

> terre ferme pendant de courtes périodes avec leurs nageoires. Avec ses nageoires bien plus puissantes, *Elpistostege* était probablement d'autant plus capable de s'aventurer à terre.

Notre découverte non seulement éclaire le moment où la transition nageoires-membres s'est opérée, mais aide aussi à comprendre quels changements génétiques et développementaux l'ont orchestrée. Il y a encore quelques décennies, peu d'indices étaient disponibles. À l'époque, on ne connaissait que quelques poissons fossiles dont l'anatomie pectorale était intermédiaire entre les nageoires et les membres. S'ils suggéraient que les os du bras et de l'avant-bras avaient évolué progressivement, la main et le poignet des tétrapodes semblaient en revanche être apparus d'un coup à partir de la nageoire d'un poisson ancestral. Mais un changement aussi radical s'était-il produit ou cette rupture apparente n'était-elle qu'un artefact dû au manque de fossiles?

UNE MAIN APPARUE D'UN COUP?

En 1991, le Britannique Peter Thorogood, qui était un éminent biologiste du développement, a proposé que la main et le poignet aient eu une origine soudaine. Il s'appuyait sur la comparaison du développement embryonnaire des poissons osseux et des tétrapodes. Dans ces deux groupes, une structure de l'embryon au stade précoce – la crête ectodermique apicale – agit comme un centre de signalisation qui guide le développement de la nageoire ou du membre. Située à l'extrémité de la nageoire ou du membre bourgeonnant, cette crête sécrète des substances qui favorisent localement la croissance des tissus.

Chez les poissons, elle n'est active qu'un court instant avant de se transformer en un autre centre de signalisation, le pli ectodermique apical, qui dirige la formation des rayons des nageoires. Chez les tétrapodes, en revanche, la crête est active beaucoup plus longtemps, car elle ne se transforme pas en pli. Il n'y a donc pas de formation de rayons de nageoire et la crête a plus de temps pour développer les os à la base de la fabrication d'une main. Pour Thorogood, la perte de la transition crête-pli aurait entraîné à la fois la perte des rayons et d'autres traits des nageoires pectorales, et le gain des os nécessaires à la formation d'un poignet et de doigts.

La découverte de *Tiktaalik*, le premier poisson fossile à présenter l'équivalent non seulement des os de nos bras et de certains os proximaux (proches du centre du corps) de nos poignets, mais aussi des os distaux (éloignés) de nos poignets, a stimulé les recherches. Des biologistes ont voulu déterminer quels os de la nageoire ancestrale du poisson s'étaient transformés en os de poignet et de main et

quels gènes produisaient cette nouvelle morphologie. Des gènes de la famille *Hox*, connue pour contrôler le développement de la tête, la queue, etc., semblaient de bons candidats.

En 2007, Zerina Johanson, du Muséum d'histoire naturelle de Londres, et ses collègues ont étudié l'activité d'un de ces gènes, *HoxD13*, chez l'un des plus proches parents vivants des tétrapodes, le dipneuste australien. Des recherches antérieures avaient révélé que chez les tétrapodes, *HoxD13* est actif dans les membres en développement lorsque les poignets et les doigts se forment. L'équipe de Zerina Johanson a montré que le gène est aussi actif pendant le développement des os des radiaux de la nageoire du dipneuste.

Toutefois, alors que chez les tétrapodes, *HoxD13* a deux phases d'activité durant le développement des membres – une phase précoce associée au développement du bras et de l'avant-bras et une phase tardive associée à celui du poignet et des doigts –, chez le dipneuste, il semble n'avoir qu'une seule période d'activité lors du développement de la nageoire, correspondant à la deuxième phase des tétrapodes. Ces travaux suggèrent que les os des doigts des tétrapodes ont évolué à partir des radiaux des nageoires de poissons. Cependant, le poignet et la main n'ont pu apparaître d'un coup, comme le proposait Thorogood, car quelques poissons à nageoires charnues actuels et fossiles ont des radiaux et des os du poignet (os carpiens) sans pour autant avoir de doigts. Au moins deux événements ont dû survenir durant la transition, l'un qui a produit des doigts et l'autre des poignets.

Elpistostege complique encore l'histoire. Il suggère que, contrairement à l'argument de Zerina Johanson, les radiaux des dipneustes et autres poissons à nageoires charnues ne sont pas tous équivalents à des doigts : seuls les radiaux les plus distaux sont homologues des os des doigts, tandis que les radiaux proximaux sont homologues des os du poignet et des os longs de la paume (les métacarpes).

De plus, *Elpistostege* révèle une autre étape dans la transition nageoires-membres. Parce qu'il préserve à la fois les os du poignet et les doigts, ainsi que les rayons des nageoires, *Elpistostege* montre que la perte des rayons des nageoires a dû être une autre phase, distincte, de l'évolution de la main.

Nous devons encore affiner notre compréhension des mécanismes génétiques et développementaux à l'œuvre. Néanmoins, par sa préservation et les nombreuses études en cours sur lui, le spécimen entier d'*Elpistostege* semble bien destiné à jouer le rôle de pierre de Rosette pour résoudre l'énigme de l'évolution des membres à partir des nageoires – et donc de la manière dont les vertébrés ont conquis la terre. ■

BIBLIOGRAPHIE

R. Cloutier et al., ***Elpistostege and the origin of the vertebrate hand***, *Nature*, vol. 579, pp. 549-554, 2020.

Z. Johanson et al., ***Fish fingers : Digit homologues in Sarcopterygian fish fins***, *JEZ-B Molecular and Developmental Evolution*, vol. 308B(6), pp. 757-768, 2007.

J. Clack, ***Le premier pied à terre***, *Pour la Science*, n° 340, pp. 30-36, février 2006.