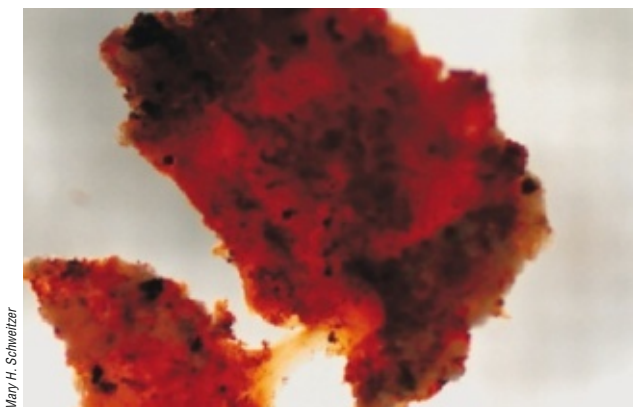
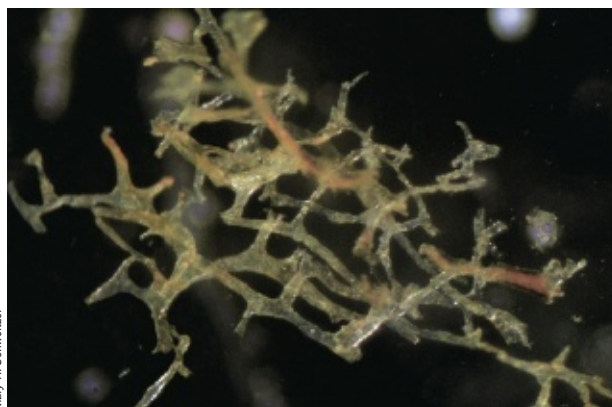




Mary H. Schweitzer

De l'os médullaire a été trouvé dans un os vieux de 68 millions d'années provenant d'un tyrannosaure exhumé dans le Montana. Ce type de tissu est formé pendant une durée limitée par les femelles d'oiseaux sur le point de pondre.



Mary H. Schweitzer

Des vaisseaux sanguins, ou du moins des structures qui leur ressemblent fortement, sont apparus après dissolution des minéraux d'un morceau d'os cortical (de l'os compact) appartenant à l'un des tyrannosaures du Montana.

À ma grande surprise, les tests initiaux ont exclu les plantes et les champignons. En outre, des analyses ultérieures de la microstructure de ces étranges brins blancs ont indiqué la présence de kératine. Les plumes « adultes » des oiseaux actuels sont constituées presque exclusivement de kératine bêta.

Si les petites fibres découvertes sur *Shuvuuia* étaient apparentées à des plumes, elles devaient donc renfermer uniquement de la kératine bêta, contrairement à l'enveloppe des griffes de *Rahonavis*, qui contenait à la fois de la kératine alpha et de la kératine bêta. De fait, c'est exactement ce que nous avons trouvé lorsque nous avons réalisé nos tests d'anticorps.

J'étais désormais convaincue que de petits restes de protéines anciennes pouvaient perdurer dans des fossiles extrêmement bien conservés et que nous avions les outils pour les identifier. Mais de nombreux chercheurs restaient sceptiques. Nos découvertes allaient à l'encontre de tout ce que l'on pensait savoir sur la décomposition des cellules et des molécules organiques.

Des études en laboratoire suggéraient que les protéines ne devaient pas résister plus d'un million d'années environ ; l'ADN durait encore moins. Des chercheurs travaillant sur de l'ADN ancien avaient déjà annoncé qu'ils avaient découvert de l'ADN vieux de plusieurs millions d'années, mais les travaux ultérieurs n'ont pas confirmé ces résultats. Les seuls résultats bien admis

pour des molécules très anciennes donnaient des âges ne dépassant pas quelques dizaines de milliers d'années.

Face au scepticisme que suscitaient mes travaux, un collègue me conseilla de prendre du recul et de démontrer l'efficacité de nos méthodes en identifiant des protéines dans des os très anciens, mais pas aussi vieux que notre os de dinosaure.

En collaboration avec le chimiste John Asara, de l'Université Harvard, j'obtins des protéines provenant de fossiles de mammoths dont l'âge était estimé entre 300 000 et 600 000 ans. Leur séquençage par spectroscopie de masse a révélé qu'il s'agissait de collagène, l'un des principaux composants des os, des tendons, de la peau et d'autres tissus. La publication de ces résultats, en 2002, passa assez inaperçue.

Une femelle qui était prête à pondre

L'année suivante, une équipe du Muséum des Rocheuses achevait d'exhumer le squelette du plus vieux tyrannosaure trouvé à ce jour : un animal mort il y a 68 millions d'années. MOR 1125, tel est son nom, provient de la formation rocheuse du « ruisseau de l'enfer » (*Hell Creek*) dans l'Est du Montana.

Ce site est si isolé qu'il a fallu un hélicoptère pour transporter au camp de base les blocs de plâtre contenant les os mis au jour. Le bloc contenant les os des membres se révéla si lourd que l'hélicoptère

ne pouvait le soulever... L'équipe dut alors le diviser en plusieurs blocs, ce qui produisit de nombreux fragments d'os, que l'on recueillit à mon attention. Comme mes premières études sur un tyrannosaure étaient mises en doute, j'étais impatiente de les répéter sur un second spécimen...

Dès que je retirai le premier fragment de la boîte, un fragment de fémur, je sus qu'il y avait quelque chose de particulier : la surface interne de ce fragment était bordée d'une fine couche de matière osseuse absente des précédents fossiles de dinosaures. Cette couche était très fibreuse, remplie de canaux de vaisseaux sanguins, et différait par sa couleur et sa texture de l'os cortical qui constitue la plus grande partie de la masse osseuse d'un squelette. « C'est une femelle, et elle porte un petit », m'exclamai-je devant mon assistante médusée, Jennifer Wittmeyer.

Connaissant bien la physiologie des oiseaux, j'étais presque sûre que cette structure caractéristique était de l'os médullaire, un tissu particulier qui n'apparaît que pendant une durée limitée (souvent deux semaines seulement), quand les oiseaux sont sur le point de pondre ; son rôle est de fournir du calcium afin de renforcer la coquille des œufs.

L'os médullaire se distingue des autres types d'os par l'orientation aléatoire de ses fibres de collagène, due à sa formation très rapide. Cette croissance anarchique rapide se produit aussi pendant la cicatrisation d'une fracture, ce qui explique

les excroissances alors constatées à l'emplacement de la fracture. Afin de révéler l'arrangement des fibres de collagène, il est possible de déminéraliser les os d'un oiseau actuel ou de tout autre animal en utilisant des acides faibles. C'est ce que nous avons tenté : s'il s'agissait bien d'os médullaire contenant du collagène, l'élimination des minéraux révélerait l'orientation aléatoire des fibres. Or c'est bien un amas de tissu flexible et fibreux que nous avons observé une fois la déminéralisation effectuée. Nous avons répété la même expérience à de multiples reprises, avec le même résultat à chaque fois. Tout se passait exactement comme lorsque l'os médullaire d'oiseaux actuels est traité de la même façon...

Qui plus est, lorsque nous avons ensuite dissous des morceaux de l'os plus dense et plus fréquent qu'est l'os cortical, nous avons obtenu d'autres tissus mous. Des tubes creux, transparents, flexibles et ramifiés apparaissaient dans la matrice en dissolution – et ils ressemblaient

tout à fait à des vaisseaux sanguins. Suspendus à l'intérieur de ces vaisseaux se trouvaient soit de petites structures rouges et rondes, soit des amas amorphes de matière rouge. D'autres expériences de déminéralisation ont révélé des ostéocytes, les cellules osseuses qui sécrètent le collagène et d'autres composés constituant la partie organique de l'os. Le dinosaure tout entier semblait contenir du matériel préservé qui n'avait jamais été trouvé auparavant dans un fossile de dinosaure !

Lorsqu'en 2005, nous avons publié nos observations de ce qui semblait être du collagène, des vaisseaux sanguins et des cellules osseuses, l'article retint l'attention de la communauté scientifique, mais sans la faire sortir de son attitude attentiste.

Il faut dire que nous nous limitons à annoncer une ressemblance entre les matériaux découverts et des composants modernes, mais nous n'affirmions pas qu'il s'agissait des mêmes substances. Après des millions d'années passées dans des sédiments et des conditions géochimiques

fluctuantes, ce qui avait été conservé dans les fossiles pouvait n'avoir plus beaucoup de rapport avec les substances présentes du vivant des animaux. Le seul moyen de prouver de façon ferme et définitive la nature de ces matériaux consistait à établir avec précision leur composition.

Des protéines de tyrannosaure

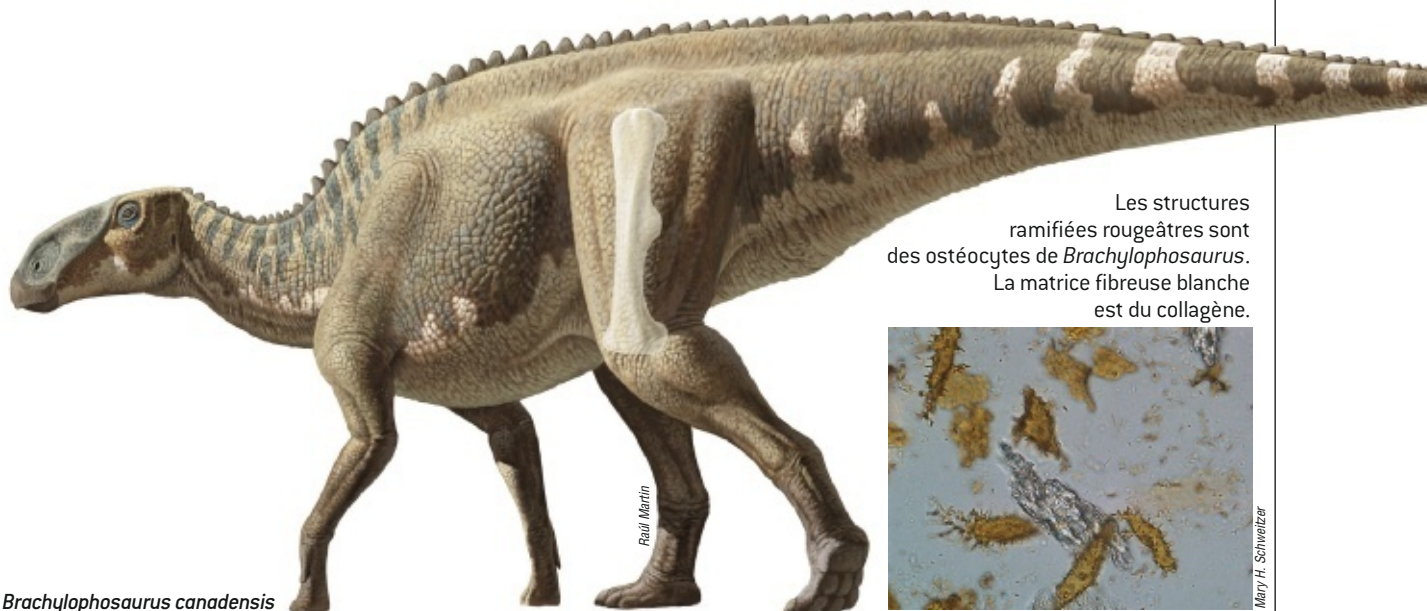
En utilisant toutes les techniques améliorées avec les fossiles précédents, j'analysai le nouvel os de tyrannosaure. Avec l'aide de J. Asara, qui avait amélioré les méthodes de purification et de séquençage mises en œuvre dans notre étude des os de mammoth, nous voulions séquencer des protéines de dinosaure, beaucoup plus anciennes.

L'exercice était bien plus difficile, la concentration de matériaux organiques dans les restes de dinosaure étant inférieure de plusieurs ordres de grandeur à la concentration dans ceux de mam-

LA « DISSECTION » D'UN DINOSAURE À BEC DE CANARD

En 2007, des chercheurs découvrent un fémur bien conservé de dinosaure à tête de canard (*Brachylophosaurus canadensis*) dans l'Est du Montana, aux États-Unis. Son étude au microscope révèle que ce fémur contient des structures ressemblant à des ostéocytes (cellules osseuses) ; ces structures étaient incluses dans une matrice de matériau blanc et fibreux, qui ressemble à du collagène (voir la micrographie). Des analyses ultérieures ont confirmé la présence de tissus mous et réfuté l'hypothèse que ces structures pourraient être dues à des

bactéries. En particulier, des extraits de cet os de dinosaure réagissent avec les anticorps qui ciblent le collagène ainsi que d'autres protéines non fabriquées par les bactéries. Comme on pouvait s'y attendre si le fémur de dinosaure à bec de canard contenait effectivement des protéines de dinosaure, la spectrométrie de masse a révélé des séquences d'acides aminés très proches de celles des protéines d'oiseaux modernes, lesquels sont des descendants des dinosaures, et différentes de celles provenant de bactéries.



Les structures ramifiées rougeâtres sont des ostéocytes de *Brachylophosaurus*. La matrice fibreuse blanche est du collagène.

Brachylophosaurus canadensis