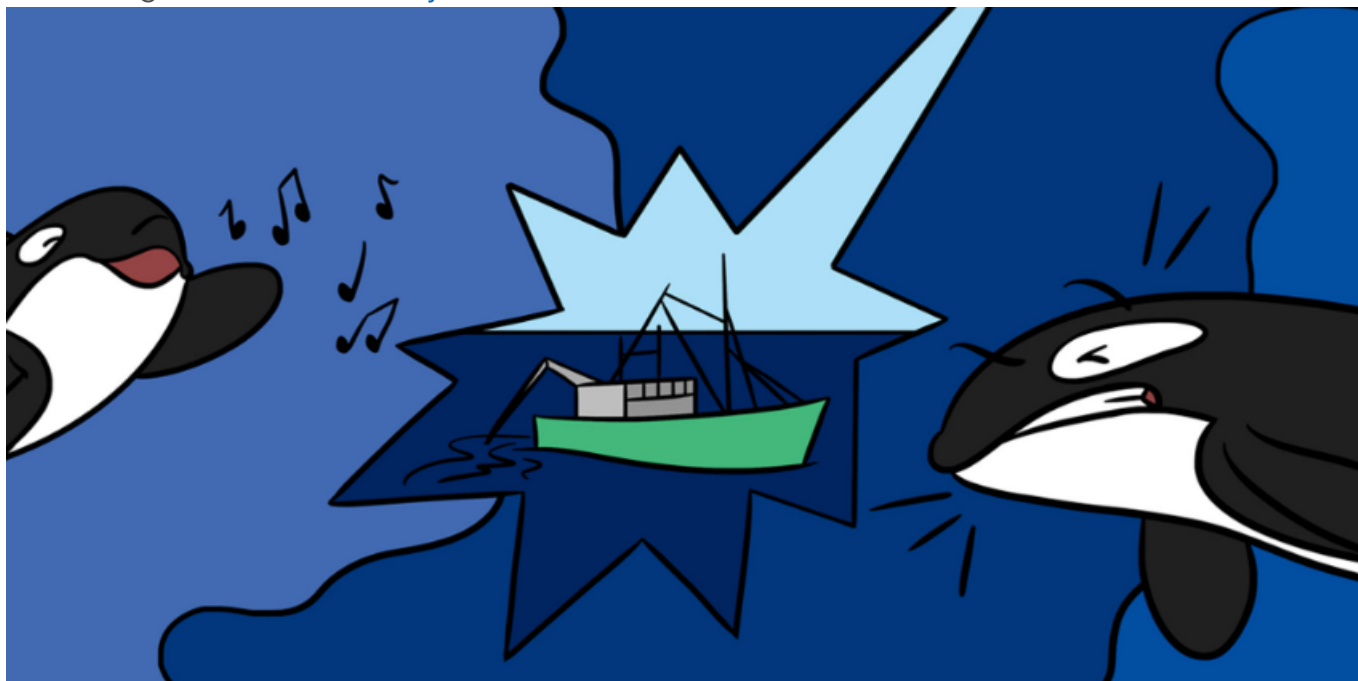




## LE BRUIT DES OCÉANS : L'EMPREINTE HUMAINE SUR LES PAYSAGES SONORES SOUS-MARINS

Ellen L. White<sup>1\*</sup>, Nikhil Mistry<sup>2</sup> et Paul R. White<sup>2</sup>

<sup>1</sup>École des Sciences de l'Océan et de la Terre, Université de Southampton, Southampton, Royaume Uni

<sup>2</sup>Institut des Sons et Vibrations, Université de Southampton, Southampton, Royaume Uni

Tu as peut-être déjà entendu dire que nos océans sont menacés à cause du changement climatique, de la pollution et de l'acidification des océans. Mais il existe une autre menace importante : la pollution sonore. En effet, les humains dépendent de plus en plus de l'océan pour le transport et l'énergie renouvelable, mais ces activités génèrent du bruit. Chaque navire de pêche, bateau de croisière, ferry, cargo et jet ski produit son propre bruit, et nos océans deviennent des lieux de plus en plus bruyants. De nombreux animaux, dont les baleines, les dauphins et les poissons, produisent des sons uniques. Les scientifiques étudient la façon dont les bruits produits par l'activité humaine affectent leur communication, leur comportement et leurs habitats. Nous espérons découvrir des moyens de créer une harmonie entre les humains et les animaux marins, afin de réduire l'impact de la pollution sonore sur les écosystèmes marins. Dans cet article, nous présentons comment les espèces marines utilisent les sons, comment la pollution sonore les affecte et comment elles s'adaptent au partage de leur environnement avec les humains.

### COMMENT ÉTUDIONS-NOUS LE SON ?

Lorsque les gens pensent à l'océan, ils s'imaginent souvent un monde calme et silencieux, alors qu'en réalité, sous la surface, les océans sont

**FRÉQUENCE.** Nombre d'ondes sonores par unité de temps. Les sons à haute fréquence ont une tonalité aiguë; les sons à basse fréquence ont une tonalité grave.

**AMPLITUDE.** Intensité d'un son. Les scientifiques peuvent mesurer l'amplitude en décrivant la hauteur des ondes de pression acoustique détectées par un hydrophone.

**LONGUEUR D'ONDE.** Grandeur physique caractéristique d'une onde, définie comme la distance séparant deux maxima consécutifs de l'amplitude de l'onde. La longueur d'onde dépend de la vitesse de propagation de l'onde dans le milieu qu'elle traverse.

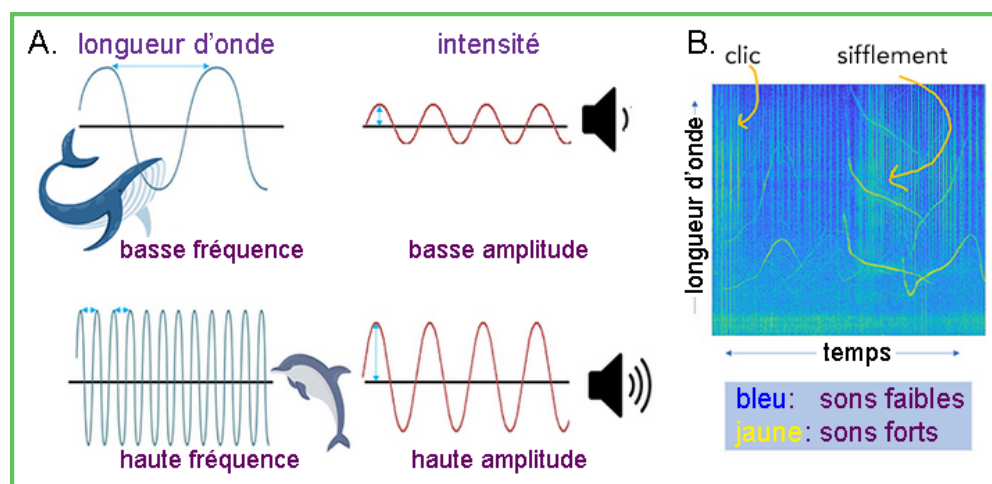
**GRANDES BALEINES.** Baleine bleue 23-24 m de long, baleine à bosse 14 m de long et rorqual commun environ 20 m de long

**SPECTROGRAMME.** Représentation visuelle d'un son. Il représente ici la longueur d'onde et l'intensité de chaque son enregistré en fonction du temps.

**PAYSAGE SONORE.** Combinaison, variable dans le temps, de sons issus des animaux, des humains et de phénomènes naturels (vent, pluie, orages, tremblements de terre, fonte des glaces).

**HYDROPHONES.** Microphones sous-marins utilisés pour écouter l'océan.

des lieux très bruyants ! Le son traverse l'eau à une vitesse de 1 500 mètres par seconde. C'est cinq fois plus rapide que dans l'air, et l'équivalent de 30 longueurs de piscine olympique par seconde ! Le son est créé par la vibration d'objets. Les objets qui vibrent dans l'océan créent des ondes (des déformations qui se déplacent à une vitesse donnée) de pression sonore qui compriment et décompressent les molécules d'eau environnantes, ce qui permet à une onde sonore de se propager. Les ondes sonores qui se déplacent dans l'eau sont décrites par leur **fréquence** (nombre de vibrations par seconde), leur **amplitude** (intensité) et leur **longueur d'onde** (distance entre deux pics d'intensité). Les sons à haute fréquence (sons aigus) ont une longueur d'onde courte et ne se propagent pas très loin. Les sons à basse fréquence (sons graves) ont une grande longueur d'onde et peuvent se propager plus loin, en particulier dans l'eau (**Figure 1**).



**Figure 1.** (A) Ondes sonores de basse et de haute fréquence, et de basse et de haute amplitude. Les **grandes baleines** émettent des sons de basse fréquence (sons graves) et de grande amplitude (forts), tandis que les dauphins émettent des sons de haute fréquence (sons aigus) qui sont forts, mais pas aussi forts que ceux des grandes baleines. La longueur d'onde est indiquée en bleu sur les schémas de gauche. L'amplitude est indiquée en bleu sur les schémas au centre. La fréquence correspond au nombre de vibrations par seconde. (B) **Spectrogramme** du sifflement d'un dauphin, avec des clics d'écholocation en arrière-plan. Les spectrogrammes sont des images du son qui permettent aux scientifiques de visualiser le **paysage sonore** de l'océan.

Les scientifiques utilisent des micros sous-marins appelés **hydrophones**. Les enregistrements créent un paysage sonore de tous les sons présents à un endroit et un moment donné. Grâce aux hydrophones, nous pouvons détecter les phénomènes météorologiques comme les ouragans et les tremblements de terre, mais aussi les activités humaines comme la pêche et la navigation. En comparant les paysages sonores de différents endroits et d'une année à l'autre, les scientifiques peuvent suivre les animaux qui voyagent sur de longues distances et étudier les changements dans leurs habitats et leurs écosystèmes au fil du temps.

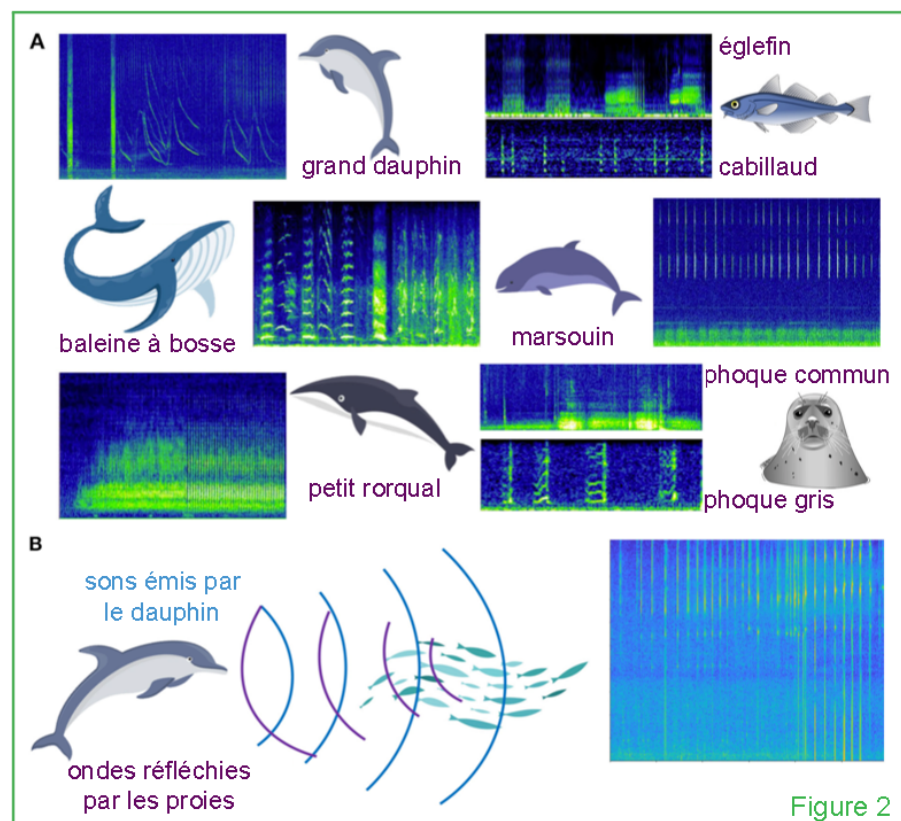
En comprenant comment chaque type de son se propage sous l'eau, nous pouvons prédire la distance parcourue par les sons dans nos océans et les effets qu'ils peuvent avoir sur la faune et la flore qui y vivent [1].

## POURQUOI LE SON EST IMPORTANT SOUS L'EAU ?

Sur terre, la plupart des personnes utilisent la vue pour explorer le monde qui les entoure. En effet, nos yeux détectent des motifs lumineux et nos cerveaux analysent de quoi il s'agit. Mais la lumière ne pénètre pas partout dans les océans, surtout en profondeur. Les animaux utilisent alors les sons pour se repérer entre eux, pour trouver leur chemin ou trouver de la nourriture. Les phoques, les poissons, les crabes utilisent les sons pour communiquer entre eux, mais les sons des animaux sous-marins que nous connaissons le mieux sont ceux émis par les **cétacés**, baleines et dauphins<sup>1</sup>.

**CÉTACÉS.** Grands mammifères aquatiques comprenant les baleines (cétacés à fanons, longues lames cornées et résistantes suspendues à leur mâchoire supérieure) et les cétacés à dents comme les dauphins et les marsouins.

1. Si tu souhaites écouter les sons émis par les animaux, rends-toi sur le [site](#).



**Figure 2.** (A) Exemple de spectrogrammes de sons émis par différents mammifères marins, qui constituent l'image sonore de chacun et permettent aux scientifiques de les identifier dans le paysage sonore. Tu peux voir que chaque type de son présente des caractéristiques uniques en termes de hauteur et d'intensité sonore. Les spectrogrammes ont été obtenus auprès de la National Oceanic and Atmospheric Administration<sup>1</sup>. (B) Les dauphins utilisent l'écholocalisation pour trouver leur nourriture en émettant des clics.

Les grandes baleines émettent des sons de basse fréquence qui peuvent être entendus sur de longues distances. Certains sont des cris isolés, d'autres forment des chants ! Chaque espèce de baleine utilise un ensemble unique de sons (son image sonore), ce qui permet aux scientifiques de déterminer plus facilement qui est qui (Figure 2).

#### ÉCHOLOCALISATION.

Capacité à localiser des objets à l'aide de sons réfléchis. Un animal émet une série de sons et écoute le signal qui rebondit sur l'objet et revient vers lui.

Les cétacés à dents, comme les dauphins, communiquent à l'aide de sons à haute fréquence, que nous appelons clics et sifflements (**Figure 1**). Les sifflements sont utilisés pour discuter ou transmettre des informations sociales, bien que nous ne sachions pas encore de quoi les animaux discutent ! Peut-être avertissent-ils les autres d'un danger ou leur indiquent-ils les meilleurs endroits pour pêcher ! Les cliquetis émis par les dauphins sont utilisés pour leur **écholocalisation**. Les clics produits par le dauphin rebondissent sur les objets qui se trouvent dans l'océan, et les ondes sonores sont réfléchies vers le dauphin (**Figure 2**). Cet "écho" lui indique où se trouvent les objets et fournit des informations sur la taille et la forme de ces objets, ce qui permet aux dauphins de "voir" avec le son.

L'utilisation du son pour écouter son environnement est un excellent moyen d'écouter les autres espèces sans affecter leur vie quotidienne, ce qui nous aide à déterminer l'impact des humains sur les paysages sonores dans le monde entier.

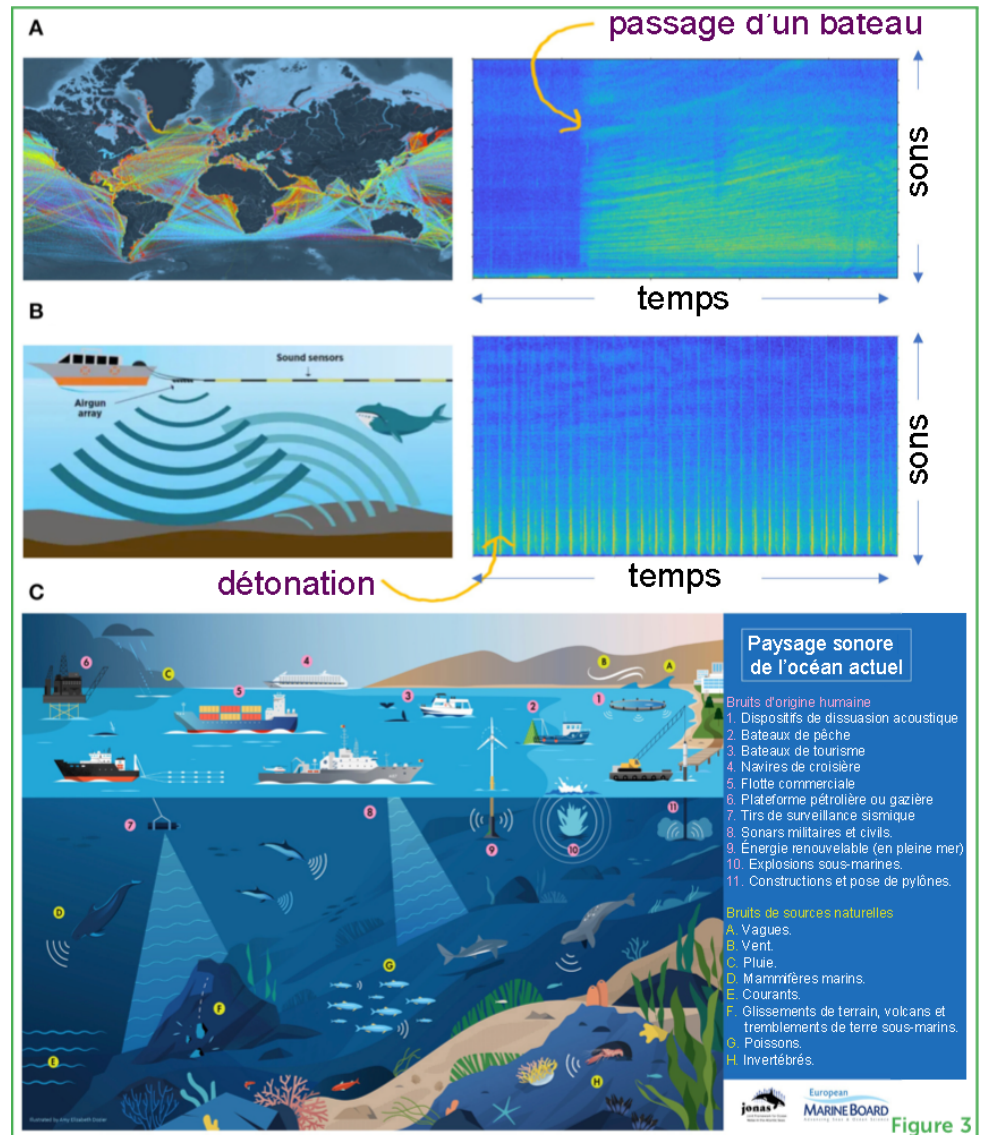
#### L'IMPACT HUMAIN SUR LES PAYSAGES SONORES

Les humains dépendent des océans pour le transport, le carburant et la production d'énergie renouvelable (comme les parcs éoliens). Le bruit produit par ces activités participe grandement au paysage sonore de l'océan (**Figure 3**). Une grande partie des aliments que nous mangeons et des objets que nous achetons ont été transportés à travers les océans par des navires. Chaque jour, environ 60 000 navires traversent nos océans et nos mers, dont 500 rien que dans la Manche. Ces navires transportent 226 millions de conteneurs remplis de produits que nous consommons, et les moteurs des navires produisent des sons très forts à basse fréquence. Lorsqu'un son a un effet négatif sur l'environnement, il devient du "bruit". Le bruit des navires se propage sur de grandes distances dans l'eau et empêche les animaux marins de communiquer entre eux et de trouver de la nourriture. L'augmentation du trafic maritime a pour effet d'élever le niveau sonore naturel de nos océans !

Une grande partie du pétrole et du gaz que nous utilisons provient de réserves situées au niveau des fonds marins, et la recherche de nouvelles réserves est une activité très bruyante. Les navires de prospection qui cherchent ces réserves envoient sur le fond marin des sons puissants à basse fréquence à l'aide de **canons à air comprimé**. Les échos produits par chaque tir permettent de cartographier les fonds marins et de trouver les endroits où se cachent le pétrole et le gaz. Ces études peuvent utiliser jusqu'à 40 canons tirant toutes les quelques secondes, pendant des jours ou des semaines et, à tout moment, il peut y avoir 20 à 40 études en cours dans le monde.

#### CANON À AIR COMPRIMÉ.

Canon émettant à intervalles de quelques secondes de l'air comprimé qui se déplace en ondes puissantes vers les fonds marins. Le bruit qu'il engendre voyage sur des kilomètres.



**Figure 3.** (A) Carte de l'activité mondiale des navires pour une journée. Chaque couleur représente un type de navire différent ; on voit clairement les trajectoires à travers les océans, où le bruit des navires est important. Le spectrogramme de droite illustre le passage d'un bateau devant un hydrophone. La couleur verte indique, comme expliqué Figure 1, le niveau sonore du bateau par rapport au bruit de fond (couleur bleue) dans cette zone. (B) Des canons à air comprimé sont utilisés pour explorer les fonds marins, et leurs détonations sont assourdissantes pour la faune environnante. (C) Le paysage sonore des océans d'aujourd'hui contient de nombreuses sources de bruit auxquelles la vie marine doit faire face. (Crédit photo : projet Jonas) [2].

**DÉCIBEL (dB).** Unité de mesure du son. Une augmentation de 10 dB signifie que le son est 10 fois plus fort. Les sons continus de 90 dB ou plus nuisent à l'ouïe humaine.

Sous l'eau, le bruit de ces tirs est plus fort que celui d'un moteur d'avion au décollage ! On estime que l'explosion d'un canon à air comprimé peut atteindre 260 **décibels** (dB) sous-marins. Si tu te trouvais à proximité d'une navette spatiale lors de son lancement, tu ressentirais environ 160 dB. Les humains endommagent leur audition s'ils sont exposés à 90 dB en continu, mais nous ne connaissons pas encore le niveau de décibels qui cause des dommages à long terme à la faune (les animaux) et à la flore (les plantes) marines. Le bruit produit par ces canons est assourdissant pour les animaux qui se trouvent à

proximité, et comme les ondes sonores peuvent parcourir plus de 4 000 km, elles affectent le paysage sonore de vastes zones océaniques. L'exploration des océans a lieu tous les jours, portant la pollution sonore à des niveaux dangereux et exposant la vie marine à des niveaux de bruit qui, chez les humains, causeraient des dommages à long terme.

### COMMENT TOUT CE BRUIT AFFECTE-T-IL LES ANIMAUX MARINS ?

Des recherches ont montré que les animaux marins peuvent cesser de chasser pour se nourrir ou quitter des zones protégées en raison de la pollution sonore. Les scientifiques observent souvent des changements de comportement, tels que des espèces qui plongent en eaux profondes pour échapper au bruit ou qui modifient le temps qu'elles passent à la surface, des changements dans la fréquence de leurs plongées pour trouver de la nourriture, et même des changements dans la façon dont elles communiquent, tout cela en raison de l'augmentation du bruit dans leur environnement.

Les récifs coralliens très fréquentés sont des endroits naturellement bruyants, et de nouvelles recherches montrent que les jeunes poissons utilisent les sons pour repérer les meilleurs récifs où vivre [3]. Mais la pollution sonore peut masquer les sons naturels, ce qui empêche les animaux marins tels que les poissons (qui émettent des sons relativement discrets) de s'entendre les uns les autres, ce qui perturbe leur navigation. Cela peut désorienter les animaux et les rendre vulnérables aux prédateurs, voire les faire s'échouer sur les plages en essayant d'échapper au bruit sous-marin.

Il est difficile d'étudier les effets polluants du bruit. Il n'est pas possible de faire passer un test auditif à une baleine ou de demander à un dauphin ce qu'il pense des bruyants navires qui recherchent du gaz et du pétrole. Nous devons donc étudier les changements de niveaux du bruit en même temps que le comportement des animaux, pour découvrir comment le bruit affecte les espèces marines. Nous pouvons ensuite utiliser ces informations pour nous faire une idée de l'impact du bruit sur nos océans.

Grâce à ces informations, nous pourrions alors essayer de rendre les navires plus silencieux, peut-être en modifiant la conception de leurs hélices et de leurs moteurs. Nous pourrions également envisager de limiter la vitesse des navires et de les empêcher de pénétrer dans des zones sensibles. À Boston, aux États-Unis, des scientifiques utilisent des hydrophones jour et nuit dans les couloirs de navigation très fréquentés pour écouter les baleines franches de l'Atlantique Nord, une espèce menacée. Leur travail permet de réduire le nombre de baleines heurtées par les bateaux [4].

2. Tu peux aider ces robots nageurs à apprendre à reconnaître les sons de l'océan, va sur Zooniverse ([www.zooniverse.org](http://www.zooniverse.org)). Tu pourras apprendre à identifier les cris de divers animaux marins, puis les retrouver dans des enregistrements collectés dans le monde entier.

Des technologies similaires sont en cours de développement pour d'autres espèces, et les scientifiques étudient la possibilité d'équiper d'hydrophones des robots nageurs parcourant les océans toute l'année, écoutant le paysage sonore océanique et nous informant de ses changements. Des systèmes d'intelligence artificielle sont utilisés pour apprendre à ces robots à détecter les sons de certaines espèces de baleines, ce qui permettrait d'étudier nos océans de manière beaucoup plus rapide et précise et d'atteindre des endroits qui n'ont jamais été étudiés auparavant, y compris sous les blocs de glaces de l'Antarctique<sup>2</sup> !

Nous dépendons de l'océan pour notre mode de vie, mais ce mode de vie impacte la vie marine. Il est de plus en plus important de comprendre l'effet des bruits d'origine humaine sur la vie marine, ce qui nécessite une connaissance approfondie des paysages sonores. La réduction de la quantité de bruit émis par les humains dans le monde naturel est essentielle dans notre lutte pour la protection de la faune et de la flore qui nous entoure et dans nos océans.

#### **Expérience : Fais ta propre analyse du paysage sonore**

Prends 5 minutes pour aller dans ton jardin, un parc ou une plage et écoute les sons qui t'entourent. Note l'heure et si tu veux, tu peux même enregistrer ce que tu entends sur un téléphone portable. Reviens ensuite au même endroit à différents moments de la journée et réenregistre le paysage sonore. Fais une liste de ce que tu entends à chaque fois et regarde si tu trouves des tendances/répétitions. À quel moment de la journée les oiseaux chantent-ils le plus ? Est-ce que tu entends des insectes ? La circulation routière t'empêche-t-elle d'entendre certains sons ? Comment les sons changent-ils au cours de la journée et d'un jour à l'autre ?

#### **RÉFÉRENCES**

- [1] Duarte, C. M., Chapuis, L., Collin, S. P., Costa, D. P., Devassy, R. P., Eguiluz, V. M., et al. 2021. The soundscape of the Anthropocene ocean. *Science* 371:eaba4658. doi: 10.1126/science.aba4658
- [2] Thomsen, F., Mendes, S., Bertucci, F., Breitzke, M., Ciappi, E., Cresci, A. et al. 2021. "Addressing underwater noise in Europe: current state of knowledge and future priorities," in *Future Science Brief 7 of the European Marine Board*, eds P. Kellett, R. van den Brand, B. Alexander, A. Muniz Piniella, A. Rodriguez Perez, J. van Elslander (Ostend, Belgium) p. 12. doi: 10.5281/zenodo.5534224
- [3] Lamont, T. A., Williams, B., Chapuis, L., Prasetya, M. E., Seraphim, M. J., Harding, H. R., et al. 2021. The sound of recovery: coral reef restoration success is detectable in the soundscape. *J. Appl. Ecol.* 59:742–56. doi: 10.1111/1365-2664.14089

[4] Baumgartner, M. F., Bonnell, J., Van Parijs, S. M., Corkeron, P. J., Hotchkin, C., Ball, K., et al. 2019. Persistent near real-time passive acoustic monitoring for baleen whales from a moored buoy: system description and evaluation. *Methods Ecol. Evol.* 10:1476–89. doi: 10.1111/2041-210X.13244

**FINANCEMENT.** Ce travail a été soutenu financièrement par le Natural Environmental Research Council [numéro de subvention NE/S007210/1].

## VERSION FRANÇAISE

Cet article d'accès libre est une traduction avec modifications d'un article publié par Frontiers for Young Minds (doi: 10.3389/frym.2022.903742 ; White EL, Mistry N and White PR (2022) Ocean Noise: The Human Footprint on Underwater Soundscapes. *Front. Young Minds* 10:903742).

**TRADUCTION :** Chloé Houques, IGMM Montpellier

**ÉDITION :** Nicole Pasteur, Association Jeunes francophones et la Science

**MENTORS SCIENTIFIQUES :** Catherine Braun-Breton, Christèle Horeau

## JEUNES ÉDITEURS :

### ELSA, 15 ANS

Je m'appelle Elsa, j'ai 15 ans et je suis au lycée, en classe de première. J'adore la science qui me permet de comprendre le monde qui m'entoure : cette création si magnifique ! J'aime aussi énormément les animaux et leurs conditions de vie me tiennent à cœur.

### SHAMS, IMRAN, KAIS, HECTOR, SOFIIA, ICHRAK, EDEN, OCÉANE, FATIMA, ARWA, JOSEPH, WANISS, LONYS, KYSLON, AMIR, 11-13 ANS

Nous sommes des collégiens en classe de sixième au collège du Jeu de Mail à Montpellier. Nos activités favorites sont le sport, les jeux vidéo, le théâtre, le dessin, le bricolage, la musique, passer du temps avec les amis ou nos animaux de compagnie, lire ou encore dessiner.

## ARTICLE ORIGINAL (VERSION ANGLAISE)

**SOUMIS** le 24 Mars 2022 ; **ACCEPTÉ** le 6 Octobre 2022;  
**PUBLIÉ EN LIGNE** le 20 Octobre 2022.

**ÉDITEUR :** Gianluca Memoli, University of Sussex, United Kingdom

**MENTORS SCIENTIFIQUES :** Peter Clarke and Marta Picciulin

**CITATION :** White EL, Mistry N and White PR (2022) Ocean Noise: The Human Footprint on Underwater Soundscapes. *Front. Young Minds* 10:903742. doi: 10.3389/frym.2022.903742

## DÉCLARATION DE CONFLIT D'INTÉRÊT.

Les auteurs déclarent que les travaux de recherche ont été menés en l'absence de toute relation commerciale ou financière pouvant être interprétée comme un conflit d'intérêt potentiel.

## DROITS D'AUTEURS

Copyright © 2022 White, Mistry and White.

Cet article en libre accès est distribué conformément aux conditions de la licence Creative Commons Attribution (CC BY). Son utilisation, distribution ou reproduction sont autorisées, à condition que les auteurs d'origine et les détenteurs du droit d'auteur soient crédités et que la publication originale dans cette revue soit citée conformément aux pratiques académiques courantes. Toute utilisation, distribution ou reproduction non conforme à ces conditions est interdite.

## JEUNES EXAMINATEURS

### CLASSE 2A—LYCEE SCIENTIFIQUE "DUCA DEGLI ABRUZZI", 15–16 ANS

Nous aimons l'anglais, résoudre des problèmes, les statistiques, les concours en mathématiques et en sciences, et nous étions ravis de participer à ce projet. Nous sommes plutôt sportifs et créatifs, aimons les activités de groupe ; nous adorons tous la musique et les murs de notre classe sont couverts d'affiches de nos chanteurs préférés. Nous sommes très liés et allons souvent manger ensemble une pizza. Nous aimons bien partager des desserts faits maison. Nous nous amusons beaucoup à danser tous ensemble ! Nos enseignants disent que nous sommes une bande très sympathique.

### ÉCOLE CATHOLIQUE ST OSCAR ROMERO, 12–13 ANS

Nous sommes un groupe d'élèves de 8<sup>ème</sup> et de 9<sup>ème</sup> années à l'École catholique St Oscar Romero à Worthing, Royaume Uni. Nous aimons beaucoup les occasions qui nous permettent d'étendre nos connaissances en dehors de la classe et avons trouvé super d'évaluer cet article avant sa publication !

## AUTEURS

### ELLEN L. WHITE

Ellen L. White est une doctorante de l'École des Sciences de la Terre et de l'Océan à l'Université de Southampton. Ses thématiques principales de recherche concernent la bio-acoustique et les paysages sonores sous-marins. Grâce à l'utilisation d'algorithmes d'apprentissage automatique, elle identifie les interactions entre les espèces de mammifères marins et les activités humaines pour comprendre l'effet des activités anthropiques sur les paysages sonores et les animaux qui vivent à proximité. Biologiste marine de formation, elle a une passion pour la conservation des océans et aime relever les défis technologiques, acquérir de nouvelles compétences et créer de

nouveaux outils pour analyser de grands ensembles de données, pour extraire des informations écologiques qui peuvent aider à identifier comment mieux protéger les océans. [\\*elw1g13@soton.ac.uk](mailto:*elw1g13@soton.ac.uk)

#### **NIKHIL MISTRY**

Le Docteur Nikhil Mistry est un chercheur en acoustique sous-marine, et ses intérêts incluent le sonar actif/passif, l'acoustique des bulles et le traitement du signal. C'est un enseignant scientifique passionné et un grand communicateur : ambassadeur STEM depuis 2010, il aide à la tournée de sensibilisation des étudiants, a créé un club de théâtre pour les chercheurs et anime un café scientifique intitulé "The Science Room".

#### **PAUL R. WHITE**

Le Professeur Paul R. White, est professeur de traitement statistique du signal à l'Institut Sound and Vibration (ISVR) de l'Université de Southampton, avec des projets de recherche qui concernent les mondes marin et terrestre. Il dirige actuellement des projets concernant la capture et le stockage du carbone et participe à des recherches en acoustique théorique, détection et classement de signaux marins et procédés de surveillance acoustique d'espèces et de paysages sonores.