

Biologie marine

Tara Oceans à la conquête de la vie marine

Gros producteur d'oxygène et principal aliment de nombreux organismes marins, le plancton est une des clefs de la vie sur la planète. Après six années de collectes et d'analyses, l'expédition *Tara Oceans* livre ses premiers résultats. Éric Karsenti, codirecteur du projet, nous raconte ce gigantesque échantillonnage des océans.

Qu'est-ce que *Tara Oceans* ?

Éric Karsenti : Il s'agit d'une exploration des mers du globe en voilier, effectuée de 2009 à 2013. L'objectif était d'échantillonner le plancton à l'échelle planétaire. Ce terme désigne tous les organismes qui dérivent avec les courants : virus, bactéries, eucaryotes (organismes à cellules dotées d'un noyau) unicellulaires, petits animaux pluricellulaires... Le plancton a une importance capitale : il est à la base de la chaîne alimentaire, absorbe le dioxyde de carbone et produit près de la moitié de l'oxygène de la planète !

En quoi cette expédition diffère-t-elle des autres ?

É. K. : Les précédentes études s'intéressaient à quelques types d'organismes, mais jamais à l'ensemble de l'écosystème. Ici, nous avons répertorié tous les organismes par classes de taille et nous avons mesuré de nombreux paramètres environnementaux : température, acidité, concentration en nitrates, etc. La seconde originalité du projet est sa pluridisciplinarité. Nous avons regroupé des biologistes, des océanographes, des bio-informaticiens...

Comment se déroulait une séance de collecte ?

É. K. : Nous nous arrêtons en moyenne tous les trois jours. Nous restions 60 heures au même endroit,

où nous caractérisions la colonne d'eau avec plusieurs outils : filets dont la maille va de 5 à 690 micromètres, bouteilles truffées d'instruments qui descendaient jusqu'à 1000 mètres de profondeur en recueillant de l'eau, etc. L'eau remontée était ensuite passée à travers une série de filtres.

Quels principaux résultats avez-vous obtenus ?

É. K. : Nous avons établi un catalogue du plancton, que nous estimons quasi exhaustif dans les zones



Éric Karsenti (EMBL, CNRS), codirecteur de *Tara Oceans*.

parcourues. Chez les bactéries, nous avons répertorié environ 35 000 genres (le nombre d'espèces est donc bien supérieur) et 40 millions de gènes. Plus de la moitié de ces gènes étaient inconnus. Chez les eucaryotes, nous avons recensé 150 000 genres, bien plus que chez les bactéries. Quant aux virus, nous n'en savions presque rien avant cette expédition : plus de 90 % de ceux que nous avons découverts étaient inconnus. Ils sont globalement peu diversifiés. Le catalogue planctonique a

été mis en ligne (www.ebi.ac.uk/services/tara-oceans-data). Chaque échantillon est marqué par un code-barres qui permet de le connecter à l'ensemble des données physico-chimiques de son environnement.

Comment utiliser ce catalogue planctonique ?

É. K. : Les possibilités sont multiples ! Dans une étude, nous avons montré que 80 % des organismes planctoniques sont en interaction avec d'autres, dont ils sont les proies, les parasites, les compagnons symbiotiques, etc. Dans une autre, nous avons analysé les écosystèmes au cœur d'énormes tourbillons qui se forment à la pointe de l'Afrique du Sud et traversent l'Atlantique en deux ou trois ans. Nous avons montré que les facteurs environnementaux particuliers de ces zones y façonnent une communauté planctonique spécifique.

De telles analyses seront cruciales pour comprendre l'évolution des écosystèmes en fonction du changement climatique. De manière générale, cette expédition devrait révolutionner la façon de faire de l'écologie marine, car, pour la première fois, on a un catalogue assez complet. De plus, ce catalogue est à disposition de tous ! Chacun peut donc y puiser ce qui l'intéresse pour d'éventuelles applications...

Guillaume Jacquemont

Science, section spéciale, 22 mai 2015

de taille menées par les chercheurs ont en effet prouvé que, pour obtenir des éclats à partir de leurs nucléus volumineux, les tailleurs de Lomekwi 3 ont pu procéder soit en pratiquant des percussions sur enclume (technique nommée « percussion bipolaire sur enclume »), soit en choquant le nucléus contre un percuteur immobile (méthode de la « percussion sur percuteur passif »). La technique des artisans lomekwien semble pour cette raison plus proche du martelage sur enclume pratiqué par les chimpanzés casseurs de noix que du débitage à deux mains libres (l'une pour tenir le nucléus, l'autre pour frapper) pratiqué par les tailleurs de pierre humains et, commencent-on à penser, par les tailleurs de pierre oldowayens pendant tout le Paléolithique.

Bref, croit-on comprendre, l'art de débiter des éclats sur enclume serait une évolution lointaine de l'art simiesque de briser les noix ; une évolution technique, en libérant les mains, aurait favorisé le développement de leur habileté. Par une meilleure maîtrise des angles de percussion, elle aurait conduit à des résultats plus aboutis, notamment une plus grande longueur de tranchant et des éclats moins lourds.

Et qui est le tailleur des outils de Lomekwi 3 ? Le candidat le plus plausible est l'« homme à la face plate du Kenya », c'est-à-dire *Kenyanthropus platyops*, un pré-humain contemporain des australopithèques des Afars (Lucy). S'il en est ainsi, les débuts de l'industrie lithique sont antérieurs à l'apparition de l'humanité.

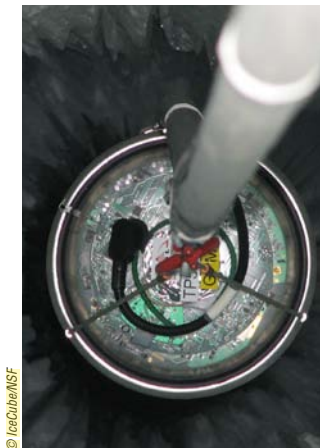
François Savatier

S. Harmand et al., *Nature*, vol. 521, pp. 310-315, 2015

Physique des particules

Saveurs des neutrinos d'IceCube : un avant-goût

L'expérience IceCube détecte des neutrinos de très haute énergie qui traversent la glace de l'Antarctique. Deux équipes ont partiellement déterminé les « saveurs » de ces particules, un indice pour comprendre leur origine cosmique.



© IceCube/NSF

L'expérience IceCube (ci-contre) consiste en un ensemble de capteurs (ci-dessus) placés dans la glace pour détecter le passage de neutrinos.



© Felipe Paduano, IceCube/NSF

**2×10^{15}
électronvolts :**

c'est l'énergie du neutrino le plus énergétique détecté par IceCube. Les physiciens l'ont surnommé Big Bird, comme le personnage d'une émission populaire pour enfants.*

Pour traquer certaines particules, des neutrinos de très haute énergie, les physiciens ont transformé un kilomètre cube de glace de l'Antarctique en un détecteur géant nommé IceCube. Ils ont ainsi observé des neutrinos à des énergies extrêmes (jusqu'à 10^{15} électronvolts, ou 1 000 téraélectronvolts) dont ils cherchent à déterminer les « saveurs ». Les neutrinos existent en effet en trois saveurs : électronique, muonique et tauique. Or, la part des neutrinos de chaque saveur parvenant au détecteur dépend des processus physiques qui les produisent. Déterminer la saveur des neutrinos d'IceCube aiderait donc à comprendre comment et où ces particules sont produites.

Cette analyse doit tenir compte d'un processus propre aux neutrinos : leur « oscillation ». Par des effets quantiques probabilistes, les neutrinos changent spontanément de saveur. Le Soleil, par exemple, ne produit que des neutrinos électroniques, mais seul un tiers de ce flux de particules est dans l'état de saveur électronique en arrivant

sur Terre. Les autres neutrinos ont changé de saveur en chemin.

Si la distance entre le site de production des neutrinos et la Terre correspond à des échelles cosmologiques, les physiciens s'attendent à observer une répartition homogène entre les trois saveurs de neutrinos. Cependant, en 2014, des chercheurs ont suggéré que les neutrinos de très haute énergie détectés par IceCube étaient tous de saveur électronique, ce qui impliquait des mécanismes de production exotiques. Deux nouvelles études, conduites par la collaboration IceCube et un groupe mené par Francesco Vissani de l'Université de L'Aquila en Italie, viennent d'infirmer ce résultat.

Ces deux équipes se sont focalisées sur les neutrinos de plus de 35 téraélectronvolts (et 60 téraélectronvolts pour Francesco Vissani). Le détecteur IceCube ne permet pas d'identifier formellement la saveur d'un neutrino, mais les caractéristiques du signal livrent un indice. En réalité, un neutrino n'est détecté que lors de son interaction avec

la glace dans la région sondée par le dispositif. On voit apparaître dans le détecteur une gerbe de particules, ou une fine trace lorsqu'un neutrino muonique produit un muon.

Les deux équipes ont alors comparé le nombre de signaux formés par une gerbe avec le nombre de ceux présentant une trace de muon. La collaboration IceCube a ainsi étudié 137 événements (129 gerbes et 8 traces de muons). L'analyse statistique exclut le résultat de 2014 et est compatible avec une répartition équilibrée des saveurs.

L'équipe de Francesco Vissani obtient un résultat similaire à la collaboration IceCube, ce qui confirmerait que ces neutrinos ont parcouru des distances cosmologiques. Les chercheurs espèrent améliorer leurs méthodes d'analyse pour identifier les neutrinos tauiques et ainsi préciser les mécanismes de production en jeu.

Sean Baillly

Collaboration IceCube, Phys. Rev. Lett., vol. 114, article 171102, 2015 ; A. Palladino et al., ibidem, article 171101

* Source : Collaboration IceCube, Phys. Rev. Lett., vol. 113, 101101, 2014