

poignet ou de la cheville, grâce auxquels on aurait pu identifier leurs lointains cousins, restés vivre sur la terre ferme. Tant qu'ils n'avaient pas reconstitué de squelettes complets des premiers ichthyosaures, les paléontologues savaient seulement qu'ils ressemblaient à des lézards dotés de nageoires.

Manquant d'informations sur leurs origines, les paléontologues ont successivement rattaché les ichthyosaures à tous les groupes de vertébrés : les reptiles, les amphibiens et les mammifères. Au XX^e siècle, les relations entre espèces animales se sont éclaircies. Les paléontologues ont alors classé les ichthyosaures dans les reptiles du groupe des diapsides qui comprend les serpents, les lézards, les crocodiles et les dinosaures. La date où ils se sont différenciés des autres membres du groupe est restée un sujet de controverses, jusqu'à ce que l'on découvre les plus anciens ichthyosaures du monde.

La première découverte importante a eu lieu sur la côte Nord-Est de Honshu, la plus grande île du Japon, dans les gisements d'ardoise de la plage.

Dans cette roche noire, les Japonais taillent des encriers dont ils se servent en calligraphie. Ces gisements renfermaient des ossements du plus ancien ichthyosaure, un *Utatsusaurus*. En 1982, un groupe de géologues d'Hokkaido a découvert deux squelettes quasiment complets. Nachio Minoura et ses collègues ont passé près de 15 ans à les extraire de leur gangue d'ardoise : les os étaient si fragiles qu'ils ont dû procéder avec une précaution extrême, à l'aiguille et à la loupe.

En 1995, alors que la mise au jour touchait à sa fin, N. Minoura, qui connaissait mon intérêt pour ces reptiles disparus, m'a invité à rejoindre son équipe. Dès que j'ai vu le squelette d'*Utatsusaurus*, j'ai compris qu'il s'agissait d'un ichthyosaure primitif, car il ressemblait à un lézard pourvu de nageoires. La même année, You Hailu, de l'Institut de paléontologie des vertébrés et de paléoanthropologie de Beijing, m'a montré un second spécimen qu'il venait de découvrir : un *Chaohusaurus*, un autre ichthyosaure primitif dont on avait déjà retrouvé des fragments, mais dont le squelette était cette fois-ci beaucoup

plus complet. Mis au jour dans des sédiments du même âge que ceux qui avaient livré les restes d'*Utatsusaurus*, ce spécimen avait un corps mince, ressemblant à celui d'un lézard.

Grâce à *Utatsusaurus* et *Chaohusaurus*, qui avaient encore quelques caractères de leurs ancêtres terrestres, on a placé les ichthyosaures sur l'arbre phylogénique des vertébrés : d'après la forme du crâne et des membres, les ichthyosaures se seraient séparés des autres diapsides en même temps que divergeaient les deux grands groupes de reptiles actuels, les lépidosaures (les serpents et les lézards) et les archosaures (les crocodiles et les oiseaux). Toutefois, leur évolution demeurerait mystérieuse.

Des pattes aux nageoires

En étudiant les deux ichthyosaures découverts en Asie, les paléontologues ont compris comment leurs descendants s'étaient adaptés à la vie en haute mer. La transformation la plus évidente est celle des pattes, qui sont devenues des nageoires. Chez la plupart des animaux à quatre

3. LES FOSSILES d'ichthyosaures primitifs, tel *Chaohusaurus* (à droite) ont révélé comment ces animaux aux allures de lézard ont évolué en créatures marines de haute mer, tel *Stenopterygius* (ci-dessous, en train de donner naissance à un petit).

R. Molinari



Staatliches Museum für Naturkunde Stuttgart

le plus grand était plus long qu'un bus de ville

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