

Exhumés ensemble, les trois spécimens juvéniles qui ont permis de décrire cette nouvelle espèce vivaient en Mongolie il y a plus de 68 millions d'années.

Ces dinosaures à plumes arboraient un large bec dépourvu de dents ressemblant à celui d'un perroquet.



EN CHIFFRES

9

Neuf genres d'oviraptorosaures ont été découverts en Mongolie, dans le désert de Gobi.

175 MILLIONS D'ANNÉES

C'est l'âge de l'ancêtre commun le plus récent entre les oviraptorosaures et les paraves, les oiseaux au sens large.

2

Si l'autruche a trois doigts à son aile, elle n'en a que deux à sa patte postérieure. En revanche, l'émeu, un autre oiseau coureur, n'a qu'un doigt à l'aile et trois à la patte postérieure. Quant au crocodile du Nil, s'il a cinq doigts à sa patte antérieure, il n'en a que quatre à sa patte postérieure...

L'embryologie complète l'étude anatomique du membre et l'on connaît même des gènes clés de leur développement. C'est ainsi qu'en 2013, l'équipe de Michael Richardson, de l'université de Leyde, aux Pays-Bas, a mené une étude approfondie sur cinq oiseaux – deux oiseaux coureurs, l'émeu d'Australie et l'autruche d'Afrique, et trois oiseaux volants, le poulet, la tourterelle rieuse et le diamant mandarin – et un cousin des dinosaures, le crocodile du Nil, comme référence (voir l'encadré page 94).

L'ENSEIGNEMENT DE L'ÉMEU, L'AUTRUCHE ET LE DIAMANT MANDARIN

Le crocodile a cinq doigts à la patte antérieure, l'émeu un seul et les autres trois. On peut s'étonner de la différence entre l'autruche et l'émeu (rappelons qu'ils avaient des ancêtres volants). Or si ce dernier n'utilise ses ailes que pour la régulation thermique en les agitant comme un éventail, l'autruche s'en sert aussi lors des parades nuptiales, pour la couvaison et comme stabilisateurs dans des manœuvres en pleine course, telles que des zigzags ou des freinages rapides. Une sélection forte s'applique donc sur de telles ailes, à la différence de celles de l'émeu, et empêche ainsi leur atrophie.

L'équipe a eu l'idée de comparer le squelette de l'adulte avec un stade précoce de développement, quand la main n'est encore qu'une palette où l'on distingue les ébauches cartilagineuses des doigts, mais aussi l'expression de certains

que de deux doigts fonctionnels. L'équipe internationale qui a décrit l'animal, rassemblée autour de Philip Currie, de l'université de l'Alberta, au Canada, évoque une nouvelle niche écologique pour cet animal, ce qui suggère une sélection. La comparaison avec d'autres théropodes, en tenant compte également du crâne et du bec, a amené ces chercheurs à suggérer qu'*O. avarsan* était strictement herbivore, ce qui rendait les griffes moins indispensables, d'où la perte d'un doigt. Mais comment aller plus loin sans connaître avec précision la fonction d'un tel membre? En s'intéressant... aux oiseaux eux-mêmes.

L'intérêt des oiseaux est multiple. On y rencontre des cas de perte de doigts, dont la fonction peut être décrite.



Oksoko avarsan

Taille: env. 1,20 m
(env. 2 m à l'âge adulte)
Poids: env. 45 kg
(env. 74 kg à l'âge adulte)

> gènes de développement, tel le gène *Sox9*, dont le produit contrôle l'expression spécifique du gène de collagène de type II dans les chondrocytes, les cellules du cartilage. Seules les cellules exprimant *Sox9* produisent cette protéine. L'équipe a ainsi découvert que le plan de la main de l'embryon est bien plus complet que celui de l'adulte. Prenons le cas de l'aile de l'autruche. On distingue non pas trois ébauches cartilagineuses exprimant *Sox9*, mais cinq. Puis les ébauches des doigts I (le pouce, ou doigt le plus antérieur) et V (le plus postérieur) régressent, et seules les ébauches II, III et IV iront à terme. En d'autres termes, l'expression de *Sox9* peut persister alors que les doigts correspondants sont perdus.

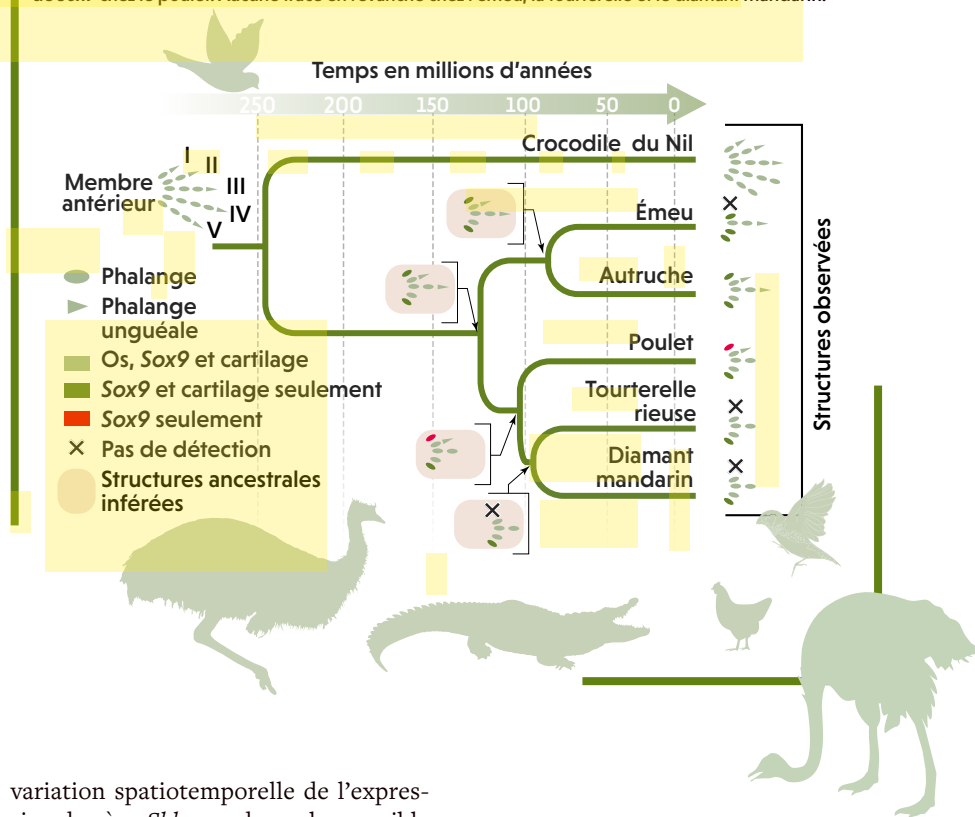
Focalisons-nous sur les doigts V et I. Tous les oiseaux adultes ont perdu le doigt V. Néanmoins, tous les embryons développent, à sa position, une ébauche transitoire exprimant *Sox9*, qui évolue en cartilage. Cela est également vrai pour le membre postérieur, et, si l'on se réfère à la phylogénie et la paléontologie, les voies génétiques du développement du cartilage du doigt V ont persisté pendant plus de 25 millions d'années après que le doigt V a disparu de la patte postérieure. Le doigt I, lui, a disparu de toutes les ailes depuis 120 millions d'années. Mais les voies génétiques sous-jacentes parfois aussi, et ce dans deux lignées indépendantes (les oiseaux coureurs et les oiseaux volants). Comment expliquer une telle différence ?

UNE CONTRAINTÉ DÉVELOPPEMENTALE

D'un point de vue embryologique, les doigts I et V ne sont pas en situation identique. En effet, le bourgeon du membre présente, dans sa partie postérieure, une aire appelée « zone d'activité polarisante » ou ZPA, qui envoie les signaux permettant à ce dernier de se développer suivant un axe antéropostérieur. Ainsi, le doigt V est proche de la ZPA, le doigt I en est le plus éloigné. Or la ZPA exprime le gène *Shh*, dont le produit est une protéine « morphogène » : elle diffuse dans les tissus et, selon sa concentration, active des cellules en activant *Sox9*. Cette voie est très conservée, l'évolution ne jouant que sur le caractère spatiotemporel de l'expression. Or, par diffusion, la protéine se retrouve en grande concentration près de la ZPA, donc vers le doigt V, et en faible concentration dans la partie antérieure du bourgeon, où seront situées les ébauches des doigts I et II. Une légère

QUAND LES DOIGTS DES OISEAUX ONT DISPARU

En combinant observations, phylogénie et paléontologie, l'équipe de Michael Richardson a reconstitué l'évolution des pertes de doigts de l'aile. Tous les oiseaux adultes ont perdu le doigt V, mais leurs embryons (ci-dessous la structure des mains au stade final du développement) en développent une ébauche transitoire exprimant le gène *Sox9* et produisant du cartilage. Le doigt I, lui, est représenté par un cartilage diffus chez l'autruche et une faible expression de *Sox9* chez le poulet. Aucune trace en revanche chez l'émeu, la tourterelle et le diamant mandarin.



variation spatiotemporelle de l'expression du gène *Shh* sera donc plus sensible dans les endroits les plus éloignés de la ZPA. En d'autres termes, les contraintes développementales ne sont pas les mêmes pour une ébauche proche ou éloignée de la ZPA.

Ainsi, la disparition des doigts des oiseaux se fait suivant deux pressions : une contrainte développementale et une sélection liée aux fonctions. Il est vraisemblable que la disparition du doigt chez *O. avarsan* relève d'un scénario analogue. En effet, on peut postuler que la pression de sélection sur les pattes antérieures se relâche, étant donné que la présence de doigts griffus ne paraît plus indispensable pour un animal qui n'a plus de proies à saisir. Mais est-ce le même mécanisme que celui décrit pour les oiseaux ? Vu la proximité évolutive des animaux, un biologiste postulera une identité des mécanismes évolutifs, ce qu'on appelle « un parallélisme ». Mais comment le démontrer ? Nous touchons la limite de la paléontologie. ■

BIBLIOGRAPHIE

G. F. Funston et al., **A new two-fingered dinosaur sheds light on the radiation of Oviraptorosauria**, *R. Soc. Open Sci.*, vol. 7(10), article 201184, 2020.

K. Kawahata et al., **Evolution of the avian digital pattern**, *Scientific Reports*, vol. 9, article 8560, 2019.

M. A. G. de Bakker et al., **Digit loss in archosaur evolution and the interplay between selection and constraints**, *Nature*, vol. 500, pp. 445-448, 2013.

L'UNIVERS AVANT LE BIG BANG

7 dossiers rédigés par des chercheurs
et des experts sur le sujet

Une lecture adaptée sur écrans

3,99 €



Les *Thema* sont une collection de hors-séries numériques.
Chaque numéro contient une sélection des meilleurs articles
publiés dans *Pour la Science* sur une thématique.

Dans la collection *Thema* découvrez aussi



**Commandez et téléchargez
les numéros en pdf**



Pour lire votre numéro, rendez-vous dans votre compte client



boutique.pourlascience.fr/tous-les-numeros/thema.html