



Leur colonne vertébrale compte plus de 300 vertèbres, contre 33 chez les humains



serpents contient toute une variété de types de membres et de longueurs du corps.

Le séquençage du génome et l'édition des gènes ont aussi apporté leur part à la compréhension de l'évolution des serpents. Tous les vertébrés partagent de nombreux gènes. Les grandes différences séparant les plans d'organisation des oiseaux, des poissons et des autres vertébrés proviennent de mutations situées dans une toute petite partie du génome. En théorie, le passage du corps membré du lézard au corps allongé et sans membres du serpent résulte de changements dans seulement quelques régions clés du génome.

QUAND LE CORPS S'ALLONGE

L'étude fine du développement embryonnaire des vertébrés révèle les étapes qui ont conduit à la formation d'un élément anatomique caractéristique chez les serpents : leur colonne vertébrale comporte plus de 300 vertèbres, contre 33 chez un humain et 65 chez un lézard. La tête et le tronc des vertébrés membrés se forment à partir de blocs de cellules dont chacun donnera une vertèbre : les somites. Ces structures embryonnaires transitoires se ressemblent d'abord, puis se différencient pour former les diverses régions de la colonne vertébrale, du cou à la queue.

Un gène curieusement nommé *Lunatic fringe* (littéralement « frange folle ») favorise la multiplication des vertèbres chez les serpents. Avec d'autres gènes à l'origine de la formation de somites, il crée des groupes de cellules à l'extrémité caudale de l'embryon. Une fois qu'un certain nombre de cellules se sont accumulées, un somite se forme et remonte le long du corps comme une perle sur un fil. Ensemble, les gènes responsables de la formation des somites constituent ce que l'on nomme l'horloge moléculaire de la somitogenèse, car ils s'activent et se désactivent de manière périodique pour produire les somites. Plus cette horloge bat vite et plus de somites sont produits à partir du même nombre

de cellules. Un indice corrobore cette description : avec des collègues, Céline Gomez, maintenant au Centre Sanger, en Angleterre, a notamment montré que le gène *Lunatic fringe* s'exprime plus souvent chez le serpent des blés que chez les lézards ; or son horloge de la somitogenèse bat aussi plus vite que celle des lézards.

Les vertèbres ne sont pas les seuls os à développement atypique chez les serpents, puisque c'est aussi le cas des côtes. Pour comprendre pourquoi, prenons les cas de la souris et de l'alligator. Seules les vertèbres thoraciques de ces animaux portent des côtes ; ni les vertèbres cervicales, ni celles des hanches n'en portent, car un gène nommé *Hox10* y empêche leur formation. Chez les serpents, en revanche, excepté les trois vertèbres les plus proches de la tête et celles de la queue, toutes portent des côtes.

Les chercheurs ont longtemps pensé que la souris et l'alligator, avec leurs colonnes vertébrales où les vertèbres du cou et des hanches se distinguent de celles du thorax, étaient de bons modèles du tronc des animaux anciens à pattes. La colonne vertébrale homogène des serpents serait le fruit de l'évolution de cette forme ancestrale – une spécialisation peut-être liée à la perte des membres. Ils soupçonnaient donc que les gènes *Hox*, qui gouvernent la différenciation des vertèbres chez d'autres animaux, étaient, d'une façon ou d'une autre, perturbés chez les serpents.

Une étude récente de certains fossiles pointe vers un autre scénario. En 2015, Jason Head, alors à l'université du Nebraska à Lincoln, et David Polly, de l'université de l'Indiana à Bloomington, ont modélisé l'évolution du squelette du tronc chez les tétrapodes, c'est-à-dire chez les animaux à quatre membres (ou qui l'ont été). Pour commencer, ils ont établi par des méthodes statistiques que les serpents ont en fait autant de régions distinctes dans la colonne vertébrale que les lézards. Les changements de forme des vertèbres induits par les gènes *Hox* seraient juste plus subtils chez les serpents. Ils ont ensuite déterminé que, contrairement à la théorie la plus commune, les tétrapodes ancestraux avaient des côtes associées à la plupart des vertèbres situées au-delà des hanches. Les fossiles d'anciens cousins de mammifères et d'alligators ont des côtes attachées aux vertèbres du cou et de la taille. Par conséquent, la disparition ou la réduction des côtes dans ces régions chez les alligators modernes, les oiseaux et les mammifères s'est produite indépendamment chez les uns et les autres. Elle n'est donc pas héritée d'un ancêtre commun.

Ainsi, l'examen de fossiles et d'espèces actuelles a révélé quel caractère du tronc les serpents ont hérité de leurs ancêtres membrés (la répartition des côtes) et lequel est propre aux serpents (un corps très allongé).



L'ORIGINE DES SERPENTS MODERNES RESTE DÉBATTUE

L'origine des serpents a toujours été très discutée et elle le reste à notre avis. Dans cet article, Hongyu Yi apporte sur cette question une ligne de raisonnement fondée sur l'oreille interne, et plus particulièrement son vestibule – celui de serpents et de lézards actuels et celui de *Dinilysia*, un serpent fossile sans pattes du Crétacé argentin. Hongyu Yi note que le vestibule de *Dinilysia* est similaire à celui de *Xenopeltis*, un serpent actuel du Sud-Est asiatique, et qu'il est très différent de celui des espèces marines. Elle conclut alors que *Dinilysia* vivait comme *Xenopeltis*. Avec une très forte probabilité, elle considère que *Dinilysia*, qui a précédé les serpents modernes, était fouisseur et, donc, que la vie souterraine a été l'environnement ayant conduit à la perte des pattes chez les serpents.

Pour autant, Alessandro Palci, du Muséum australien du Sud, à Adélaïde, en Australie, et ses collègues ont montré en 2017 qu'un vestibule semblable à celui de *Dinilysia* n'existe pas que chez les serpents dits fouisseurs, mais aussi chez certains serpents semi-aquatiques. Ce type de vestibule manque en outre chez les fouisseurs authentiques que sont les scolécophidiens. En fait, l'échantillon de serpents actuels utilisé par Hongyu Yi ne semble pas assez large pour que sa conclusion soit certaine.

Un défaut d'échantillonnage apparaît aussi dans le cas de la signification de la queue. Hongyu Yi pense qu'une queue courte est caractéristique d'un mode de vie fouisseur. Or *Najash*, autre serpent ancien, présente cette caractéristique et aurait donc été fouisseur. Autrement dit,



Le fossile d'*Eupodophis descouensi* présente deux petites pattes arrière (carré ci-dessus), ce qui amène à le considérer comme une forme de transition entre les lézards anciens et les serpents du Crétacé.

encore un serpent ancien qui était fouisseur. Pourtant, il existe au Moyen-Orient, dans le Crétacé supérieur, des serpents qui méritent une attention particulière. Il s'agit de serpents marins, bien adaptés à la nage, qui présentent de petites pattes postérieures. Hongyu Yi en cite deux, *Pachyrhachis* et *Haasiophis*, mais omet le troisième, *Eupodophis*. Or, l'une des caractéristiques d'*Eupodophis* est d'avoir une queue très courte. Cette particularité anatomique ne se rencontre donc pas que chez les serpents fouisseurs, mais aussi chez une espèce aquatique.

Les caractéristiques de l'oreille interne et de la queue, utilisées pour suggérer que c'est un mode de vie fouisseur

ces faux fouisseurs; il vit dans des marécages, des rizières et se cache dans des sols mous; il s'agit d'un semi-fouisseur à tendance aquatique.

Du reste, pourquoi Hongyu Yi oppose-t-elle milieu terrestre et milieu marin? Elle considère que les serpents anciens du Jurassique et du Crétacé étaient terrestres et en particulier que *Dinilysia* et *Najash* étaient fouisseurs. Nous avons vu que les arguments en faveur d'une vie fouisseuse pour ces deux serpents ne sont pas convaincants. *Dinilysia* était en fait probablement semi-aquatique et semi-fouisseur, comme l'ont suggéré Adriana Albino, de l'université de Mar del Plata en Argentine, et Michael Caldwell de l'université de l'Alberta, au Canada. Quant à *Najash*, il a été trouvé dans des dépôts d'origine fluvio-lacustre, ce qui n'est pas un argument définitif, mais jette un doute sur un mode de vie purement fouisseur. Enfin, si l'on peut dire que les autres fossiles anciens, jurassiques et crétacés, proviennent de sédiments terrestres, au sens d'opposés à marins, cela ne veut pas dire qu'ils n'étaient pas plus ou moins aquatiques. En effet, les gisements qui les ont fournis sont d'origine aquatique (fluviales, lacustres, lagunaires). Il ne faut pas oublier que le milieu d'eau douce existe!

De tout cela, que conclure? Que même si la méthode proposée par Hongyu Yi intéresse, en l'état actuel du registre fossile, trancher quant à la perte des membres qui a produit les serpents modernes reste difficile. La discussion entre paléontologues se poursuit.

JEAN-CLAUDE RAGE

Paléontologue, directeur de recherche émérite au CNRS

En l'état actuel du registre fossile, la discussion entre paléontologues continue

qui a conduit à la perte des pattes, ne permettent pas, en fait, de conclusion solide. Quant au mode de vie du serpent actuel pris comme «modèle», il convient de relativiser. L'usage du qualificatif «fouisseur» chez les serpents est souvent abusif. Il existe de vrais fouisseurs qui creusent leurs galeries (comme les scolécophidiens) et d'autres qui, bien qu'appelés fouisseurs, ne creusent pas mais se contentent de s'abriter dans des cavités préexistantes, sous la litière, ou se déplacent dans des sols très mous. Or *Xenopeltis* qui est pris par Hongyu Yi comme analogue de *Dinilysia*, est l'un de