est meilleure que

celle des odontocètes. Ils seraient donc sensibles aux navires qui font des relevés sismiques (on a par ailleurs pu observer qu'ils ont tendance à s'en éloigner).

Document 3 : L'audition spécialisée chez les Cétacés,

L'écholocation et la communication des cétacés implique l'émission de sons de forte puissance et la réception d'échos très affaiblis. Ce qui nécessite un appareil auditif sensible pour réceptionner les signaux auditifs mais aussi protégé lors de l'émission. Les cétacés ont des sinus aériens et des tissus mous autour de leur tympan fixé par des ligaments amortisseurs

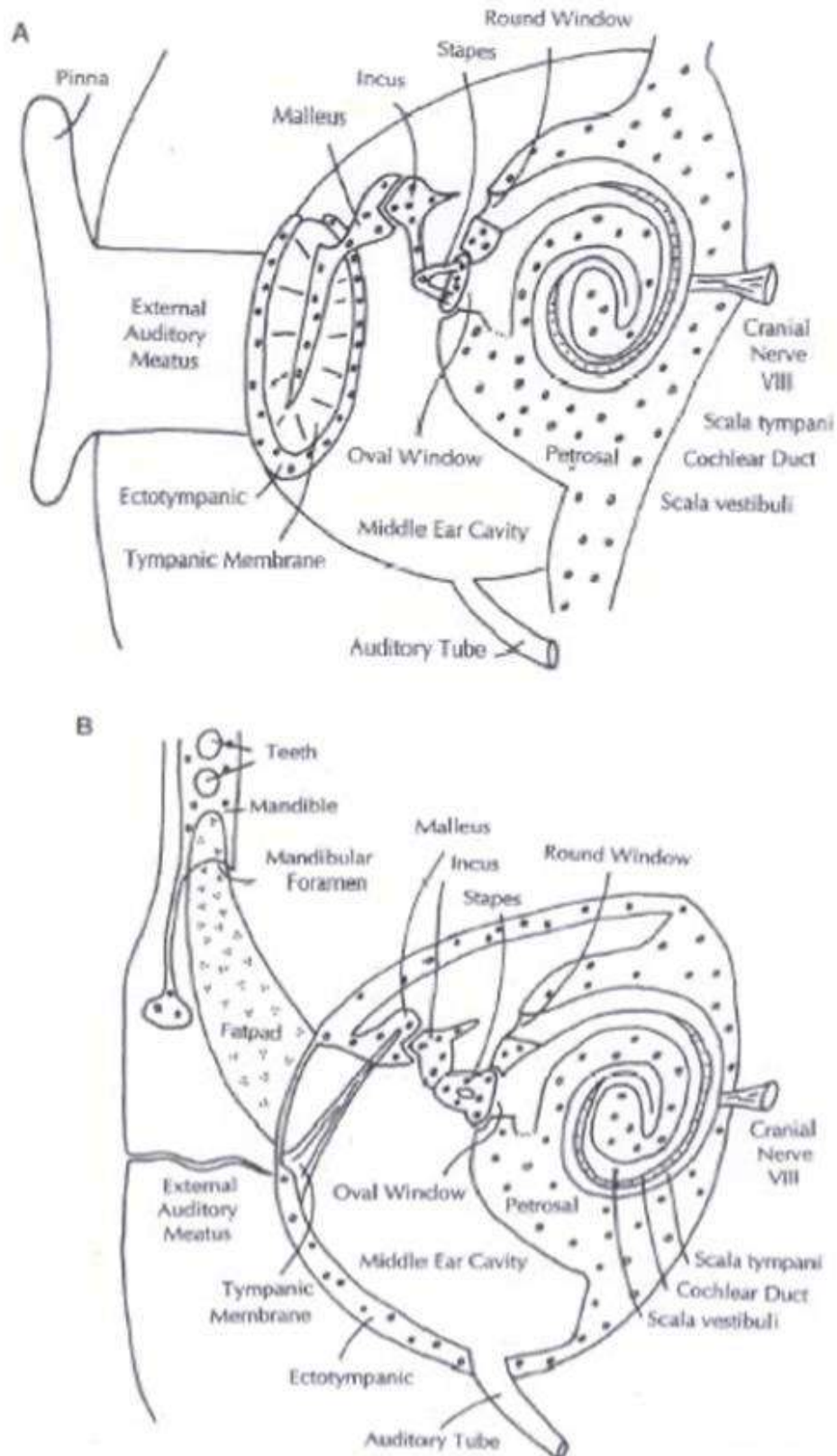
Chez les mammifères terrestres, le système auditif comporte : l'oreille externe (pavillon et conduit auditif aérien) ; l'oreille moyenne, remplie d'air, qui comporte le tympan et la chaîne des osselets ; l'oreille interne qui comprend la cochlée, organe de l'audition rempli de liquide et comportant entre autres la membrane basilaire génératrice de l'influx nerveux.

L'appareil auditif des cétacés présente des différences anatomiques par rapport aux mammifères terrestres.

Le système oreilles moyenne + interne des odontocètes n'est pas contenu dans le crâne mais dans une cavité osseuse hors du crâne et suspendue par des ligaments. L'évolution a fait disparaître le pavillon de l'oreille externe, ainsi que le conduit auditif chez les odontocètes et non fonctionnel chez les mysticètes. Chez les odontocètes la transmission des sons vers l'oreille moyenne se fait principalement par les tissus graisseux contenus dans la mâchoire inférieure.

Les mammifères marins à plongées profondes (cachalots, baleines à bec) ont développé une capacité à combler l'espace aérien de l'oreille moyenne par une vascularisation adaptée, qui par vasodilatation viendrait équilibrer la pression de l'oreille moyenne.

L'oreille interne des Cétacés fonctionne comme celle des mammifères terrestres, avec des dimensions évidemment différentes, en relation avec les gammes de fréquences audibles par les diverses espèces. Par exemple, chez les odontocètes, la membrane basilaire est épaisse et raidie, ce qui est considéré comme une adaptation à l'audition des ultrasons ; chez les mysticètes, la membrane basilaire est très large et souple, permettant probablement la réception des infrasons (<20 Hz)



Représentation schématique de l'appareil auditif des Mammifères. A : mammifères terrestres ; B : Cétacés. D'après Thewissen, in Encyclopedia of Marine Mammals, 2002

Source : <https://archimer.ifremer.fr/doc/2007/rapport-2390.pdf>

Document 4 : Comment la migration peut-elle modifier le chant des Cétacés ?

Bon nombre d'espèces de grands Cétacés partagent leur vie entre plusieurs zones océaniques, parfois distantes de plusieurs milliers de kilomètres, qu'elles rejoignent saisonnièrement par des migrations selon des routes précises et régulières. Chez les Mysticètes, les eaux froides à forte productivité biologique sont des aires d'alimentation ; les eaux chaudes sont les aires de mise bas et de premiers soins aux jeunes. Le besoin de rejoindre les eaux chaudes n'est pas expliqué aussi clairement que le séjour en eaux froides. La baleine à bosse, par exemple espèce présente dans tous les océans, peut parcourir plus de 9000 km entre ses aires de résidence : depuis le Groenland, l'estuaire du St Laurent, Terre Neuve, jusqu'aux îles de la Caraïbe en Atlantique Nord.

Des scientifiques de l'Université de St. Andrews en Ecosse en menant une nouvelle étude sur les baleines à bosse et plus particulièrement sur leurs chants ont découvert que les cétacés sont capables de modifier les sons qu'ils émettent au fil de leur voyage. Mieux, les différentes populations convergeraient en un point très précis de la planète pour se transmettre leurs chants du moment : à proximité des îles Kermadec dans l'océan Pacifique sud. En fonction de leur site d'hivernage, toutes les baleines à bosse n'émettent pas les mêmes chants. En convergeant vers les îles Kermadec, les baleines se transmettraient également des notes, des sons qui modifieraient leur chant. En témoigne l'un des spécimens qui entonnaient des sons empruntant des caractéristiques à la fois à des baleines issues de Polynésie Française mais aussi provenant d'Australie.

Source : <https://archimer.ifremer.fr/doc/2007/rapport-2390.pdf>

Corpus documentaire 2

Ce corpus traite de l'origine et des conséquences de la pollution sonore anthropique sur les Cétacés.

6 documents directement utilisables en classe. Il s'agit d'un choix de ressources (textes, images, graphiques...) sans imposer de démarche : pas de questions, juste des données XXX

- Le document 1 propose de lister les différentes origines de la pollution sonore.
- Le document 2 propose de comprendre la fragilité des espèces de grands mammifères marins.
- Le document 3 présente une corrélation possible entre échouage des cétacés et nuisances sonores anthropiques.
- Le document 4 présente les différents seuils de risques acoustiques pour les cétacés.
- Le document 5 propose de comprendre les différents impacts des pollutions sonores sur les cétacés
- Le document 6 montre comment les cétacés peuvent s'adapter à un environnement bruyant.

Questions auxquelles les documents ci-dessus répondent en partie : ces documents peuvent tout aussi bien servir à faire émerger ces questions qu'apporter des éléments de réponse :

1. Identifier les différentes sources de pollution sonore
2. Identifier les différents impacts de la pollution sonore à court et long terme sur les cétacés
3. Montrer que les cétacés modifient leur comportement pour s'adapter aux changements sonores de leur environnement
4. Montrer en quoi les cétacés sont une des espèces marines les plus touchées par la pollution sonore.
5. Quelles pourraient être les solutions possibles pour limiter l'impact des nuisances sonores sur les cétacés ?

Document 1 : Les sons d'origine humaine dans l'environnement marin

Il existe dans l'environnement marin une quantité de bruits naturels, le vent, les vagues, les précipitations, les mouvements de la glace, les tremblements de terre et éruptions volcaniques, et les sons émis par les organismes vivants. Cet environnement sonore naturel est complété (et souvent même masqué) par les sons d'origine humaine, issus de multiples origines, que l'on peut classer ainsi :

- **Le trafic maritime**

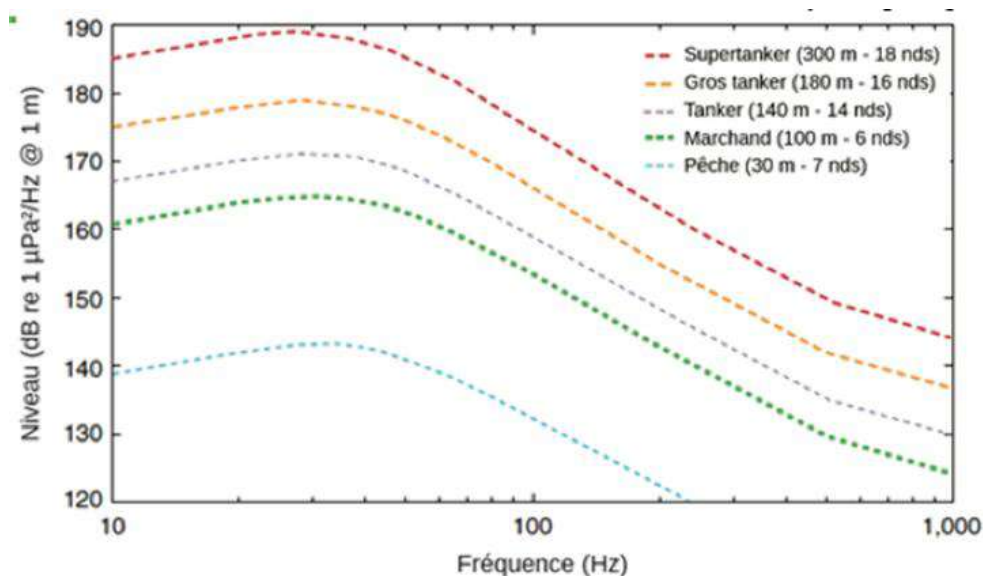
C'est la principale source de sons d'origine humaine dans les océans. Le trafic maritime est l'une des sources de bruit les plus importantes. Les navires génèrent un bruit situé dans les basses fréquences. Le niveau de ce bruit dépend du type de navire, de sa taille et de sa vitesse.

D'après les registres de la Lloyds, citée par Hildebrand (2004), 93 000 navires marchands naviguent en permanence, dont 11 000 de gros tonnage (superpétroliers, porte-conteneurs...), considérés comme les plus bruyants.

La FAO (2004) dénombre 1,3 million de navires de pêche pontés et motorisés, $2,8 \cdot 10^6$ navires de pêche non pontés, dont $1 \cdot 10^6$ motorisés, soit un total de 2,3 millions de navires de pêche motorisés. Les "grands" navires de pêche (plus de 100 TJB) sont environ 24 000 dans le monde.

L'augmentation continue du trafic maritime au fil des années se traduit logiquement par une hausse du niveau sonore permanent dans les océans, même si l'amélioration des technologies de construction va dans le sens d'une diminution des niveaux individuels de bruit rayonné par les navires.

Source des chiffres : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00000/2390/>



Graphique de l'intensité du son et de la fréquence émis par les différents types de navires.

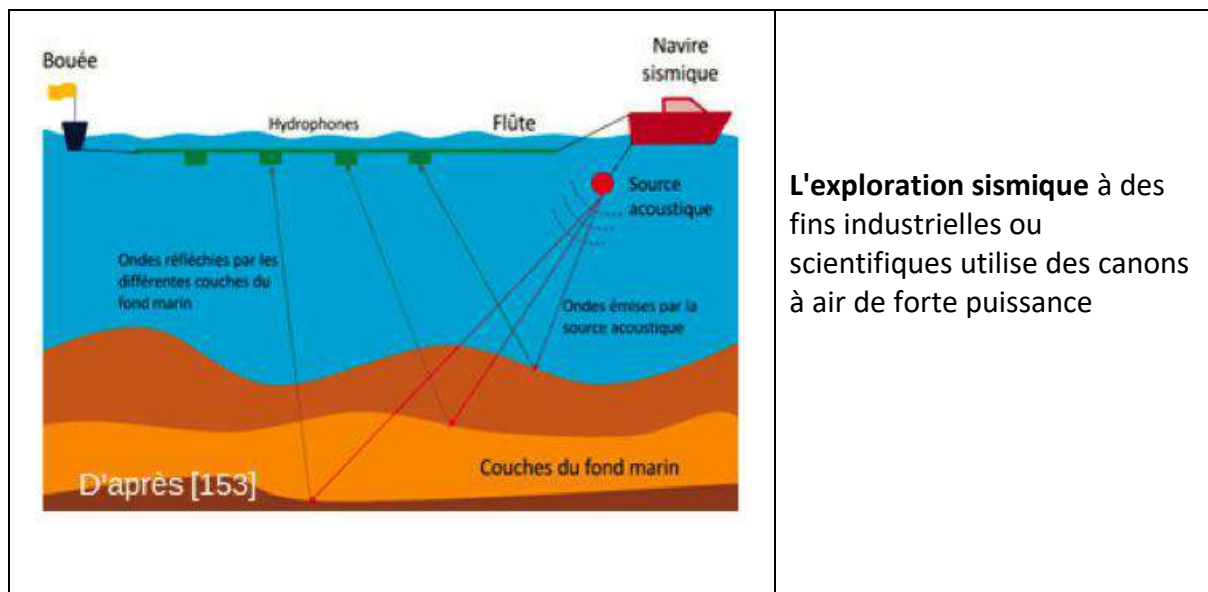
Source : https://www.bretagne.bzh/app/uploads/TDN_ETUDE_ACOUSTIQUE-SOUS-MARINE.pdf

- **Sonars militaires**

Ce sont des appareils utilisés exclusivement à des fins militaires ; ils permettent de détecter et de localiser des sous-marins sur plusieurs dizaines à centaines de kilomètres.

- **Sonars civils**

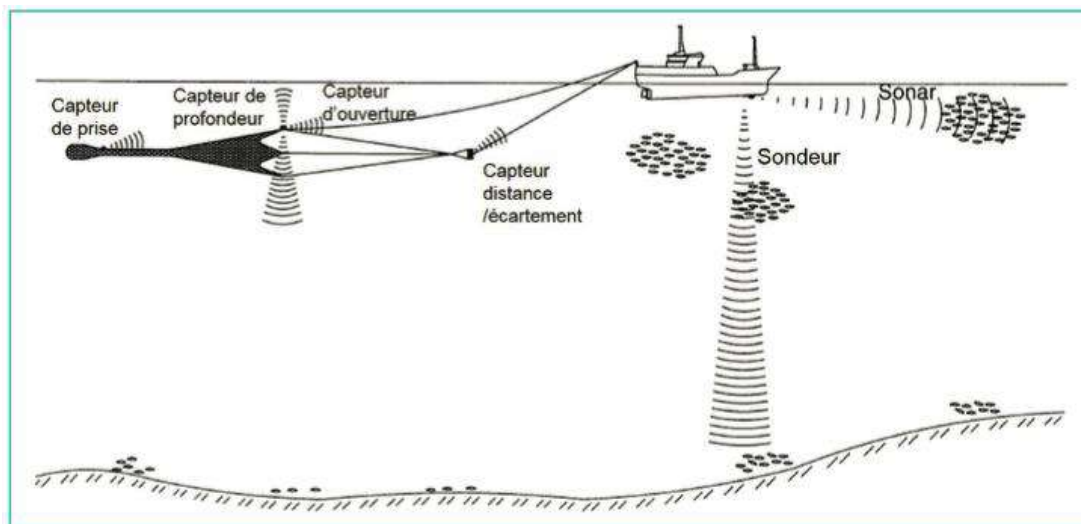
Les sondeurs « commerciaux » sont utilisés pour la pêche, la navigation commerciale et de plaisance, l'industrie offshore, l'océanographie, l'hydrographie, l'intervention sous-marine ... Rien qu'aux USA, il y a 17 millions de bateaux équipés de sondeurs mono-faisceaux.



Source : https://www.researchgate.net/publication/312118526_Guide_de_bonnes_pratiques_pour_limiter_l%27impact_de_l%27exploration_sismique_sur_les_cetaces_en_Guyane

- **L'appareillage répulsif**

Les appareils « répulsifs » dont le principe est l'utilisation des sons comme moyen d'éloigner les mammifères marins des opérations ou engins de pêche.



Exemple de Dispositifs acoustiques utilisés par les navires de pêche.

Sources :

- <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Guide%20preconisations%20pour%20limiter%20l%20impact%20des%20bruits%20sous-marins%20sur%20la%20faune%20marine.pdf>
- <https://archimer.ifremer.fr/doc/2007/rapport-2390.pdf>

Document 2 : Évolution des populations, espèces menacées

La plupart des espèces de cétacés figurent sur les listes d'espèces menacées, soit parce que l'effectif des populations est jugé trop bas, soit par précaution parce qu'elles sont insuffisamment connues. Le caractère parfois extrêmement discret de certaines espèces rend leur étude très difficile. La taille des populations varie fortement selon les espèces. Certains dauphins peuvent se trouver en populations atteignant plusieurs dizaines (voire centaines) de milliers d'individus. Les cétacés de grande taille (baleines, cachalots) ou à régime alimentaire spécialisé (baleines à bec) sont en effectifs beaucoup plus faibles. Ils ont été affectés drastiquement par 150 ans d'exploitation intensive des baleines et cachalots. La durée de vie (plusieurs décennies), la durée de gestation (1 à 2 ans selon les espèces), la faible fécondité, la place élevée dans l'échelle trophique, sont des facteurs qui fragilisent ces espèces en cas de fortes mortalités.

Il existe différentes causes de mortalité liées à l'activité humaine : la chasse, la pêche, les risques de collision avec le trafic maritime, l'écotourisme sous la forme de contact direct et les perturbations sonores d'origine humaine (sismique pétrolière, sonars basses fréquences de forte puissance) sont probablement à l'origine d'échouages, dont certains ont fait l'objet d'observations et d'enquêtes scientifiques. Nous examinerons donc de manière plus détaillée les perturbations sonores et leurs effets sur les mammifères marins.

Source : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00000/2390/>

Document 3 : Echouage et origine anthropique

Les échouages de mammifères marins ne sont pas des phénomènes récents. A l'heure actuelle, on pense que les baleines à bec sont particulièrement sensibles aux émissions sonores. Depuis les années 90, il est vérifié que des échouages, majoritairement de baleines à bec, sont corrélés avec des exercices navals mettant en œuvre des sonars actifs de forte puissance, et parfois également liés à des tirs sismiques.

Mais globalement, les implications directes d'activités anthropiques bruyantes sur des mortalités de **mammifères marins** sont difficiles à mettre en évidence. Les activités les plus souvent mises en cause concernent les opérations militaires et l'utilisation de sonars basse et moyenne fréquences. Mais la concomitance des événements ne suffit pas à mettre en évidence un lien de cause à effet.

Les observations réalisées lors d'échouages en masse font souvent état d'animaux en bonnes conditions physiques, dont certains venaient de s'alimenter, présentant des hémorragies des lobes temporaux et de la cochlée, des hémorragies des poumons et des reins, des hémorragies de la mâchoire ou encore des accidents cardiovasculaires. La présence de bulles d'air dans le parenchyme cérébral, les poumons, les reins et le foie laissent penser que la mort des animaux peut provenir d'embolie gazeuse liée à une remontée trop rapide.

Il peut exister un phénomène de résonance dans les tissus où se trouve de l'air (poumons, trachée, sinus, oreille moyenne). La résonance est utilisée par certaines espèces de poissons à vessie natatoire (ex : églefin) pour attirer un partenaire au moment du frai ; ou encore par la baleine bleue pour certaines vocalisations, utilisant le volume aérien des poumons et de la

trachée comme un résonateur. Comme chez tout mammifère, l'oreille moyenne des cétacés contient de l'air. Dans l'eau, les sons se déplacent en ondes de compression ; lorsque celles-ci atteignent une interface eau-air (vessie gazeuse, oreille moyenne), un changement brutal de type surpression- écompression peut alors créer un traumatisme.

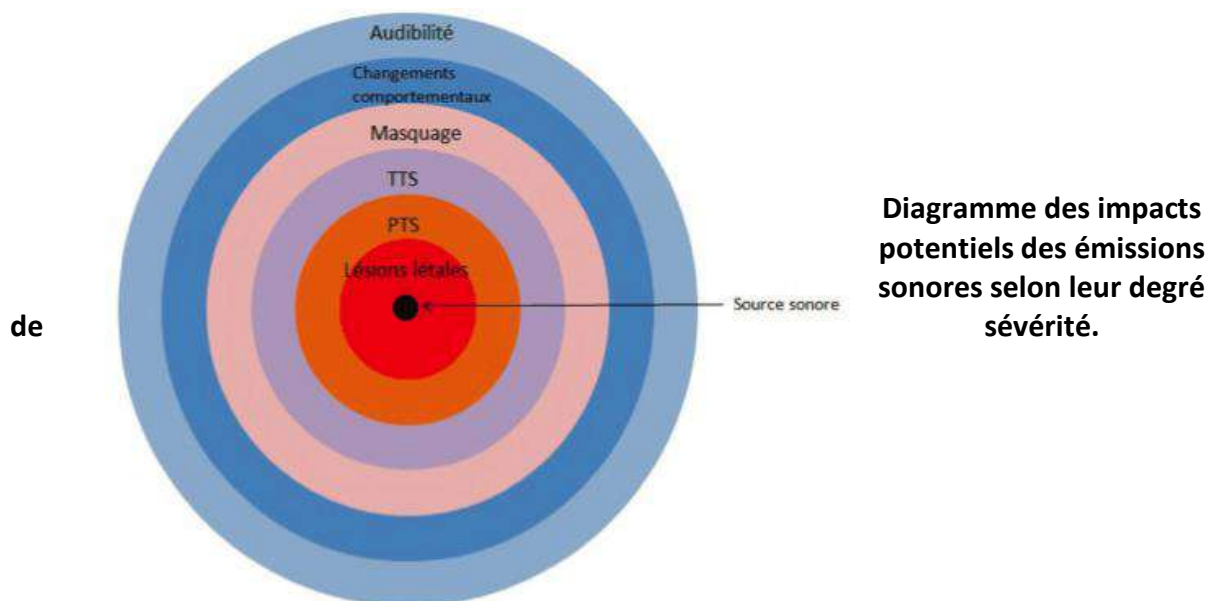
Source : <https://archimer.ifremer.fr/doc/2007/rapport-2390.pdf>

Document 4 : seuils de risques acoustiques

Les réactions des organismes marins face aux émissions sonores sont de différents types et dépendent de l'espèce concernée, de l'intensité du bruit et de la durée d'émission. On distingue plusieurs niveaux de dérangement :

- **Tolérance** : les animaux perçoivent le bruit mais ne réagissent pas lors de l'émission sonore (zone d'audibilité) ;
- **Changements comportementaux** : réactions d'évitement ou de fuite, interruption de l'activité en cours, modifications du profil de plongée et/ou du rythme respiratoire ;
- **Masquage** : les émissions nécessaires aux individus pour leur communication ou leur perception de l'environnement sont masquées par les bruits d'origine anthropique
- **Baisse du niveau d'audition** : la sensibilité auditive des animaux diminue. Cette baisse peut être temporaire (TTS : *Temporary Threshold Shift*) ou permanente (PTS : *Permanent Threshold Shift*) ;
- **Lésions létales** : la puissance du bruit émis provoque des lésions souvent mortelles pour les animaux. Elles concernent surtout les organes de l'audition, mais peuvent également toucher d'autres organes (poumons, vessie natatoire, etc.).

Les impacts peuvent être divisés en deux catégories : à court terme et à long terme.



Source du texte et de l'image :

<https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Guide%20preconisations%20pour%20limiter%20l%20impact%20des%20bruits%20sous-marins%20sur%20la%20faune%20marine.pdf>

Document 5 : Impact des pollutions sonores sur les cétacés

Le masquage acoustique intervient lorsqu'un son extérieur couvre un signal bioacoustique ou le rend plus difficile à détecter. Le signal en question peut concerner la communication entre individus, l'orientation, la détection des proies ou des prédateurs. Les sons basse fréquence (plus graves) se propagent sur des distances plus importantes. Les animaux, et notamment les baleines, les utilisent afin de communiquer entre eux, parfois sur de larges distances. Le masquage des émissions basse fréquence (par le trafic maritime par exemple) est *a priori* plus impactant que le masquage des émissions haute fréquence.

Les éléments démontrant le masquage sont des adaptations comportementales ou vocales :

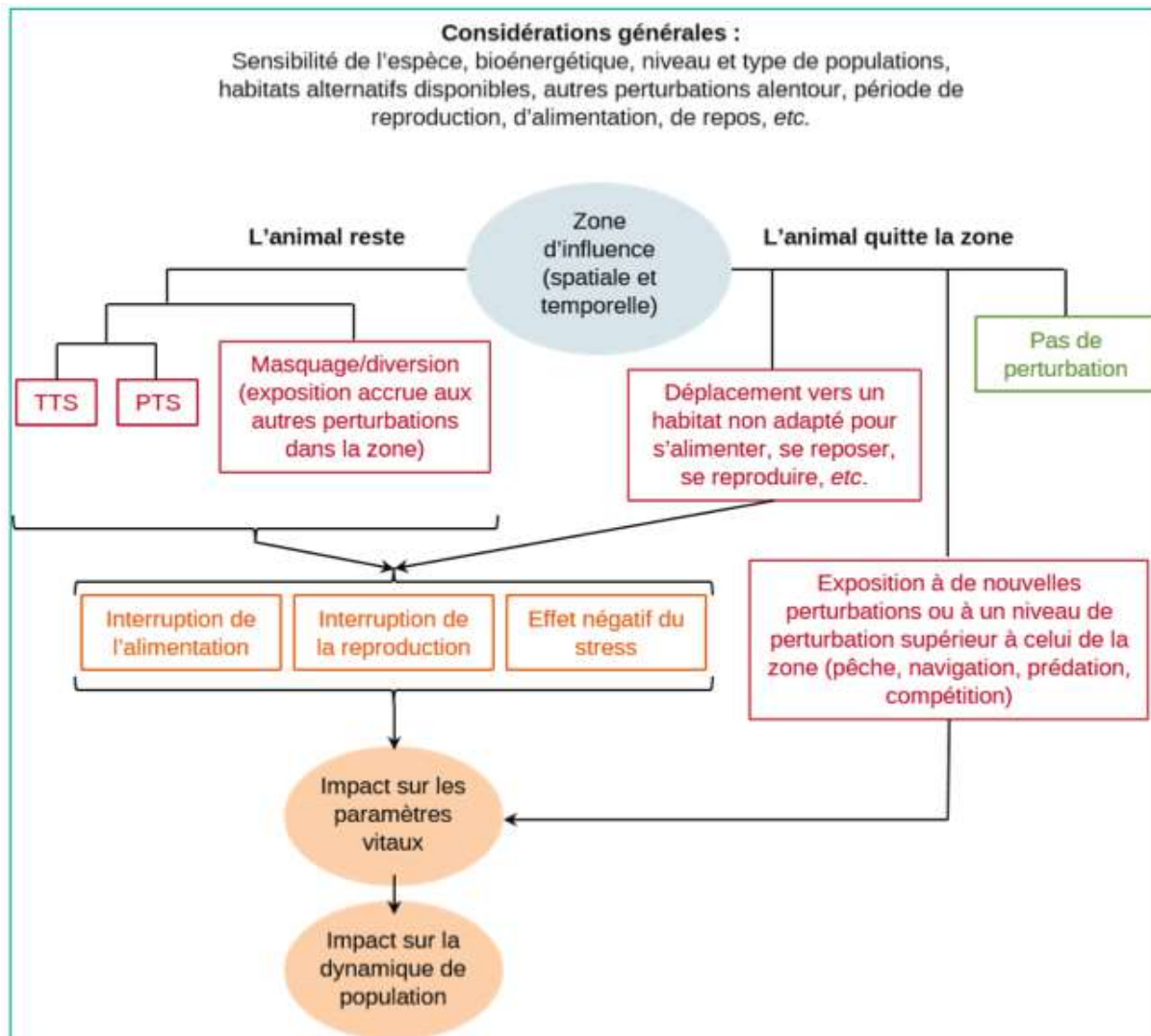
Des études sur les baleines à bosse ont montré que ces dernières avaient tendance à privilégier les signaux de surface (sauts, frappes de nageoires) plutôt que les signaux vocaux pour communiquer lorsque le niveau sonore augmente. D'autres espèces comme les baleines franches (*Eubalaena australis* et *E. glacialis*) modifient la gamme de fréquences de leurs vocalises : elles émettent des sons à des fréquences plus élevées et plus longtemps dans les zones où le bruit ambiant est plus élevé. Il a également été démontré que la baleine bleue (*Balaenoptera musculus*) avait tendance à produire plus de vocalises en réponse au bruit généré lors de prospection sismique.

Ces modifications comportementales ont pour objectif de maintenir un certain seuil de détectabilité des signaux de communication au sein des individus d'une population.

Les dommages physiologiques non létaux peuvent intervenir à plusieurs niveaux :

- Au niveau des organes/tissus liés à l'audition et se manifester par une perte d'audition temporaire ou permanente ;
- Au niveau des organes/tissus non liés à l'audition. Les variations de pression engendrées par une onde sonore peuvent provoquer des lésions létales ou non au niveau de certains organes (reins, foie, gonades, etc.).
- Au niveau métabolique. La perturbation liée à l'exposition au bruit conduit à une augmentation des niveaux d'hormones de stress, du rythme respiratoire ou du rythme cardiaque. Ces différentes réponses physiologiques ont souvent pour conséquences des impacts à long terme (affaiblissement, ralentissement de la croissance ...)

Certaines études ont montré que les émissions sonores répétées, selon leur intensité et leur fréquence, peuvent engendrer un état de stress chronique chez les mammifères marins, et plus spécifiquement chez les baleines à bec. Cet état de stress impliquerait des effets sur l'alimentation et la reproduction des animaux.



Trame suggérée pour évaluer les impacts des activités anthropiques sur les mammifères marins. Pour les populations avec une fidélité importante au site, le déplacement peut avoir des conséquences significatives et aboutir aux mêmes conséquences qu'un dommage direct.

Source : <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Guide%20preconisations%20pour%20limiter%20l%20impact%20des%20bruits%20sous-marins%20sur%20la%20faune%20marine.pdf>

Document 6 : Adaptation des cétacés à la pollution sonore

L'exposition préalable des animaux au bruit et leur habitude ou non peut expliquer qu'ils réagissent différemment aux perturbations. Des études menées dans les années 1980 ont montré que les populations de baleines résidentes d'Arctique étaient beaucoup plus sensibles que les autres au bruit occasionné par les brise-glaces. Ces populations non migrantes ayant été peu ou pas exposées aux nuisances sonores (populations dites « naïves ») montraient des comportements de fuite alors que le navire était à plus de 50 km, et des perturbations comportementales à plus de 80 km. En parallèle, d'autres populations s'adaptent à ces

modifications de leur environnement. Dans différentes zones anthropisées à travers le monde, des études ont montré une modification durable des signaux émis par plusieurs espèces de cétacés. Comme exposé précédemment, avec l'augmentation du bruit de fond dans certaines régions, des espèces ont « adapté » leur communication en modifiant la fréquence de leurs émissions, leur intensité ou en diminuant l'intervalle entre chaque signal.

Source : <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Guide%20preconisations%20pour%20limiter%20l%20impact%20des%20bruits%20sous-marins%20sur%20la%20faune%20marine.pdf>

Ressources pour faciliter le travail des élèves :

- <https://archimer.ifremer.fr/doc/2007/rapport-2390.pdf>
- <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Guide%20preconisations%20pour%20limiter%20l%20impact%20des%20bruits%20sous-marins%20sur%20la%20faune%20marine.pdf>
- <https://www.geo.fr/environnement/comment-les-baleines-a-bosse-modifient-leurs-chants-au-fil-de-leur-voyage-197517>

En prolongement

Vous organisez un débat, la production d'un plaidoyer, dans le cadre de l'éducation au développement durable ? Les documents de cette fiche peuvent également être utilisés pour étayer une problématisation, une réflexion autour des ODD (Objectifs de Développement Durable).

Vous trouverez dans cette fiche échos d'échelles des informations permettant d'aborder les principaux ODD suivants :

			
---	---	--	--