

Plusieurs bibliothèques nationales scandinaves (Norvège, Danemark...), pourtant en pointe dans le domaine de l'archivage, font les frais de cette situation : leurs archives du Web restent, pour ces motifs, inaccessibles au public faute de pouvoir en extraire les informations à caractère personnel.

Un accès bien encadré

Un strict encadrement de la consultation des données constitue en revanche une solution pragmatique. C'est *a priori* celle retenue par le législateur français. En l'attente d'un décret qui doit préciser, après consultation de la CNIL, les conditions spécifiques de la consultation des collections issues du dépôt légal de l'Internet, c'est le régime général de communication du dépôt légal qui est appliqué à la BnF depuis l'ouverture de la consultation, en 2008.

Selon le Code du patrimoine, l'auteur d'un site ne peut interdire « la consultation de l'œuvre sur place par des chercheurs dûment accrédités [...] sur des postes individuels de consultation dont l'usage est exclusivement réservé à ces chercheurs ». En pratique, cela signifie que, contrairement aux données accessibles depuis le site www.archive.org, celles de la BnF ne peuvent en aucun cas être mises en ligne. Leur consultation a lieu dans les murs de la BnF et des dispositions pratiques ont été mises en œuvre afin de réserver l'exploitation des données à un usage scientifique ou personnel : notamment, il n'est pas possible d'effectuer de copie numérique des données.

Une autre voie envisagée par la BnF pour améliorer sa mission de dépôt légal du Web est la participation directe des internautes à la sélection des sites à conserver. En 2011, elle projette d'ouvrir un nouveau

service en ligne dédié à la communication avec les internautes en demande de « mémoire ». Chacun pourrait, par exemple, y indiquer l'adresse de son site au moment de sa fermeture ou de sa refonte, afin que la BnF l'archive à temps et le conserve dans son magasin numérique.

Bien sûr, les innovations actuelles (*smartphones*, tablettes numériques, émergence d'un Web sémantique, etc.) nous éloignent des modèles de publication traditionnels et rendront vite obsolètes les technologies employées. Mais c'est déjà une autre ère et un nouveau défi pour les institutions dans leur course contre le temps et l'oubli. En attendant, ce que la BnF et les autres membres du Consortium IIPC auront réussi à sauvegarder de l'âge d'or de l'Internet permettra aux générations futures de retracer les mutations technologiques et culturelles qui auront marqué notre temps. ■



LES {Partagez les savoirs} RENDEZ-VOUS DU MUSÉUM

AU JARDIN DES PLANTES

2011, Année internationale des Forêts.
Dans le cadre de cet événement, le Muséum vous propose des cycles de conférences et de films.

ENTRÉE LIBRE
DÉTAILS SUR
WWW.JARDINDESPLANTES.NET,
DANS "L'AGENDA DU JARDIN"

LES CONFÉRENCES

Cycle de conférences « La forêt : son rôle, son état, ses habitants » :

Lundi 28 mars : Quelle(s) forêt(s) en France en 2100 ? V. Badeau

Lundi 4 avril : Des forêts et des hommes sous les tropiques, une vieille cohabitation. S. Bahuchet

LES FILMS

Cycle de films « L'usage de la forêt » :

Lundi 11 avril - 18h :
D'une rare crudité - Anim., 2010, 7' 35". E. Davaud, J. Mougel et M. Szymczak
Secrets de plantes : l'if, aux frontières de la vie - Docu., 2010, 52'. J.-L. Bouvret

Cycle de films « Les chemins de l'eau » :

Samedi 16 avril - 15h30 :
Les eaux - Docu., 2008, 15'. K. Kiwanga
Un fleuve humain - Docu., 2006, 92'. S. L'Espérance

Auditorium de la Grande Galerie de l'Évolution
36 rue Geoffroy Saint-Hilaire, Paris 5^e
Métros : Gare d'Austerlitz - Jussieu

LES COURS PUBLICS, LES JEUDIS À 18H

Cycle « Anatomie comparée » Jean-Pierre Gasc
Jeudi 31 mars : Sélection et optimalité
Jeudi 7 avril : La forme et l'information

Grand Amphithéâtre du Muséum
57 rue Cuvier, Paris 5^e - Métro : Jussieu



Dinosaures : on a retrouvé leur sang

Mary Schweitzer



**La préservation
de matériaux organiques
durant plusieurs dizaines
de millions d'années passait
pour impossible.**

**Pourtant, les paléontologues
en trouvent de plus en plus
dans des os de dinosaures.**

De petites boules rouges ! Quand un collègue me les montre sous le microscope, je refuse d'y croire. Ces minuscules objets se trouvent dans ce qui ressemble à un capillaire serpentant au milieu de la masse jaunâtre de l'os. Chacune est dotée d'un centre foncé (*voir l'encadré pages 32 et 33*). Un noyau cellulaire ? Je sais que, hormis les mammifères, tous les vertébrés – dont les dinosaures – ont des cellules sanguines à noyau. Ces petites sphères rouges dotées d'un centre sombre ressemblent donc à des globules rouges. Mais la lamelle d'os que nous venons de glisser sous l'objectif du microscope provient d'un *Tyrannosaurus rex* trouvé au Montana dans les Rocheuses. Or cet animal est mort il y a 67 millions d'années, et chacun sait que la matière organique ne résiste jamais autant de temps...

Depuis plus de 300 ans, les paléontologues partent du principe que la taille et la forme des os sont les seuls indices livrés par les fossiles. On pensait qu'au cours de la fossilisation, les molécules organi-

ques constituant les tissus mous étaient remplacées par des minéraux provenant du sol, et que seuls les minéraux des os subsistaient. Cette après-midi de 1992, ce que je voyais de mes propres yeux suggérait pourtant l'existence d'exceptions. Mais je me disais aussi que ces petites boules ressemblant à des globules rouges à noyau résultaient peut-être de quelque processus géologique inconnu.

À l'époque, tout juste diplômée de l'Université d'État du Montana, je n'étais pas une paléontologue confirmée. Parce que je demandais l'avis de divers enseignants et thésards, Jack Horner, le conservateur du Département de paléontologie du Muséum des Rocheuses, à Bozeman, eut vent de mes petites sphères rouges. Il me pria d'y jeter lui-même un coup d'œil, et je le vis alors, le front plissé par l'attention, regarder dans le microscope pendant ce qui me sembla des heures. Puis il me demanda ce que j'en pensais. Je lui répondis que ces structures avaient la taille, la forme et la couleur de globules rouges et



David L. Schwager

L'ESSENTIEL

✓ On pensait que tous les composés organiques disparaissaient avec la fossilisation, et que seuls des restes minéralisés subsistaient.

✓ Toutefois, de plus en plus d'indices montrent que des substances organiques peuvent, sous certaines conditions, se conserver durant plusieurs millions d'années.

✓ Les restes de cellules sanguines et osseuses ainsi que des restes de griffes devraient nous renseigner sur l'évolution et la physiologie des dinosaures.

MOR 555 est un spécimen de tyrannosaure très bien conservé dont les os ont révélé, pour la première fois, de la matière organique préservée (il s'agit ci-dessus d'une réplique).

qu'elles semblaient aussi être là où l'on trouve de telles cellules... C'est alors qu'il me lança le défi qui, aujourd'hui encore, inspire mes recherches : « Eh bien, prouvez-moi qu'il ne s'agit pas de cellules sanguines ! » Si je n'y parviens pas, il faudra alors bien admettre que c'en sont.

Depuis, mes collègues et moi avons retrouvé dans plusieurs spécimens divers restes organiques : vaisseaux sanguins, cellules osseuses, fragments du tissu corné qui constituait les griffes, etc. La préservation de tissus mous au cours de la fossilisation est certes très rare, mais ce phénomène ne s'est pas non plus produit qu'une seule fois.

Ces découvertes contredisent les descriptions classiques de la fossilisation. En outre, elles ouvrent de nouvelles perspectives sur la biologie des animaux disparus. Par exemple, on a déduit de résidus organiques trouvés dans les ossements d'un autre *Tyrannosaurus rex* qu'il s'agissait d'une femelle qui, juste avant de mourir, allait pondre. Et une protéine détectée dans des résidus fibreux retrouvés près d'un petit dinosaure carnivore exhumé en Mongolie a permis d'établir que l'animal avait des plumes qui, sur le plan moléculaire, étaient proches de celles des oiseaux actuels.

Un scepticisme tenace

Nos résultats ont soulevé beaucoup de scepticisme chez les paléontologues, car, après tout, ils sont extrêmement surprenants. Mais le scepticisme est chose normale en science, et je continue à trouver fascinants et prometteurs les travaux sur les tissus mous fossilisés. L'étude des molécules organiques provenant des dinosaures nous permettrait de mieux comprendre l'évolution et l'extinction de ces remarquables animaux, ce que l'on ne pouvait imaginer il y a 20 ans.

Des découvertes extraordinaires exigent des preuves extraordinaires. Avant d'accepter un résultat, un chercheur prudent doit tout faire pour le réfuter. C'est pourquoi, au cours des 20 dernières années, j'ai effectué toutes les expériences imaginables pour essayer de montrer que nos trouvailles n'étaient pas des composants de tissus mous de dinosaures ou d'autres créatures éteintes.

Dans le cas des microstructures rouges observées dans de l'os de *Tyrannosau-*

rus rex, j'ai d'abord pensé que si ces résidus étaient vraiment ceux d'un tissu vasculaire, ils ne pouvaient avoir subsisté, sous une forme sans doute très altérée, que si les os eux-mêmes étaient exceptionnellement bien conservés... Ce genre de tissu mou devait avoir disparu des squelettes mal préservés. MOR 555, notre spécimen de *T. rex* du Montana, est presque complet et ses os sont exceptionnellement bien conservés.

De fait, l'examen au microscope de lamelles d'os des membres a confirmé cette bonne conservation. La plupart des canaux des vaisseaux sanguins présents dans l'os

dense sont vides ; ils ne sont pas remplis de dépôts minéraux comme c'est généralement le cas dans les fossiles. Et nos microstructures rouge rubis n'apparaissent que dans les vaisseaux, et jamais en dehors.

Ensuite, je me suis concentrée sur la composition chimique de ces petites structures rouges. Les analyses ont montré qu'elles sont riches en fer, comme il se doit pour des globules rouges, et que le fer caractérise ces structures, mais pas leurs voisines. Ainsi, la composition en éléments de ces petites choses rondes et rouges diffère de celle des os et des sédiments entourant le fossile.

LA FOSSILISATION

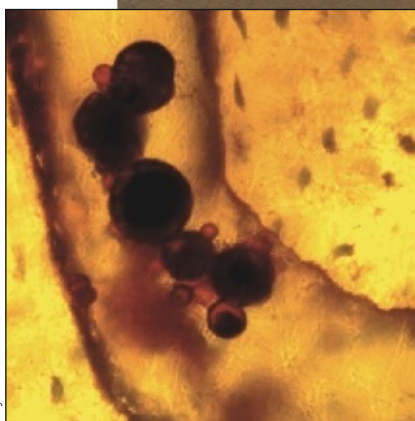
La fossilisation d'un animal commence par une dégradation de la peau, des muscles, des intestins et des tendons, qui détachent des os. Les cellules, les protéines et les vaisseaux sanguins constituant l'os se dégradent aussi. Puis des minéraux du sol s'infiltrent dans les espaces libérés et finissent par former un composite solide avec les minéraux de l'os original.

Toutefois, cette conception classique de la fossilisation doit être nuancée depuis que des cellules, des protéines et des tissus mous ont été découverts dans les os de certains fossiles de dinosaures.

Pour le moment, les chercheurs ne comprennent pas précisément comment des molécules organiques peuvent se conserver pendant des millions d'années, mais ils ont identifié plusieurs facteurs qui favorisent la préservation et la découverte de tels restes.

Mort

L'animal meurt à l'abri des charognards et autres animaux nécrophages.



Mary H. Schweitzer

Les globules rouges de MOR 555.

Ces petites sphères rouges, situées dans ce qui ressemble à un vaisseau capillaire, sont visibles au microscope dans une coupe mince d'os d'un *Tyrannosaurus rex* du Montana.

