

recherche et d'enseignement des géosciences de l'environnement), à Aix-en-Provence, et ses collègues avaient constaté que, selon les paléothermomètres utilisés en un même endroit, ils obtenaient des résultats contradictoires. « Nous avons alors proposé que les divers paléothermomètres restituent des tendances saisonnières et non annuelles, et que chaque thermomètre retracerait une saison différente », souligne Guillaume Leduc. Ces biais saisonniers pourraient donc induire une erreur dans le calcul de la température moyenne annuelle. Mais les chercheurs ne savaient pas comment quantifier et corriger ce biais.

Pour y parvenir, Samantha Bova et ses collègues se sont d'abord intéressés à la période interglaciaire précédente (il y a entre 128 000 et 115 000 ans). Durant cette dernière, l'ensoleillement était plus fortement contrasté en fonction des saisons, à cause notamment d'une inclinaison plus importante de l'axe de rotation de la Terre. Il était donc plus facile pour les chercheurs d'y isoler les biais saisonniers et développer une méthode pour estimer des températures moyennes annuelles.

L'équipe a ensuite appliqué cette méthode à plusieurs enregistrements paléoclimatiques issus de sédiments marins collectés dans des régions différentes. Résultat : l'évolution des températures durant l'Holocène augmente de façon monotone comme dans les simulations numériques, au moins dans la région de latitude nord ou sud inférieure à 40° correspondant aux données étudiées (aux latitudes supérieures, la dynamique pourrait être différente). Pour confirmer ce résultat, il sera crucial d'appliquer la méthode de correction des biais saisonniers à d'autres types d'archives paléoclimatiques.

« Grâce à cette étude, Samantha Bova et ses collègues apportent une élégante argumentation indiquant que l'optimum climatique de l'Holocène n'a jamais existé et qu'il n'est qu'un artefact des paléothermomètres », résume Guillaume Leduc. « L'optimum faisait partie intégrante de la description de l'Holocène malgré les contradictions avec les simulations. Cette étude sera scrutée avec beaucoup d'attention par les spécialistes, qui vont en analyser les hypothèses dans les moindres détails. » ■

SEAN BAILLY

S. Bova et al., *Nature*, vol. 589, pp. 548-553, 2021

Pollution sonore des océans : il est temps d'agir

Depuis les années 1950, les chercheurs étudient la pollution sonore des océans et ses conséquences sur la faune. La bioacousticienne Lucille Chapuis et ses collègues viennent de réaliser une synthèse des connaissances dans ce domaine et soulignent l'urgence d'agir. Elle répond à nos questions.



Propos recueillis par SEAN BAILLY

LUCILLE CHAPUIS
bioacousticienne
à l'université d'Exeter,
en Grande-Bretagne

On parle de paysage sonore des océans ; de quoi s'agit-il ?

On distingue trois types de sources de sons dans les océans. D'abord, la biophonie regroupe tous les sons produits par les animaux. Parce que le son se propage très vite et très loin dans l'eau, les animaux marins ont une ouïe très développée. Le son sert à communiquer, trouver un partenaire, marquer son territoire, etc. La géophonie correspond à tous les sons liés au vent, aux vagues, aux banquises, aux volcans. Depuis la révolution industrielle, les bruits de l'activité humaine, l'anthropophonie, se sont multipliés. Ils sont dus au transport maritime, à l'industrie pétrolière, aux opérations militaires, à la construction des champs d'éoliennes, etc.

Comment ce paysage a-t-il évolué ?

La biophonie a considérablement baissé. Avec la surpêche, les populations de poissons ont drastiquement diminué. Les récifs coralliens sont normalement des zones très bruyantes, car elles hébergent une faune riche. On se sert d'ailleurs de ce bruit pour estimer la santé de ces milieux. Et quand un récif blanchit, il devient quasiment silencieux. Ce phénomène est lié au réchauffement climatique, qui touche aussi la géophonie : la fréquence des orages change, l'abondance de la glace de mer est modifiée. Mais c'est surtout l'activité humaine qui s'est développée ces dernières décennies. Le bruit du trafic maritime a ainsi été multiplié par trente !

Quel est l'impact sur les animaux ?

On constate des changements de comportements. Certains cétacés se déplacent vers des eaux plus silencieuses, ou chantent la nuit quand le bruit anthropique est moindre. On observe aussi des séquelles physiologiques, comme des pertes d'audition. Certaines détonations, notamment pour sonder

le sous-sol à la recherche de gaz ou de pétrole, provoquent des ondes de choc très puissantes. Autre problème : à leur naissance, les larves des poissons coralliens doivent retrouver par elles-mêmes les récifs. Elles utilisent notamment le bruit qui en émane pour se diriger. Mais avec le bruit ambiant, les larves risquent de se perdre.

Notre travail de synthèse, qui se fonde sur cinq cents articles – c'est peu par rapport à la richesse du sujet –, a mis en évidence qu'il reste encore beaucoup de choses à étudier et à comprendre alors que la situation n'attend pas. La situation des cétacés est la plus documentée. Pourtant, quand on regarde les fameux échouages, nous n'avons pas assez de données pour affirmer avec certitude qu'ils sont causalement liés à la pollution sonore, même si les indices sont assez convaincants.

Est-il possible d'agir contre cette pollution sonore ?

La situation que nous décrivons est inquiétante, mais nous avons voulu terminer notre travail de synthèse sur une note positive. Contrairement à la lutte contre le réchauffement climatique, celle contre la pollution sonore pourrait être plus simple : les sources sont ponctuelles et quand on les supprime, l'impact négatif disparaît quasi immédiatement. Il existe déjà des solutions. Par exemple, de nouvelles coques de bateaux nécessitent une puissance de moteur moindre et font donc moins de bruit. Il faut aussi encourager l'utilisation de navires électriques. En mer du Nord, pour les forages ou les installations d'éoliennes, les sites sont entourés de rideaux de bulles d'air, qui amortissent les ondes acoustiques. En réalisant cette synthèse, nous espérons fournir des outils pour que les gouvernements s'emparent de cet enjeu et mettent en place des programmes internationaux pour restaurer la qualité sonore des océans. ■

C. M. Duarte et al., *Science*, vol. 371, article eaba4658, 2021

MÉDECINE

QUAND LE COVID-19 NE SERA PLUS QU'UN RHUME

L'analyse des divers coronavirus humains connus suggère que le SARS-CoV-2 pourrait à terme devenir endémique et n'occasionner alors que de simples rhumes bénins.

Comment l'épidémie de Covid-19 évoluera-t-elle à long terme? Sera-t-on un jour débarrassé du virus SARS-CoV-2 ou devra-t-on vivre avec? Et dans ce dernier cas, avec quel type de risque pour la population? Rustom Antia, de l'université Emory, à Atlanta, et deux collègues ont tenté de répondre. Selon leurs modélisations, il est probable que l'infection au nouveau coronavirus s'apparente un jour à un simple rhume.

Pour parvenir à ce scénario, l'équipe s'est penchée sur les paramètres épidémiologiques du SARS-CoV-2 et, notamment, de quatre autres coronavirus (229E, NL63, OC43 et HKU1) bénins chez les humains car ils n'entraînent que des rhumes. Une hypothèse centrale de l'étude est que ces coronavirus déclenchent des réactions immunitaires similaires. Difficile à croire au vu du bilan du Covid-19 actuel, mais celui-ci s'explique par le fait que le nouveau coronavirus touche une population « naïve », c'est-à-dire des individus dont le système immunitaire n'a jamais été confronté à l'agent infectieux, et donc vulnérables.

Les chercheurs ont utilisé trois paramètres pour caractériser l'immunité contre un coronavirus. En effet, l'immunité peut empêcher l'agent pathogène de se répliquer et interdire donc toute réinfection, ou seulement atténuer la maladie en cas de réinfection, ou encore réduire la transmissibilité. Chez un même individu, ces trois paramètres, qui dépendent d'acteurs différents du système immunitaire, diminuent avec le temps mais avec des rythmes qui leur sont propres, par exemple en fonction de la fréquence des réinfections.

Une analyse des données disponibles concernant les anticorps contre les coronavirus bénins chez des enfants et des adultes révèle notamment que l'immunité bloquant l'infection diminue rapidement, tandis que les deux autres sont de longue durée. Autre résultat, la primo-infection par un des quatre coronavirus bénins intervient entre 3,4 et 5,1 ans.

Grâce à ces informations, les auteurs montrent que la dangerosité du virus ira en s'amenuisant sans toutefois disparaître, suivant en cela l'évolution des quatre coronavirus bénins. Pour rappel, on suspecte le OC43



Selon une récente modélisation, les réactions immunitaires contre le SARS-CoV-2 finirait par atténuer la dangerosité du virus, au point de transformer le Covid-19 en un rhume banal.

d'avoir fait un million de morts lors d'une pandémie en 1890. L'élément clé de ce scénario est le fait que l'infection est sans gravité chez les enfants: à l'avenir, en conditions d'endémie, seuls les enfants, qui ne développent en très grande majorité que des formes légères, seraient alors concernés par le SARS-CoV-2; plus âgés, ils resteraient protégés et le seraient toujours plus à chaque réinfection.

Sans vaccin, cette situation adviendrait – au prix de nombreux morts et formes sévères de la maladie –, d'ici quelques années à quelques décennies, en fonction de la vitesse de propagation du coronavirus (et d'éventuels nouveaux variants) et de la durée de la réponse immunitaire développée contre lui – cette dernière donnée étant encore mal connue compte tenu de la récente apparition du virus. Les vaccins (seulement pour les adultes) réduiraient ce délai à un an, voire six mois. Les auteurs de l'étude préviennent: leurs conclusions seraient toutes différentes avec un agent pathogène qui provoquerait une maladie grave chez les jeunes. ■

LOÏC MANGIN

J. S. Lavine et al., *Science*, en ligne le 12 janvier 2021

EN BREF

LES RIVIÈRES FRAGMENTÉES D'EUROPE

Aujourd'hui, le concept de continuité des rivières est inscrit dans la directive-cadre sur l'eau (DCE) européenne : son plan de gestion des bassins des cours d'eau requiert de dresser l'inventaire des obstacles physiques à cette continuité. Cependant, il n'existe toujours pas de base de données harmonisée à l'échelle du continent. Au sein d'un consortium européen, Barbara Belletti, aujourd'hui à l'École normale supérieure de Lyon, et ses collègues ont montré qu'au moins 1,2 million d'obstacles sont présents dans les rivières d'Europe ; parmi eux, beaucoup sont de petite taille et perturbent le transport de sédiments et les communautés d'espèces fluviales.

Nature, 16 décembre 2020

PHYSIQUE

LE SON DU PÉTILLEMENT

Approchez l'oreille d'une flûte de champagne et vous entendrez son subtil pétilllement. Lorsque chaque bulle arrive à la surface du liquide, elle se retrouve prise entre deux forces antagonistes, la poussée d'Archimède et la tension de surface. À cause de la courbure de son interface, la bulle est sous pression jusqu'à la rupture du film de fluide au-dessus. Ce dernier se rétracte en quelques microsecondes. Alors que le gaz s'échappe violemment, la cavité s'effondre en quelques millisecondes. Chaque étape de ce processus contribue à l'émission du son caractéristique d'une bulle qui éclate en surface.

En 1992, le physicien américain Donald Spiel a remarqué que la fréquence sonore évoluait au cours du processus d'éclatement. Il a suggéré que cette variation était liée à la réduction du volume de la cavité. Plus tard, d'autres chercheurs ont plutôt mis cela sur le compte de la taille de l'ouverture lors de la rétraction du film. Pour y voir plus clair, Juliette Pierre et ses collègues, de Sorbonne Université, à Paris,



Les bulles qui éclatent à la surface d'un verre de champagne ou d'une autre boisson effervescente produisent un son caractéristique.

ont examiné le mécanisme exact en synchronisant une caméra ultrarapide filmant l'évolution de la bulle et un microphone enregistrant le son. L'équipe a ainsi montré que l'évolution de la fréquence sonore vers les aigus est bien corrélée à la rétraction du film. ■

S. B.

M. Poujol et al., *Physical Review Fluids*, vol. 6, article 013604, 2021



PORTONS
LA VOIX
DE LA
NATURE
mnhn.fr

POUR LA
SCIENCE

Découvrez les
**Manifestes
du Muséum**,
une collection
de **4 ouvrages** qui
offrent un éclairage
scientifique sur des
sujets **d'actualité**.

Écoutez
**Pour que nature
vive**, 12 podcasts
pour **comprendre
le vivant**.

POUR LE FUTUR
DE NOTRE PLANÈTE,
**PARTAGEZ NOTRE
ENGAGEMENT !**

