

CHAOHUSAURUS GEISHANESIS
de 0,5 à 0,7 mètre de longueur ;
vivait il y a 245 millions d'années (au Trias inférieur)

MIXOSAURUS CORNALIANUS
de 0,5 à 1 mètre de longueur ;
vivait il y a 235 millions d'années (au Trias moyen)

OPHTHALMOSAURUS ICENICUS
de 3 à 4 mètres de longueur ;
vivait il y a 165 à 150 millions d'années (au Jurassique moyen et supérieur)

— AILERON DORSAL

NAGEOIRE
CAUDALE —

Ed Heck

4. L'ÉTUDE DES SQUELÈTES a révélé que le corps mince et comparable à celui d'un lézard des premiers ichthyosaures (en haut) s'est progressivement épaissi pour prendre la forme d'un poisson (en bas). Un aileron dorsal et une nageoire caudale sont apparus.

pattes, les os des membres antérieurs sont allongés et on distingue facilement ceux du poignet (irrégulièrement arrondis) de ceux de la paume (allongés et cylindriques). En revanche, chez les ichthyosaures pisciformes, les os du membre antérieur sont plus larges que longs et ont tous la même forme. Ils sont très proches les uns des autres, car aucune peau ne les sépare : la réunion de tous les doigts dans une même enveloppe de tissus mous devait augmenter la rigidité des nageoires, comme on l'observe aujourd'hui chez les baleines, les dauphins ou les tortues marines ; cet arrangement devait aussi améliorer leur hydrodynamisme (le profilé serait impossible à maintenir si les doigts étaient séparés).

L'étude des fossiles intermédiaires entre les ichthyosaures en forme de

lézard et leurs descendants en forme de poisson a révélé que l'évolution de la patte vers la nageoire ne s'est pas limitée à une simple transformation des cinq doigts. Au contraire, des doigts ont disparu, d'autres sont apparus et certains se sont divisés. Par exemple, le pouce présent chez les formes ancestrales disparaît chez les ichthyosaures plus évolués. L'ordre dans lequel les doigts s'ossifient au cours de la croissance d'un *Stenopterygius* (nous en possédons de nombreux spécimens à différents stades de croissance) révèle qu'au cours de l'évolution de cet ichthyosaure, des doigts supplémentaires sont apparus de part et d'autre de ceux qui existaient déjà. Certains occupaient la position du pouce disparu. L'évolution n'a donc pas suivi une ligne directe et continue d'un caractère à un autre.

Une colonne vertébrale bâtie pour la nage

Les nouveaux fossiles aux allures de lézard expliquent la structure vertébrale de leurs descendants pisciformes. Les vertèbres des ichthyosaures évolués sont des sortes de palets. Les paléontologues pensaient que cette forme, rare chez les diapsides, était typique des ichthyosaures. Cependant, les nouveaux spécimens asiatiques ont une colonne vertébrale étroite, constituée de vertèbres cylindriques. Au cours de l'évolution des ichthyosaures, le diamètre des vertèbres semble avoir augmenté notablement, tandis que leur hauteur diminuait.

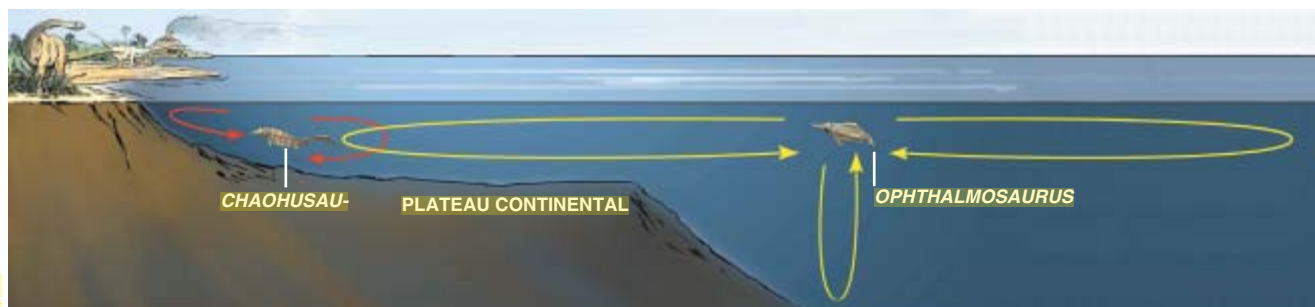
Avec mes collègues, nous nous sommes demandé pourquoi et nous avons trouvé la réponse en observant la nage des requins d'aujourd'hui. À l'instar des ichthyosaures, les requins ont des tailles et des formes variées. Semblable aux ichthyosaures primitifs, la roussette est mince et sa nageoire caudale n'est pas bilobée. En revanche, le grand requin blanc a un corps massif et une nageoire caudale en croissant, comme les ichthyosaures les plus évolués. Les grands requins blancs nagent en ne remuant que la queue, tandis que tout le corps des roussettes ondule. La nage ondulante requiert un corps flexible. Les roussettes en sont dotées, parce qu'elles ont près de 40 vertèbres dans la partie antérieure du corps. Les ichthyosaures primitifs *Utatsusaurus* et *Chaohusaurus* en ont autant (les reptiles et les mammifères actuels n'en ont qu'une vingtaine).

La nage ondulante de la roussette est adaptée aux eaux relativement peu profondes du plateau continental. Les lézards actuels ondulent aussi pour nager, mais avec moins d'efficacité que les animaux aquatiques. Les premiers ichthyosaures, qui ressemblaient à des roussettes et qui descendaient d'un ancêtre aux allures de lézard, devaient nager de la même façon et vivre sur le plateau continental.

Les prédateurs qui utilisent ce type de nage prospèrent près du rivage, où la nourriture abonde, mais ne peuvent pas parcourir de longues distances pour trouver leurs proies. Les prédateurs de haute mer, où la nourriture est moins concentrée, ont un type de nage



Les ichthyosaures sont les seuls reptiles dont le corps



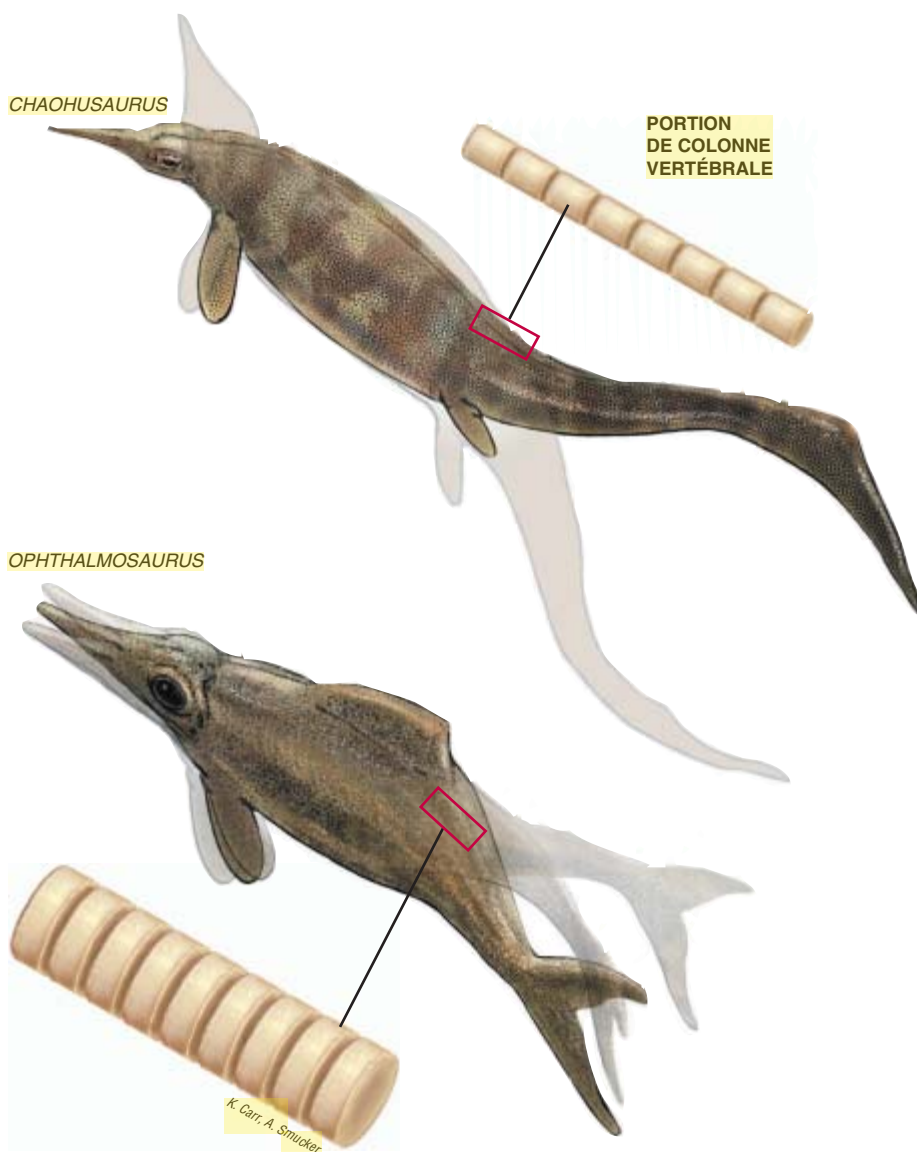
5. LA NAGE (ci-contre) et l'habitat (ci-dessus) des ichthyosaures se sont modifiés en même temps que la forme de leurs vertèbres. Les ichthyosaures primitifs, tel *chaohusaurus*, avaient une colonne vertébrale étroite et ils ondulaient comme des anguilles. Leur agilité leur permettait de chasser dans les eaux peu profondes. En revanche, chez les ichthyosaures ultérieurs, tel *Ophtalinosaurus*, la colonne vertébrale s'est épaissie : les vertèbres se sont raccourcies et le corps s'est raidi. Pendant la nage, seule la queue oscillait latéralement. Cette rigidité du corps a réduit la dépense énergétique lors de la nage, donc la consommation d'oxygène : les ichthyosaures ont commencé à plonger pour chasser en haute mer.

plus économique. Les grands requins blancs, dont le corps rigide n'ondule pas, se propulsent uniquement en faisant osciller leur nageoire caudale en forme de croissant. Les ichthyosaures évolués avaient ce type de nageoire caudale, et ils devaient nager comme les grands requins blancs, étant donné l'allure trapue de leur corps.

L'appel des profondeurs

L'étude de nombreuses espèces de requins a montré que plus le corps s'épaissit, plus le diamètre des vertèbres augmente. Les requins (et les ichthyosaures primitifs) doivent leur souplesse à leur grand nombre de vertèbres. À mesure que le corps des ichthyosaures devenait plus massif, le nombre de vertèbres restait stable, mais leur diamètre augmentait de près de 50 pour cent (elles prenaient l'apparence de palets) : les ichthyosaures perdaient de leur souplesse.

Lorsque les ichthyosaures ont gagné la haute mer, leur zone de chasse en surface s'est agrandie et ils ont commencé à explorer les profondeurs. L'étude du contenu stomacal fossilisé de certains ichthyosaures pisciformes a montré qu'ils se nourrissaient prin-



cipalement de céphalopodes (les pieuvres, les calamars, les seiches). Les cachalots chassent entre 100 et 1 000 mètres de profondeur, atteignant parfois 3 000 mètres. L'étendue de cette zone de chasse n'est pas surprenante, car les ressources nutritives sont rares

au-dessous de 200 mètres. Pour chasser en profondeur, les baleines et autres animaux aquatiques qui respirent à l'air libre doivent plonger et remonter à la surface avec une seule prise d'air. La consommation d'énergie pendant la nage est minimisée pour économiser

a pris une forme de poisson, au cours de leur évolution



DIAMÈTRE MAXIMAL DE L'ŒIL :



ÉLÉPHANT D'AFRIQUE
5 CENTIMÈTRES



BALEINE BLEUE
15 CENTIMÈTRES



OPHTHALMOSAURUS
23 CENTIMÈTRES



CALAMAR GÉANT
25 CENTIMÈTRES



TEMNODONTOSAURUS
26 CENTIMÈTRES



T. Narashima, E. Bell, R. Motani

les réserves d'oxygène. Aujourd'hui, les animaux qui plongent à de grandes profondeurs ont, à l'instar des ichthyosaures pisciformes, un corps hydrodynamique qui réduit les frottements.

Outre le régime alimentaire et les caractéristiques morphologiques, d'autres indices révèlent que certains ichthyosaures plongeaient en profondeur. La capacité d'un animal plongeur à rester sous l'eau dépend de la forme de son corps. Plus il est lourd, plus il peut stocker d'oxygène dans ses muscles, dans son sang et dans divers organes, et plus sa consommation d'oxygène par kilogramme est réduite. À mesure que le corps des ichthyosaures est devenu plus rigide, leur masse et leur volume ont augmenté. Les premiers ichthyosaures pisciformes étaient jusqu'à six fois plus lourds que leurs ancêtres aux allures de lézard, à longueur égale. Puis, leur longueur, et par conséquent leur volume, ont encore augmenté. D'après les calculs des capacités des animaux plongeurs d'aujourd'hui (surtout des mammifères et des oiseaux), un *Ophthalmosaurus* d'environ 950 kilogrammes pouvait retenir sa respiration pendant 20 minutes, ce qui lui laissait le temps de descendre à plus de 600 mètres de profondeur, voire d'atteindre 1 500 mètres.

L'étude des os confirme les capacités de plongeur des ichthyosaures. Chez les tétrapodes terrestres, les os des membres et les côtes sont recouverts d'une enveloppe dense, qui augmente la résistance et participe au soutien du corps sur la terre. En revanche, comme les vertébrés

6. LES YEUX DES ICHTHYOSAURES étaient particulièrement grands. L'étude des anneaux sclérotiques (les os de l'orbite oculaire) ont révélé qu'*Ophthalmosaurus* avait les plus grands yeux de tous les animaux actuels ou disparus (par rapport à la taille du corps), et que ceux de *Temnodontosaurus* étaient les plus grands. La forme beige, en arrière plan sur le schéma, indique la taille réelle de l'anneau sclérotique d'*Ophthalmosaurus*. En bas, un anneau sclérotique bien conservé de *Stenopterygius*.



Les ichthyosaures avaient les plus grands yeux de tous les animaux, actuels ou disparus