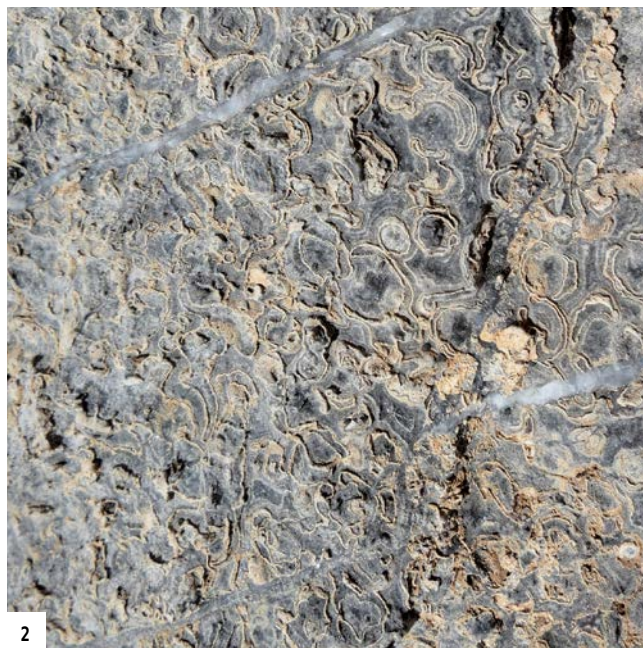




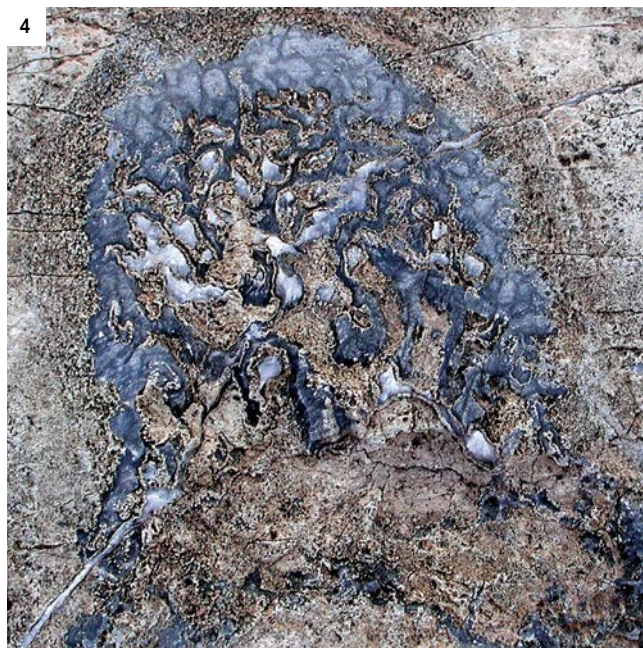
1



2



3



4

Cloudina est l'un des plus anciens organismes dotés d'un squelette externe. Il est connu grâce à des fossiles qui préservent sa délicate « armure » tubulaire (1). Les individus *Cloudina* étaient capables de se cimenter les uns aux autres et de former des récifs. *Namacalathus* est un autre organisme primitif possédant un squelette, dont les parties dures en forme de coupe sont préservées en masse (2). *Cloudina* et *Namacalathus* sont souvent retrouvés ensemble (3). *Namapoikia*, une éponge primitive, était l'un des autres compagnons de *Cloudina* et se développait dans les failles cachées des récifs (4).

> en présence ou en l'absence d'oxygène. Cette méthode permet de voir à une échelle locale où et quand la quantité d'oxygène était suffisante pour subvenir aux besoins d'une vie complexe. Les études menées en utilisant cette approche ont conduit à un large consensus : l'oxygène dissous dans l'océan a probablement atteint un seuil ou une série de seuils au cours de l'Édiacarien, ce qui a permis aux animaux de se diversifier en comblant leurs besoins métaboliques, qui croissaient à mesure qu'ils devenaient plus mobiles et actifs.

Les chercheurs ont désormais rassemblé assez de données géochimiques pour que l'on reconstitue la répartition de l'oxygène non seulement dans les différents sites édiacariens d'une

même époque, mais de façon globale au cours du temps. Au fil de l'Édiacarien et du début du Cambrien, ce travail révèle des répartitions qui diffèrent notablement de celle d'aujourd'hui, avec de nombreuses zones constituées d'une couche fine d'eaux peu profondes bien oxygénées, au-dessus d'une couche plus épaisse d'eau de mer plus profonde et probablement totalement dénuée d'oxygène – un état dit anoxique.

Ces données géochimiques montrent également que la frontière entre les eaux anoxiques et oxygénées était particulièrement dynamique au cours de cette période, s'élevant et s'abaissant avec les variations du niveau marin. Les zones du fond marin peu profond habitables pour les animaux primitifs étaient par conséquent encore >

UNE EXPLOSION DE VIE POSTGLACIAIRE



À la base de la butte de Nankoweap, dans le Grand Canyon, de fins bancs calcaires alternent avec des niveaux argileux. Les biomarqueurs proviennent de la matière organique contenue dans ces derniers.

Comme le précise Rachel Wood, l'avancée des techniques d'analyse a permis aux paléontologues et aux géologues d'effectuer un pas majeur dans la compréhension de l'origine de la vie sur Terre et de son évolution. Outre les informations paléontologiques, qui fournissent un aperçu fragmentaire de la biodiversité à un moment précis de l'histoire de la planète, de nouvelles techniques géochimiques et isotopiques aident les chercheurs à reconstituer les environnements dans lesquels les organismes évoluaient. Température, salinité, quantité d'oxygène sont autant d'indices qui relient environnement et biodiversité.

Aujourd'hui, grâce à ces techniques, on s'aperçoit que le vivant était bien plus diversifié qu'on ne le pensait durant l'Édiacarien (il y a entre 635 millions et 542 millions d'années). On va même plus loin. L'Édiacarien fait directement suite à un épisode glaciaire extrême, nommé «Terre boule de neige», ayant recouvert la planète entière de glace pendant plusieurs millions d'années. Or, au début des années 1970, les paléontologues américains Stephen Jay Gould et Niles Eldredge ont proposé une hypothèse de travail, dite des équilibres ponctués, selon laquelle l'évolution n'est pas progressive, mais se fait par périodes d'évolution rapide entrecoupées de périodes de stabilité, les pressions environnementales favorisant l'évolution rapide par sélection naturelle. Longtemps critiquée, cette hypothèse est devenue incontournable dans la théorie actuelle de l'évolution,

appuyée par des champs récents de la biologie comme la génétique et l'épigénétique. Il est ainsi probable que le goulet d'étranglement qu'ont représenté les épisodes de type Terre boule de neige ait joué un rôle primordial dans le façonnement de la vie telle que nous la connaissons aujourd'hui.

Pour reconstruire la biodiversité et l'environnement juste après l'épisode qui a marqué le début de l'Édiacarien, devant le manque de fossiles dans les niveaux géologiques correspondants, nous nous sommes tournés vers une technique d'extraction de fossiles moléculaires nommés biomarqueurs. Cette

Les glaciations de type Terre boule de neige ont eu un rôle majeur dans l'évolution de la vie

technique repose sur le fait que différentes espèces synthétisent des molécules organiques qui leur sont propres et qui peuvent être préservées dans les sédiments pendant plusieurs millions d'années. En 2017 et en 2019, grâce à cette technique, nous avons relié ces épisodes glaciaires à deux évolutions biologiques importantes.

La première montre l'apparition à cette période d'une molécule, le 24-éthyl-stérol. Cette molécule rend la membrane cellulaire plus résistante aux variations de température. Cette

innovation biologique aurait donné aux algues vertes un avantage considérable, leur permettant de proliférer et de coloniser la surface de la planète. La deuxième révèle qu'au lendemain de la glaciation, un changement radical s'est opéré dans les écosystèmes : l'évolution concomitante de différents biomarqueurs suggère que la Terre est passée d'un monde majoritairement bactérien à des écosystèmes dominés par des algues unicellulaires qui, d'après l'ampleur du phénomène, ne s'étaient pas contentées d'entrer en compétition avec les bactéries pour s'alimenter, mais s'en étaient elles-mêmes nourries. En d'autres termes, l'émergence de la prédation à l'échelle des microorganismes avait alors, déjà, drastiquement modifié les écosystèmes.

Les glaciations ont longtemps été vues comme des causes d'extinction massive d'espèces. Nous commençons tout juste à comprendre leur rôle de catalyseur de l'évolution. Il reste maintenant à préciser la chronologie des différents événements qu'elles ont causés en étudiant notamment les sédiments du Grand Canyon ou de la vallée de la Mort, qui représentent de véritables archives sédimentaires de ces périodes clés de l'histoire de notre planète. Peut-être, alors, arriverons-nous à relier ces événements à ceux qui, durant l'Édiacarien et le Cambrien, ont conduit à l'explosion des animaux complexes.

PIERRE SANSJOFRE

Laboratoire Géosciences océan, université de Bretagne occidentale, Brest

L. M., van Maldegem *et al.*, *Nature Commun.*, vol. 10(1), article 476, 2019; Y. Hoshino *et al.*, *Science Advances*, vol. 3(9), e1700887, 2017