

Le génome du corail

Stylophora pistillata élucidé

Grâce à l'évolution des techniques moléculaires et du séquençage, l'étude des génomes (c'est-à-dire de la totalité de la séquence d'ADN contenue dans les chromosomes d'un organisme) est devenue, ces dernières années, de plus en plus importante. Depuis le premier génome séquencé, celui de la bactérie *Haemophilus influenzae* en 1995, environ 1 300 génomes d'animaux et plus de 130 000 génomes de bactéries ont été séquencés.

En décembre 2017, les chercheurs du Centre Scientifique de Monaco en collaboration avec l'Université King Abdullah des Sciences et Technologies (KAUST) en Arabie Saoudite et l'Université Libre de Bruxelles ont publié le génome du corail *Stylophora pistillata* dans la revue *Scientific Reports**, un journal en ligne du groupe Nature.

Les « complexes » séquencés

Les coraux sont apparus il y a environ 430 millions d'années et ont évolué en deux grandes familles, appelées « robustes » et « complexes », il y a environ 245 millions d'années. Le génome d'un représentant des coraux de la famille des « complexes », celui du corail *Acropora digitifera*, a été séquencé en 2011. Alors que l'on pensait ces animaux « primitifs », l'étude de ce premier génome a démontré qu'il contenait autant de gènes que celui de l'homme (environ 23 000) et que son système immunitaire était aussi complexe que le nôtre. Cette étude démontre également que le génome humain était curieusement beaucoup plus proche de celui du corail que de celui des organismes modèles en génétique comme la mouche drosophile.

Les « robustes » aussi

Le corail *Stylophora pistillata*, dont le génome vient d'être séquencé par les chercheurs monégasques, est donc le premier du groupe des coraux dits robustes (encadré rouge ci-contre). Qu'apporte la publication de ce second génome corallien ? Elle confirme bien entendu la complexité des génomes de ces organismes. Celui-ci contient 25 769 gènes codant pour des protéines, ce qui représente seulement 12% de la longueur de son ADN : 88% de l'ADN du corail ne codent donc pas pour des gènes, et ne servent pas à la synthèse de protéines, et le rôle de cet ADN reste à déterminer... c'est d'ailleurs aussi le cas pour le génome humain. Mais cette étude apporte une autre information de taille : alors que notre vision du monde du corail voyait ces animaux simi-

laires, le génome des coraux robustes et complexes est étonnamment différent. Quand on regarde l'évolution du vivant (cf. figure), on s'aperçoit que ces animaux que l'on appelait il y a peu « primitifs » possèdent la même période d'évolution que les autres animaux. L'apparition des premiers coraux robustes et complexes, il y a 245 millions d'années, coïncide d'ailleurs avec l'apparition des mammifères !

Cette étude va surtout permettre aux chercheurs d'identifier et de comprendre le fonctionnement de ces organismes et les bases de leur sensibilité face aux changements climatiques, et notamment la rupture de la symbiose, appelée blanchissement. Elle va également permettre de mieux identifier les mécanismes d'adaptation des coraux à l'acidi-

fication des océans ou au réchauffement, mais aussi également des molécules d'intérêt pour l'homme (cosmétologie, pharmacologie). La génomique comparative est, en effet, l'une des pistes qui mènera à la sauvegarde de ce patrimoine de l'humanité constitué par les récifs coralliens.

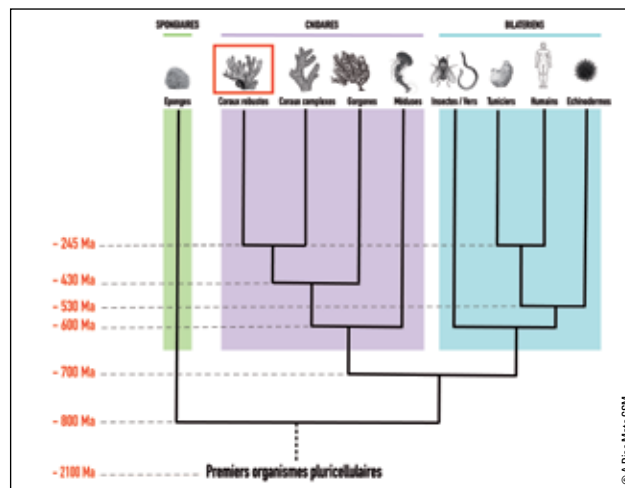
● Professeur Denis ALLEMAND

Directeur scientifique du Centre Scientifique de Monaco

Scientific Director of the Centre Scientifique de Monaco

Retrouvez la Chronique du CSM et d'autres informations sur www.centrescientifique.mc

* Comparative analysis of the genomes of *Stylophora pistillata* and *Acropora digitifera* provides evidence for extensive differences between species of corals. *Scientific Reports* 7, 17583 (2017), doi:10.1038/s41598-017-17484-x



■ **Evolution des animaux.** Les premiers organismes pluricellulaires semblent apparaître il y a plus de 2 milliards d'années. Il y a environ 800 millions d'années se forment les éponges, qui se séparent des autres organismes qui formeront les animaux « vrais » (ou Eumétazoaires). Ces derniers se séparent en deux groupes il y a environ 700 millions d'années, les Cnidaires et les autres animaux, appelés Bilatériens. Les Cnidaires sont eux-mêmes constitués de deux grands groupes qui se sont séparés il y a environ

600 millions d'années, les Cnidaires formant des Méduses (Médusoaires) et les Cnidaires fixés, les Anthozoaires (séparés eux-mêmes entre les coraux vrais et les gorgones, anémones de mer et corail rouge). Les autres animaux vont également se séparer en deux grands groupes, contenant d'un côté les insectes, les vers et les mollusques et de l'autre, les échinodermes (oursins, étoiles de mer) et les vertébrés.

Evolution of animals. It is believed that the first multicellular organisms appeared over 2 billion years ago. Around 800 million years ago, sponges were formed, which separated from the other organisms that made up "real" animals (or Eumetazoans). Eumetazoans separated into two groups about 700 million years ago: Cnidarians and other animals, known as Bilateria. Cnidarians are made up of two large groups that separated approximately 600 million years ago: Cnidarians forming jellyfish (Medusozoa) and fixed Cnidarians, known as Anthozoans (which themselves are separated into real coral and gorgonians, sea anemones and red coral). The remaining animals also separated into two large groups, with insects, worms and molluscs on one hand, and echinoderms (sea urchins and starfish) and vertebrates on the other.

Genome of the *Stylophora pistillata* coral solved

In recent years, thanks to developments in molecular and sequencing techniques, genome studies (that is, the study of the entire DNA sequence in the chromosomes of an organism) have become increasingly important. From the time of the first sequenced genome, the *Haemophilus influenzae* bacterium, in 1995, approximately 1,300 animal genomes and over 130,000 bacterial genomes have been sequenced.

In December 2017, researchers from the Centre Scientifique de Monaco, in collaboration with the King Abdullah University of Science and Technology (KAUST) in Saudi Arabia and the Université Libre de Bruxelles published the genome of the coral, *Stylophora pistillata* in *Scientific Reports*^{*}, an online journal of the Nature group.

"Complex" corals sequenced

Corals first appeared around 430 million years ago, and evolved into two large families, known as "robust" and "complex", about 245 million years ago. The genome of a representative of corals from the "complex" family, the *Acropora digitifera* coral, was sequenced in 2011. While these animals had previously been thought to be "primitive", the study of this first genome showed that it had as many genes as a human (around 23,000), and that its immune system was as complicated as ours. Curiously, this study also revealed that the human genome was much closer to that of coral than it was to that of model organisms in genetics like the fruit fly.

And "robust" corals, too

The *Stylophora pistillata* coral, the genome for which has recently been sequenced by the Monegasque researchers, is therefore the first in the group of corals known as "robust" (marked in red opposite). What is the significance of the publication of the second coral genome? Naturally, it confirms the complexity of the genomes of these organisms. This genome contains 25,769 genes for proteins, which only represents 12% of its DNA's length: this means that 88% of the coral's DNA does not code for genes and is not used to synthesize proteins, and so the role of this DNA remains to be determined. This is also true for the human genome. This study provides a further significant piece of information, however: while our view of the world of corals sees them as similar animals, the genomes of robust and complex corals are astonishingly different. If one looks at the evolution of the living being (see figure), one sees that these animals, which we called "primitive" until recently, have seen the same evolutionary period as other animals. The appearance of the first robust and complex corals 245 million

years ago actually coincides with the appearance of mammals!

Above all, this study will enable researchers to identify and understand how these organisms function and the underlying reasons behind their sensitivity to climate change, in particular the breakdown of symbiosis, which is known as bleaching. It will also permit improved identification of the way corals adapt to the acidification and warming of the oceans, not to mention molecules of interest to humans (cosmetology and pharmacology). Comparative genomics is, in fact, one of the pathways that will lead to the protection of this heritage of humanity that coral reefs represent. ●

You can find the CSM Chronicle and other information at www.centrescientifique.mc

^{*} Comparative analysis of the genomes of *Stylophora pistillata* and *Acropora digitifera* provides evidence for extensive differences between species of corals *Scientific Reports* 7, 17583 (2017), doi:10.1038/s41598-017-17484-x

SERVICE TRANSPORT PLUS MONACO



www.serviceplus.mc info@serviceplus.mc tél. 06 06 906 906
30, bd Princesse Charlotte 98000 Monaco