

PALÉONTOLOGIE

LES PREMIERS TÉTRAPODES, SORTIS D'EAUX SAUMÂTRES?

Avant leur conquête de la terre ferme, les tétrapodes s'étaient adaptés aux marais côtiers, estuaires, lagunes et autres milieux aquatiques de salinité variable.

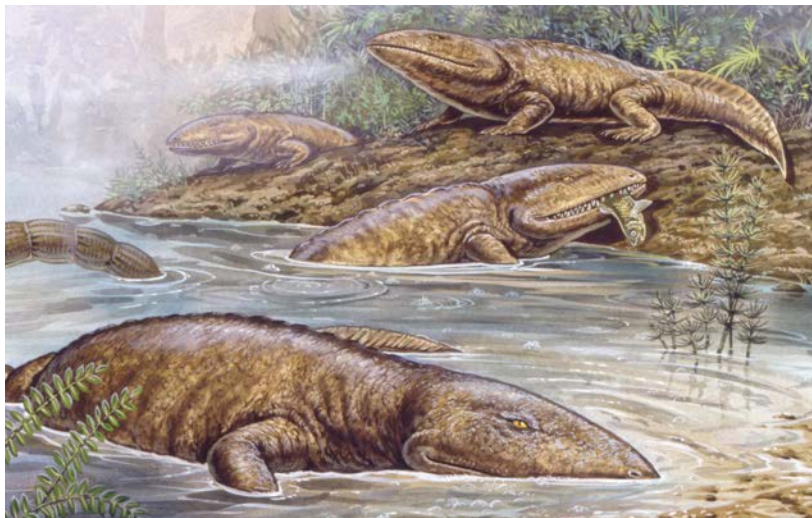
Il y a 375 millions d'années, voire avant, des tétrapodes originaires de milieux aquatiques ont commencé à coloniser les terres émergées. Une équipe franco-chinoise dirigée par Jean Goedert et Christophe Lécuyer, de l'École normale supérieure de Lyon, vient de montrer que cette « sortie des eaux » s'est effectuée à partir des estuaires, lagunes, marais et autres milieux de salinité variable.

Des fossiles suggèrent que c'est vers la fin du Dévonien (419,2 à 358,9 millions d'années), que s'est produite la diversification des premiers tétrapodes vivant sur la terre ferme. Ces animaux à quatre membres munis de doigts, dont nous faisons partie, descendent des tétrapodes aquatiques, qui descendent eux-mêmes des sarcoptérygiens, les poissons à nageoires charnues.

Au Dévonien, tandis que le supercontinent du Gondwana dominait dans le froid du Sud, de plus petits continents, la Sibéria et la Laurussia, s'étendaient plus au nord et sous les tropiques. À cette époque, *Ichthyostega* et *Acanthostega*, les premiers tétrapodes sans doute capables d'une forme de reptation à terre, vivaient dans les châteaux du Groenland. Comme on les a découverts dans les « vieux grès rouges » groenlandais, réputés produits par le dépôt de sédiments fins dans des bassins sédimentaires terrestres, on a supposé que les premiers tétrapodes terrestres et la faune associée vivaient dans des milieux d'eau douce. C'est cette idée, qui s'est progressivement imposée malgré la découverte de quelques fossiles donnant une autre impression, que l'équipe de Jean Goedert et de Christophe Lécuyer a voulu tester.

Les chercheurs ont étudié les rapports de concentrations d'isotopes de l'oxygène, du soufre et du carbone ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ et $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) dans plusieurs fossiles de tétrapodes du Dévonien et dans des vertébrés actuels. Ces rapports isotopiques varient selon les conditions qui règnent dans le milieu de vie des organismes. Ainsi, les vertébrés marins ont des rapports $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ compris entre 14,8 et 22,8‰ dans les os et entre 17,4 et 19,8‰ dans les muscles, des valeurs proches du rapport constaté dans l'eau de mer (21‰).

Ces rapports dépendant des concentrations de sulfates dans l'eau, ils sont nettement



Cette restitution d'*Ichthyostega* montre cet organisme du Dévonien groenlandais dans l'une des lagunes tropicales où, semble-t-il, vivaient ces premiers vertébrés à avoir arpenté les terres.

21 %

C'EST LA VALEUR DU RAPPORT ISOTOPIQUE $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ DANS L'EAU DE MER ACTUELLE. ELLE AURAIT ATTEINT 25 % AU DÉVONIEN. DANS LES OS DES ORGANISMES MARINS, CE RAPPORT ISOTOPIQUE A DES VALEURS VOISINES.

supérieurs à ceux qu'on trouve chez les vertébrés d'eau douce. Or les chercheurs ont constaté que le rapport $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ dans les os de tétrapodes dévoniens de Chine et du Groenland varie entre 12,5‰, valeur correspondant plutôt à de l'eau douce, et 31,8‰, valeur correspondant à de l'eau de mer. Ces variations sont similaires à celles observées chez les poissons d'estuaire. En revanche, le rapport isotopique $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, marqueur caractéristique du régime alimentaire, s'est révélé comparable à celui de prédateurs marins, tels les requins. Quant au rapport isotopique $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, les valeurs trouvées sont bien plus basses que celles d'eaux de mer très oxygénées, ce qui suggère un environnement pauvre en oxygène, et elles sont par ailleurs incompatibles avec un milieu d'eau douce.

La conclusion qui s'impose est que les tétrapodes du Dévonien étaient des animaux adaptés à la salinité variable des estuaires, lagunes et autres marais saumâtres. Ce résultat confirme l'idée que les tétrapodes terrestres descendent de tétrapodes aquatiques qui se sont d'abord adaptés à ce type de milieux avant de survivre à des séjours terrestres brefs, puis de plus en plus longs. ■

FRANÇOIS SAVATIER

J. Goedert et al., *Nature*, vol. 558, pp. 68-72, 2018

UNE LIGNÉE DE PANDAS ÉTEINTE

Le panda géant est une espèce peu diversifiée : comptant moins de 3 000 individus à l'état sauvage, elle se prête mal aux analyses génétiques. Albert Min-Shan Ko, de l'Académie chinoise des sciences, à Pékin, et ses collègues ont alors eu l'idée d'étudier l'ADN d'un crâne de panda vieux de 22 000 ans, découvert dans la grotte de Cizhutuo en 2014. Ce fossile s'est révélé appartenir à une lignée de pandas tropicaux aujourd'hui éteinte. De plus, il a permis de dater à 10 millions d'années la divergence évolutive entre les pandas géants et les ours, leurs proches cousins.

CURIOSITY ET LE CARBONE MARTIEN

En 1976, les sondes Viking avaient trouvé très peu de matière organique à la surface de Mars. Cette absence s'expliquait en partie par la présence de sels de perchlorate très réactifs et capables de décomposer la matière organique. Maintenant, grâce à l'analyseur SAM plus précis du rover Curiosity, Caroline Freissinet, du Latmos, et ses collègues ont étudié des échantillons d'argilite vieux de trois milliards d'années. Ils y ont trouvé des thiophènes, des molécules carbonées cycliques.

VERS 120 ANS ET AU-DELÀ ?

Même si cela reste rare, de plus en plus de personnes vivent au-delà de 105 ans. Si le risque de mourir dans l'année augmente avec l'âge, Elisabetta Barbi, de l'université La Sapienza, à Rome, et ses collègues ont montré qu'après 105 ans, ce risque se stabilise à 47 %. Ce taux de mortalité semble également diminuer au fil des générations. La limite biologique de la longévité humaine pourrait donc être repoussée. Vivrons-nous un jour jusqu'à 140 ans ?

LE BOUT D'ADN QUI FAIT LE MÂLE

Chez l'humain comme chez les autres mammifères, le sexe d'un individu est déterminé par ses gènes. Si la mise en place de l'appareil reproducteur féminin se fait spontanément au cours du développement embryonnaire, celle de l'appareil masculin nécessite, elle, l'expression de gènes particuliers, notamment de *Sox9*. Robin Lovell-Badge, de l'institut Francis-Crick, à Londres, et son équipe viennent de découvrir que la suppression d'une petite séquence d'ADN, *Enh13*, qui régule l'expression de *Sox9*, suffit à bloquer la mise en place des testicules et provoque, de ce fait, l'apparition d'ovaires chez une souris mâle.

Dans les années 1990, Robin Lovell-Badge et son équipe travaillaient déjà sur la détermination du sexe et avaient découvert que les cellules testiculaires n'apparaissent qu'en présence d'un signal moléculaire spécifique codé par le gène *SRY*. Ce gène, situé sur le chromosome Y, active à son tour l'expression du gène *Sox9*, sur un autre chromosome. Celui-ci contrôle alors l'expression de milliers de gènes et constitue le « chef d'orchestre » de la masculinisation de l'appareil reproducteur. Toutefois, le lien entre le gène *SRY* et le gène *Sox9* restait mal connu.

L'équipe de Robin Lovell-Badge a récemment montré chez la souris que la protéine *SRY*



À droite, une souris femelle ; à gauche, une souris mâle dont la séquence *Enh13* est non fonctionnelle. Les deux souris ont des organes génitaux externes féminins.

(codée par le gène du même nom) se fixe sur une petite séquence d'ADN, *Enh13*, et que cette fixation entraîne l'expression du gène *Sox9*. De ce fait, l'altération de *Enh13* conduit à elle seule, chez de jeunes souris mâles, au développement d'ovaires ! Des résultats d'autant plus intéressants que la séquence *Enh13* existe chez l'homme. « Il y a fort à parier que *Enh13* joue un rôle semblable chez l'humain et qu'il est impliqué dans de nombreux troubles du développement sexuel », affirme Francis Poulat, chercheur à l'Institut de génétique humaine de Montpellier et coauteur de cette étude. ■

CORALINE MADEC

R. Lovell-Badge et al., *Science*, en ligne, 14 juin 2018

LE SOMMEIL DES OTARIES

L'otarie à fourrure du Nord est un animal semi-aquatique qui a la particularité de dormir en mer, à la façon des dauphins. Elle garde un hémisphère actif pendant que l'autre est au repos et ne présente pas de phase de sommeil dit paradoxal. À terre, le sommeil de l'otarie est bilatéral (les deux hémisphères sont au repos) avec des phases de sommeil paradoxal. De nombreuses hypothèses sont formulées sur le rôle du sommeil paradoxal chez les mammifères, comme l'apprentissage ou la mémorisation. Des rats privés de sommeil paradoxal manifestent des troubles. Ils ont des phases de sommeil paradoxal plus longues quand ils récupèrent après une privation. Or Oleg Lyamin, de l'université de Californie à Los Angeles, et ses collègues ont montré que l'otarie ne présentait pas de



Le cerveau des otaries à fourrure du Nord se comporte différemment selon qu'elles dorment en mer ou sur terre.

phase de récupération même après des semaines en mer sans sommeil paradoxal. Ces chercheurs suggèrent que, sur terre, le sommeil paradoxal réchaufferait le cerveau inactif avant l'éveil de l'otarie. Il serait inutile en mer, puisqu'un hémisphère reste toujours actif. ■

CLAIRE HEITZ

O. I. Lyamin et al., *Current Biology*, vol. 28(12), pp. 2000-2005, 2018