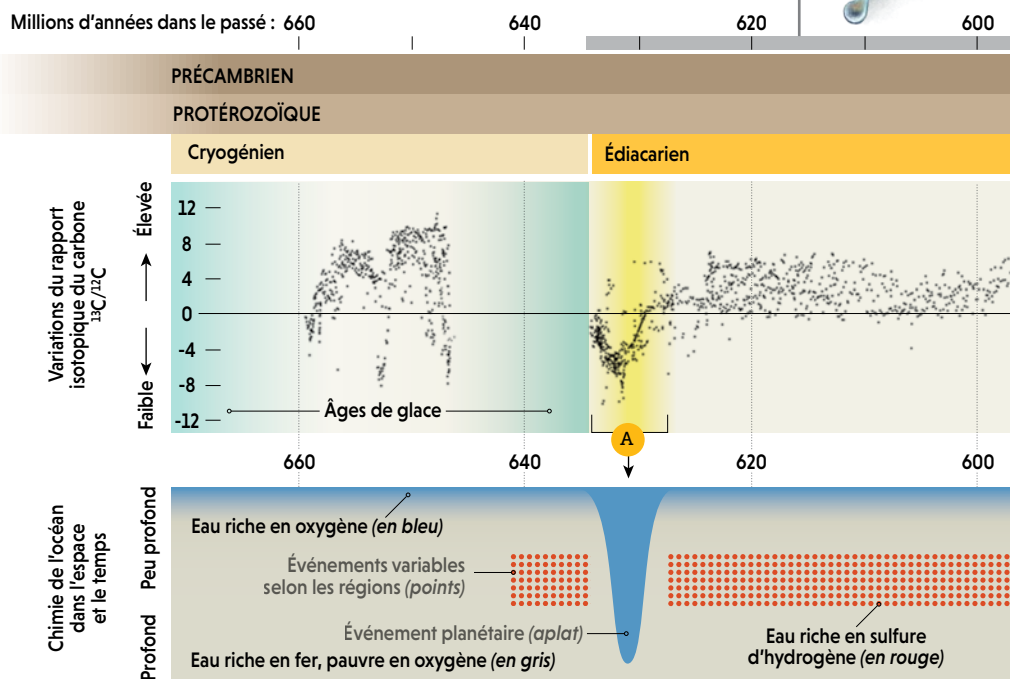
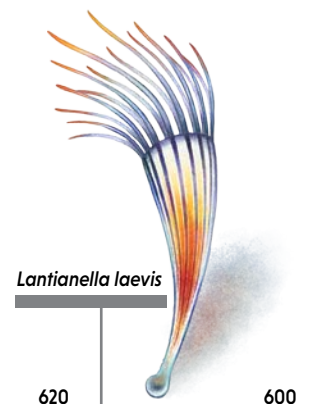


AVANT L'EXPLOSION CAMBRIENNE

PREUVES GÉOCHIMIQUES

Les animaux ont besoin d'oxygène pour survivre. La diversification survenue au cours de l'Édiacarien a eu lieu alors que la concentration en oxygène dans les océans de la planète fluctuait beaucoup. L'étude des isotopes du carbone dans les roches de l'Édiacarien montre que le cycle de cet élément était instable et fluctuait beaucoup. Des analyses des diverses formes du fer présentes dans ces roches révèlent quant à elles que l'oxygène dissous dans les océans 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 actifs. Les chercheurs pensent désormais que les mers se sont oxygénées via non pas une augmentation lente et progressive, mais plutôt une série d'événements (A, B, C et D) qui semblent coïncider avec les variations des isotopes du carbone. Cette tendance s'est poursuivie durant l'Édiacarien et probablement bien au-delà.

De nombreuses innovations clés de l'évolution animale, que l'on pensait remonter au Cambrien, ont en réalité trouvé leur origine bien plus tôt, au cours de l'Édiacarien. Par exemple, les premiers animaux à squelette sont apparus à cette époque. Au fil de l'évolution, leur capacité à produire du tissu minéralisé est probablement devenue un moyen de protection contre les prédateurs. L'analyse des registres fossiles et géochimiques d'il y a entre 670 millions et 480 millions d'années livre des indices sur les facteurs environnementaux qui ont modelé cette ancienne activité évolutive.



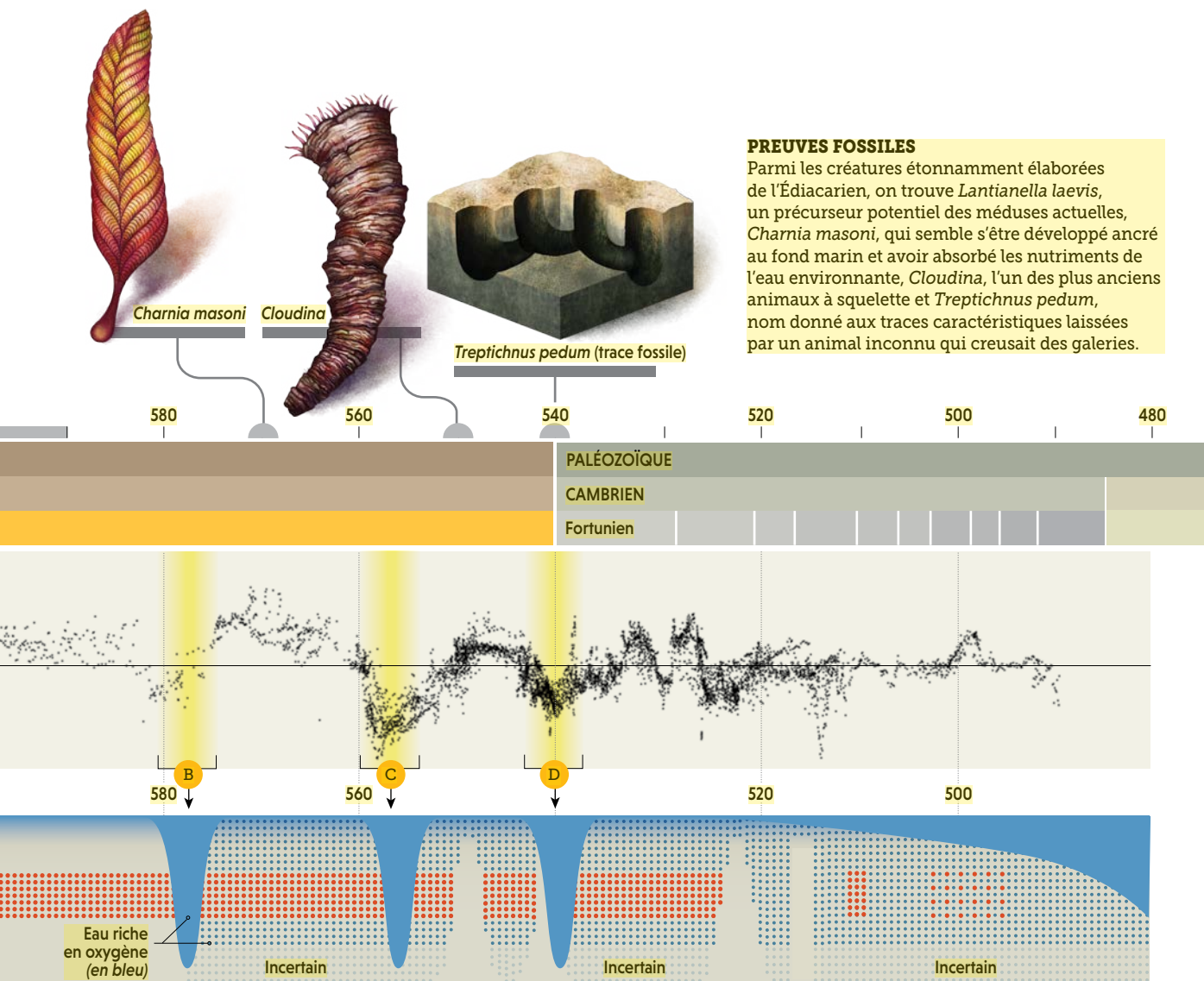
> sa grande taille – jusqu'à un mètre de diamètre – et son squelette robuste. D'après sa forme, nous pensons que *Namapoikia* était une éponge et arborait ainsi un squelette interne et non externe, comme c'était probablement le cas de *Cloudina* et *Namacalathus*. Curieusement, *Namapoikia* se développait dans les recoins cachés des récifs, s'incrétant dans les parois verticales des fissures et des crevasses ouvertes. Dans les récifs actuels, les communautés d'animaux et de plantes vivant à la surface de ces édifices diffèrent de celles qui occupent les grottes, les crevasses et le dessous des falaises. Nos découvertes de fossiles édiacariens indiquent que cette distinction est aussi ancienne que les récifs d'origine animale eux-mêmes.

Ces observations sont importantes, car la construction de récifs représente une innovation écologique essentielle. En se développant à proximité, voire en se soudant ensemble, les individus deviennent mécaniquement plus forts, s'élèvent au-dessus du fond marin à l'écart des

concurrents, augmentent l'efficacité de leur prise de nourriture et acquièrent une protection contre les prédateurs. Ainsi, comme l'apparition des tout premiers squelettes dans les registres fossiles de l'Édiacarien, celle de récifs pourrait indiquer que des pressions écologiques complexes grandissantes étaient déjà à l'œuvre. L'explosion cambrienne, ainsi qu'une course aux armements entre proies et prédateurs, avait donc peut-être déjà commencé.

LE RÔLE CLÉ DE L'OXYGÈNE

Au milieu des années 2010, il est devenu clair que le Cambrien ne se démarquait pas aussi clairement de l'Édiacarien que les experts l'avaient longtemps envisagé. Non seulement des chercheurs avaient commencé à accumuler des preuves indiquant que les squelettes et les récifs étaient apparus plus tôt qu'on ne le pensait, mais nous avons aussi développé des modèles d'écosystèmes montrant que les communautés animales de l'Édiacarien partageaient de nombreux



traits écologiques avec celles du Cambrien. La mèche qui avait allumé l'explosion cambrienne se révélait bien plus longue qu'on ne le pensait.

Puis, il y a quelques années, certaines découvertes clés en Sibérie et en Chine ont brouillé encore davantage les frontières entre les mondes édiacarien et cambrien. En 2016, Ben Yang, de l'Académie chinoise de sciences géologiques, à Beijing, et des collègues chinois et allemands ont montré que *Cloudina* avait perduré durant le Cambrien. Mon groupe, quant à lui, avec des collègues de Russie et de Chine, a découvert en 2017, dans des roches édiacariennes, des fossiles que l'on pensait propres au Cambrien. Pour nous, ces découvertes signifiaient une chose: pour résoudre le mystère de l'explosion cambrienne, nous devions comprendre les dynamiques du monde édiacarien qui avaient donné naissance à ces animaux.

Le rôle potentiel des variations de l'oxygène disponible dans ces dynamiques, en particulier, intéressait les chercheurs. En effet, les animaux

ont besoin d'oxygène. Aussi, une question centrale, ces dernières années, a consisté à déterminer si, à un moment de la période couvrant l'Édiacarien et le Cambrien, la concentration en oxygène dans les océans a augmenté au-delà d'un certain seuil critique qui aurait permis aux animaux d'y prospérer. La question est plus compliquée qu'elle n'en a l'air, car les animaux n'ont pas tous les mêmes besoins en oxygène. Les organismes simples et immobiles, comme les éponges, sont susceptibles d'avoir besoin de moins d'oxygène que les animaux mobiles, et ils en ont certainement moins besoin que les prédateurs actifs et qui nagent vite. Nous avons gardé cela à l'esprit au cours de nos recherches.

Par chance, nombre de nouvelles méthodes géochimiques pour estimer la quantité d'oxygène dans ces mers anciennes se sont développées ces dernières années. Une technique particulièrement efficace, la spéciation du fer, exploite les caractéristiques des diverses formes du fer, qui se comportent différemment