

L'ESSENTIEL

> Selon la vision classique en paléontologie, les dinosaures étaient dotés dès leur origine d'une vitesse, d'une agilité, d'un métabolisme et d'une intelligence tels qu'ils ont vite dominé tous leurs compétiteurs et colonisé l'intégralité du globe.

> De nouvelles découvertes et analyses de fossiles contredisent ce scénario. En réalité, les dinosaures ont peu évolué à leurs débuts. Il a fallu des dizaines de millions d'années pour qu'ils surpassent leurs rivaux et conquièrent la planète.

L'AUTEUR



STEPHEN BRUSATTE
paléontologue à l'université
d'Édimbourg, en Écosse

Quand j'étais adolescent, au tournant du millénaire, à peu près au même moment où la passion des fossiles a commencé à me dévorer, le musée Field d'histoire naturelle, à Chicago, a démantelé son brachiosaure et installé à la place un *Tyrannosaurus rex*. En somme, l'établissement échangeait un dinosaure iconique pour un autre. Adieu le colosse herbivore pesant le poids de plus de dix éléphants, dont le cou s'élevait gracieusement bien au-delà de la galerie du deuxième étage. Désormais les spectateurs frissonneraient devant le prédateur le plus grand et le plus féroce de tous les temps : une brute de la taille d'un bus avec des rangées de dents en pointe capables de briser les os de ses proies.

Ces deux monstres ont enflammé mon imagination. Comme j'habitais à 120 kilomètres de Chicago par la route, au milieu d'une plaine du Midwest couverte de champs de maïs et de haricots, je leur rendais visite aussi souvent que j'arrivais à convaincre mes parents de faire le trajet. Leurs squelettes m'hypnotisaient : tout était différent chez eux par rapport aux animaux modernes, leur taille, leur puissance, leur corps... Presque des extraterrestres à mes yeux. Pas étonnant que la lignée des dinosaures ait gouverné la Terre pendant plus de 150 millions d'années. Ils étaient majestueux.

Mais comment les dinosaures étaient-ils apparus ? Par quel chemin de l'évolution ? Je m'attardais rarement sur cette question pendant ces années d'obsession. De même qu'il m'était difficile d'imaginer que mes parents avaient eu un jour mon âge, j'avais juste supposé que les dinosaures s'étaient matérialisés dans un lointain passé sous la forme de géants au long cou et aux dents acérées. Je l'ignorais à l'époque, mais cette vision naïve n'était pas si éloignée du consensus scientifique régnant à la fin du xx^e siècle. Les paléontologues s'entendaient sur le fait que la vitesse, l'agilité et le métabolisme des dinosaures étaient si

exceptionnels qu'ils avaient dû facilement surclasser leurs premiers rivaux et se rendre maîtres de toute la planète.

Cependant, au cours des quinze dernières années, de nouveaux éléments ont ébranlé ce scénario. Une profusion de fossiles, ajoutés à une meilleure connaissance du monde physique des premiers dinosaures et des filiations entre espèces, mais aussi de nouvelles méthodes d'analyse des tendances évolutives ont revisité cette théorie et nous racontent une autre histoire : l'apparition des dinosaures a été graduelle et, pendant leurs trente premiers millions d'années, ces animaux n'ont vécu que dans quelques coins du monde, dépassés par d'autres espèces. C'est seulement grâce à quelques coups de chance qu'ils ont pu coloniser davantage d'espace et devenir les maîtres de la planète.

DES TRACES ÉTRANGES EN POLOGNE

Comme de nombreuses espèces au cours de l'évolution, les dinosaures sont nés d'une catastrophe. Il y a 252 millions d'années, à la toute fin de la période géologique du Permien, une poche de magma a commencé à gronder sous la Sibérie. Les animaux vivant en surface – une ménagerie exotique formée de grands amphibiens, de reptiles à la peau bosselée et de carnivores précurseurs des mammifères – n'avaient aucune idée du cataclysme en préparation. Des coulées de roche liquide se sont frayé un chemin à travers le manteau terrestre puis la croûte, avant de s'écouler en surface par des fissures de dimension kilométrique. Pendant des centaines de milliers, voire des millions d'années, les éruptions ont continué, crachant de la chaleur, de la poussière, des gaz nocifs et assez de lave pour ennoyer plusieurs millions de kilomètres carrés du paysage asiatique. L'élévation des températures, l'acidification des océans et l'effondrement des écosystèmes comptèrent parmi les conséquences. Jusqu'à 95% des espèces du Permien périrent. Ce fut la plus effroyable extinction

d'espèces de l'histoire de la Terre (l'événement marqua l'entrée dans le Trias, la période géologique qui a succédé au Permien).

Mais une poignée de survivants s'en étaient sortis. Lorsque les volcans se calmèrent et les écosystèmes se stabilisèrent, ces animaux miraculés se retrouvèrent dans un monde en grande partie vide. Parmi eux figuraient divers petits amphibiens et reptiles, qui se diversifièrent à mesure que la Terre reprenait vie et qui, plus tard, engendreraient les grenouilles, salamandres, tortues, lézards et les mammifères que nous connaissons.

Les traces de ces animaux ne sont pas des fossiles proprement dits, mais des empreintes de pattes découvertes dans les monts Sainte-Croix, en Pologne, dans des couches de sédiments fluviaux et lacustres. Pendant plus de vingt ans, Grzegorz Niedźwiedzki, qui a grandi dans ces collines et est aujourd'hui paléontologue à l'université d'Uppsala, en Suède, a méticuleusement collecté les traces, parfois avec moi. En 2005, alors qu'il prospectait près du village de Stryczowice, le long d'un ruisseau étroit entrecoupé de ronces, Grzegorz Niedźwiedzki mit au jour un type inhabituel de traces qui ne semblaient correspondre à aucun reptile ou amphibien commun. De la taille de pattes de chat et alignées en pistes étroites, les empreintes montraient les sillons de trois orteils centraux flanqués d'un bourgeon d'orteil de chaque côté. Ces caractéristiques les classaient parmi les *Prorotodactylus*, un genre décrit en 2000, lui aussi sur la seule base d'empreintes.

Les traces de *Prorotodactylus* dataient d'environ 250 millions d'années, soit 1 ou 2 millions d'années après les éruptions volcaniques qui ont mis fin au Permien. D'emblée, d'après le faible écart séparant les empreintes gauches et droites, il était clair qu'elles se rattachaient à un groupe spécifique de reptiles, les archosaures, qui étaient apparus après l'extinction

Les premiers dinosaumorphes avaient la taille d'un chat et de longues jambes maigres

Des empreintes fossiles de *Prorotodactylus* montrent qu'il y a environ 250 millions d'années des précurseurs des dinosaures – des dinosaumorphes – ont foulé le sol des actuels monts Sainte-Croix, en Pologne.

du Permien et étaient dotés d'une innovation évolutive: une posture dressée qui les aidait à courir plus vite, à couvrir des distances plus longues et à traquer leurs proies avec davantage d'agilité. Cela signifiait qu'elles fourniraient peut-être des indices sur les origines des dinosaures. En effet, peu après leur apparition, les archosaures se sont séparés en deux lignées majeures qui, jusqu'à la fin du Trias, n'ont cessé de s'affronter dans une course évolutive aux armements: les pseudosuchiens, qui ont conduit aux crocodiles modernes, et les avemetatarsaliens, qui ont mené aux dinosaures. Dans quelle branche *Prorotodactylus* se rangeait-il?

DES PRÉCURSEURS PETITS ET RAPIDES

Pour le savoir, j'ai mené une étude avec Grzegorz Niedźwiedzki et Richard Butler, maintenant à l'université de Birmingham, en Angleterre. Notre analyse des empreintes, publiée en 2011, a révélé deux particularités qui les relient aux caractéristiques du pied des dinosaures: d'une part, une marche «digitigrade», où seuls les orteils entrent en contact avec le sol lors de la marche (et non le pied entier) et, d'autre part, des pieds étroits qui ne comportent que trois orteils principaux. *Prorotodactylus* est donc un dinosaumorphe: ce n'est pas un dinosaure au sens strict, mais un membre primitif du sous-groupe des avemetatarsaliens, qui inclut les dinosaures et leurs plus proches cousins. Les membres de ce groupe avaient une longue queue, de puissantes jambes et des hanches dotées d'os supplémentaires qui reliaient les cuisses au tronc, ce qui leur permettait de se déplacer encore plus vite et plus efficacement que les autres archosaures.

Ces premiers dinosaumorphes n'étaient pas bien effrayants, cependant. Ils avaient la taille d'un chat domestique et de longues jambes maigres. Et ils n'étaient pas nombreux non plus: moins de 5% de toutes les traces de Stryczowice appartiennent à *Prorotodactylus* et elles sont noyées au milieu de celles de petits reptiles, d'amphibiens et même d'autres archosaures. Le temps des dinosaures n'était pas venu. Pas encore.

Au cours des 10 à 15 millions d'années suivantes, les dinosaumorphes ont continué à se diversifier. Les archives fossiles de cette période montrent un nombre croissant d'empreintes du même type, d'abord en Pologne, puis dans le monde entier. Les traces s'agrandissent et l'éventail de leurs formes s'élargit. Certaines pistes deviennent dépourvues d'empreintes de mains, un signe que leurs propriétaires ne marchaient plus que sur leurs pattes arrière. Les squelettes avaient donc commencé à se redresser. Puis, à un moment il y a entre 240 et 230 millions d'années, l'un de ces >



▷ dinosauiromorphes primitifs a évolué en un dinosaure. Seul le nom a radicalement changé – la transition n’a comporté que quelques subtiles innovations anatomiques : une longue fente sur le haut du bras où s’antraient de plus gros muscles, des collerettes en forme de tablier sur les vertèbres du cou où s’enracinaient des ligaments plus solides, et une articulation ouverte reliant le fémur et le bassin, qui stabilisait la posture debout. Pourtant, aussi modestes soient ces changements, ils ont marqué le début d’une nouvelle ère.

Les plus anciens fossiles de dinosaures au sens strict, qui datent d’environ 230 millions d’années, proviennent du paysage martien du parc naturel d’Ischigualasto, en Argentine. Là, pendant des décennies, des scientifiques, dont le paléontologue américain Alfred Romer et les chercheurs argentins Osvaldo Reig et José Bonaparte, au milieu du xx^e siècle, ont mis au jour des fossiles. Plus récemment, dans les années 1980 et 1990, Paul Sereno, de l’université de Chicago, et Ricardo Martínez, de l’université nationale de San Juan, en Argentine, ont mené des expéditions à Ischigualasto. Parmi les fossiles exhumés au fil des ans figurent ceux de *Herrerasaurus*, *Eoraptor* et d’autres animaux représentant les trois branches principales de la famille des dinosaures : les théropodes carnivores, les sauropodomorphes, herbivores à long cou, et les ornithischiens, herbivores à bec.

CANTONNÉS AUX LATITUDES MOYENNES DE LA PANGÉE

Au milieu du Trias, il y a environ 230 à 220 millions d’années, ces trois principaux sous-groupes de dinosaures étaient constitués et vivaient dans un monde que nous reconnaitrions à peine. À l’époque, un seul supercontinent, la Pangée, s’étendait d’un pôle à l’autre, entouré d’un océan mondial, la Panthalassa. À première vue, la Terre n’était pas très hospitalière. Le climat était beaucoup plus chaud qu’aujourd’hui et, la Pangée étant centrée sur l’équateur, la moitié des terres brûlaient sous le soleil en été tandis que l’autre éprouvait la morsure du froid hivernal. Ces écarts thermiques prononcés alimentaient de violentes moussons gigantesques qui séparaient la Pangée en provinces caractérisées par divers degrés de précipitations et de vent. La région équatoriale, incroyablement chaude et humide, était bordée des deux côtés par des déserts subtropicaux. Les régions de latitudes moyennes étaient légèrement plus fraîches et beaucoup plus humides.

Herrerasaurus, *Eoraptor* et les autres dinosaures d’Ischigualasto bénéficiaient du climat relativement clément des moyennes latitudes, de même que leurs cousins du Brésil et de l’Inde, dont les fossiles ont été mis au jour récemment. Mais *quid* du reste du

QUERELLE DE FAMILLE

Le débat peut-être le plus houleux de la recherche contemporaine sur les dinosaures porte sur la façon dont les théropodes, les sauropodomorphes et les ornithischiens sont regroupés au sein d’une même famille. En 1887, le paléontologue britannique Harry Govier Seeley étudia la masse de nouveaux fossiles en provenance d’Europe et de l’Ouest américain et soutint que les dinosaures pouvaient être rangés en deux catégories distinctes, fondées sur la structure des os de la hanche. Les théropodes et les sauropodomorphes ont un os pubien pointant vers l’avant, comme les lézards modernes, aussi les rassembla-t-il dans un même groupe qu’il nomma les saurischiens – les « espèces à hanche de lézard ». Il considéra en revanche les ornithischiens, avec leur pubis projeté en arrière comme chez les oiseaux modernes, comme une branche distincte de dinosaures à « hanche d’oiseau ». Cette dichotomie fondamentale perdure aujourd’hui. Comme tous mes camarades chasseurs de fossiles, j’ai appris cette façon de classer les dinosaures à l’université.

Pourtant, elle pourrait bel et bien se révéler fautive. Dans une étude publiée en 2017 qui a fait beaucoup de bruit, Matthew Baron, doctorant de l’université de Cambridge, et ses collègues ont présenté une nouvelle généalogie des dinosaures fondée sur l’analyse d’un vaste ensemble de données portant sur des dinosaures primitifs et leurs caractéristiques anatomiques. Leur arbre généalogique rassemble les théropodes et les ornithischiens dans un nouveau groupe, les ornithoscélidés, tandis que les sauropodomorphes se retrouvent perchés sur une branche distincte. Au lieu d’opposer les saurischiens et les ornithischiens, la nouvelle dichotomie met en scène les ornithoscélidés *versus* les sauropodomorphes.

Ou peut-être pas. Peu de temps après la publication de cette étude, Max Langer, un paléontologue brésilien, m’a approché. Au cours de la dernière décennie, Max Langer a décrit une série de nouveaux dinosauiromorphes et dinosaures du Trias, dont *Ixalerpeton* (un précurseur des dinosaures qui devait ressembler au *Protodactylus* dont les empreintes ont été retrouvées en Pologne) et *Saturnalia* (un protosauropodomorphe de la taille d’un chien). Il était sceptique à l’égard de la nouvelle généalogie et recrutait une équipe d’experts sur les premiers dinosaures pour examiner les données de Matthew Baron. Parce que j’avais étudié les traces polonaises et d’autres fossiles clés du Trias, Max Langer m’a demandé de rejoindre le groupe. Pendant un mois, nous avons procédé à un examen méticuleux de l’ensemble des données et noté nos différents désaccords sur la façon dont l’autre équipe avait elle-même procédé. Puis nous avons repris l’analyse des traits avec nos propres corrections. L’arbre généalogique qui en a résulté est revenu au modèle saurischiens *versus* ornithischiens, bien que des tests statistiques aient montré que cet arrangement n’avait pas de valeur extrêmement significative par rapport à l’arbre de Matthew Baron. Nous avons publié nos résultats à l’automne 2017.

Ce que cette ambivalence dans les résultats révèle, c’est que les paléontologues n’ont pas une bonne compréhension de la forme globale de l’arbre généalogique des dinosaures. Il semble que la ruée vers les nouvelles découvertes en Argentine, au Brésil, en Pologne et ailleurs au cours des quinze dernières années a brouillé la donne. Nous comprenons maintenant que les premiers membres des trois principales lignées de dinosaures étaient remarquablement similaires en taille et en anatomie, ce qui transforme en casse-tête la recherche de leurs liens de parenté. Ce problème est mûr pour que la prochaine génération de paléontologues le résolve, probablement de la façon dont ces désaccords sont généralement réglés : avec de nouveaux fossiles.

S. B.

M. C. Langer *et al.*, Untangling the dinosaur family tree, *Nature*, vol. 551, publié en ligne le 2 novembre 2017.