

> minéralisé, une innovation clé de l'évolution visible chez beaucoup des animaux actuels.

La présence de ces organismes équipés de leur « armure » si loin dans le passé – il y a 550 millions d'années – indique que les pressions écologiques et environnementales supposées avoir présidé à l'explosion cambrienne étaient déjà à l'œuvre bien avant. Découvrir comment ces facteurs ont modelé l'évolution des premiers animaux complexes durant l'Édiacarien est crucial pour comprendre l'incroyable explosion de diversification de la vie qui a suivi au cours du Cambrien.

Les registres fossiles du Cambrien ont fait l'objet de recherches intenses pendant plus de 150 ans. Les modèles généraux décrivant quand et où sont apparus les fossiles du Cambrien sont donc relativement bien établis : des fossiles similaires ont fait leur apparition sur de nombreux continents à peu près au même moment, et ils ont subi la même succession de changements évolutifs de façon plus ou moins synchrone. Mais ce n'est que récemment, à la lumière des découvertes des fossiles plus anciens de l'Édiacarien, que l'on commence à distinguer les racines de l'explosion cambrienne. Grâce, en partie, au développement de nouvelles techniques géochimiques qui ont révolutionné notre compréhension de la chimie changeante des océans de l'époque, on perçoit aussi pourquoi elle a eu lieu à ce moment.

Ce n'est que tout récemment que l'on a pu intégrer les informations issues des registres géochimique et fossile pour montrer comment la biosphère, la géosphère, l'hydrosphère et l'atmosphère, qui ensemble constituent le système Terre, ont fonctionné durant cette période. Mais l'on peut d'ores et déjà esquisser une image saisissante de la manière dont, des dizaines de millions d'années avant l'explosion cambrienne, le fond marin s'est peu à peu peuplé d'organismes toujours plus complexes, devenant le terreau de la vie animale telle que nous la connaissons.

LES PREMIERS ANIMAUX

La plus ancienne preuve de l'existence d'animaux ne vient pas de fossiles identifiables, mais de restes de composés organiques appelés biomarqueurs. Il y a une dizaine d'années, des géologues ont découvert l'un de ces biomarqueurs, une forme particulière de stérane, dans des roches très bien préservées d'une série sédimentaire connue sous le nom de Supergroupe de Huqf, à Oman, vieille d'au moins 650 millions d'années. Certains experts ont avancé que ces stéranes étaient propres à un groupe particulier d'éponges et que la présence de ces molécules dans les roches de Huqf documentait ainsi l'existence de ces animaux déjà à cette époque. Cependant, tous les chercheurs n'acceptent pas leur postulat. En effet, une étude publiée en

avril suggère que les stéranes seraient caractéristiques d'un groupe d'amibes unicellulaires.

Les plus vieilles traces susceptibles d'être des fossiles d'animaux, qui proviennent d'une couche géologique de roches du sud de la Chine nommée la Formation de Lantian et remonteraient à 635 millions d'années, sont contestées de la même manière. Certains pensent que ces minuscules formes à corps mou ont un lien de parenté avec les coraux ou les méduses, car ils présentent des structures en forme de tentacules ; mais la conservation de ces fossiles n'est pas suffisamment bonne pour en permettre une interprétation non équivoque, ce qui laisse de nombreux chercheurs dubitatifs sur le fait qu'ils correspondent à des animaux.

Les restes d'animaux les plus anciens sur lesquels presque tout le monde s'accorde sont les fossiles de Terre-Neuve, âgés d'environ 571 millions d'années. Ces animaux vivaient donc peu après la dernière glaciation de type « Terre boule de neige », qui a recouvert une bonne partie de la planète sous une couche épaisse de glace. Des organismes à corps mou mesurant jusqu'à un mètre de hauteur ou de largeur dominaient cette faune édiacarienne. Certains avaient la forme de grandes feuilles semblables à des plumes, avec des tiges verticales qui les ancrèrent au fond marin. D'autres s'étendaient sur le sol océanique, leur corps plat montrant une architecture fractale, avec des ramifications qui présentaient les mêmes

Des organismes à corps mou mesurant jusqu'à un mètre de hauteur dominaient cette faune

motifs à toutes les échelles. Tous ces plans d'organisation maximisent la surface, ce qui suggère que ces animaux absorbaient des nutriments issus de l'eau environnante.

Cette faible diversité de la faune a prévalu pendant plus de dix millions d'années. Mais ensuite, le cours de l'évolution animale s'est accéléré. Le registre fossile indique qu'il y a environ 560 millions d'années, le biote édiacarien a commencé à se diversifier et à inclure des formes mobiles qui peuplaient les mers peu profondes. Certains fossiles conservent des

marques d'éraflures qui suggèrent que ces animaux broutaient des tapis d'algues. D'autres se sont peut-être traînés à travers les algues, absorbant les nutriments *via* la face inférieure de leur corps. Les premières galeries apparaissent aussi à cette époque, preuve que les animaux avaient commencé à se mouvoir et à déplacer les sédiments du fond marin.

Les plus anciens fossiles révélant des squelettes externe et interne apparaissent soudain dans des roches calcaires (principalement constituées de carbonate de calcium) vieilles de 550 millions d'années. On trouve ces fossiles, déjà de tailles et de formes variées, dans des lieux aussi éloignés que la Sibérie, le Brésil et la Namibie. La présence, partout dans le monde et au même moment, de squelettes chez autant de groupes d'animaux sans liens de parenté témoigne d'une force évolutive majeure opérant à l'échelle mondiale. On ne connaît pas sa nature avec certitude, mais on en a une petite idée. Fabriquer un squelette est coûteux en énergie. Aussi, pour qu'un animal se lance dans une telle entreprise, les bénéfices doivent surpasser les coûts. Les raisons susceptibles de favoriser la présence de squelettes sont nombreuses, mais la principale est, de loin, le besoin de se protéger des prédateurs. Bien qu'il n'existe pas de preuve fossile de prédateurs de cette époque, l'apparition de squelettes pourrait refléter la première manifestation d'animaux qui en mangeaient d'autres à une large échelle.

UN ANCIEN CONSTRUCTEUR DE RÉCIFS

Des analyses récentes de ces anciens squelettes ont livré des indices séduisants sur l'aspect de leurs propriétaires et sur leur mode de vie. Connu à partir de fossiles de son délicat squelette tubulaire qui mesurait jusqu'à 70 millimètres de long et ressemblait à un empilement de cornets de glace, un organisme nommé *Cloudina* occupe une place importante dans nos reconstitutions des écosystèmes de l'Édiacarien. *Cloudina* a été découvert pour la première fois en Namibie en 1972, et on a longtemps pensé qu'il se développait fixé au fond marin. Mais ces dernières années, des chercheurs ont identifié de nombreux nouveaux spécimens de *Cloudina* dans des sites de par le monde, qui ont changé ce point de vue. Le travail de mon équipe sur des spécimens de Namibie a montré que *Cloudina* croissait de différentes manières. Il pouvait se fixer à des tapis de microbes liés aux sédiments mous du fond marin ou s'ancrer à des couches superposées de cyanobactéries. Mieux, les individus *Cloudina* étaient capables de se cimenter les uns aux autres et de former un récif. Cette découverte a permis d'établir que *Cloudina* était l'un des plus anciens animaux constructeurs de récifs, reculant le record de ce mode de vie de quelque vingt millions d'années.



Des fossiles clés d'animaux complexes proviennent de roches de l'Édiacarien sur les rives de la rivière Youdoma, en Sibérie (1) et en bordure du désert du Namib, en Namibie (2).

On ignore si *Cloudina* a un lien de parenté avec des constructeurs de récifs modernes, tels les coraux. Mais comme les coraux constructeurs de récifs, il vivait à proximité d'un certain nombre d'autres animaux. Des indices sur cette association étroite ont été retrouvés à partir d'autres fossiles à squelettes, découverts dans des roches du même âge que celles qui contiennent les fossiles de *Cloudina*. Un organisme nommé *Namacalathus*, connu dans divers sites fossilifères autour du globe, semble avoir été l'un des compagnons de *Cloudina*. Son squelette, qui pouvait atteindre 50 millimètres de long, était composé d'une délicate tige à paroi fine surmontée d'une coupe munie d'une ouverture centrale sur le dessus et de plusieurs autres sur les côtés. Les tissus mous de l'animal se trouvaient probablement en grande partie à l'intérieur de la coupe, bien qu'ils n'aient jamais été préservés. Les fossiles de *Namacalathus* indiquent qu'il croissait enraciné à un tapis microbien, souvent près de *Cloudina*.

Namapoikia, un organisme connu uniquement à partir de sites namibiens, côtoyait lui aussi *Cloudina*. Cet animal est remarquable par ➤