

Le plus vieux mammifère?

Un crâne fossile reculerait de 45 millions d'années la séparation des reptiles et des mammifères.

Les mammifères sont par définition des animaux vertébrés à sang chaud dont la femelle allaite les petits : par exemple, l'ornithorynque, le kangourou et l'être humain représentent chacun une des trois sous-classes des mammifères, respectivement, les monotrèmes, les marsupiaux et les placentaires, classés du plus primitif au plus évolué. Dans l'arbre phylogénétique, ils sont les descendants des reptiles mammaliens qui ont peu à peu acquis les caractères des mammifères. Les paléontologues pensaient que la naissance des mammifères datait de la fin du Jurassique, il y a 150 millions d'années. Toutefois, Zhe-Xi Luo et ses collègues du Musée d'histoire naturelle de Pittsburgh ont étudié le crâne du fossile, *Hadroconium wui*, dont les caractéristiques anatomiques repoussent cette

date de 45 millions d'années, au début du Jurassique.

Les restes de *Hadroconium wui* ont été découverts dans la région du Yunnan, en Chine, en 1985. Contemporain des dinosaures, il ressemblait, de son vivant, à une très petite souris qui pesait deux grammes ; son crâne mesurait 12 millimètres de longueur. Plusieurs caractères, qui montrent en premier lieu qu'il s'agissait d'un adulte, placent cet animal plus près des mammifères actuels que de certains de ses contemporains, tel *Sinoconodon*, plus proches, eux, des reptiles mammaliens. D'abord, la mâchoire montre un espace entre les canines et les premières prémolaires que n'ont pas ses plus proches parents non mammaliens, tels *Morganucodon* ou *Haldanodon*. Par ailleurs, l'usure des molaires atteste que l'animal a eu deux séries de dents successives : des dents de lait et des dents définitives.

Plus remarquable encore est la mâchoire et son articulation à l'os temporal du crâne. La mandibule des reptiles est composée de plusieurs os, un principal et deux petits de chaque côté qui assurent la jonction avec le crâne. Or, celle de *Hadroconium wui* est d'un seul tenant, tout comme celle des mammifères actuels : les petits os ont migré au cours de l'évolution et se sont miniaturisés pour devenir les osselets de l'oreille moyenne qui amplifient le son perçu par le tympan.

Hadroconium wui avait donc une ouïe plus fine que ses cousins non mammaliens.

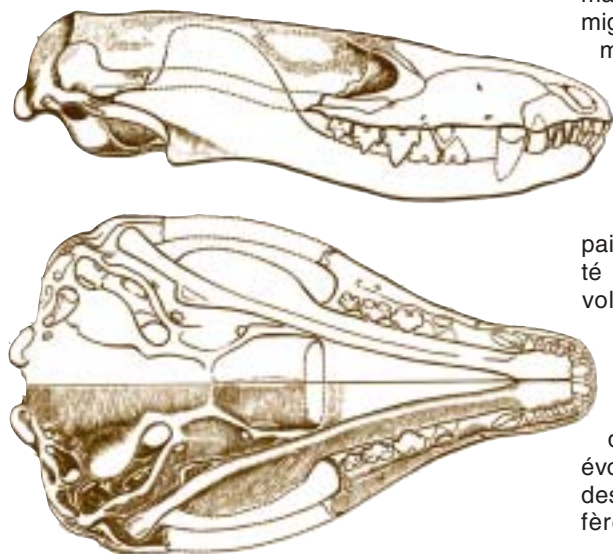
La migration de ces osselets va de pair avec un accroissement de la cavité cérébrale, et, par conséquent, du volume du cerveau relativement important chez *Hadroconium wui*.

Cette caractéristique lui a valu son nom : *Hadroconium*, qui signifie «tête pleine», *wui* étant le nom du découvreur du fossile. Cette coévolution, clef de voûte du passage des reptiles mammaliens aux mammifères, s'explique par un décalage

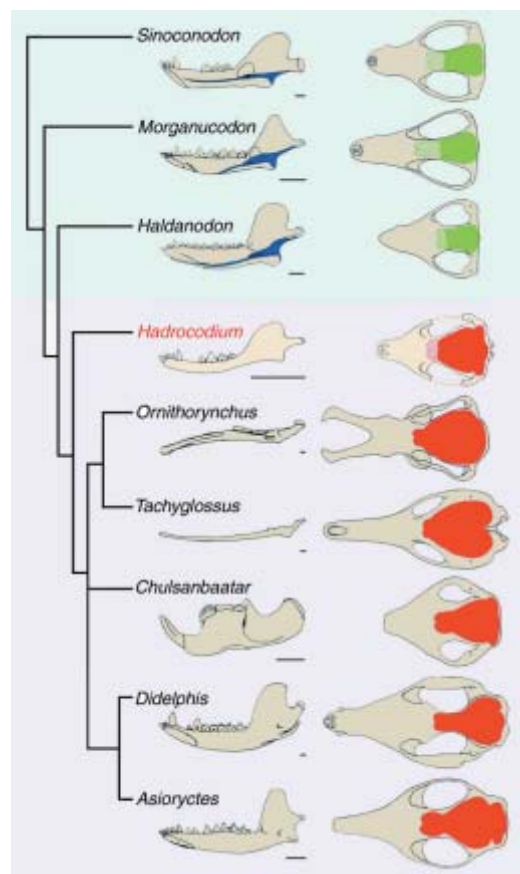


dans le développement des osselets et du cerveau. Au cours de l'évolution, la croissance du cerveau aurait stoppé celle des osselets, et les aurait repoussés vers l'oreille.

Enfin, grâce à 90 caractères crâniens ou dentaires, les paléontologues ont construit l'arbre phylogénétique d'*Hadroconium wui* : il est bien l'animal le plus proche des mammifères actuels. Cependant, une question demeure. Identifiera-t-on un jour un ancêtre direct ou un cousin éloigné de cette lignée? Ou bien cette lignée s'est-elle éteinte?



Le crâne de *Hadrocodium wui* (ci-dessus), daté de 195 millions d'années, mesurait 12 millimètres de longueur. Ses caractéristiques anatomiques, telles que l'articulation de la mâchoire ou le volume de la cavité cérébrale, font de cet animal un très proche parent des mammifères actuels. L'arbre phylogénétique (à droite, chaque trait, sous les mâchoires, représente trois millimètres) confirme cette hypothèse : en bleu, on distingue le cartilage typique des non mammaliens ; en vert, la petite cavité cérébrale ; en rouge, la grosse cavité cérébrale des mammifères (la zone mauve est celle des mammifères).



Quand les moutons réfléchissent

Sur l'océan, les «moutons» augmentent la réflexion des rayons du Soleil et, ainsi, limitent le réchauffement.

Aucun modèle climatique ne tient compte explicitement des moutons sur la mer. Peut-être à tort, viennent de montrer Pierre-Yves Deschamps du Laboratoire d'optique atmosphérique de Lille et ses collègues de l'Université de Californie à San Diego. Les moutons apparaissent sur la crête des vagues, quand le vent se lève. Ils influeraient sur le bilan radiatif global de la planète. Cette contribution est faible et négligeable par rapport à celle du dioxyde de carbone, mais pas par rapport à celles de certains gaz à effets de serre.

La planète absorbe une partie du rayonnement solaire et en réfléchit une autre. Les océans, qui couvrent 65 pour cent de la planète, absorbent une grande part du rayonnement. La proportion absorbée varie en fonction de nombreux paramètres, tels l'angle du Soleil par rapport à la surface, l'état plus ou moins agité de la mer, et même la concentration en phytoplancton qui rend l'eau plus opaque et augmente l'absorption. On considère qu'une mer d'huile réfléchit environ cinq pour cent du rayonnement reçu. En revanche, les moutons, composés d'écume blanche soulevée par le

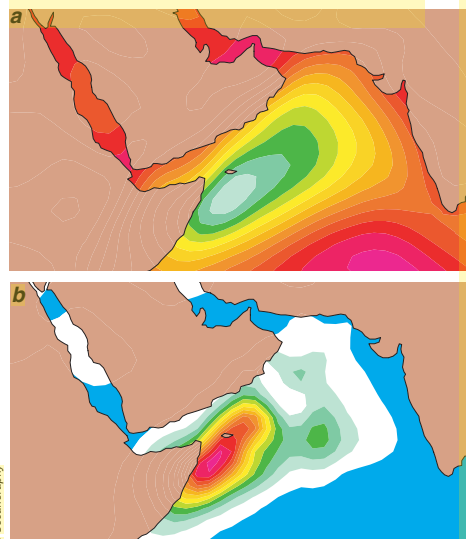
vent à la surface, ont une réflexion très élevée : 55 pour cent en moyenne

Ainsi, l'albédo – la proportion du rayonnement solaire réfléchi – des océans dépend de la quantité de moutons. Quand la vitesse du vent passe de six mètres par seconde à 14 mètres par seconde, la réflexion locale sur la mer serait multipliée par deux, d'après une étude menée par Howard Gordon, de l'Université de Miami. La couverture de la mer par les moutons dépend de la force du vent, mais aussi de la température de l'eau, de la stabilité thermique de l'atmosphère, et même de la différence de température entre l'eau et l'air. On estime à 1,5 pour cent la surface de la mer couverte de moutons quand le vent souffle à 10 mètres par seconde. Cette proportion dépasse rarement quelques pour cent.

À partir de ces estimations, P.Y. Deschamps et ses collègues ont calculé que les moutons réfléchissent en moyenne 0,03 watt par mètre carré (soit environ un pour 10 000 du bilan radiatif de la planète) et jusqu'à 0,7 watt par mètre carré dans certaines régions de l'océan Indien, où le ciel est souvent dégagé et le vent fort. En effet, dès que des nuages couvrent la mer, l'influence des moutons s'estompe. L'impact des moutons est donc faible, mais non négligeable, comparé à celui de certains gaz à effets de serre ou des aérosols rejetés dans l'atmosphère. Il serait équivalent à 20 pour cent de l'effet des oxydes azotés, et aux environs de 40 pour cent de celui des composés contenant du carbone et un halogène (le chlore, par exemple). Contrairement aux gaz à effets de serre

qui se répandent dans l'atmosphère entière, les moutons exercent une influence localisée, négligeable dans les régions nuageuses. En revanche, elle devrait être prise en compte dans les régions soumises à des vents forts et dont le ciel est souvent dégagé, la côte marseillaise, par exemple.

Comment se traduit la modification du bilan radiatif due aux moutons? D'après les simulations du climat futur, les transports atmosphériques de l'équateur vers les pôles augmentent, c'est-à-dire le vent, et donc la couverture de la mer par les moutons. À son tour, la réflexion de surface varie, et ainsi de suite. Il paraît donc utile d'incorporer cet effet dans les modèles de climat afin de tenir compte de leur action (et rétroaction). La plupart des mécanismes qui commandent les phénomènes climatiques sont imbriqués de façon complexe. Les moutons ajoutent une boucle de rétroaction supplémentaire.



Modélisation de la vitesse moyenne du vent (a), et de l'influence des moutons sur le bilan radiatif (b), en juillet, dans le Nord de l'océan Indien : dans la région où les vents sont les plus forts (a, en vert clair) et, par conséquent, où les moutons sont les plus nombreux, la proportion de rayonnement solaire réémis est la plus importante (b, en rouge).

R. Fraulin, Scripps Institution of Oceanography

BRÈVES

Gaz carbonique préhistorique

L'analyse des bulles d'air contenues dans les glaces polaires montre que la concentration en dioxyde de carbone de l'atmosphère et la température moyenne évoluent de façon parallèle depuis 450 000 ans. Était-ce déjà vrai auparavant? Pour le savoir, Gregory Retallack, de l'Université d'Oregon, a estimé la concentration en dioxyde de carbone de l'atmosphère en comptabilisant, sur des feuilles d'arbres fossiles, le nombre de leurs stomates, des organes capturant ce gaz pour le transformer par photosynthèse. Or, le nombre de stomates d'une plante évolue avec cette concentration. Comme on trouve des plantes apparentées au genre *Ginkgo* dans toutes les strates fossilifères, G. Retallack a obtenu l'allure de l'évolution du dioxyde de carbone atmosphérique depuis 300 millions d'années : cette évolution est bien parallèle à celle de la température moyenne sur Terre.

Recherches à la bougie

La plupart des foyers californiens subissent régulièrement des coupures d'électricité durant quelques heures : l'alimentation du réseau est insuffisante. Avec l'arrivée de l'été et l'usage de l'air conditionné, la situation devrait empirer. Les autorités californiennes ont averti les usagers qu'elles retireraient aux laboratoires de recherche le privilège qui leur permettait, jusqu'ici, d'échapper aux coupures. C'est la panique au grand accélérateur linéaire de Stanford (SLAC) dont les expériences risqueraient d'être perturbées par des coupures imprévues. Le laboratoire de recherche Lawrence Livermore sur les armes atomiques reste, lui, exempté, confirmant une incompatibilité bien connue entre le nucléaire et la bougie.

Dinorobot

Il est capable de se lever, de se maintenir sur ses deux pattes et d'avancer! Il ne court pas encore, mais marche déjà tout seul. Le premier robot dinosaure autonome a été mis au point par les roboticiens de l'Institut de technologie du Massachusetts. Il est inspiré du *Troodon*, un dinosaure qui vivait au Crétacé supérieur (~75 millions d'années). Des capteurs mesurent en continu la distance qu'il parcourt et contrôlent les moteurs, qui commandent les 16 degrés de liberté du robot. Dommage : s'il tombe, il n'est pas capable de se relever.



Vieux crocs

Un crocodile de l'Éocène, ayant vécu il y a quelque 45 millions d'années, vient d'être découvert dans un ancien cratère volcanique du massif de l'Eifel, en Allemagne. D'une longueur de 1,4 mètre, le saurien semble être mort jeune. Le crocodile a été mis au jour dans un ancien cratère volcanique, où plus de 30 000 autres animaux, dans un excellent état de conservation, avaient déjà été retrouvés. Souvent dotés de restes de chairs, de poils ou d'un contenu stomacal, ces fossiles comprennent notamment cinq squelettes de l'ancêtre du cheval, deux ancêtres du singe et la plus ancienne abeille à miel du monde.

Des diamants à pression ambiante

Le diamant est une forme cristalline particulière du carbone qui ne se forme habituellement qu'à des pressions de plusieurs milliers d'atmosphères et à des températures supérieures à 2 000 °C. Yuri Gogotsi, du Département des sciences de la matière, et ses collègues de l'Université de Philadelphie, ont mis en évidence la formation de microcristaux de diamant à pression ambiante et à des températures de l'ordre de 1 000 °C. Leur méthode consiste à faire passer un courant gazeux contenant du chlore, de l'hydrogène et de l'argon sur un substrat en carbure de silicium. Le chlorure de silicium étant plus stable que le chlorure de carbone, le mélange gazeux réagit sélectivement avec le silicium et laisse, après la réaction, un substrat de carbone dont certaines zones, mesurant jusqu'à 50 micromètres d'épaisseur, ont la structure du diamant. La méthode serait applicable à la fabrication de diamants industriels.

Une fleur géante

Le 7 juin dernier, l'une des plus grandes fleurs du monde s'est épanouie. Poussant dans un jardin botanique aux États-Unis, l'aracée géante, après six semaines de pousse, a atteint 2,1 mètres,



puis a ouvert sa jupe mauve. Dans la nature, la plante vit à Sumatra, en Indonésie. L'ouverture de la jupe laisse s'échapper une forte odeur nauséabonde de caramel brûlé et de poisson destinée à attirer les animaux pollinifères. Quand la plante a été pollinisée, la jupe tombe au bout de quelques jours en offrant ses fruits mûrs aux oiseaux qui les mangent et dispersent les pépins dans la nature qui serviront de graines.

L'obscurité clarté des comètes

Bien qu'il soit obscur, le fond du ciel nocturne est une source d'informations pour les astronomes qui étudient les confins du Système solaire.

En 1610, Johannes Kepler s'interroge : dans un univers infini, peuplé uniformément d'étoiles, chaque ligne de visée issue de la Terre devrait intercepter une étoile, et le ciel nocturne nous apparaître aussi brillant que le Soleil. Dès lors, pourquoi la nuit est-elle noire ? La réponse à cette question fait appel aux concepts de la cosmologie moderne. D'abord, l'Univers n'existe pas de toute éternité ; ainsi, la lumière des étoiles très lointaines n'a pas eu le temps de nous parvenir. Ensuite, l'Univers est en expansion, ce qui signifie que l'énergie lumineuse émise par les étoiles et les galaxies de l'univers observable est sans cesse diluée dans les abîmes qui les séparent.

Aujourd'hui, l'obscurité du ciel est exploitée, non par les cosmologistes, mais par les astronomes qui étudient le Système solaire. Ainsi, Scott Kenyon et Rogier Windhorst, de l'Université de Harvard, ont montré que la faible luminosité du fond du ciel nous renseigne sur la taille des petits objets qui gravitent en périphérie du Système solaire. Par là même, c'est aussi le mécanisme de formation de ces petits objets, qui constituent la ceinture de Kuiper, c'est-à-dire le réservoir de noyaux cométaires situé au-delà de l'orbite de Neptune, qui se trouve précisé.

En 1951, l'astronome Gérard Kuiper propose l'existence d'un réservoir de comètes qui gravitent dans le plan de l'écliptique (le plan moyen des orbites des planètes du Système solaire) au-delà de l'orbite de Neptune. En 1992, Jane Luu et ses collègues de l'Université de Leiden découvrent le premier de ces objets trans-neptuniens. Aujourd'hui, on en connaît plus de 1 000, répartis entre 30 et 100 unités astronomiques (une unité astronomique représente 150 millions de kilomètres environ). Leur diamètre est compris entre 100 et 2 000 kilomètres, mais il existe de très nombreux objets plus petits, dont le diamètre est de l'ordre du kilomètre, et qui ne sont pas observables de la Terre. Pouvons-nous tout de même les étudier ? Comme ces objets diffusent la lumière, ils nous ren-



voient une faible lueur qui devrait être détectable de la Terre.

En règle générale, la lumière diffusée par un nuage de poussières nous renseigne sur la taille des grains diffusants (la diffusion est d'autant plus intense que le diamètre des grains est petit). D'après la luminosité du ciel dans les domaines visible et infrarouge, S. Kenyon et R. Windhorst ont estimé la répartition de la taille des objets de la ceinture de Kuiper. Le nombre des gros objets, ceux dont le diamètre est supérieur à un kilomètre, décroît comme la puissance quatrième de leur masse. Ce résultat est en accord avec les modèles de formation des objets de la ceinture de Kuiper : ils se sont formés, comme les planètes, par agglutination des poussières contenues dans le Système solaire primitif, selon un mécanisme dit d'accrétion. Toutefois, quand on extrapole cette loi de répartition aux petits objets (jusqu'à des diamètres inférieurs à quelques millimètres), le nombre de grains est tellement gigantesque que la lumière diffusée par la ceinture de Kuiper devrait être éblouissante.

Ce n'est manifestement pas le cas, et les deux astronomes ont établi que la loi de répartition ne s'applique pas à ces petits grains : ils sont, en fait, beaucoup plus rares. Puisque les grains de poussières actuels présentent une répartition différente de celle des corps plus gros, ils ne se sont pas formés par le mécanisme d'accrétion qui donna naissance aux corps trans-neptuniens. Ils auraient été produits, plus récemment, lors des innombrables collisions entre les noyaux cométaires. Ces poussières subissent l'influence du rayonnement et du vent de particules chargées émis par le Soleil et sont balayées vers l'extérieur du Système solaire, à mesure qu'elles se forment. De l'obscurité naît parfois la connaissance.

David WILGENBUS