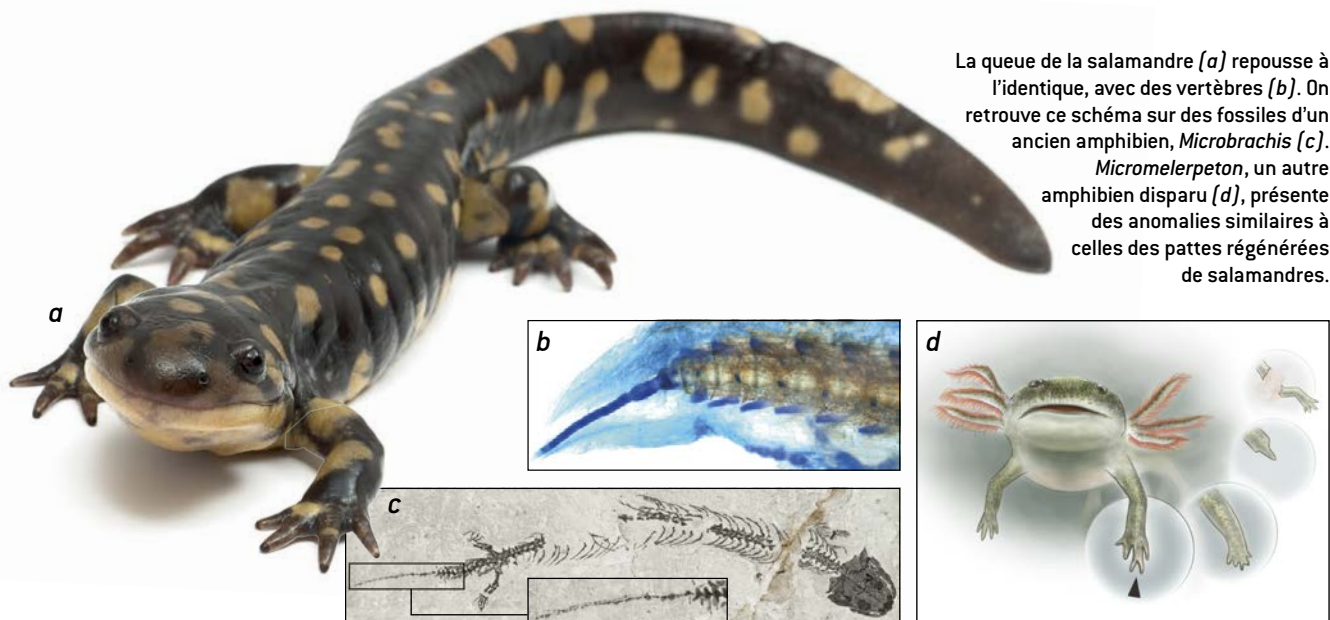


Actualités

Évolution

Des tétrapodes disparus régénéraient leurs membres

Les salamandres ne sont pas les seuls tétrapodes dont les membres peuvent repousser. Il y a 300 millions d'années, de lointains cousins amphibiens avaient aussi cette faculté.



La queue de la salamandre (a) repousse à l'identique, avec des vertèbres (b). On retrouve ce schéma sur des fossiles d'un ancien amphibien, *Microbrachis* (c). *Micromelerpeton*, un autre amphibien disparu (d), présente des anomalies similaires à celles des pattes régénérées de salamandres.

La salamandre est un cas doublement étrange dans l'histoire de l'évolution. D'abord, elle est le seul tétrapode actuel connu capable de régénérer ses pattes et sa queue (le lézard, par exemple, ne régénère que sa queue). Ensuite, son développement diffère de celui des autres tétrapodes : les premiers doigts qui se forment chez la salamandre sont les deux doigts les plus antérieurs (les plus proches de la tête), alors que chez tous les autres tétrapodes actuels connus, ces doigts se forment en dernier. Ces deux curiosités seraient-elles liées ? C'est ce que Nadia Fröbisch, de l'institut Leibniz pour la science de l'évolution et de la biodiversité, à Berlin, et ses collègues ont voulu savoir. En recherchant ces propriétés chez des espèces éteintes de tétrapodes, ils ont découvert que la

salamandre a eu des prédécesseurs il y a 300 millions d'années... qui n'étaient pas ses ancêtres directs.

Comment retracer le développement d'espèces éteintes ? En rassemblant les fossiles d'une espèce, en les classant du plus jeune individu au plus âgé grâce à leur ossification, puis en regardant la séquence obtenue comme un film retraçant le développement d'un seul individu. En 2007, Nadia Fröbisch et ses collègues avaient ainsi montré qu'un amphibien du Paléozoïque (il y a environ 300 millions d'années), *Apateon*, développait ses doigts de la même façon que les salamandres.

Ils ont cette fois retrouvé un développement similaire chez deux autres amphibiens de la même époque, *Micromelerpeton* et *Sclerocephalus*, mais plus éloignés de la salamandre dans l'arbre

phylogénétique des tétrapodes. Cette propriété existait donc très probablement chez leur dernier ancêtre commun, à la tête d'un large groupe les englobant (les temnospondyles), voire chez un ancêtre plus lointain.

La régénération des membres, elle, se repère grâce aux malformations qu'elle introduit. Chez la salamandre, elle produit parfois des doigts supplémentaires, la fusion de doigts ou de phalanges, ou des phalanges de diverses tailles. Si *Apateon* et *Sclerocephalus* n'ont pas encore révélé s'ils régénéraient leurs membres, les biologistes ont repéré de telles anomalies chez *Micromelerpeton*, signe que cet amphibien en avait bien la capacité. Cette dernière existait donc elle aussi déjà il y a 300 millions d'années, soit 80 millions d'années avant le premier

fossile connu de salamandre, voire plus tôt.

Plus étonnant encore, les biologistes ont montré que deux amphibiens aussi anciens, les microsaures *Hylopletesion* et *Microbrachis*, régénéraient leur queue selon un processus similaire à celui à l'œuvre chez la salamandre. Or dans l'arbre des tétrapodes, les microsaures sont bien plus proches des amniotes, la branche qui englobe les mammifères et les sauropsides (oiseaux, tortues, crocodiles, serpents, lézards...), que des salamandres et de *Micromelerpeton*. On pensait donc trouver un mécanisme de régénération plus proche de celui du lézard.

Lorsqu'un lézard perd sa queue, celle qui repousse n'est pas aussi perfectionnée que la première. Formée d'un unique tube de cartilage, elle reste

Linguistique

Quand l'environnement façonne les langues

Le rotokas, une langue de Nouvelle-Guinée, n'a que 6 consonnes et 5 voyelles, tandis que le khoon, parlé dans le sud de l'Afrique, en compte respectivement 128 et 28. Comment expliquer une telle variabilité ? Une collaboration internationale a montré que l'environnement est en partie responsable. Christophe Coupé, du laboratoire Dynamique du langage (DDL), à Lyon, a contribué à cette étude. Il nous en présente les résultats.

fonctionnelle en tant que balancier, mais n'a plus la souplesse de la queue d'origine, constituée de vertèbres articulées. La salamandre, elle, produit une queue identique à celle amputée, avec vertèbres, muscles et innervation. Lors de sa régénération, elle apparaît comme un fin filament qui se segmente peu à peu, et c'est cette signature que les biologistes ont retrouvée sur les fossiles des deux microsaures.

Ainsi, la capacité à se régénérer est probablement un trait bien plus ancien que 300 millions d'années. Un ancêtre tétrapode commun des salamandres et des microsaures (et donc des amniotes) devait en être doté, voire un ancêtre plus lointain encore, un sarcoptérygien, commun aux tétrapodes et aux dipneustes. Ces poissons à poumons sont eux aussi capables de régénérer leur queue... La propriété aurait ensuite été perdue au moins une fois au cours de l'histoire évolutive des tétrapodes, le long de la lignée qui a conduit aux amniotes.

Quant au développement étrange des doigts des salamandres, s'il a coexisté 300 millions d'années avec la capacité à se régénérer chez le *Micromelerpeton*, le *Sclerocephalus* et la salamandre, on n'en trouve pas trace chez les microsaures. En revanche, les grenouilles, pourtant plus proches cousines des salamandres que le *Micromelerpeton*, ne se développent pas comme elles : chez le têtard en cours de métamorphose, les doigts antérieurs apparaissent en dernier. Et pour brouiller encore les pistes, le têtard est capable de régénérer sa queue... tant qu'il n'entame pas sa métamorphose. L'histoire de la régénération des tétrapodes est loin d'être close !

Marie-Neige Cordonnier

Nature, vol 527, pp. 231-234, 2015

Comment avez-vous eu l'idée de tester l'influence de l'environnement sur les langues ?

Christophe Coupé : Tout part d'une hypothèse qualifiée d'adaptation acoustique, proposée par l'ornithologue américain Eugene Morton dans les années 1970. Selon cette hypothèse, le système de communication utilisé par une espèce animale évolue et s'adapte à l'environnement, à l'instar d'un organisme vivant. Ainsi, les animaux ajustent leurs vocalisations pour qu'elles se propagent de façon optimale dans leur habitat. Cette hypothèse a globalement été validée et, depuis quelques années, on cherche à l'appliquer à l'espèce humaine.

Quelles langues avez-vous étudiées ?

C. C. : Nous avons travaillé sur environ 630 langues de la base de données LAPSyD, développée par notre laboratoire, en collaboration avec le linguiste américain Ian Maddieson. Pour chaque langue, cette base contient une fiche d'identité phonologique : inventaire des sons, complexité des syllabes (liée au nombre de consonnes et de voyelles qui les composent), etc. Nous avons exclu de l'étude les langues parlées sur un trop grand espace, tels l'anglais et le français, car un vaste territoire peut

rassembler des environnements très différents les uns des autres.

Comment avez-vous pris en compte les paramètres environnementaux ?

C. C. : Depuis une dizaine d'années, de plus en plus de données satellitaires sont mises à disposition. Nous avons ainsi obtenu des mesures précises de la couverture forestière, de la température, de l'altitude et des précipitations pour



Christophe Coupé, chargé de recherche au CNRS

l'ensemble des régions émergées de la planète. Nous avons croisé ces données avec celles issues de recensements linguistiques, pour connaître le nombre de locuteurs de chaque langue, ainsi que l'aire géographique qu'ils occupent, avec l'aide d'un logiciel de cartographie numérique.

Et qu'avez-vous trouvé ?

C. C. : Nous avons montré qu'en moyenne, plus la température est élevée et la végétation dense, moins les consonnes sont nombreuses.

Le nombre de voyelles, lui, ne subit pas d'impact. La complexité des syllabes tend aussi à diminuer quand la densité de la végétation augmente.

Comment l'expliquez-vous ?

C. C. : Les hautes fréquences se propagent moins bien quand la végétation est dense et la température élevée. Or les consonnes diffèrent les unes des autres en bonne partie par des variations dans leurs composantes spectrales de hautes fréquences. Elles sont donc plus difficiles à distinguer dans ces conditions, ce qui explique qu'elles soient moins nombreuses. C'est d'ailleurs parce que nous avons ce mécanisme physique à l'appui de nos corrélations que nous pensons qu'elles traduisent une relation causale.

Quelle est l'importance de l'effet constaté ?

C. C. : Il n'est pas très fort, mais bien réel. Pour les 630 langues analysées, nous estimons que les différences de température et de végétation expliquent un peu plus de 10 % des variations du nombre de consonnes. De multiples autres facteurs, notamment sociaux, s'ajoutent pour expliquer la variabilité des sons des langues.

Guillaume Jacquemont

E. Underwood, Science,
4 novembre 2015