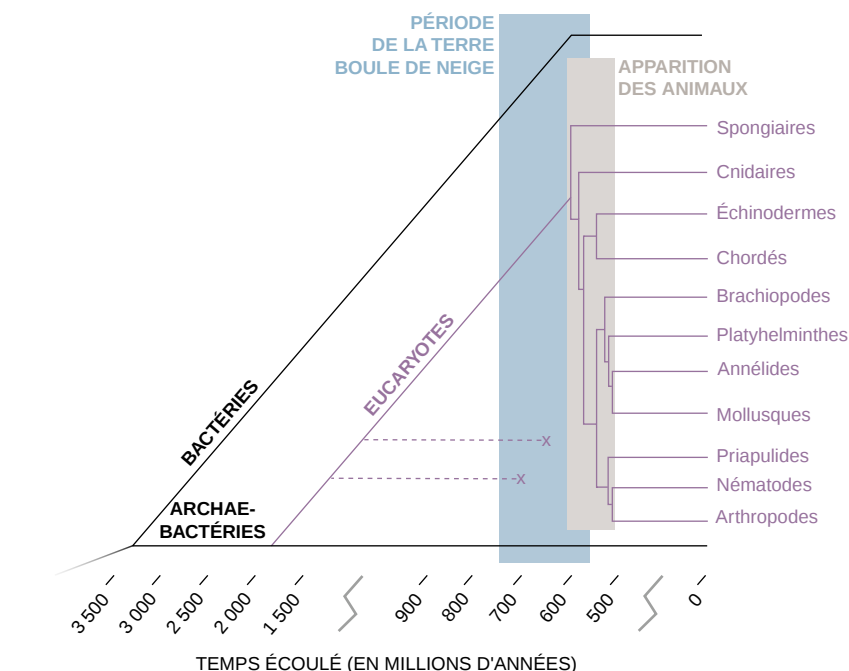


apparus simultanément, sont isolés l'un de l'autre suffisamment longtemps dans des conditions différentes, il est vraisemblable, selon l'ampleur des mutations génétiques, qu'une nouvelle espèce apparaîtra. Après chaque glaciation, les populations auraient subi des pressions de sélection nouvelles changeant rapidement, et très différentes des conditions qui avaient précédé la glaciation ; de telles conditions auraient favorisé l'émergence de nouvelles formes de vie.

Rudwick n'a peut-être pas assez insisté sur le fait que l'amélioration du climat, après les glaciations du Néoprotérozoïque, aurait favorisé l'évolution des premiers animaux. Les événements climatiques extrêmes ont peut-être favorisé l'apparition de la vie pluricellulaire.

Ainsi nous pensons que les dépôts glaciaires et les roches carbonatées du Néoprotérozoïque indiquent que deux événements climatiques extraordinaires ont eu lieu : la glaciation de la Terre, suivie d'un effet de serre, moins prolongé, mais tout aussi délétère. Plusieurs questions restent ouvertes : quelle fut l'origine de ces calamités et pourquoi la planète a-t-elle été épargnée depuis ? Durant le Néoprotérozoïque, le rayonnement solaire était moins intense d'environ six pour cent : les risques de glaciation étaient supérieurs. À mesure qu'il vieillit, le Soleil se réchauffe lentement, ce qui expliquerait pourquoi, depuis, aucune glaciation globale ne se soit produite sur la Terre. Toutefois, divers indices géologiques indiquent qu'aucune glaciation de cette ampleur n'a eu lieu durant le milliard d'années qui a précédé le Néoprotérozoïque, lorsque le Soleil était encore moins chaud.

La position particulière des continents près de l'équateur aux temps néoprotérozoïques serait peut-être une explication plus convaincante. Lorsque les continents sont proches des pôles, comme aujourd'hui, les concentrations atmosphériques en dioxyde de carbone sont suffisamment élevées pour que la planète reste chaude. Lorsque les températures globales s'abaissent assez pour que les glaciers recouvrent les continents des latitudes élevées, tels l'Antarctique et le Groenland, les couches de glace empêchent l'érosion chimique des roches sous-jacentes. Le processus d'absorption du carbone étant entravé, le dioxyde de carbone



4. TOUS LES ANIMAUX descendent des premiers eucaryotes, des cellules qui ont un noyau délimité par une membrane, apparus il y a environ deux milliards d'années. Lorsque la Terre a gelé, plus d'un milliard d'années après l'apparition de la vie, les eucaryotes avaient peu évolué : ils n'en étaient qu'au stade de protozoaires unicellulaires et d'algues filamenteuses. Toutefois, malgré les conditions climatiques extrêmes, qui ont peut-être « élagué » l'arbre des eucaryotes (lignes en pointillés), les 11 grandes familles d'animaux qui peuplent la Terre sont apparues en très peu de temps, après la fonte des neiges à la surface de la Terre. L'isolement génétique prolongé et la pression de sélection qui avait eu lieu sur la Terre gelée seraient à l'origine de cette explosion de nouvelles formes de vie.

atmosphérique reste concentré et les glaces cessent de gagner du terrain. Au contraire, quand tous les continents se rassemblent dans les zones tropicales, la glace ne s'y accumule pas, même si la Terre se refroidit et se rapproche du seuil critique au-dessous duquel la glaciation s'emballe. Le dioxyde de carbone, « interrupteur de sécurité », devient inefficace, car une quantité excessive de carbone est enfouie dans les sédiments.

Nous ne saurons peut-être jamais ce qui a réellement déclenché une telle glaciation de la Terre, car nos théories sur les changements climatiques sont trop rudimentaires. Pendant le dernier million d'années, la Terre a connu la période la plus froide depuis l'apparition des animaux, mais, même lors de l'avancée la plus notable des glaciers, il y a 20 000 ans, le seuil critique qu'il aurait fallu atteindre pour que la Terre gèle était encore loin. Durant les prochaines centaines d'années, nous serons certainement plus préoccupés des conséquences de l'activité humaine sur le climat – puisque la Terre se réchauffe en raison du dioxyde de carbone émis par l'homme dans l'atmosphère – que de grandes glaciations.

Malgré cet effet de serre, la Terre pourrait-elle un jour être à nouveau gelée ? Nous sommes à quelque 80 000 ans de la prochaine ère glaciaire, ce qui nous laissera peut-être le temps de trouver la réponse. Il est difficile de prévoir quelle sera l'évolution du climat de la Terre au cours des prochains millions d'années. Si la tendance des millions d'années passées se poursuit et si l'« interrupteur de sécurité » s'enraye, une nouvelle catastrophe glaciaire globale, qui orienterait la vie dans une nouvelle direction, pourrait bien se produire.

Paul HOFFMAN, géologue, et Daniel SCHRAG, géochimiste et océanographe, travaillent à l'Université Harvard.

Origin and Early Evolution of the Metazoa, sous la direction de J.H. Lipps et P.W. Signor, Plenum Publishing, 1992.

D. ERWIN, J. VALENTINE et D. JABLONSKI, *The Origin of Animal Body Plans*, in *American Scientist*, vol. 85, n° 2, pp. 126-137, mars-avril 1997.

P.F. HOFFMAN, A.J. KAUFMAN, G.P. HALVERSON et D.P. SCHRAG, *A Neoproterozoic Snowball Earth*, in *Science*, vol. 281, pp. 1342-1346, 28 août 1998.

Les défis de l'hépatite C

ADRIAN DI BISCEGLIE • BRUCE BACON

En France, un pour cent de la population est infecté par le virus de l'hépatite C, et 50 pour cent des porteurs du virus l'ignorent encore.

À la fin des années 1980, seuls les médecins connaissaient l'hépatite C, une infection virale à progression lente qui, sans traitement, provoque en 20 ans une dégénérescence du foie ou un cancer du foie. Aujourd'hui, cette maladie pose un problème mondial de santé publique. En France, environ un pour cent de la population, soit 600 000 personnes, est infecté par le virus de l'hépatite C, qui est la principale cause des transplantations hépatiques. Environ 3 000 personnes meurent chaque année de complications liées à cette infection. En 1994, un tiers seulement des personnes infectées avaient connaissance de leur état ; aujourd'hui la moitié des malades se savent infectés, et, grâce au Plan national de lutte contre l'hépatite C, le ministère de la Santé espère qu'en 2002 au moins 75 pour cent des porteurs du virus, informés, prendront les dispositions nécessaires pour éviter de contaminer leurs proches.

La jaunisse a longtemps été le seul signe à partir duquel on diagnostiquait les hépatites, c'est-à-dire les inflammations du foie dues à un virus ou à des substances tel l'alcool : le blanc des yeux et la peau se colorent en jaune lorsque le foie n'excrète plus un pigment nommé bilirubine, qui s'accumule alors dans l'organisme. Néanmoins, le diagnostic des hépatites s'est progressivement perfectionné, et les médecins en distinguent aujourd'hui plusieurs formes.

Dans les années 1930 et 1940, des biologistes, qui étudiaient l'hépatite virale dans des établissements où la jaunisse est courante, telles les prisons et les maisons de santé, identifient deux formes qui se distinguent, notamment par le

mode de transmission. L'une, nommée hépatite infectieuse ou hépatite A, se transmet par contact avec les matières fécales d'individus infectés ; l'autre, l'hépatite du sang ou hépatite B, ne se propage que par voie sanguine.

Puis, dans les années 1950, une étape importante est franchie lorsque des immunologistes mettent au point des tests qui mesurent la concentration en enzymes (les alanines aminotransférases et les aspartates aminotransférases, qui participent au métabolisme des acides aminés) libérées dans le sang par les cellules du foie détruites. Des concentrations élevées en ces deux enzymes deviennent des signes d'atteinte hépatique plus fiables qu'une jaunisse. Toutefois, outre l'hépatite, certaines maladies héréditaires rares sont à l'origine de concentrations élevées en enzymes hépatiques.

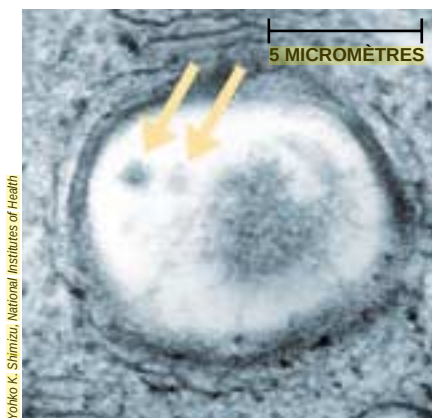
Puis, au milieu des années 1960, à l'Institut américain de la santé, Baruch Blumberg identifie le virus de l'hépa-

tite B dans le sang de malades. Dix ans plus tard, son collègue Stephen Feinstone identifie un autre virus dans les selles de patients atteints d'hépatite A. Après ces deux découvertes, de nombreux biologistes cherchent des tests fiables de dépistage de ces deux virus.

Dans les années 1960, 30 pour cent de ceux qui ont reçu une transfusion sanguine ont, quelques semaines plus tard, des concentrations élevées en alanine aminotransférase et en aspartate aminotransférase, ou une jaunisse. Dans les années 1970, des tests plus fiables de l'hépatite A et de l'hépatite B sont mis au point, mais les médecins constatent qu'une proportion notable des hépatites post-transfusionnelles ne sont causées par aucun de ces deux virus : cette nouvelle maladie est alors nommée «hépatite ni A ni B».

Enfin, en 1985, Michael Houghton et ses collègues des Laboratoires Chiron identifient le virus de l'hépatite C à partir d'échantillons de sérum de chimpanzés infectés. Les trois virus sont responsables de la majorité des cas d'hépatites virales (quelques-uns sont dus à d'autres virus plus rares). Pourquoi la découverte de l'hépatite C a-t-elle tant tardée ?

Le virus de l'hépatite C se multiplie difficilement dans des cultures de cellules, et seuls l'homme, le chimpanzé et le tamarin (un petit singe d'Amérique du Sud) sont susceptibles d'être infectés. Le coût très élevé de ces deux espèces limite le nombre d'animaux utilisés. Ces obstacles, qui ralentissent l'étude du virus, ont été contournés : le virus de l'hépatite C a été le premier virus découvert par la technique du clonage d'acide nucléique, que nous allons examiner.



1. LE VIRUS DE L'HÉPATITE C est ici contenu dans des vésicules cellulaires (indiquées par les flèches) observées au microscope électronique.