

pour cent de l'humanité et la sélection génétique de un pour cent ou de un pour mille qui serait mieux adapté aux nouvelles conditions.

L'APOPTOSE INATTENDUE

Pour construire un organisme, on pense à une perpétuelle incrémentation, en termes d'ajouts successifs. Il n'en est pas ainsi. Le phénomène de mort de cellules est essentiel, en particulier dans la construction du système nerveux. Au cours des phases de développement, nous perdons, selon les régions du système nerveux, entre 20 et 80 pour cent des cellules. Le processus est l'apoptose : la mort cellulaire est une différenciation comme une autre, sauf qu'elle entraîne la mort de la cellule dans laquelle ces gènes de mort cellulaire sont, tout à coup, exprimés.

Chez un invertébré, les cellules sont programmées pour mourir. Chez un vertébré, elles mettent en route les programmes de mort en réponse à des signaux extérieurs. Les premiers gènes d'apoptose ont été découverts chez le nématode, un petit ver de 1 000 cellules, dont environ 300 neurones. On sait précisément quand une cellule va disparaître : tel neurone va mourir à tel moment, tel autre à tel moment, et cette fatalité est immuable. L'inattendu est qu'il n'y ait aucun inattendu.

Les biologistes ont identifié des gènes universels de l'apoptose, identiques chez les vertébrés et les invertébrés. Un d'entre eux est très intéressant, il s'appelle *bcl-2* chez les vertébrés et *ced-9* chez le nématode. Vous pouvez remplacer le gène *ced-9* du nématode par le gène *bcl-2* de l'homme sans aucun effet apparent. En revanche, la surexpression de *bcl-2* chez l'homme provoque des tumeurs, en particulier des tumeurs du système immunitaire.

Un organisme, on retrouve ici Claude Bernard, est un perpétuel contrôle de la croissance et de la mort des cellules. Une prolifération cellulaire est un dérèglement néfaste : des leucémies résultent d'hyperproliférations de cellules, d'autres sont dues au fait que certaines cellules «oublient» de mourir. Chez l'homme et le nématode, ce sont les mêmes gènes déviants qui oblitérent la mort cellulaire et mettent en péril la survie de l'individu. Cette identification ouvre des voies thérapeutiques : si l'on observe une pathologie intéressante chez le ver ou chez la mouche, on peut trouver les gènes humains correspondants qui sont responsables du même type de maladie.

D'où l'intérêt, immense et partiellement incompris, de la recherche fonda-



Claude Bernard (1844-1925), dans son laboratoire au Collège de France, en 1889.

mentale... sur le nématode ou d'autres organismes simples. Les malheureux biologistes qui travaillaient sur ces drosophiles ou sur ces vers – et dont certains se moquaient –, ont apporté beaucoup plus à la médecine que les grands programmes de recherche médicale. Le remède des maladies humaines passera souvent par l'étude du nématode ou de la mouche ou d'autres organismes simples comme la levure ou la bactérie, boîtes à outils du biologiste.

La médecine n'est pas assez à l'écoute de la biologie : nous vivons un lyssenkisme rampant. Le rythme de la science est par trop soumis à l'urgence des impératifs de santé, à une contrainte économique mal orientée.

Rappelons-nous Lyssenko. Le pouvoir soviétique accusait les généticiens de trop s'occuper des poils des mouches et pas assez des rendements du blé. Les généticiens qui n'acceptaient pas ce reproche étaient remis sur la bonne voie, vers la Sibérie. L'agriculture soviétique a payé cette façon de travailler dans l'urgence. Elle en pâtit encore.

N'est-il pas terriblement injuste d'accuser les scientifiques d'ignorer la demande sociale ? Qui ne voudrait découvrir le traitement du cancer ? Mais comment les scientifiques pourraient-ils satisfaire la demande technologique, ignorer les leçons de leur discipline ? Le chemin de la découverte n'est pas balisé, les grands programmes sont souvent une illusion volontariste permettant à des scientifiques de médiocre envergure d'assouvir leur soif de pouvoir. Il faut des programmes, bien entendu, mais la découverte scientifique n'est pas programmable, et son efficacité ne passe pas par un asservissement à la demande.

L'INATTENDU DANGEREUX

Comment, dans sa pratique, le scientifique traite-t-il l'inattendu ? Il est des inattendus qu'il hésite à divulguer dans la mesure où, incompréhensibles, ils sont peu crédibles. Vous me le demandez ! Oui cela est arrivé dans mon laboratoire. Nous avons observé, il y a bientôt dix ans, qu'une protéine traversait les membranes cellulaires. Cette protéine, qui est un facteur de transcription, aurait dû rester dans le noyau. Je ne sais pas encore si cette particularité a un sens biologique ou physiologique, car nous n'avons pas encore mis le phénomène en évidence dans l'animal entier, seulement en culture. Mais, du coup, nous avons identifié certaines propriétés moléculaires nécessaires à la traversée d'une membrane, qualités importantes pour envoyer un principe actif à l'intérieur d'une cellule : nous avons fabriqué un outil utile. Cependant notre sentiment est que l'essentiel nous échappe encore : aussi ne puis-je me prononcer sur l'importance de l'observation.

La découverte naît de l'inattendu interprété. Si vous testez une hypothèse et que le phénomène reproduit exactement ce que vous supposiez, les résultats ont sans doute peu d'intérêt : ils étaient dans les prémisses. Quand l'inattendu arrive, vous pouvez le glisser sous le tapis et oublier ce qui ne colle pas, en le baptisant artefact ; 999 fois sur 1000, c'est un artefact. Une fois sur 1 000, il faut prendre le risque d'y consacrer du temps. C'est dangereux : vous y passez du temps, de l'argent, vous engagez des étudiants, vous risquez des carrières. Toutefois, si à chaque fois que vous observez quelque chose qui ne colle pas, vous l'oubliez, votre recherche ronronnera.

La malédiction du tyrannosaure

ERIC BUFFETAUT

Un chercheur de fossiles est en prison : ne voulait-il pas s'approprier le résultat de ses fouilles ?

Pour être un saint, il ne faut pas aspirer au martyre. Peter Larson est un martyr en prison. Mais ce n'est pas un saint : il recherchait l'objet, *Tyrannosaurus rex*, pour lequel il est emprisonné.

Tyrannosaurus rex compte parmi les plus célèbres des dinosaures. Ce très grand carnivore, qui atteignait une douzaine de mètres de longueur, vivait dans l'Ouest de l'Amérique du Nord il y a un peu plus de 65 millions d'années (il fut l'un des derniers dinosaures). Le premier spécimen fut découvert par le paléontologue américain Barnum Brown, dans le Montana, en 1902, et permit à Henry Fairfield Osborn, de l'*American Museum of Natural History*, à New York, de définir un nouveau dinosaure auquel il donna le nom impressionnant de *Tyrannosaurus rex*. Avec la découverte en 1908, toujours par Brown et toujours dans le Montana, d'un second squelette plus complet, les paléontologues reconstituèrent l'ensemble du squelette de l'animal et, en 1915, le premier squelette monté d'un tyrannosaure devint une des principales attractions de l'*American Museum*.

Tyrannosaurus rex est l'une des stars du monde des dinosaures : il est reconstitué (de façon plus ou moins convaincante) par d'innombrables artistes, figure dans tous les livres consacrés aux animaux disparus, et tient un rôle de choix dans plusieurs films, de *King Kong* à *Jurassic Park*.

Cette popularité, liée à la taille énorme et à la férocité probable de l'animal, ne doit pas faire oublier que l'on ne connaît qu'un nombre restreint (guère plus d'une douzaine) de squelettes de *Tyrannosaurus rex*, généralement incomplets. Cette combinaison de relative rareté et de grande popularité explique que la découverte d'un nouveau spécimen soit un événement.

Surtout dans l'ambiance de «dino-manie» qui règne depuis quelques années aux États-Unis – et ailleurs.

Depuis 1990, un squelette de *Tyrannosaurus rex* a l'honneur de la presse :

il est au centre d'un feuilleton, plus juridique que scientifique, qui a mis en émoi la communauté paléontologique, et qui amène à se poser bien des questions parfois délicates : à qui appartiennent les fossiles ? Qui doit être autorisé à les récolter ? Quelle doit être la destination des spécimens recueillis ? Comment assurer que les spécimens paléontologiques importants puisse faire l'objet d'une étude scientifique sérieuse ?

LA DÉCOUVERTE

L'histoire commence en août 1990, lorsque Sue Hendrickson découvre les ossements d'un tyrannosaure dans les *badlands*, les régions arides ravinées par l'érosion, du Dakota du Sud. Sue Hendrickson travaille pour le *Black Hills Institute of Geological Research*, basé à Hill City, Dakota du Sud. Le *Black Hills Institute* est un organisme privé, dirigé par les frères Peter et Neal Larson et Robert Farrar, leur associé.

L'Institut possède un musée de paléontologie, mais se consacre principalement au commerce des fossiles, activité qui peut être lucrative. Des amateurs plus ou moins fortunés jusqu'aux grands musées du monde entier, les acheteurs potentiels ne manquent pas, et le marché des fossiles, à l'échelle internationale, est florissant. Un squelette de tyrannosaure, tant du point de vue commercial que du point de vue scientifique, est une découverte remarquable.

L'extraction du spécimen trouvé par S. Hendrickson nécessite quelques préalables. À qui appartient le terrain ? Cette question est la source de toutes les péripéties à venir. Le fossile a été découvert sur les terres d'une réserve indienne, celle des Sioux de la *Cheyenne River*. Plus précisément, il se trouve sur le ranch d'un agriculteur, Maurice Williams. C'est avec lui que P. Larson traitera. Contre la somme de 5 000 dollars, il obtient l'autorisation de fouille et, après un mois de travail acharné, son équipe de six personnes extrait des sédiments de la fin

du Crétacé un magnifique squelette presque complet de *Tyrannosaurus rex*, apparemment le plus grand jamais découvert. Il est surnommé Sue en l'honneur de sa découvreuse. Le squelette est transporté au *Black Hills Institute*, où la longue et méticuleuse préparation des ossements, qu'il faut extraire délicatement de leur gangue, commence. Le but final, aux dires de P. Larson, est de présenter le squelette dans le musée du *Black Hills Institute*, dont il serait le fleuron.

Les difficultés commencent, pour P. Larson et ses associés, lorsque le Conseil tribal des Sioux, sur la réserve desquels le squelette a été trouvé, s'interroge sur la propriété du fossile. Découvert sur une réserve indienne, n'appartient-il pas aux Indiens ? M. Williams pouvait-il vraiment donner au *Black Hills Institute* l'autorisation de prélever le dinosaure ? La question est d'autant plus compliquée que M. Williams, pour des raisons de fiscalité, a confié la gestion de ses terres à l'état fédéral. Le Conseil tribal se retourne donc vers ce dernier pour tenter de faire valoir ses droits. Les Indiens allaient-ils remporter dans les *Collines noires*, une nouvelle victoire de *Little Big Horn* ? En 1992 commence une enquête criminelle. Objet du délit : le tyrannosaure *Sue*.

Le problème se complique encore lorsque M. Williams nie avoir vendu quoi que ce soit au *Black Hills Institute*. Les 5 000 dollars reçus correspondaient à l'autorisation de fouille, maintient M. Williams, pas à l'achat du spécimen. Cette interprétation est bien sûr vigoureusement contestée par P. Larson. L'enquête suit son cours, et le 14 mai 1992, 35 agents du FBI investissent le *Black Hills Institute* et saisissent le squelette du tyrannosaure, lequel, encore incomplètement dégagé, pèse quelque dix tonnes !

LIBÉREZ SUE !

Déterminé à récupérer le précieux fossile, le *Black Hills Institute* se lance alors dans une campagne de protestation publique avec pour mot d'ordre «Libérez Sue». Les manifestations contre les procureurs chargés de l'affaire se succèdent. P. Larson et ses associés peuvent tabler sur les sentiments hostiles au gouvernement fédéral de bon nombre d'Américains, et la controverse prend un tour acerbe.

La question de la propriété du tyrannosaure étant décidément complexe, les enquêteurs s'intéressent alors aux autres activités du *Black Hills Institute*. Un des points qui retiennent leur attention est la collecte de fossiles sur des terrains fédéraux. En effet, si la loi américaine laisse les propriétaires de terrains pri-



En août, Sue Hendrikson découvre un tyrannosaure fossile.

vés libres d'y extraire des fossiles pour les vendre (ou d'en donner la concession à des chercheurs commerciaux), elle est intransigeante en ce qui concerne les terres publiques appartenant à l'État fédéral. Des permis sont exigés pour pouvoir y collecter des fossiles, et ces autorisations ne sont accordées qu'à des institutions scientifiques reconnues.

Une polémique a d'ailleurs débuté depuis peu au sujet d'un projet d'«ouverture» de ces terrains fédéraux à tous, perspective qui fait frémir nombre de paléontologues professionnels. Ceux-ci savent par expérience que leurs moyens financiers ne leur permettent pas toujours de soutenir la concurrence des marchands de fossiles. Quoi qu'il en soit, pour l'instant, les terrains fédéraux sont fermés à la récolte commerciale des fossiles.

Lorsque les enquêteurs, en juillet 1993, se livrent à une perquisition au siège du *Black Hills Institute*, ils passent au peigne fin les notes de terrain de cette organisation, pour y rechercher des traces de fouilles illégales sur des terrains fédéraux, et retrouver la provenance de fossiles appartenant à l'institut. Ces investigations sont complétées ensuite par la recherche d'indices matériels sur le terrain.

Au terme de cette longue enquête, qui aurait coûté des millions de dollars au FBI, le *Black Hills Institute* est finalement accusé de divers délits en novembre 1993. Ironie du sort (saure ?), le tyrannosaure Sue, dont la découverte a lancé l'affaire, ne figure pas parmi les fossiles dont la possession est reprochée à P. Larson et ses associés. Ce qu'on leur reproche, finalement, relève surtout de la «délinquance en col blanc», fraude fiscale, infractions à la législation douanière, etc. Pour ce qui est des fossiles, on ne peut

eux sont abandonnées en 1995, mais pas toutes, et P. Larson est finalement emprisonné en 1996.

guère reprocher aux frères Larson que le «vol» sur des terrains fédéraux de quelques spécimens d'une valeur ne dépassant pas 100 dollars. L'ensemble de ces charges suffit cependant, au terme d'un procès de sept semaines, à faire condamner P. Larson à deux ans de prison, alors que son frère n'écope que de prison avec sursis et que leur associé est acquitté. Après appel, certaines des charges pesant sur

ment à New York par Sotheby's (après que la préparation du spécimen ait été achevée). Les estimations sur le prix que devrait atteindre Sue varient grandement, même si le chiffre d'un million de dollars (ou plus) est souvent avancé...

À l'exception de M. Williams, personne n'est satisfait, évidemment, de cette décision. P. Larson est en prison, les Sioux se sentent floués et les associations paléontologiques qui se sont attaquées pendant des années aux positions du *Black Hills Institute* et au commerce des fossiles en général s'aperçoivent aujourd'hui que le tyrannosaure risque d'échapper définitivement aux paléontologues professionnels américains. Il est en effet peu probable qu'une institution officielle (du moins aux États-Unis) trouve les fonds nécessaires à l'achat de Sue, même si Sotheby's se déclare prêt à accorder des facilités de paiement aux seules institutions américaines.



P. Larson achète, pense-t-il, à M. Williams les droits sur le fossile.

VALEUR DU FOSSILE : 5 MILLIONS DE FRANCS

Que devient le tyrannosaure dans cette affaire ? Le tribunal décide que le *Black Hills Institute* n'a aucun droit sur le spécimen. Ce n'est pas pour autant que les Sioux ont satisfaction et se voient remettre le squelette ! Il est jugé que Maurice Williams est le propriétaire légal de Sue, même si l'État fédéral est responsable de ses terres. M. Williams est plus sensible à la valeur pécuniaire du tyrannosaure qu'à son intérêt scientifique, et le Bureau des Affaires Indiennes lui donne finalement l'autorisation de vendre le fossile, qui devrait être mis aux enchères prochaine-

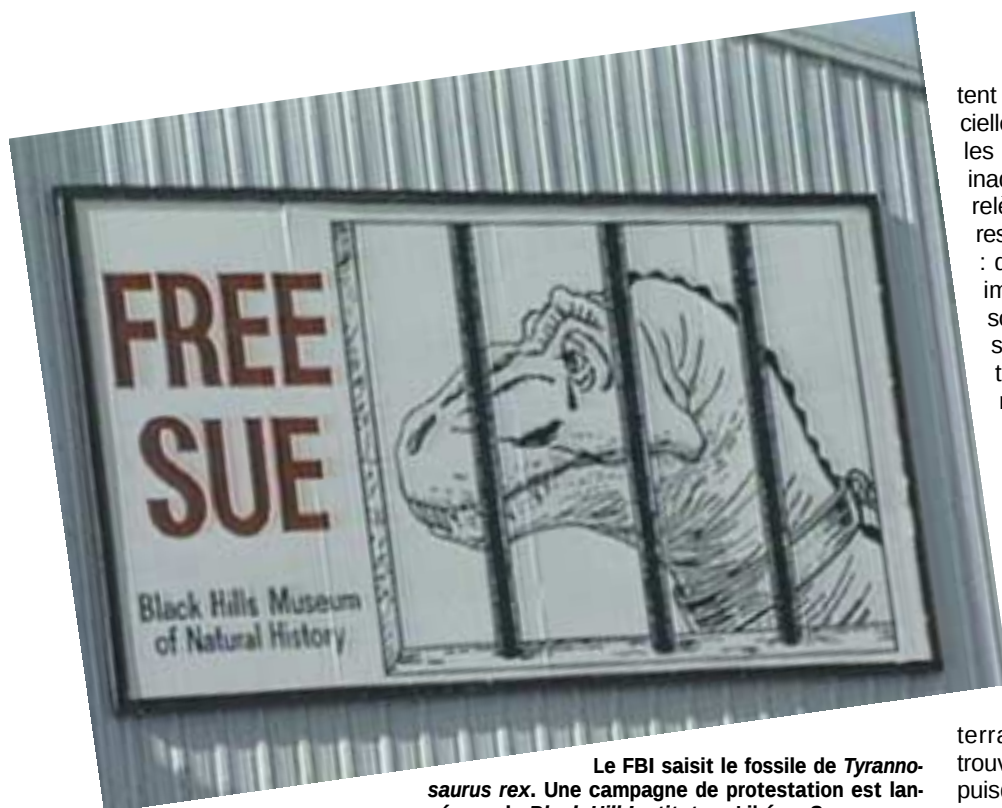
POURQUOI TANT DE YENS ?

De l'avis de beaucoup, le tyrannosaure risque fort de quitter les États-Unis, pour se retrouver dans une collection japonaise. Il est vrai que, depuis un certain nombre d'années, les Japonais s'intéressent aux dinosaures. L'archipel nippon est peu riche en terrains mésozoïques susceptibles de livrer des restes de ces animaux, même si un certain nombre de découvertes ont été réalisées ces dernières années.

Aussi les squelettes qui ornent certains musées et collections privées japonais proviennent, pour la plupart, d'Amérique du Nord. Ils sont achetés très chers et ont contribué à l'envol du marché des fossiles. Toutefois le péril japonais brandi si volontiers par les «protecteurs» des fossiles n'est qu'un



M. Williams, propriétaire du terrain, conteste la vente...



Le FBI saisit le fossile de *Tyrannosaurus rex*. Une campagne de protestation est lancée par le *Black Hill Institute* : «Libérez Sue».

aspect du problème plus vaste posé par l'affaire Sue.

La véritable question est celle de l'exploitation des sites fossilifères par des collecteurs commerciaux, et il n'est pas propre aux États-Unis, même si les problèmes y sont actuellement particulièrement aigus (en partie à cause des lois américaines).

Bon nombre de paléontologues professionnels déclarent leur hostilité au commerce des fossiles : ils regrettent un peu naïvement que ces objets d'intérêt scientifique puissent avoir un prix ! Or le marché international des fossiles existe, soumis comme les autres aux lois de l'offre et de la demande, et il est aussi naïf qu'illusoire de déplorer son existence. Après tout, le marché des œuvres d'art, biens culturels par excellence, existe aussi, et aucun directeur de musée artistique n'a jamais demandé sa suppression.

De surcroît, les collections paléontologiques des grands musées d'histoire naturelle du monde entier se sont constituées, et continuent à s'enrichir, par des achats de fossiles. Durant la première moitié du ^{xx}e siècle, les grandes institutions paléontologiques américaines, canadiennes et européennes se sont fournies en squelettes de dinosaures et autres vertébrés fossiles auprès de collecteurs-commerçants expérimentés.

Les plus célèbres furent certainement Charles Sternberg et ses fils, une véritable dynastie de paléontologues commerciaux qui exploita de nombreux sites aux États-Unis et au Canada. Ces pratiques ne choquaient personne à l'époque,

et il a souvent été plus facile et moins coûteux d'acquérir un squelette spectaculaire découvert et préparé par la famille Sternberg que de monter soi-même une expédition sur de lointains gisements fossilifères et d'assurer ensuite la préparation des spécimens recueillis.

Les musées eux-mêmes ne se sont pas privés, à l'occasion, de mettre en vente des fossiles appartenant à leurs collections. Un bel exemple, et qui concerne déjà un tyrannosaure, remonte à 1941, lorsque l'*American Museum of Natural History* de New York vendit au *Carnegie Museum* de Pittsburgh le type (c'est-à-dire le spécimen original à partir duquel l'espèce avait été nommée) de *Tyrannosaurus rex* ! Un des prétextes invoqués était le danger d'un bombardement de New York par les Allemands, ce qui était surestimer les possibilités de la Luftwaffe, même si l'idée pouvait paraître attrayante à Hitler. En fait, l'*American Museum* disposait depuis 1908 d'un second squelette de *Tyrannosaurus rex* plus complet que le type et n'avait apparemment pas de scrupules à vendre ses doubles (dans ce cas particulier, il est vrai, à un autre musée).

Ce qui conduit nombre de paléontologues et d'amateurs de dinosaures américains à se lamenter aujourd'hui sur le sort de Sue, et à se lancer dans des combats à l'issue incertaine (avec entre autres une campagne auprès du Congrès), c'est, au fond, qu'un bon nombre de fossiles extraits à des fins commerciales, y compris le tyrannosaure en question, sont aujourd'hui proposés à des prix qui les met-

tent hors de portée des institutions officielles. Les attaques que l'on peut lire sur les méthodes de fouilles prétendument inadéquates des marchands de fossiles relèvent plutôt de la rhétorique. Il n'en reste pas moins que le problème est réel : des fossiles paléontologiquement importants échappent à toute étude scientifique, parce qu'ils disparaissent sans laisser de trace chez des collectionneurs privés peu soucieux de les mettre à la disposition des chercheurs.

La question ne se pose pas seulement aux États-Unis, bien sûr, même si elle se pose dans ce pays avec une acuité particulière, du fait des lois en vigueur et du développement du commerce des fossiles. Le grand problème, au départ, est celui de la propriété des fossiles, avant même qu'ils ne soient extraits du sol. Aux États-Unis, en dépit des projets d'«ouverture» des terrains fédéraux à tous, les fossiles trouvés sur ceux-ci demeurent protégés, puisqu'il faut des permis officiels pour les extraire. Sur les terrains privés, en revanche, le propriétaire est maître chez lui et peut fort bien donner la préférence à un marchand de fossiles moyennant une contrepartie financière.

LE PLÉSIOSAURE DE MILLAU

En France, une loi récente prévoit la protection des sites paléontologiques importants, mais dans la pratique, le problème de la propriété des fossiles se pose aussi. La première précaution que prend un paléontologue responsable désireux de fouiller un gisement de fossiles, c'est de trouver le propriétaire du terrain (au moyen du cadastre, si besoin est), et de lui demander l'autorisation de fouiller et de conserver les fossiles découverts (dans une institution reconnue). Ce propriétaire peut être une personne privée, une commune ou l'État. La réponse peut être négative. Cependant, l'exemple des activités de fouilles du Musée des dinosaures d'Espéraz (Aude) depuis 1989 sur un bon nombre de sites du Languedoc et des Pyrénées, montre que les propriétaires sont le plus souvent coopératifs.

Il n'en reste pas moins que, sans pour l'instant aller jusqu'aux excès de l'affaire du *Black Hills Institute*, la question de la propriété des fossiles peut conduire en France devant le tribunal. En 1986, un squelette d'un reptile marin jurassique du groupe des plésiosaures trouvé près de Millau (Aveyron) fit l'objet d'un procès. Les premiers ossements de cet animal avaient été trouvés par un jeune garçon parti à la recherche de fossiles, qui avait

averti le Musée de Millau, lequel organisa l'extraction en bonne et due forme du reste du squelette. C'est alors que la famille du découvreur se lança dans une action en justice afin de récupérer la moitié du fossile, conformément à la loi française sur les trésors, auquel elle assimilait le plésiosaure.

Le tribunal jugea qu'il ne s'agissait pas d'un trésor (qui, selon la loi, doit être trouvé de façon fortuite, ce qui n'était pas le cas), mais ordonna que les os trouvés par le découvreur lui soient rendus (on peut se demander à quoi ils peuvent bien lui servir ; le musée, lui, peut aisément les remplacer par des moulages), le reste appartenant à la commune où le fossile avait été trouvé – et qui a décidé de le déposer au Musée de Millau. Ce jugement de Salomon illustre à merveille les difficultés juridiques qui peuvent s'élever en France au sujet de fossiles.

L'IRE DES PROFESSIONNELS EST-ELLE JUSTIFIÉE?

La solution passe-t-elle pour autant par des restrictions au droit de collecter des fossiles ? C'est ce que prônent certains paléontologues : ils souhaiteraient que seuls les chercheurs professionnels y soient autorisés. Ce point de vue est quelque peu simpliste. Il est normal que les sites de grande importance scientifique soient exploités selon des méthodes bien définies afin d'en tirer toute l'information possible, et soient «réservés» aux professionnels ; en revanche, sur de nombreux gisements fossilifères, le ramassage des fossiles par le

plus grand nombre possible de collectionneurs, qu'ils soient amateurs ou professionnels, est au contraire souhaitable. C'est le cas, par exemple, de falaises côtières soumises à une érosion intense, ou de carrières en exploitation. Dans de tels cas, la «durée de vie» d'un fossile après qu'il est mis au jour est très limitée, et comme il est matériellement impossible aux paléontologues professionnels d'exercer une surveillance constante sur de tels sites, l'action du plus grand nombre est souhaitable.

Reste ensuite à persuader les amateurs que la place la plus souhaitable pour un fossile intéressant n'est pas nécessairement la cheminée de leur salon, ou même les tiroirs de leur collection. Il peuvent être persuadés que leur activité se trouvera valorisée si leurs découvertes peuvent faire l'objet d'études scientifiques et être préservées pour la postérité dans une institution officielle.

Reste aussi aux paléontologues professionnels à ne pas considérer systématiquement les amateurs comme des pillards et des concurrents, et à établir avec eux des relations de confiance réciproque. L'expérience montre que la coopération est souvent possible.

Quel statut réserver aux professionnels qui s'adonnent au commerce des fossiles ? Grande est la tentation de condamner sans appel leurs pratiques. Les mesures restrictives préconisées imposent... une certaine mesure. Comme nous l'avons vu, beaucoup de musées, s'ils en ont les moyens, achètent des fossiles à des marchands, et il serait pour le moins hypocrite pour les chercheurs de ces institutions de fulminer contre un commerce qu'ils encouragent par leurs achats.

D'un point de vue purement scientifique, si un fossile intéressant se trouve sur le marché, il est certainement plus satisfaisant qu'il soit acheté par une institution reconnue, qui le mettra à la disposition des cher-

cheurs, que par un collectionneur privé. Il faut savoir aussi que dans certaines régions du monde, comme le Nord-Est du Brésil ou le Sud marocain, la récolte et la vente des fossiles constituent une activité économique non négligeable pour des populations dont les ressources sont maigres. Nombre de fossiles d'un très grand intérêt scientifique provenant de ces endroits ne sont accessibles aux spécialistes que par voie commerciale.

On peut le regretter, tonner contre, mais la diabolisation est-elle efficace ? Tant qu'il existera un marché pour les fossiles, leur commerce continuera. Et ce qui était valable au début du siècle peut l'être encore dans certains cas : il peut être plus simple, et même plus économique de se procurer certains fossiles auprès d'un commerçant sérieux et compétent que de monter soi-même une expédition lourde et difficile. Ce n'est pas pour autant, bien sûr, que les paléontologues doivent renoncer à aller eux-mêmes sur le terrain. Les commerçants peuvent dans certains cas jouer le rôle d'avant-garde, et attirer l'attention des professionnels sur de nouveaux gisements qui pourront ensuite faire l'objet de missions scientifiques.

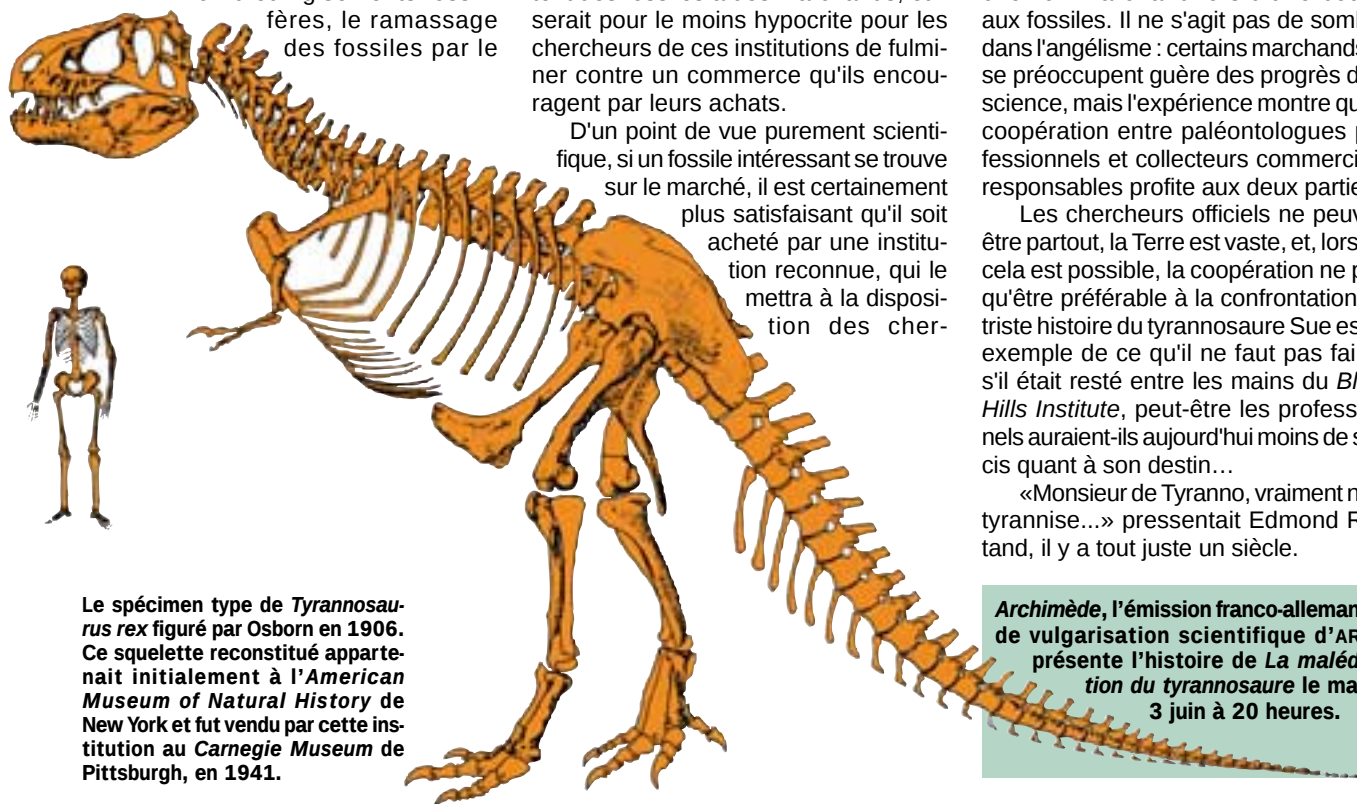
Une telle coopération est illustrée par l'exemple récent du plus ancien proboscideen connu, *Phosphatherium escuilliei*, cet «éléphant» primitif de la taille d'un chien provenant de gisements de phosphates marocains vieux de quelque 55 millions d'années, et dont le premier et le deuxième spécimens furent trouvés chez un marchand lors d'une bourse aux fossiles. Il ne s'agit pas de sombrer dans l'angélisme : certains marchands ne se préoccupent guère des progrès de la science, mais l'expérience montre que la coopération entre paléontologues professionnels et collectionneurs commerciaux responsables profite aux deux parties.

Les chercheurs officiels ne peuvent être partout, la Terre est vaste, et, lorsque cela est possible, la coopération ne peut qu'être préférable à la confrontation. La triste histoire du tyrannosaure Sue est un exemple de ce qu'il ne faut pas faire : s'il était resté entre les mains du *Black Hills Institute*, peut-être les professionnels auraient-ils aujourd'hui moins de soucis quant à son destin...

«Monsieur de Tyranno, vraiment nous tyrannise...» pressentait Edmond Rostand, il y a tout juste un siècle.

Archimède, l'émission franco-allemande de vulgarisation scientifique d'ARTE présente l'histoire de La malédiction du tyrannosaure le mardi 3 juin à 20 heures.

Le spécimen type de *Tyrannosaurus rex* figuré par Osborn en 1906. Ce squelette reconstitué appartenait initialement à l'*American Museum of Natural History* de New York et fut vendu par cette institution au *Carnegie Museum* de Pittsburgh, en 1941.



Les flambées boursières...

CHRISTIAN WALTER

... sont parfois dues à des événements rares de l'économie réelle, aux fortes conséquences.

À lire la presse, «La finance flambe», «L'économie réelle disparaît sous la sphère financière», «La bulle financière devient dangereuse», «Une gigantesque bulle spéculative, éloignée des réalités économiques...» ; les commentaires alarmistes pleuvent lors des grandes variations boursières, qu'il s'agisse de ruptures, d'envolées brutales des cotations, d'amples mouvements de hausse ou de baisse apparemment incontrôlés. Le président de la Réserve fédérale américaine, Alan Greenspan, abonde dans ce sens lorsqu'il décrit «l'exubérance irrationnelle» des marchés boursiers, exubérance qui risque «d'affecter l'économie réelle». Comment analyser ces démesures apparentes ?

Démasure par rapport à quoi ? Une «bulle» est une différence entre un prix théorique, reflétant la valeur «fondamentale» du bien économique, et le prix de marché. Il y a bulle quand l'importance de l'écart incite à penser que l'évolution des prix du marché n'est pas justifiée par un changement des fondamentaux.

À l'opposé, de grandes variations peuvent résulter de chocs affectant l'économie «réelle» ou d'anticipations des

opérateurs sur les conséquences de ces chocs, même si ces chocs sont des événements très peu probables. Quand ils ne se produisent pas, la menace qu'ils représentaient est oubliée, et la spéculation apparaît sans cause.

LA RARETÉ CRÉE LES DÉRÈGLEMENTS

Ainsi peut-on réanalyser la crise financière célèbre, celle de la «folie des tulipes» (*tulipmania*) qui eut lieu en Hollande entre 1634 et 1637 ; le grand mouvement continu de hausse des cours qui a précédé la chute a longtemps été considéré comme l'archétype de la bulle spéculative. L'économiste et prix Nobel Samuelson n'évoquait-il pas en 1967 «l'autoréalisation d'un monde purement financier issu des rêves d'un groupe mal identifié». Or, l'analyse historique a montré depuis que la valeur fondamentale de la tulipe était affectée.

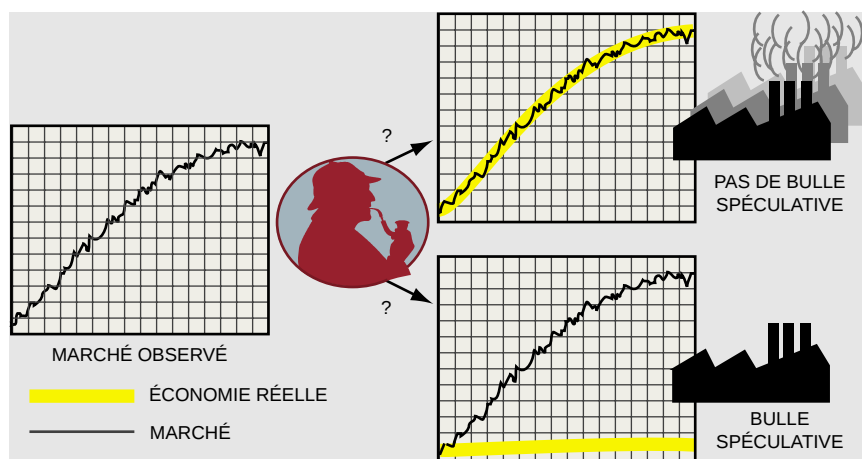
Un exemple plus proche est celui des grandes fluctuations du peso mexicain en 1976. Des opérateurs ont vendu massivement pour anticiper une dévaluation possible du peso, dont la probabilité était faible, mais qui aurait eu de fortes

conséquences. La dévaluation n'a pas eu lieu, ce qui est la règle pour les événements de faible probabilité. Toutefois, ces anticipations ont, par effet autoréalisateur, engendré de fortes variations de cours. Depuis, le «cas du peso» désigne des perturbations du marché résultant d'événements très peu probables, mais aux conséquences graves. Autres exemples, la fermeture du détroit d'Ormuz pendant la guerre Iran-Irak ou, plus récemment, des risques de catastrophes naturelles (tremblement de terre au Japon) ou artificielles à effets importants sur l'environnement (accident de centrale nucléaire ou naufrage de pétrolier géant, obligeant les assureurs à payer de fortes indemnités) ; dans ces situations, les intervenants sur le marché sont plus sensibles à l'événement de petite probabilité mais de grande conséquence, qu'aux autres possibilités de l'économie réelle. La «masse» de cet événement attire toutes les anticipations des opérateurs, conduisant alors à de fortes fluctuations. Chaque intervenant achète ou vend en fonction d'une valeur très différente de la valeur fondamentale initiale.

Si l'événement pressenti n'a pas eu lieu, on sera tenté de diagnostiquer, après-coup, l'existence d'une bulle spéculative, car les données de l'économie réelle ne justifieront pas *ex post* les évolutions financières. En fait, il y a bien eu modification probable de la valeur fondamentale du titre et il n'y a donc pas de bulle. Les intervenants n'ont fait que traduire dans les cours les changements possibles de valeur fondamentale. C'est la très petite probabilité d'une grande modification de la valeur fondamentale de l'objet économique réel qui produit les grandes fluctuations financières du marché.

Lorsqu'on observe de grandes fluctuations des marchés, les opérateurs s'interrogent : est-ce une déviation non justifiée du prix de la valeur fondamentale ou une agrégation dans les prix d'une modification des fondamentaux. C'est seulement dans la première situation qu'il sera possible de parler de bulle. Dans la seconde, une information nouvelle a été incorporée dans les cours, et le marché a bien fonctionné. Une bonne modélisation des fondamentaux, incluant les événements réels rares, est un travail préliminaire indispensable si l'on veut à raison qualifier de «bulle» une hausse (ou une baisse) apparemment incontrôlée des cours. Après avoir estimé la valeur fondamentale de l'objet économique réel, on sera en mesure de choisir entre un marché efficace ou une bulle financière.

Les grandes variations boursières ne seraient-elles que le reflet financier des événements rares de l'économie réelle ?



L'observateur qui constate une forte hausse des cours, s'interroge : y a-t-il modification des données de l'économie réelle ou mouvements spéculatifs ? Il y a emballement boursier sans bulle si la valeur fondamentale est affectée par un événement rare de l'économie réelle.