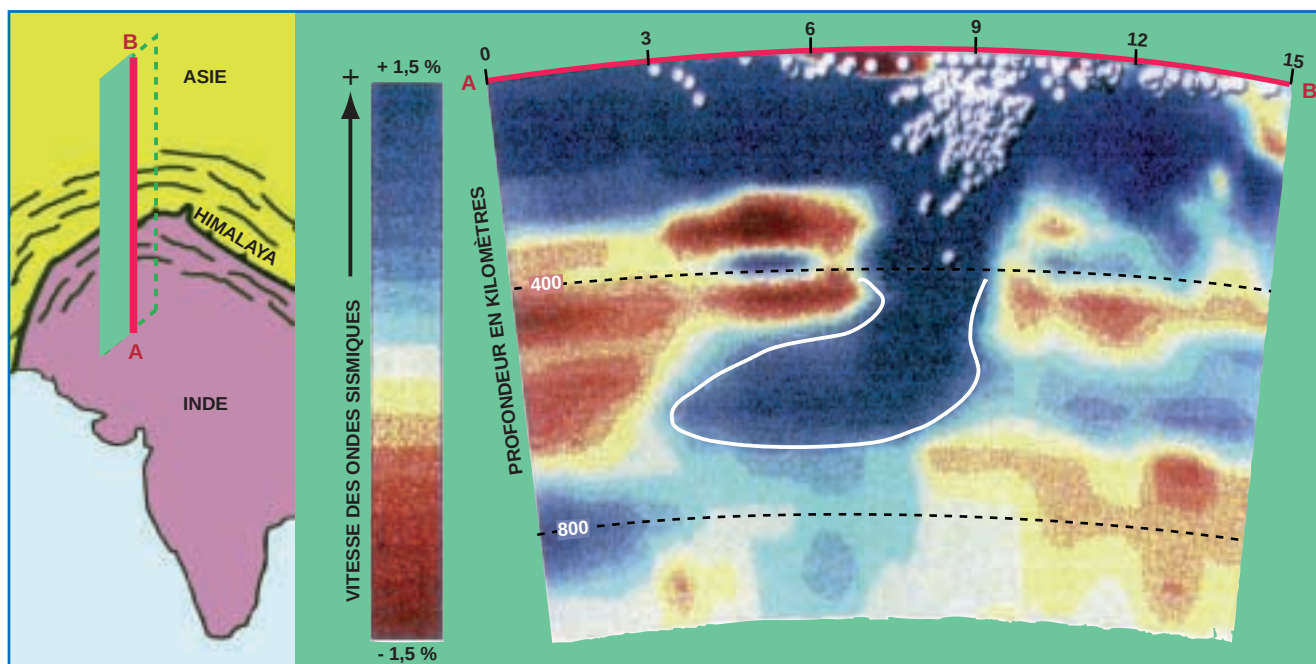




**4. PROFIL TOMOGRAPHIQUE** perpendiculaire à la partie Ouest de la chaîne himalayenne, montrant l'enfoncement de la plaque continentale de l'Inde. Cette figure de Harmen Bijwaard, est reproduite avec l'autorisation des auteurs. Cette coupe relativement superficielle a été complétée, vers le bas, jusqu'à plus de 2 000 kilomètres, par Van der Voo et al., 1999. Les taches blanches correspondent aux épicentres des gros séismes qui se sont produits depuis 40 ans dans la croûte terrestre, en réponse à l'avancée de l'Inde.

cielle a été complétée, vers le bas, jusqu'à plus de 2 000 kilomètres, par Van der Voo et al., 1999. Les taches blanches correspondent aux épicentres des gros séismes qui se sont produits depuis 40 ans dans la croûte terrestre, en réponse à l'avancée de l'Inde.

dans l'asthénosphère. Aussi les géologues pensaient-ils que les continents restaient en surface.

Cette règle a souvent été mise en doute, mais beaucoup continuent de l'utiliser. La tomographie vient d'apporter, là aussi, des données nouvelles dans la chaîne de l'Himalaya, qui est née de la collision entre l'Inde et l'Asie. On sait que là, le système ne s'est pas bloqué, car la collision s'est produite il y a 50 millions d'années, et l'avancée de l'Inde continue toujours après avoir fait surgir, outre l'Himalaya, le Pamir, le Kunlun, le Qilien Shan, le Tien-Shan...

Dans la partie Ouest de l'Himalaya, au Pakistan, la tomographie montre que la plaque indienne s'enfonce en profondeur, mais avec la géométrie représentée sur la figure 2. Dans la partie Nord de l'Inde et dans la chaîne de l'Himalaya, la géologie de surface et la distribution des séismes soulignent bien le plongement vers le Nord de la plaque indienne. Puis celle-ci se verticalise et finit par se renverser : près de 1 000 kilomètres de plaque continentale apparaissent dans le manteau...

Il s'agit là du premier exemple connu de subduction continentale, qui démontre que la vieille règle de la tectonique des plaques doit être abandonnée, et qui réhabilite, bien tard, une interprétation, il est vrai moins compliquée, proposée en 1927 par Émile Argand, dans *La tectonique de l'Asie*.

La dynamique de la subduction s'est ici modifiée au cours du temps. Des milliers de kilomètres de plaques océaniques se sont d'abord enfoncés selon le mode classique. La plaque continentale a suivi le mouvement, mais le système a dû se modifier progressivement pour aboutir, au bout de 50 millions d'années, à une situation actuelle originale. Le manteau supérieur s'est avancé vers le Nord, sur plus de 1 000 kilomètres, en bousculant et en renversant les plaques océaniques qui s'étaient enfoncées avant la collision.

Une véritable mégatectonique est en train de naître ; celle-ci envisage les phénomènes à l'échelle de plusieurs

milliers de kilomètres, aussi bien horizontalement que verticalement. On ne se contente plus d'étudier les « limites » de plaques, qu'elles soient convergentes ou divergentes. On aborde enfin les mécanismes à l'échelle de la planète... Et l'on voit déjà apparaître de grandes provinces caractérisées par des styles mégatectoniques différents. Bien que la subduction océanique intervienne dans les deux cas, la chaîne des Andes se distingue des cordillères Nord-américaines, et la subduction continentale de la plaque indienne est associée à une signature profonde tout à fait particulière et à de grands couissements des plaques dans le manteau.

La découverte de vieilles plaques au sein du manteau profond est toute récente. Les premiers chercheurs qui en ont fait état sont Stephen Grandt et ses collègues de l'Université du Texas, Rob Van der Hilst du MIT, Sri Widiyantoro, de l'Université de Canberra, Harmen Bijwaard et Win Sjakman, de l'Université d'Utrecht, avec Robert Engdahl, du Geological Survey à Denver, et Rob van der Voo, de l'Université du Michigan.

Maurice MATTAEU est professeur de géologie à l'Université de Montpellier.

H.C. NATAF, *Les entrailles de la Terre*, in *Revue du Palais de la découverte*, pp. 11-21, 1996.

S. GRANDT et al, *Global Seismic Tomography : a Snapshot of Convection in the Earth*, in *GSA Today*, pp. 1-7, avril 1997.

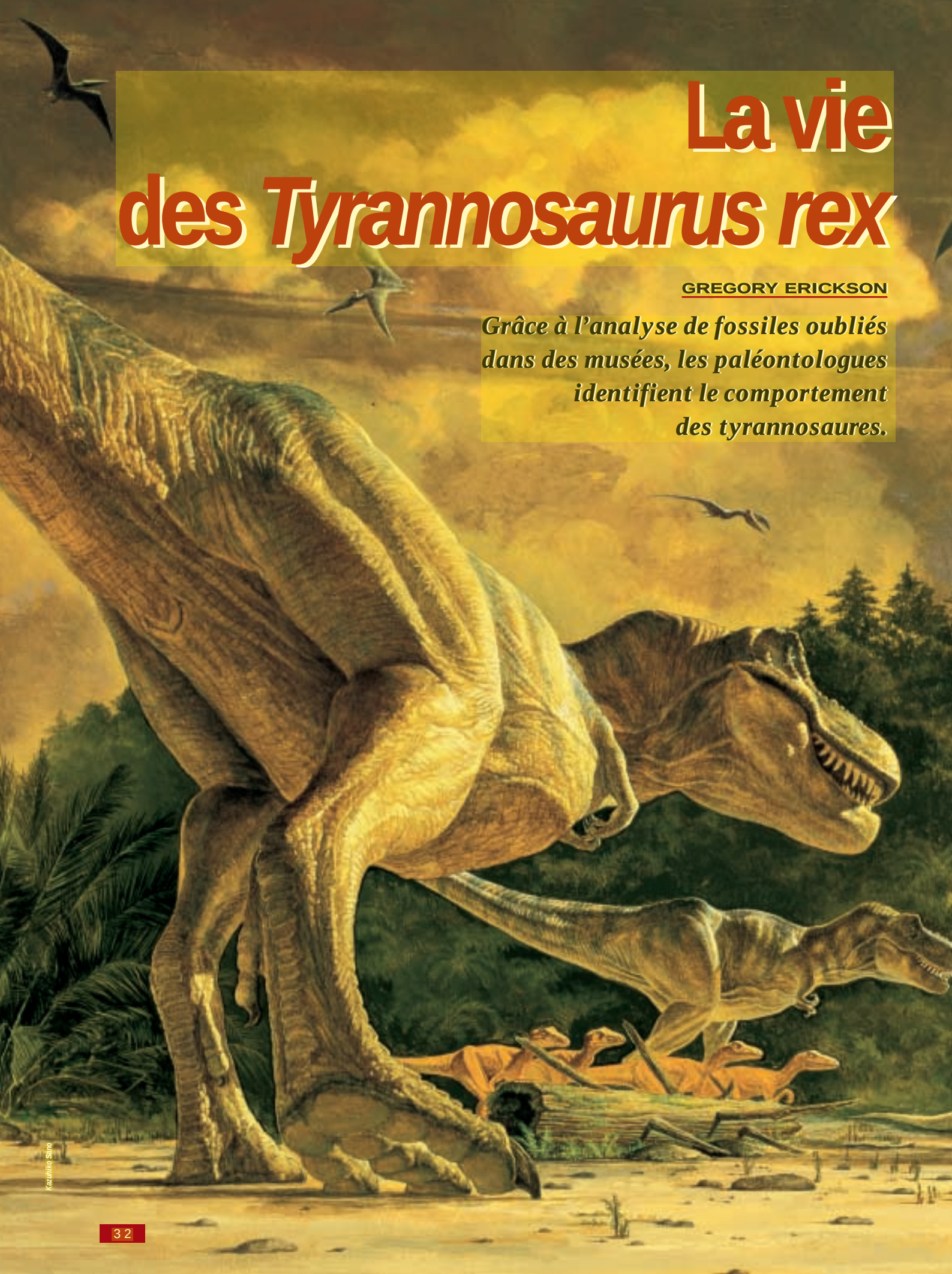
R. VAN DER HILST et al, *Evidence for Deep Mantle Circulation from Global Tomography*, in *Nature*, vol. 386, pp. 578-584, avril 1997.

H. BIJWAARD et al., *Closing the Gap between Regional and Global Travel Time Tomography*, in *Journ. Geoph. Res.*, vol. 103, pp. 30055-30078, décembre 1998.

R. VAN DER VOO et al, *Tethyan Subducted Slabs under India*, in *Earth Plan. Sc. Lett.*, vol. 171, pp. 7-20, août 1999.

R. VAN DER VOO et al, *Mesozoic Subducted Slabs under Siberia*, in *Nature*, vol. 397, pp. 246-249, 29 janvier 1999.





# La vie des *Tyrannosaurus rex*

GREGORY ERICKSON

*Grâce à l'analyse de fossiles oubliés  
dans des musées, les paléontologues  
identifient le comportement  
des tyrannosaures.*





**D**isparus depuis 65 millions d'années, les dinosaures restent présents sur nos écrans et dans les chambres d'enfant. Parmi eux, le *Tyrannosaurus rex* – quatre tonnes et demie – est la vedette de ce bestiaire mi-réel, mi-mythique.

Selon le paléontologue Stephen Jay Gould, de l'Université Harvard, le nom de chaque espèce est une théorie sur l'animal en question : *Tyrannosaurus rex*, *T. rex* pour les intimes, est le «roi des lézards tyrans».

1. UN *TYRANNOSAURUS REX* repousse des congénères attirés par sa proie : un *Triceratops*. De petits troodons et des ptérosaures, qui tournoient dans le ciel, attendent les restes de son repas.



Dans les films et dans les représentations populaires, *T. rex* est une machine à tuer, agressive, assoiffée de sang, obnubilée par l'attaque de proies sans défense : cette idée est un amalgame d'imagination et d'études scientifiques. Un siècle d'étude et 22 fossiles presque complets de *T. rex* ont fourni beaucoup d'informations sur son anatomie. Cependant, le comportement se déduit difficilement de l'anatomie : était-il un prédateur ou un charognard ? La question lancine les paléontologues.

## Solitaire ou grégaire ?

Depuis dix ans, des paléobiologistes explorent ce type de questions, cherchant à faire revivre les squelettes immobiles et silencieux des musées. Ils étudient non plus l'anatomie, mais les groupes de squelettes de nombreux individus, afin d'élucider les interactions des *T. rex* entre eux et avec les autres espèces. Ils traquent les traces fossiles de comportements, telles les marques de morsure sur les os, les types d'usure des dents et les coprolithes (des matières fécales fossilisées) afin d'obtenir des preuves concrètes d'activités biologiques jusqu'à aujourd'hui inconnues.

Les paléobiologistes supposent notamment que les espèces étroitement apparentées avaient des comportements analogues. Dans cette hypothèse, ils rapprochent les données concernant *T. rex* de celles des représentants plus anciens de la famille des tyrannosauridés, notamment leurs cousins du groupe des albertosaures, tels *Albertosaurus*, *Gorgosaurus* et *Daspletosaurus*.

Alors que les tyrannosaures sont souvent représentés comme des animaux solitaires, des traces fossiles indiquent qu'ils avaient un comportement grégaire, au moins pendant une partie de leur vie : au Montana, deux gisements paléontologiques d'où ont

été extraits des fossiles de *T. rex* sont très convaincants.

Ainsi, en 1966, des chercheurs du musée de Los Angeles mettaient au jour un fossile de *T. rex* adulte sur le site de la Grotte de l'enfer, quand ils trouvèrent un second spécimen, adjacent au premier. Ils crurent à une espèce différente, plus petite, mais mes analyses de la microstructure osseuse ont montré que l'animal était un jeune *T. rex* (voir la figure 4). Une découverte analogue eut lieu lors de l'extraction de Sue, le fossile de *T. rex* le plus grand, le plus complet et le plus célèbre (pour son adjudication à 50 millions de francs, dans une vente publique à New York, en 1998) : les restes d'un deuxième adulte, d'un jeune et d'un *T. rex* nouveau-né ont été mis au jour dans la même carrière. Il y a peu de chances que plusieurs *T. rex* solitaires soient morts séparément au même endroit ; ils appartenaient sans doute à un même groupe social.

Une autre découverte beaucoup plus ancienne corrobore l'hypothèse : en 1910, dans l'Alberta, des paléontologues du musée d'histoire naturelle de New York ont découvert au moins neuf *Albertosaurus* dans une couche de sédiments très riche en ossements. Récemment, Philip Currie et ses collègues du musée de paléontologie Royal Tyrrell ont retrouvé le site de cette découverte et ont entrepris l'étude minutieuse de cet assemblage. De tels assemblages d'animaux carnivores apparaissent parfois quand ils sont piégés successivement, par exemple dans de la boue ou dans des sables mouvants, au bord d'une rivière : une proie déjà prisonnière cause leur perte. En l'occurrence, l'absence de restes d'un herbivore parmi les albertosaures, ainsi que dans le groupe auquel appartenait Sue, indique que les deux meutes ont plutôt péri de sécheresse, de maladie ou de noyade.

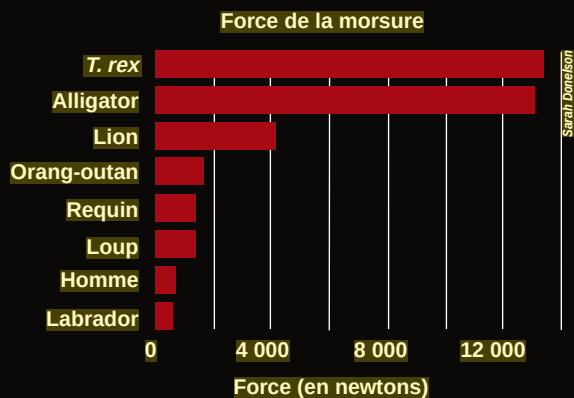
Les animaux étudiés par P. Currie mesuraient quatre à neuf mètres de longueur : le groupe comprenait des adultes et des jeunes. L'un des individus est beaucoup plus grand et plus robuste que les autres. Il pourrait appartenir à une espèce différente, mais je pense qu'il était plutôt le mâle ou la femelle dominant du groupe.

Grégaires plutôt que solitaires, les tyrannosaures étaient néanmoins très agressifs : des marques de morsures en partie cicatrisées révèlent des relations tendues entre les membres du groupe. P. Currie et Darren Tanke, spécialiste de paléopathologie, ont découvert que *T. rex* et ses cousins infligeaient un type caractéristique de morsure : le museau des proies, ainsi que le sommet ou l'arrière du crâne comportent des lacerations. Apparemment, *T. rex* mordait avec les dents latérales plutôt qu'avec l'avant de la mâchoire. La présence de marques caractéristiques sur les fossiles de *T. rex* eux-mêmes montre que ces dinosaures se battaient ; les combattants maintenaient



Patricia C. Wynne

**2. AVEC LEURS DENTS DE DEVANT, les *T. rex* grignotaient (en haut) des lambeaux de chair dans des endroits étroits, tels les espaces intervertébraux. Cependant, les *T. rex* mordaient également avec leur mâchoire entière pour arracher des pans entiers de carcasse qu'ils déchiquetaient ensuite (en bas).**



3. GRÂCE À LEUR ÉNORME CORPS et à la puissante musculature de leur cou, les *T. rex* pouvaient arracher le bassin d'un tricératops et y laisser de profonds sillons (cartouche en bas à droite). Le test d'un moulage d'une dent de *T. rex* sur des bassins de vaches montre qu'il mordait plus puissamment que n'importe quel animal actuel (en haut à droite).



leur tête au même niveau pendant l'affrontement. L'importance de certaines blessures fossiles montre que les *T. rex* s'infligeaient parfois de graves blessures. L'un des spécimens étudiés a même la dent d'un adversaire fichée dans la mâchoire.

Tout au long de leur vie, les *T. rex* luttèrent pour s'approprier les partenaires sexuels ou le territoire. Les blessures des jeunes semblent plus courantes que celles des adultes : les jeunes étaient-ils attaqués à la fois par d'autres jeunes et par des adultes ? Ou bien les jeunes *T. rex* décédaient-ils plus souvent de leurs blessures que les adultes, qui cicatrisaient et ne gardaient pas de traces de leurs combats de jeunesse ?

### Morsures et morceaux

Les gueules des babouins ou des tigres sont effrayantes, alors qu'elles n'ont que quatre canines. Imaginez maintenant une gueule garnie uniquement de dents en forme de poignard d'environ 20 centimètres de longueur, aux bords crénelés !

Avant 1990, on connaissait peu de marques de morsures par des *T. rex* : les quelques descriptions publiées étaient brèves et noyées dans la présentation de découvertes plus importantes ; les indices sur le comportement des *T. rex* avaient souvent échappé à l'étude. Quelques paléontologues seulement se sont intéressés aux dents des tyrannosaures.

En 1973, le paléontologue australien Ralph Molnar a étudié la force des dents d'après leur forme. Puis les Américains James Farlow et Daniel Brinkman ont

analysé la morphologie des dents du tyrannosaure : en raison de leur section en amande, les dents de *T. rex* étaient solides et capables de percer des os épais.

En 1992, le paléontologue amateur Kenneth Olson m'a soumis plusieurs spécimens, dont le bassin incomplet d'un *Triceratops* adulte de un mètre de largeur et de 1,5 mètre de longueur, et la phalange d'un *Edmontosaurus* adulte (un dinosaure à bec de canard) : les deux os sont criblés de rainures et de trous mesurant jusqu'à 12 centimètres de longueur et plusieurs centimètres de profondeur. Le bassin du *Triceratops* présente près de 80 marques. L'espacement des traces (dix centimètres environ), leur section en amande et l'empreinte de carènes – les bords très coupants et crénelés – sur les faces antérieures et postérieures de ces marques indiquent que les dents à l'origine de ces marques sont celles d'un *T. rex*.

On sait ainsi que *T. rex* se nourrissait de ses deux contemporains les plus courants, *Triceratops* et *Edmontosaurus*. De plus, *T. rex* mordait de deux façons : soit il perçait les chairs avant de reculer la tête pour arracher la viande, soit il utilisait ses dents de devant pour attraper et dilacérer la chair dans les espaces étroits où seul pouvait accéder le museau de la bête (voir la figure 2). Cette dernière méthode laisse sur l'os des sillons verticaux et parallèles.

Nombre de morsures sur le bassin du tricératops étaient espacées de quelques centimètres seulement, indiquant que le *T. rex* avait méthodiquement grignoté son morceau de

viande. À chaque morsure, le *T. rex* avait également arraché de petites esquilles d'os, qui ont été partiellement digérées.

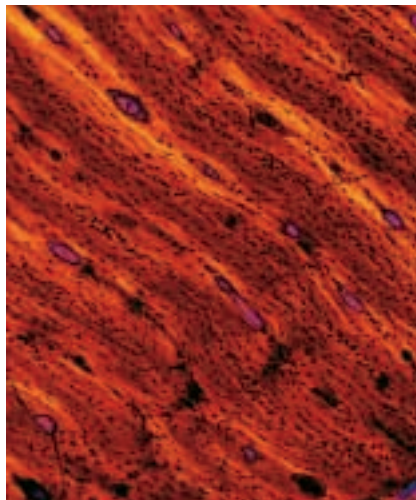
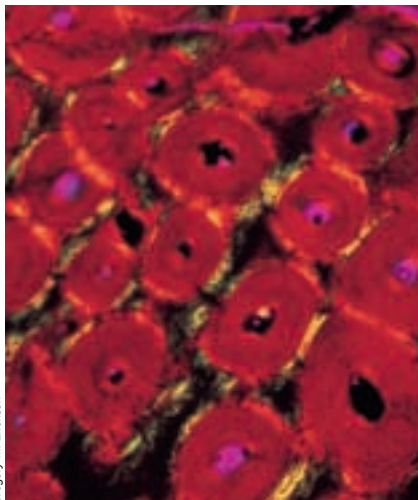
En 1997, ma collègue Karen Chin a confirmé cette description quand elle a analysé le premier coprolithe attribué avec certitude à un *T. rex* (voir la figure 5). D'un poids de 7,1 kilogrammes et d'une longueur de 44 centimètres, ce coprolithe découvert au Canada était plein d'éclats osseux. Grâce à des méthodes histologiques, K. Chin et moi avons établi que les fragments osseux provenaient d'un jeune dinosaure herbivore. Les *T. rex* ingéraient donc des morceaux d'os de leurs proies et ils les digéraient en partie grâce à de puissantes enzymes ou à des acides gastriques.

Malgré le manque de spécimens, K. Olson et moi avons supposé que *T. rex* laissait vraisemblablement d'innombrables marques de morsures. L'absence de preuve n'est pas opposée à cette hypothèse : d'une part, les paléontologues n'ont jamais recherché les empreintes de dents de façon systématique ; d'autre part, les collectionneurs et les musées recherchent les squelettes complets plutôt que des morceaux isolés. Or, les squelettes complets sont souvent ceux d'animaux décédés de mort non violente, rapidement ensevelis et protégés des charognards.

Aase Jacobsen, du musée Royal Tyrrell, a récemment testé cette explication en comparant des fragments de squelettes isolés avec des squelettes presque complets : 14 pour cent des os isolés portent des traces de morsures d'animaux du type des tyrannosaures, contre seulement quatre pour cent des restes plus complets.

Certaines caractéristiques du tyrannosaure, tels sa couleur, son cri ou sa parade nuptiale, resteront probablement inconnues, mais leur comportement alimentaire est accessible grâce aux fossiles. Ces derniers nous ont permis de réexplorer la grande question des années 1980 : *T. rex* était-il un prédateur ou un charognard ?

Lors de sa découverte, il y a un siècle, les paléontologues ont immédiatement supposé qu'il était un prédateur. Toutefois, des griffes acérées et une mâchoire puissante ne sont pas l'apanage des prédateurs. Par exemple, la plupart des ours sont omnivores et ne tuent qu'une petite proportion de leur nourriture. En 1917, après avoir remarqué que les dents d'un crâne incomplet d'albertosaure se



Gregory M. Erickson

**4. LA MICROSTRUCTURE DES OS DE DINOSAURES révèle l'âge des animaux. Les os des individus âgés présentent des tubes osseux, nommés canaux haversiens (grands cercles, à gauche), qui ont remplacé les microfractures des os moins organisés des jeunes (à droite).**