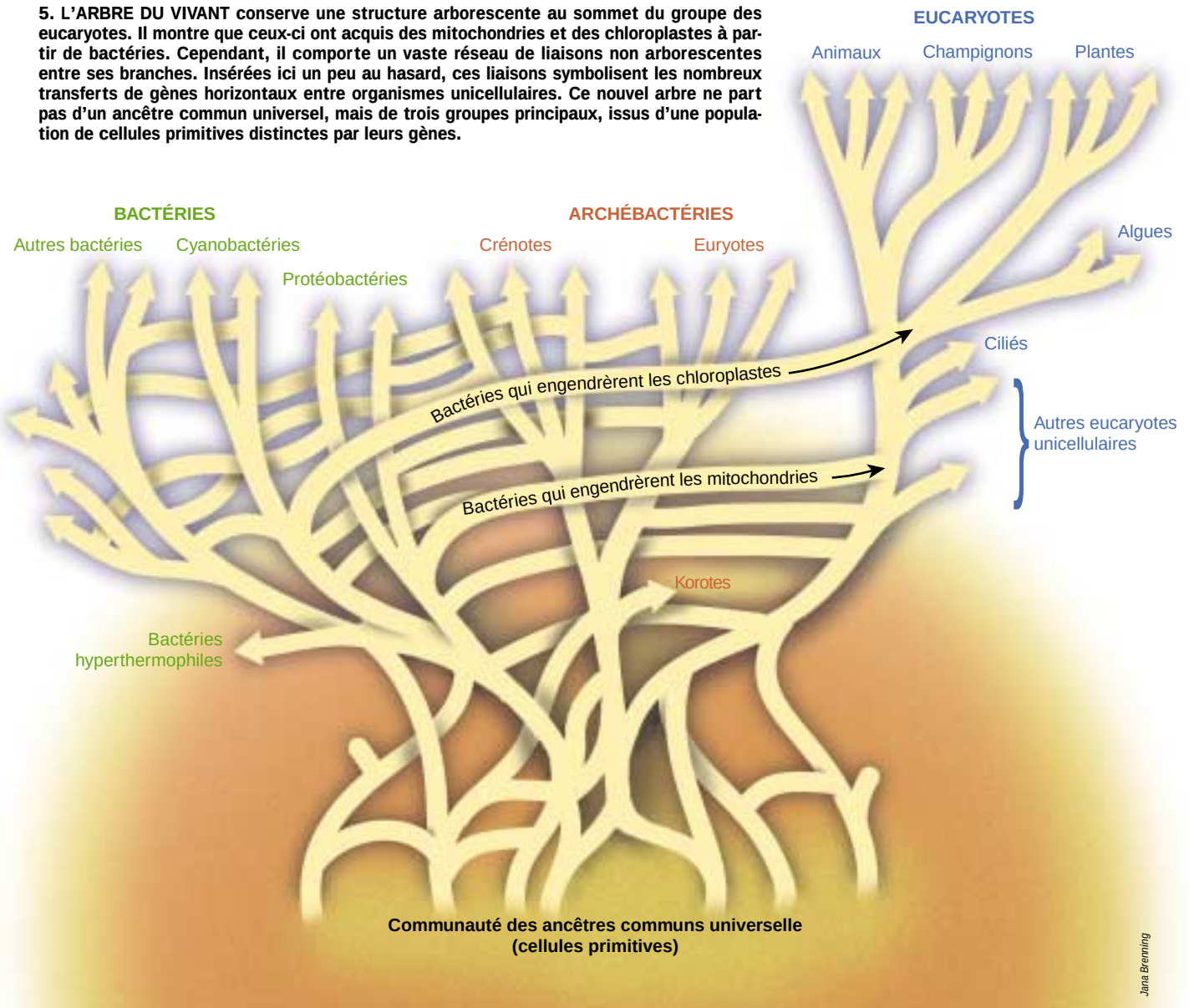


5. L'ARBRE DU VIVANT conserve une structure arborescente au sommet du groupe des eucaryotes. Il montre que ceux-ci ont acquis des mitochondries et des chloroplastes à partir de bactéries. Cependant, il comporte un vaste réseau de liaisons non arborescentes entre ses branches. Insérées ici un peu au hasard, ces liaisons symbolisent les nombreux transferts de gènes horizontaux entre organismes unicellulaires. Ce nouvel arbre ne part pas d'un ancêtre commun universel, mais de trois groupes principaux, issus d'une population de cellules primitives distinctes par leurs gènes.



gènes ancestraux, à la racine de chaque arbre, figureraient tous dans le génome de l'ancêtre commun universel. Cependant, de nombreux transferts se sont produits : les arbres des familles de gènes diffèrent, même si certains ont une topologie en partie analogue. L'ancêtre commun universel est un mythe.

Selon C. Woese, «l'ancêtre commun universel n'était pas un organisme particulier qui aurait engendré une lignée unique. C'était plutôt un conglomerat de cellules primitives qui ont évolué ensemble jusqu'à l'apparition de plusieurs lignées distinctes et ont finalement engendré trois groupes primitifs (les bactéries, les archéobactéries et les eucaryotes)». Autrement dit, les cellules primitives avaient peu de gènes, et elles étaient très différentes les unes des autres. En échangeant leurs gènes, ces

cellules primitives se sont communiqué leurs facultés. Finalement, cet éventail de cellules éclectiques et variables a fusionné en trois groupes fondamentaux qui restent reconnaissables, car la plupart (mais pas l'ensemble) des transferts de gènes de l'époque se perpétuent dans chaque groupe.

Cette idée décourage certains microbiologistes, car elle ébranle l'arbre du

vivant. Toutefois, la biologie a évolué conformément aux canons de la science. Le séquençage des gènes et leur analyse, par des méthodes de phylogénie moléculaire, ont montré que l'hypothèse attrayante de l'arbre universel unique était trop schématique. Son abandon laisse le champ libre à de nouvelles hypothèses, dont nous ignorons encore les tenants et les aboutissants.

Ford DOOLITTLE est professeur de biochimie et de biologie moléculaire à l'Université Dalhousie (Halifax, Canada).

Carl WOESE, *The Universal Ancestor*, in *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 95, n° 12, pp. 6854-6859, 9 juin 1998.

W. Ford DOOLITTLE, *You Are What You Eat : A Gene Transfer Ratchet Could Account for Bacterial Genes in Eukaryotic Nuclear Genomes*, in *Trends in Genetics*, vol. 14, n° 8, pp. 307-311, août 1998.

W. Ford DOOLITTLE, *Phylogenetic Classification and the Universal Tree*, in *Science*, vol. 284, pp. 2124-2128, 25 juin 1999.

Quand l'eau refuse de geler

JOHN WETTLAUFER • GREG DASH

Une mince couche d'eau subsiste à la surface de la glace, même aux températures bien inférieures à 0 °C. Cette couche permet de faire du patin à glace et favorise l'électrification des nuages d'orage.

Quand l'hiver s'annonce, on isole les conduites d'eau les plus exposées afin d'empêcher l'eau de geler à l'intérieur des canalisations : la glace étant moins dense que l'eau, elle ferait éclater les tuyaux.

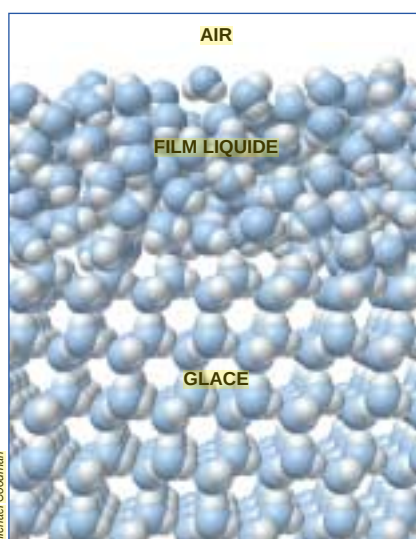
La solidification de l'eau et la fonte de la glace sont les exemples les plus communs, et parmi les plus spectaculaires, de changements de phase. Certains aspects de ces transformations restaient mystérieux. Ces 15 dernières années, les physico-chimistes ont découvert que les analyses avaient négligé la présence d'une couche d'eau dont l'épaisseur ne dépasse pas quelques diamètres moléculaires, à la surface de la glace. Cette pellicule correspond à un état naturel de la glace solide ; formée par «fusion de surface», elle possède certaines des caractéristiques structurales du solide situé sous elle, mais elle a la mobilité d'un fluide. Malgré sa minceur, cette pellicule intervient de façon très importante dans les phénomènes de fusion et de prise en glace. Servant à la fois de voie d'écoulement de l'eau et de porteur de charge électrique, elle est capable de soulever des pierres et de faire claquer des éclairs dans le ciel.

Boules de neige et patins à glace

Généralement les solides fondent de l'extérieur vers l'intérieur : un morceau de beurre posé sur un fourneau ou un morceau de soudure sur un fer à souder se liquéfie d'abord en surface, parce que l'extérieur est chauffé par l'environnement ; puis cette couche

externe fondue chauffe une couche plus à l'intérieur, et ainsi de suite. La fusion de surface est un effet plus subtil : une couche de liquide se forme à la surface des solides même quand leur température est inférieure de plusieurs dizaines de degrés à leur température de fusion.

Pour comprendre le mécanisme de la fusion de surface, imaginons que nous soyons dans un cristal de glace, où le réseau rigide résulte de la répétition d'un motif fixe (une «maille») composé de quelques molécules d'eau. En nous déplaçant du centre vers la surface, nous rencontrons périodiquement des molécules d'eau,



DES FILMS D'EAU LIQUIDE présents à la surface de la glace permettent de patiner, même à des températures inférieures à 0 °C. Ces films lubrifiants se forment parce que les molécules d'eau de la surface sont moins tenues que les molécules de la masse.



toutes bien arrimées à leurs quatre voisines les plus proches. En revanche, quand nous arrivons près de la surface du cristal, le réseau se déforme, car les molécules externes sont en contact direct avec l'environnement non structuré que constitue l'air ambiant ; ces molécules de surface sont tenues par moins de liaisons chimiques, de sorte que leurs vibrations ont raison de leur ordonnancement. À une température suffisamment élevée (mais inférieure à la température de fusion normale), les molécules forment une couche comparable à du liquide (*voir le schéma de la page ci-contre*).

L'idée de l'existence d'un film liquide à la surface de la glace n'est

pas nouvelle, mais l'origine de cette couche était mal interprétée. Tous ceux qui ont déjà pris part à une bataille de boules de neige savent que, pour fabriquer un projectile efficace, on doit utiliser de la neige mouillée ; la neige sèche ne « colle » pas. C'est également vrai pour les « boules de sable » que l'on fait au bord de la mer. Dans les années 1630, René Descartes analysa ainsi la « tenue » de la glace. Puis, 200 ans plus tard, le même sujet captiva le physico-chimiste anglais Michael Faraday. Après 20 années d'analyse de la glace et de la neige, Faraday écrivit : « Quand on presse une poignée de neige mouillée, elle gèle et forme un bloc (contenant de l'eau) qui ne se disso-

cie pas comme le ferait une boule de sable ou d'un autre matériau. » Le journal de Faraday conserve les traces des premières études de ce que l'on nomme aujourd'hui la fusion de surface. Faraday avait conclu qu'une mince couche d'eau enveloppant les flocons de neige les collait en gelant ; cette couche lui semblait être une caractéristique naturelle de la glace à une température peu inférieure à sa température de fusion.

Faraday et son ami John Tyndall réalisèrent indépendamment des expériences qui leur montraient l'existence d'un film liquide à la surface de la glace à l'équilibre thermique, mais certains de leurs puissants contemporains étaient sceptiques. En 1849,



Richard Hamilton Smith, Corbis