

> que s'inspirer des robes des animaux actuels pour essayer de deviner les couleurs des animaux disparus. En conséquence, les restitutions des robes de dinosaures sont très variables : certaines sont d'un ton terreux rappelant celui des reptiles et amphibiens ; d'autres portent les teintes éclatantes des dinosaures actuels, c'est-à-dire des oiseaux.

Toutefois, d'autres chercheurs et moi avons fait au cours des onze dernières années une série de découvertes, qui réduisent les doutes dans la reconstitution des robes (ou des plumages) de dinosaures. Nous sommes en effet parvenus à mettre en évidence des structures porteuses de mélanine dans des dizaines de fossiles. En étudiant leurs formes et leur organisation, nous avons pu déduire les couleurs et les motifs qui ornaient des dinosaures et plusieurs autres espèces animales éteintes. Et ces informations ont livré d'intéressants indices sur le comportement et l'habitat de ces organismes.

MÉLANINE RÉSISTANTE À LA FOSSILISATION

Quel a été notre cheminement ? Après avoir lancé l'idée que la mélanine d'organismes vertébrés, comme celle des céphalopodes, avait très bien pu résister à la fossilisation, il me fallait la mettre à l'épreuve. Pour ce faire, je devais trouver des fossiles présentant des taches sombres dans les régions du corps susceptibles de contenir de la mélanine : les phanères (plumes, poils...) et les yeux. Et il me fallait pouvoir examiner ces zones sombres au microscope électronique, ce qui nécessite parfois de prélever sur le fossile un échantillon assez petit pour rentrer dans l'appareil. Or les fossiles bien conservés sont rares et jalousement protégés par les muséums...

Heureusement, la formation de Fur Ølst, au Danemark, a livré de nombreux fossiles datant de l'Yprésien (56 à 47,8 millions d'années) extrêmement bien conservés. Ce remarquable gisement de mon pays natal allait me permettre de tester mon idée. J'ai pu convaincre le conservateur des fossiles de vertébrés du Muséum géologique de Copenhague de découper dans un bloc de calcaire contenant le fossile d'un petit oiseau un échantillon ayant les dimensions d'une tranche de pain. C'était nécessaire pour que l'on puisse placer sous le faisceau du microscope électronique ce fossile, qui présentait des taches au niveau des yeux et des impressions de plumes.

J'avais une assez bonne idée de ce qu'il fallait rechercher. J'avais lu de nombreux articles pour savoir comment la mélanine se présente dans les plumes des oiseaux actuels. Ce pigment est synthétisé au sein de cellules spécialisées, nommées mélanocytes, par des organites dédiés – les mélanosomes. Il reste en général enfermé dans ces organites longs

FOSSILE DE *PSITTACOSAURUS*

Des restes de peau entourent toujours son squelette. Ils semblent plus colorés sur le haut du corps (dos) que sur le bas (ventre).



de 0,5 à 2 micromètres et dont il existe deux formes. La première, cylindrique, produit la variante de la mélanine nommée eumélanine, qui absorbe la lumière de toutes les longueurs d'onde (y compris les ultraviolets). C'est l'eumélanine qui confère sa couleur noire à l'encre du calmar et aux plumes du corbeau. La seconde forme de mélanosome est globulaire. Elle produit la phéomélanine, variante de mélanine qui donne une couleur rouille. L'absence de pigments sur les plumes se traduit par une couleur blanche. Quant aux couleurs grises et brunes observées parfois, elles résultent de combinaisons de zones riches en eumélanine et phéomélanine et de zones dépourvues de pigments.

J'avais aussi consulté l'un des plus grands spécialistes de la couleur des oiseaux : Richard Prum, de l'université Yale. Comme le cas de l'encre fossile prouvait que l'eumélanine peut se conserver, j'ai pensé qu'il me fallait rechercher d'abord ce pigment dans les plumes. En discutant avec Richard Prum et Vinod

Saranathan, son doctorant d'alors, j'ai appris que les mélanosomes cylindriques sont disposés d'une façon caractéristique le long des barbes et des barbules dont la plume est constituée. C'est au cours du développement que les kératinocytes (les cellules spécialisées à l'origine des phanères) les disposent en ces endroits. Ainsi, si les taches sombres visibles sur le fossile de l'oiseau danois provenaient bien de la mélanine, alors le microscope devait me montrer des mélanosomes cylindriques fossilisés le long des barbes et des barbules.

Impatient, je zoomai sur les plumes fossiles et observai aussitôt des millions de structures de forme cylindrique ! Malheureusement, comme une ligne du métro de Copenhague passe à moins de 50 mètres du sous-sol où est installé le microscope électronique du musée, les vibrations empêchaient l'obtention d'images bien nettes. Elles l'étaient toutefois assez pour que l'on distingue des cylindres. J'envoyai immédiatement mes prises de vue à Derek Briggs, mon directeur de thèse à Yale. Ce pionnier de l'étude des fossiles bien conservés me répondit avec moins d'enthousiasme que je ne l'espérais. Il me déclara que ces structures étaient bien connues : depuis des décennies, lui-même et d'autres chercheurs en découvraient dans les plumes et les poils fossiles et ils les identifiaient à des bactéries.

Je continuais cependant à penser que les structures cylindriques en question étaient bien

portèrent et Derek Briggs commença à s'habituer à l'idée. Il ne se laissa toutefois convaincre définitivement qu'après la confirmation par Richard Prum de la très exacte ressemblance de mes structures à des mélanosomes.

UN DEUXIÈME EXEMPLE POUR CONVAINCRE

Pour s'en persuader complètement, Derek Briggs voulait un autre exemple. Il fouilla dans la littérature scientifique et trouva la description d'une petite plume vieille de 108 millions d'années découverte au Brésil. Ce fossile comportait des bandes de couleurs noires et blanches distinctes (voir l'illustration page 63). Étant donné que la coloration blanche résulte d'une absence de pigments, Derek Briggs pensait que si nous pouvions montrer que ce spécimen contenait des mélanosomes alignés uniquement dans les bandes noires, nous aurions assez d'éléments pour défendre notre point de vue.

Après avoir obtenu le prêt du spécimen brésilien, nous avons placé sous le microscope électronique le bloc entier dans lequel il se trouvait. J'ai alors vu, dans les bandes noires de cette plume, des milliers de petits mélanosomes alignés le long des axes des barbes et barbules. L'examen des bandes blanches, en revanche, n'a révélé que la matrice rocheuse, c'est-à-dire exactement ce que l'on pouvait attendre en l'absence de pigment.

Depuis la publication de ces résultats, en 2008, mon équipe et plusieurs autres ont décrit la découverte de mélanosomes et d'autres pigments dans divers fossiles. Des chercheurs se sont aussi mis à étudier la chimie de la mélanine fossile et leurs résultats corroborent les observations suggérant que la mélanine peut traverser quasi intacte les millions d'années. Avec Caitlin Colleary, alors étudiante à l'université de Bristol où je travaille aujourd'hui, nous avons montré que les légères altérations apparaissant dans la mélanine fossile sont la conséquence des fortes pression et température régnant dans le sol profond (quelques chercheurs maintiennent encore que les structures observées seraient des bactéries, mais ils sont à court d'arguments).

Notre résultat le plus spectaculaire est la reconstitution de couleurs de plumes de dinosaures. En 2009, mes collègues de Yale et moi nous sommes associés à Matthew Shawkey et Liliana D'Alba, à l'université de Gand en Belgique, et à d'autres chercheurs pour reconstituer les couleurs du plumage d'*Anchiornis huxleyi*. Il s'agit d'un petit dinosaure prédateur qui, il y a environ 155 millions d'années, vivait dans ce qui allait devenir le nord de la Chine. Tout comme l'oiseau provenant du Danemark que j'avais étudié auparavant, le fossile d'*Anchiornis* présentait des taches sombres visibles à l'œil nu, qui suggéraient la présence de matière ➤



Impatient, je zoomai sur les plumes fossiles et observai aussitôt des millions de structures de forme cylindrique



des mélanosomes fossiles. Je fis part de mes arguments à Derek Briggs : d'une part, ces structures ont la bonne taille et la bonne forme ; d'autre part, leur orientation dans la structure des plumes est identique à celles des mélanosomes noirs dans les plumes actuelles ; enfin, le cas de l'encre de calmar fossile prouvait que la mélanine peut se fossiliser. Ces arguments