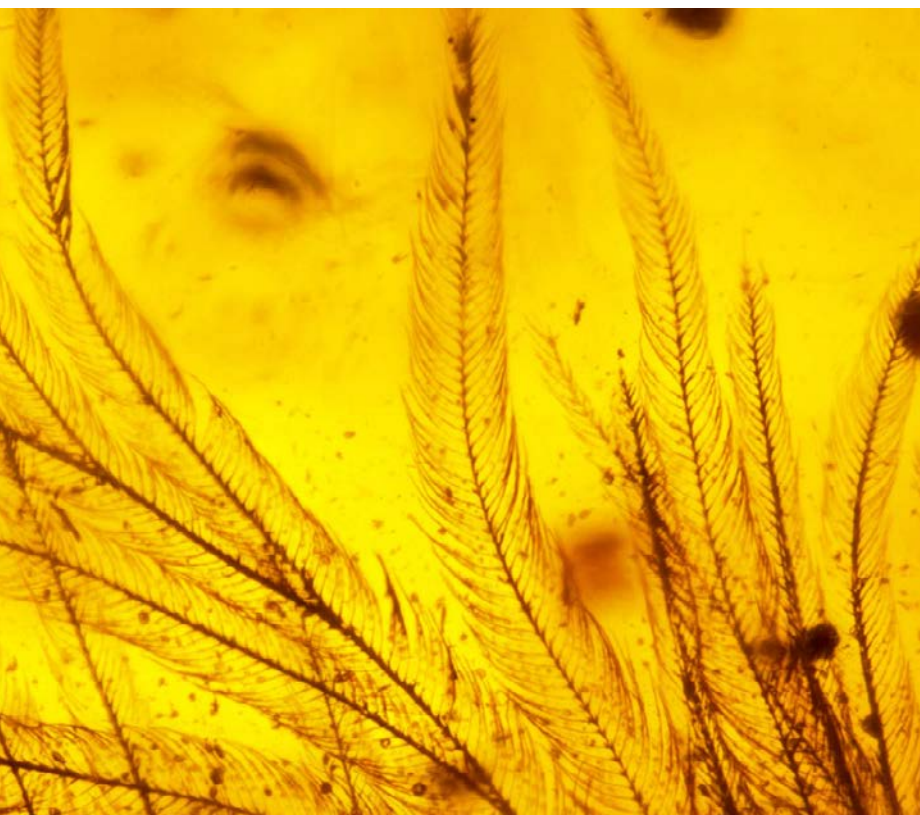




PLUMES DE DINOSAURES

Celles-ci proviennent de la queue d'un petit dinosaure non avien découverte dans un bloc d'ambre birman. Elles comportaient un rachis (tige centrale), ainsi que des barbes (branches) et des barbules (rameaux) imbriquées.

diffraquent la lumière. Son plumage devait donc être noir, mais avec le même type de reflets que celui du corbeau.

Récemment, Jennifer Peteya, de l'université d'Akron dans l'Ohio, et Matthew Shawkey ont découvert la même iridescence chez *Bohaiornis*, un oiseau de Chine du groupe des énantionithes, qui était doté d'une longue queue formée de deux plumes.

DU PLUMAGE AU COMPORTEMENT

Les pigments fossiles ont aussi l'intérêt de révéler des facettes auparavant inconnues de la vie quotidienne des dinosaures et d'autres animaux disparus depuis longtemps. En raison de la très grande taille de ses orbites, les paléontologues pensaient par exemple que *Microraptor* était nocturne. La découverte de son plumage iridescent suggère qu'il était en fait diurne, car ce type de coloration se rencontre aujourd'hui généralement chez des espèces actives durant la journée. Quant aux couleurs vives d'*Anchiornis*, elles permettaient probablement d'attirer un partenaire ou jouaient un rôle dans la parade nuptiale, comme les ramages parfois si criards des oiseaux modernes. La restitution des plumages de dinosaures pourrait ainsi nous fournir les moyens de tester nos hypothèses sur leurs comportements.

Les mélanosomes fossiles peuvent aussi nous aider à préciser dans quel type d'environnement une forme de vie disparue vivait. Nous

avons mené notre premier essai en ce sens grâce à un splendide fossile de *Psittacosaurus*, un petit dinosaure végétarien apparenté au célèbre *Triceratops*. Assez fréquents dans le nord-est de la Chine, les squelettes de cette espèce sont souvent très complets. Le spécimen que nous avons étudié sort du lot cependant, puisqu'il est entouré d'un mince film : les vestiges d'une peau et de délicates écailles. Sa queue présente de longues soies filamenteuses, qui pourraient être des précurseurs de plumes. Toutes les découvertes précédentes de plumes concernaient des dinosaures principalement carnivores – des théropodes. *Psittacosaurus* appartient, lui, à un groupe de dinosaures herbivores : les cératopsiens. C'est peut-être un indice que le plumage était bien plus répandu chez les dinosaures qu'on ne le pensait.

Lors de ma première observation de ce spécimen en 2009, soit un an après l'annonce de la découverte de mélanosomes dans des oiseaux fossiles, j'ai vu d'emblée des indices de la présence d'un magnifique motif coloré sur tout le corps. Il était subtil, puisqu'il comportait de fines marbrures, des points et des traits. J'ai aussi pu constater que l'animal avait le dos sombre et le ventre pâle. L'opposition de ton entre le dos et le ventre contrebalance l'ombre créée sur l'animal par l'éclairage ambiant, ce qui a pour effet de le rendre moins visible dans le paysage. Nommée contre-illumination, cette forme de camouflage se rencontre aujourd'hui chez de nombreux animaux, depuis les dauphins jusqu'aux cerfs en passant par les antilopes et les requins.

Quand j'ai montré le motif de la robe de *Psittacosaurus* à Innes Cuthill, dont l'équipe étudie le camouflage animal à l'université de Bristol, nous avons compris qu'il y avait là l'occasion d'étudier la contre-illumination chez un dinosaure et d'en déduire le type de milieu où il vivait.

Pour reconstituer l'habitat d'un animal, les chercheurs réunissent généralement des indices fournis par les fossiles d'autres animaux et de végétaux découverts à proximité. Ce type d'approche est problématique, car, souvent, le milieu où un fossile est découvert ne correspond pas à celui où l'organisme vivait. Le psittacosure chinois, par exemple, a été retrouvé dans les sédiments d'un ancien lac, alors que ce dinosaure ne semble pas avoir été aquatique.

Récemment, Innes Cuthill et ses collaborateurs ont étudié la contre-illumination chez les ongulés actuels (chevaux, antilopes, chameaux, sangliers, rhinocéros...). Le camouflage par contre-illumination implique une coloration plus sombre sur le haut du corps que sur le bas, mais le contraste des deux tons et la nature de la transition diffèrent d'une espèce à l'autre. L'équipe d'Innes Cuthill a étudié la contre-illumination chez les ongulés pour ➤

> essayer de mettre en évidence si la variation de ton qui produit ce camouflage est corrélée aux conditions de luminosité, lesquelles varient avec la latitude et la densité de végétation. Or ses résultats vont dans ce sens.

De façon générale, dans un milieu ouvert, la lumière solaire directe tend à créer une ombre qui monte haut sur le corps, avec une transition bien nette vers la zone du corps illuminée. Les animaux vivant dans un tel habitat présentent en général une contre-illumination adaptée: le dos est sombre et le cède brusquement à un ventre clair, donc sans zone de coloration intermédiaire. L'antilope d'Amérique (*Antilocapra americana*) est un cas typique de ce genre de contre-illumination. Dans les habitats fermés, en revanche, de la lumière diffuse à travers la végétation et se disperse dans toutes les directions, ce qui produit une ombre moins haute sur le corps, accompagnée d'une transition douce vers la zone éclairée. Les animaux de ce genre d'habitat tendent à présenter une contre-illumination où la transition du ventre clair au dos plus sombre est progressive, ce qui est le cas par exemple des cerfs à queue noire (*Odocoileus hemionus*) et à queue blanche (*O. virginianus*), communs dans les forêts nord-américaines.

CAMOUFLAGE PAR CONTRE-ILLUMINATION

Le simple examen visuel du spécimen de *Psittacosaurus* révélait un certain type de contre-illumination, mais lequel? Pour le déterminer avec plus de précision, nous avons cartographié la répartition de la mélanine conservée sur le fossile à l'aide d'une technique d'imagerie spéciale. Avec le concours du paléoartiste britannique Bob Nicholls, nous avons ensuite projeté la carte obtenue sur un modèle précis et en grandeur nature du dinosaure. Nous avons ainsi établi que la transition du foncé au clair se situait bas sur le ventre et la queue de *Psittacosaurus*.

Afin de préciser la fonction exacte de ce camouflage par contre-illumination, nous avons photographié les ombres formées sur une copie peinte en grise de notre modèle grandeur nature dans toute une série de conditions d'éclairage, du soleil le plus éclatant jusqu'au ciel plombé de nuages, et cela tant sous des conifères qu'en terrain dégagé. Nous avons ensuite inversé les nuances sombres et claires des photographies afin de définir les contre-illuminations adaptées à telle ou telle condition. De cette façon, nous sommes parvenus à la conclusion que le type de contre-illumination de *Psittacosaurus* était adapté à un milieu baigné par une lumière diffuse: une forêt à canopée par exemple.

Enfin, les pigments conservés dans les proies probables de certains dinosaures peuvent aussi nous renseigner sur eux. Chez les insectes, la plupart des motifs colorés sont en effet

apparus au cours de l'évolution afin de leur éviter d'être dévorés. Or les fossiles des névroptères, un grand groupe d'insectes prédateurs généralistes, en offrent un exemple fascinant. Il y a entre 170 et 150 millions d'années, les ailes de certains névroptères ont commencé à arborer des ocelles, c'est-à-dire des taches en forme d'yeux, susceptibles d'intimider un prédateur approchant très vite. Ces insectes ont été parmi les premiers à acquérir de tels caractères.

Contre quel type de prédateurs se défendaient-ils? La plupart des motifs colorés des insectes actuels sont destinés à tromper les oiseaux, leurs principaux prédateurs. Toutefois, les névroptères sont antérieurs aux oiseaux tels que nous les connaissons. On pense donc que leurs prédateurs étaient des paraviens, c'est-à-dire des membres du groupe (Paraves) de dinosaures théropodes contemporains des névroptères, qui allait donner les oiseaux (entre autres). Le registre fossile des paraviens n'indique pas clairement à quel moment la capacité de voler est apparue, mais l'apparition d'ocelles chez les névroptères constitue un indice qu'une intense pression de prédation s'est exercée sur eux, celle-ci étant probablement due à des animaux volants. Les ocelles des insectes nous renseignent donc sur la date d'apparition du vol chez les dinosaures.

La recherche sur les paléocouleurs est loin d'être close. Il reste des pigments à rechercher et à identifier dans les fossiles, notamment les caroténoïdes qui produisent les rouges et des jaunes vifs et les porphyrines qui donnent des tons verts, rouges et bleus. Occasionnellement, de tels pigments ont été découverts dans certains fossiles – notamment des caroténoïdes dans des bactéries fossiles vieilles de plusieurs milliards d'années et des porphyrines dans un moustique gorgé de sang vieux de 46 millions d'années, ou encore dans les œufs d'un oviraptorosaure datant de 66 millions d'années. Des pigments inconnus chez les organismes actuels ont aussi été découverts au sein d'organismes bien plus anciens.

Il est clair que nous finirons par nous heurter à des limites, puisque après des millions d'années de fossilisation, une partie de l'information est irrémédiablement perdue. Nous avons aussi une forte contrainte: les fossiles exceptionnels, dans lesquels le matériau organique est conservé, sont si rares et si précieux qu'il est hors de question de les détruire en y prélevant trop d'échantillons. Cependant, comme les techniques progressent, les découvertes qu'elles rendent possibles vont sans aucun doute changer notre vision du passé de plus en plus vite. Chacune de ces découvertes nous rapprochera du moment où nous verrons les dinosaures ou d'autres animaux éteints tels qu'ils étaient réellement: en couleurs! ■

BIBLIOGRAPHIE

J. Vinther et al., **3D camouflage in an Ornithischian dinosaur**, *Current Biology*, vol. 26(18), pp. 2456-2462, 2016.

J. Vinther et al., **The colour of fossil feathers**, *Biology Letters*, vol. 4(5), pp. 522-525, 2008.