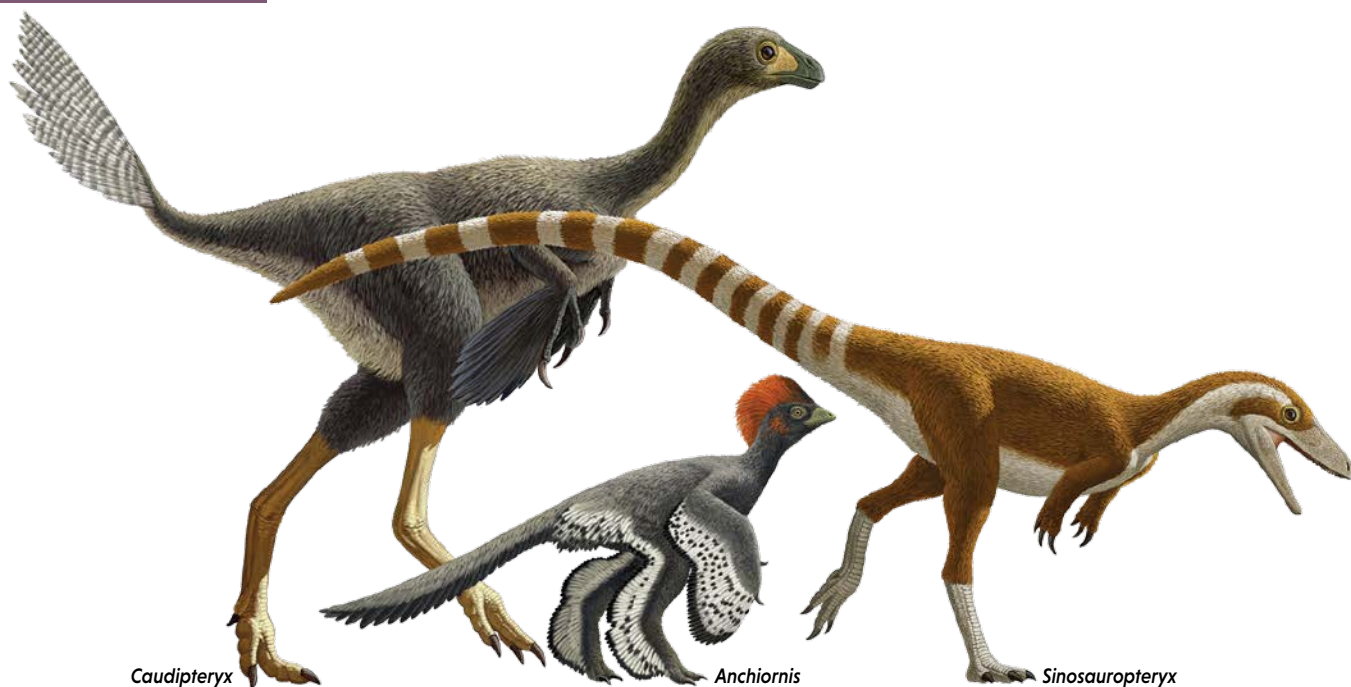


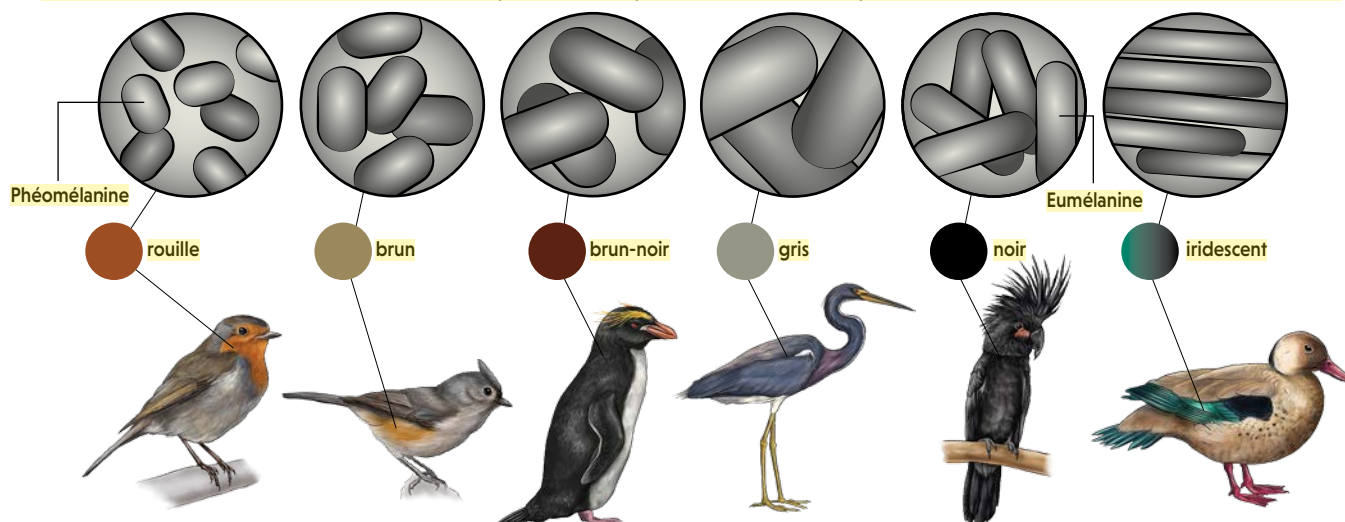
DES COULEURS VIVANTES

Les mélanosomes, des organites cellulaires porteurs de pigments, peuvent se conserver dans les fossiles pendant des dizaines de millions d'années. En étudiant la nature des pigments et leur disposition, les chercheurs ont reconstitué les couleurs de nombreux animaux, dont des dinosaures. Ces avancées révèlent pour la première fois l'apparence réelle de ces animaux et laissent entrevoir certains aspects de leur mode de vie, tels que leurs périodes d'activité (diurne ou nocturne) et le type de milieu qui les abritait.



DÉTERMINER LA COULEUR D'APRÈS LA FORME, LA TAILLE ET LA RÉPARTITION DES MÉLANOSOMES

Les deux formes de mélanine donnent lieu à des couleurs différentes: l'eumélanine est associée aux tons noirs tandis que la phéomélanine correspond aux teintes rouge-roux. Les combinaisons de ces formes de mélanine et de l'absence de pigment produisent les couleurs brune, grise et blanche. Les reflets irisés de certains plumages sont produits par des structures constituées d'empilements plus ou moins réguliers de mélanosomes, qui diffractent la lumière. L'étude des mélanosomes et de leur répartition dans les plumes des oiseaux actuels a fourni aux chercheurs des données de référence, à partir desquelles ils peuvent déterminer les couleurs vraisemblables de zones du corps d'animaux disparus et les motifs colorés que ces derniers arboraient.

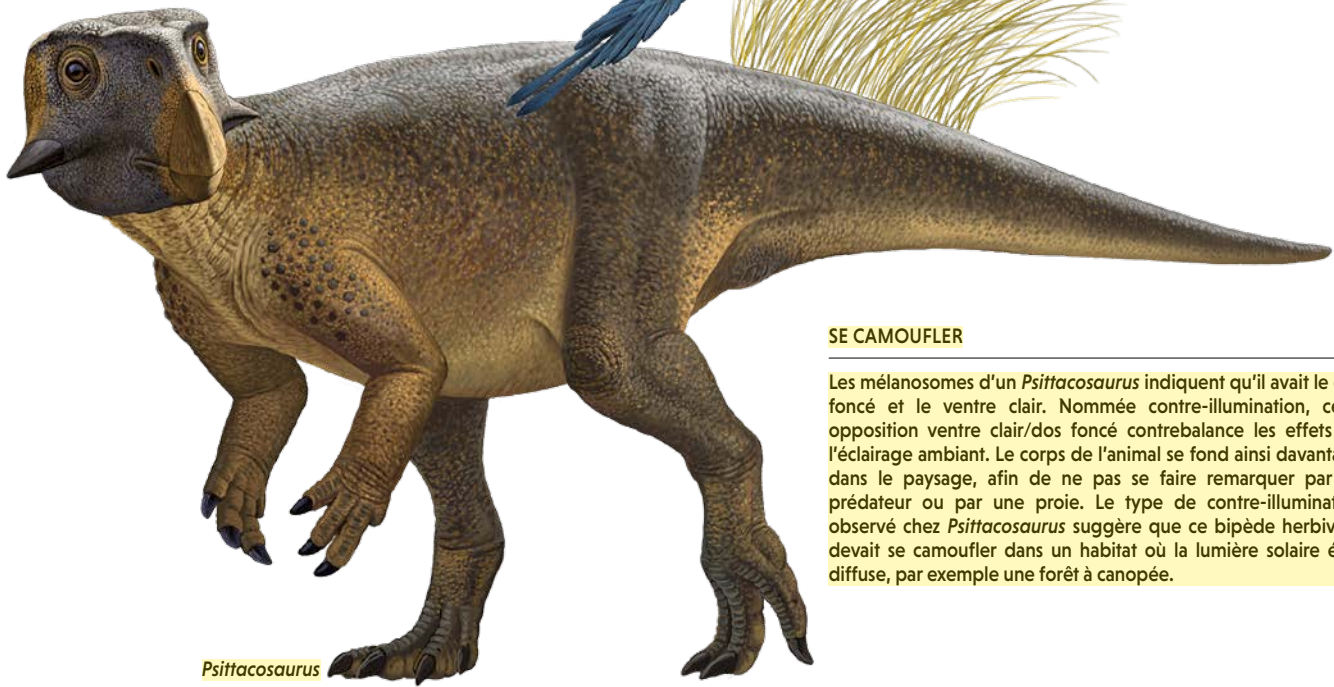


SORTIR DU LOT

La microstructure formée par les mélanosomes du petit dinosaure *Microraptor* révèle que son plumage était semblable à celui d'un corbeau, c'est-à-dire d'un beau noir chatoyant. Les paléontologues pensaient que *Microraptor* était nocturne, étant donné les grandes orbites de ses yeux. Or les oiseaux actuels parés d'un plumage iridescent tendent à être actifs pendant la journée, ce qui suggère que, comme eux, *Microraptor* était diurne.



Microraptor



Psittacosaurus

SE CAMOUFLER

Les mélanosomes d'un *Psittacosaurus* indiquent qu'il avait le dos foncé et le ventre clair. Nommée contre-illumination, cette opposition ventre clair/dos foncé contrebalance les effets de l'éclairage ambiant. Le corps de l'animal se fond ainsi davantage dans le paysage, afin de ne pas se faire remarquer par un prédateur ou par une proie. Le type de contre-illumination observé chez *Psittacosaurus* suggère que ce bipède herbivore devait se camoufler dans un habitat où la lumière solaire était diffuse, par exemple une forêt à canopée.

RESTITUER LE MOTIF COLORÉ D'APRÈS LA DENSITÉ ET LA RÉPARTITION DES MÉLANOSOMES

Des plumes fossiles illustrent la façon dont des variations dans la concentration en mélanosomes créent des motifs. Les dégradés observés dans un spécimen fossile datant de 55 millions d'années découverts au Danemark (a) résultent d'une combinaison de faibles concentrations (couleurs pâles, 1), de concentrations intermédiaires (tons plus soutenus, 2) et de concentrations élevées (couleurs intenses, 3). Dans un autre cas, celui d'un fossile vieux de 108 millions d'années découvert au Brésil (b), des alternances de zones denses en mélanosomes et de zones où ils sont absents produisaient une plume à bandes noires et blanches.



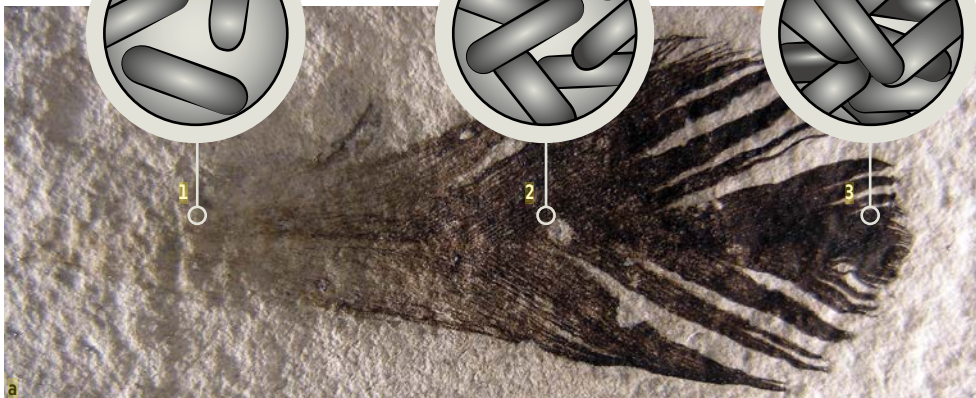
1



2



3



organique, probablement de la mélanine. Toutefois, nous avions l'intention de reconstituer tout le motif de son plumage – une tâche beaucoup plus ambitieuse qu'établir simplement la présence ou l'absence de mélanosomes. Nous ne pouvions donc pas nous contenter d'étudier ces taches. Il nous fallait mettre au point une façon de prédire les couleurs à partir de la forme des mélanosomes. Pour ce faire, nous avons étudié les mélanosomes de 12 plumes noires, de 12 plumes brunes et de 12 plumes grises d'oiseaux d'aujourd'hui. Nous avons pris en compte le rapport longueur/largeur et l'aspect des mélanosomes, ainsi que la variabilité de leur forme, afin de prédire la couleur de la plume. Grâce à une méthode statistique, l'«analyse discriminante quadratique», nous avons obtenu des prédictions ayant une probabilité de 90 % d'être justes.

ANCHIORNIS : UNE CRÊTE ROUGEÂTRE

Dans le cas d'*Anchiornis*, cette approche a produit des résultats frappants. Nos calculs statistiques suggèrent que la plupart des plumes couvrant le corps de cet animal étaient grises. En revanche, les longues plumes couvrant ses bras et ses pattes n'étaient pas colorées par des mélanosomes sauf aux extrémités, où leur dense présence produisait une couleur noire (comme les extrémités des ailes de nombreux oiseaux modernes). La mélanine ne fait pas que colorer les plumes : elle les renforce mécaniquement aussi, ce dont *Anchiornis* bénéficiait sans doute aussi. De façon très surprenante, les plumes du haut de sa tête contenaient des empreintes de mélanosomes globulaires, de sorte qu'*Anchiornis* devait avoir une crête rougeâtre. Ce dinosaure devait avoir fière allure !

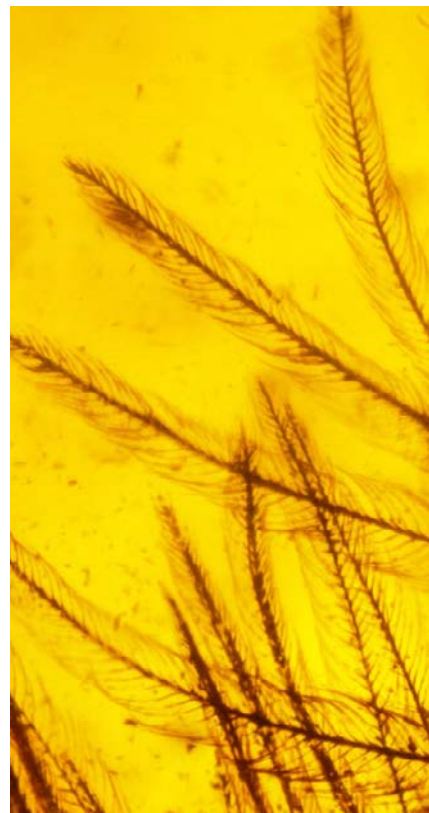
À peu près à la même époque où nous avons publié notre étude sur *Anchiornis*, Fucheng Zhang, de l'Institut de paléontologie des vertébrés de l'Académie chinoise des sciences, Michael Benton, de l'université de Bristol, et leurs collègues ont annoncé la découverte de mélanosomes dans toute une série d'oiseaux et de dinosaures fossilisés dans des roches chinoises datant de 130 millions d'années. La répartition des mélanosomes globulaires chez *Sinosauropteryx*, un dinosaure couvert de duvet, impliquait que ce dernier arborait une robe rousse et une queue striée comme celles d'un tigre. Le premier dinosaure roux connu !

Depuis cette époque pionnière, nos données se sont multipliées jusqu'à comprendre aujourd'hui des centaines d'échantillons. Certains d'entre eux nous permettent d'affirmer avec certitude la présence d'iridescence, c'est-à-dire des reflets métalliques comme ceux qui caractérisent par exemple les plumages des colibris et des paons. Les mélanosomes responsables de cet effet ont tendance à être plus

longs que les mélanosomes typiques et peuvent être creux ou aplatis. L'iridescence résulte d'empilements particuliers des mélanosomes, lesquels diffractent la lumière de diverses façons, ce qui produit différentes couleurs suivant l'angle de vue ou l'éclairage.

En 2009, nous avons trouvé des preuves de cette iridescence dans une plume fossile, datant de 49 millions d'années, mise au jour dans la carrière de Messel, en Allemagne. Ce fossile conservé au Muséum Senckenberg, à Francfort, présente une iridescence encore perceptible, car il a conservé la disposition initiale des mélanosomes. Ces derniers sont disposés en une couche dense et lisse se trouvant dans les fines entretoises de la plume, c'est-à-dire les barbules. Ils ne sont présents que sur le bord le plus externe de la plume et sur le dessus, c'est-à-dire seulement sur les parties non recouvertes par les autres plumes. La disposition des mélanosomes produit ce que l'on nomme en optique une couche mince, structure qui crée des interférences, donc une iridescence (une mince couche d'huile flottant sur l'eau produit le même effet). Nous en avons déduit que les extrémités des plumes étaient iridescentes.

Il n'a pas fallu longtemps pour que nous découvriions à nouveau de l'iridescence, chez



Le motif suggéré par des traces était subtil : il comportait de fines marbrures, des points et des traits

un véritable dinosaure cette fois : *Microraptor*. De la taille d'un corbeau, ce petit prédateur avait la particularité de posséder quatre ailes, ou plutôt quatre membres en forme d'ailes. Il s'agit d'un cousin primitif de *Velociraptor*, rendu célèbre par le film *Jurassic Park*, où il est représenté avec une peau à écailles. Aujourd'hui, on sait que *Microraptor* et *Velociraptor* étaient en fait couverts de plumes. Celles de *Microraptor* contenaient de longs mélanosomes cylindriques disposés de telle façon qu'ils