

> myxines. Ils savaient en effet que la distribution de ces caractères est «asymétrique»: certains traits, comparables chez les lamproies et les gnathostomes, sont tout simplement absents chez les myxines, si bien que l'on ne peut rien en conclure en termes de classification. Par exemple, les myxines sont dépourvues d'électrorécepteurs sur les flancs, de bourgeons du goût et bien sûr de vertèbres, traits largement distribués chez les autres vertébrés aquatiques. Or ce type d'asymétrie peut entraîner des artefacts comme casser la monophylie d'un groupe. N'était-ce pas le cas ici?

Certains zoologistes et paléontologues, comme Philippe Janvier, au Muséum national d'histoire naturelle, à Paris, avaient déjà soulevé cette question de fond. Devait-on interpréter l'absence de ces caractères chez les myxines comme primitive ou secondaire? Dans le premier cas, les ancêtres des myxines n'ont jamais été pourvus de ces caractères, qui sont apparus plus tard, dans la lignée menant aux gnathostomes. Dans le second, certains ancêtres des myxines ont présenté de tels caractères, qui ont ensuite été perdus dans la lignée menant aux myxines. Ces dernières seraient alors des vertébrés ayant perdu leurs vertèbres...

UN FOSSILE REMARQUABLE

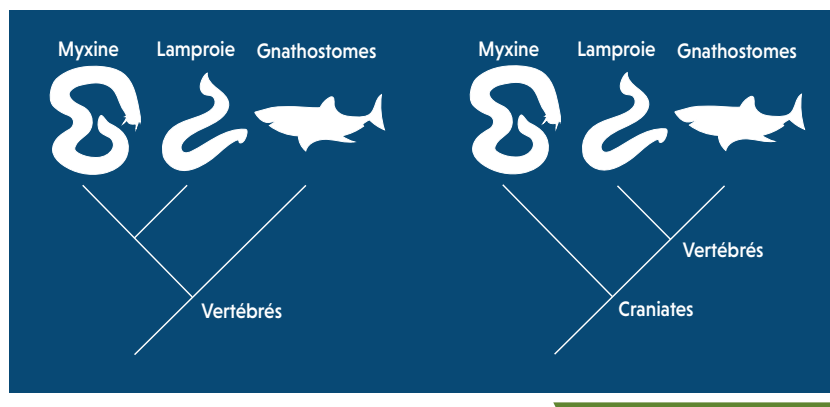
De tels cas sont légion en biologie. Par exemple, les serpents sont des «tétrapodes apodes». Nichés parmi des animaux tétrapodes (geckos, varans, iguanes, lézards...), leurs ancêtres ont eu quatre pattes, qui ont été perdues secondairement. De même, les cétacés, qui n'ont plus que des pattes antérieures, les ailerons, ont perdu secondairement leurs pattes postérieures. Remarquons que, dans ces deux cas, des organes vestigiaux (bassin réduit chez les pythons et chez les baleines) sont des indices convaincants.

Comment résoudre ce problème? On pense évidemment à la paléontologie. Mais le plus ancien fossile de myxine, *Myxinikela siroka*, du Carbonifère (il y a environ 300 millions d'années), présente les mêmes difficultés d'interprétation que les myxines actuelles. Or, par un heureux hasard, *Tethymyxine tapirostrum*, fossile en remarquable état de préservation, vient d'être exhumé dans un site calcaire du Liban datant du Crétacé supérieur (il y a environ 100 millions d'années). Tetsuto Miyashita, de l'université de Chicago, et ses collègues l'ont étudié avec minutie.

Le nouveau fossile présente des caractères de myxine actuelle introuvables chez

QUEL ARBRE POUR LES MYXINES ?

Les évolutionnistes hésitent entre deux classifications pour les myxines. Dans l'une, fondée sur des phylogénies moléculaires, elles auraient appartenu, avec les lamproies, à un taxon monophylétique, c'est-à-dire constitué d'un ancêtre commun et de tous ses descendants (à gauche). Dans l'autre, s'appuyant sur des descriptions morphologiques, elles se seraient diversifiées avant les vertébrés (à droite). Les cyclostomes, qui historiquement rassemblent les myxines et les lamproies, auraient alors été un groupe non pas mono-, mais paraphylétique. La première classification était la bonne.



l'animal du Carbonifère, comme des glandes à mucus dispersées sur le corps, la situation de l'appareil branchial ou la structure du foie. En le comparant aux animaux actuels (myxines, lamproies, gnathostomes) et à de nombreux agnathes fossiles comme les anaspides ou les euconodontes, dont les situations évolutives sont problématiques, l'équipe a montré que les cyclostomes sont monophylétiques, avec deux caractères morphologiques propres: des plaques munies de dents kératineuses et la migration particulière des muscles du tronc autour des yeux. Les myxines se retrouvent nichées à l'intérieur des cyclostomes. Elles ont donc évolué depuis leur émergence, développant des organes qui leur sont propres, en perdant d'autres.

Enfin, dans la lignée qui mène aux cyclostomes se trouvent des animaux fossiles comme les anaspides et les euconodontes, qui portent des traces de minéralisation d'une matrice squelettique. La possibilité d'une telle minéralisation précède donc la diversification des myxines – un scénario cohérent avec les observations de Tetsuto Miyashita sur des embryons de myxines et de lamproies, qui présentent des dépôts de phosphate de calcium dans leurs oreilles internes.

Les myxines sont donc bel et bien des vertébrés. Ce qui complique le portrait-robot de l'ancêtre commun des vertébrés, car l'indice qu'elles auraient fourni en étant extérieures a disparu... ■



Hervé Le Guyader a récemment publié : **L'Aventure de la biodiversité**, (Belin, 2018).

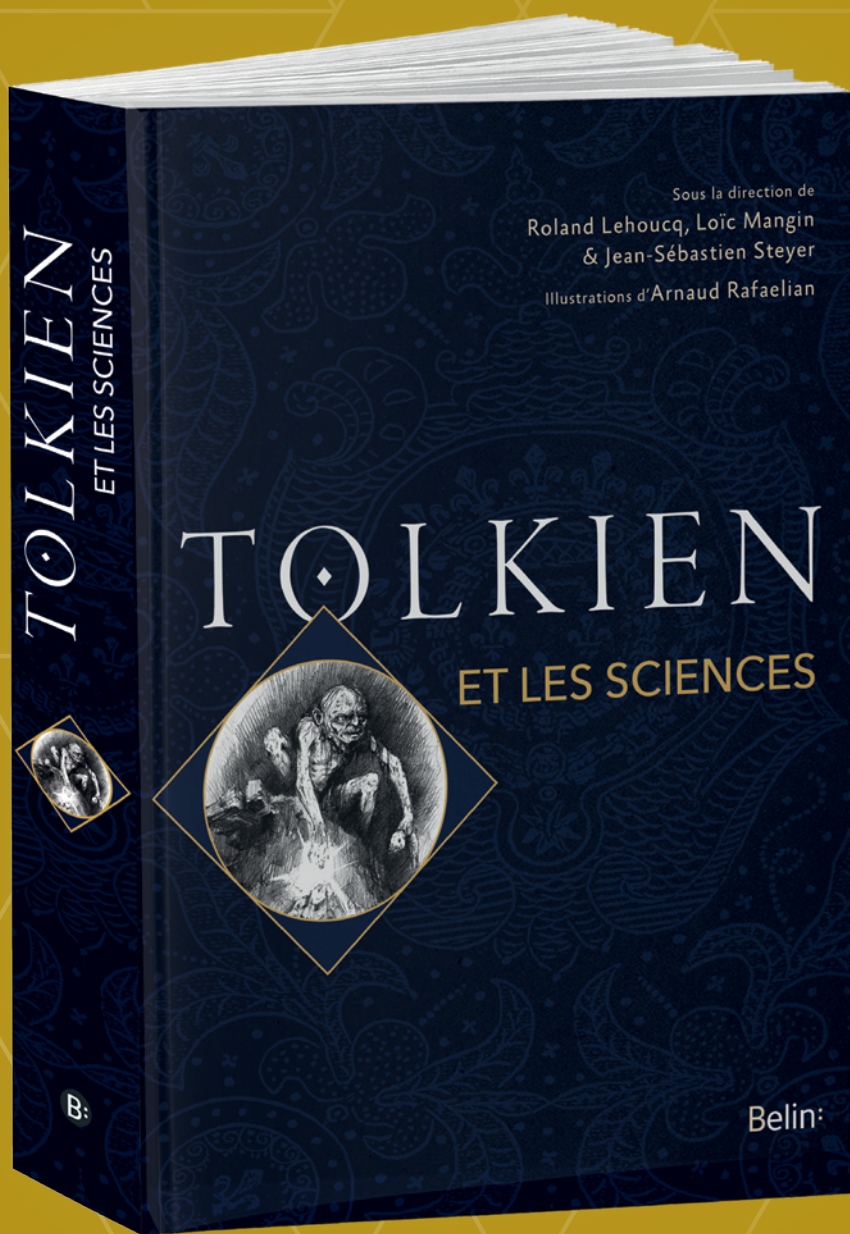
BIBLIOGRAPHIE

T. Miyashita et al., **Hagfish from the Cretaceous Tethys Sea and a reconciliation of the morphological-molecular conflict in early vertebrate phylogeny**, PNAS, vol. 116, pp. 2146-2151, 2019.

P. Janvier, **Early Vertebrates**, Oxford University Press, 2003.

C. B. Braun, **Schreiner organs : a new craniate chemosensory modality in hagfishes**, J. Comp. Neurol., vol. 392(2), pp. 135-163, 1998.

QUAND LA SCIENCE NOUS ÉMERVEILLE...



En librairie le 16 octobre

Belin:

L'AUTEUR



HERVÉ THIS
physicochimiste,
directeur du Centre
international
de gastronomie moléculaire
AgroParisTech-Inra, à Paris

DES ÉMULSIONS PLUS PARFUMÉES

Évitons de mettre trop de farine dans les sauces émulsionnées : l'amidon qu'elle contient empêche les composés odorants de s'échapper et donc de nous ravir.

Nous consommons très souvent des émulsions, qui se forment à la moindre agitation mécanique là où de l'eau, composant majoritaire de la plupart des ingrédients culinaires, est réuni à de l'huile ou une autre matière grasse.

Dans ces émulsions, la matière grasse liquide est dispersée dans la phase aqueuse sous la forme de gouttelettes. La dispersion nécessite des composés tels que protéines ou phospholipides, qui se placent aux interfaces eau-huile et réduisent ainsi l'énergie nécessaire à la création de celles-ci. C'est, par exemple, le cas pour la mayonnaise, où l'huile est émulsionnée grâce aux protéines du jaune d'œuf. Mais en observant une telle émulsion avec un simple microscope optique, on ne voit que deux phases, l'interface eau-huile étant bien trop mince.

La mayonnaise dérive de la rémoulade qui, elle, contient de la moutarde... Or avec de tels ingrédients, on passe des émulsions simples à des émulsions plus complexes, nommées émulsions de Ramsden, où l'interface eau-huile est tapissée de particules visibles au microscope. Ces systèmes contiennent d'innombrables composés susceptibles d'interagir avec les espèces diffusantes, notamment les composés odorants.

Or Xiaolu Pu, à l'université de Nottingham, et ses collègues viennent de publier les résultats d'études d'émulsions modèles, pour lesquelles ils ont déterminé la libération de composés odorants. Ils ont comparé des solutions aqueuses, des émulsions d'huile dans de l'eau, et des émulsions d'eau dans de l'huile

L'amidon de la farine est formé notamment de molécules d'amylose. Or ces molécules piègent des composés odorants et nuisent ainsi au parfum des émulsions.

elles-mêmes émulsionnées dans l'eau (ces dernières sont de plus en plus utilisées par l'industrie alimentaire pour ralentir la diffusion des composés odorants, réduire la teneur en matière grasse ou favoriser la perception du sel, ce qui permet d'en réduire la teneur).

Les chercheurs ont placé dans ces systèmes des composés ayant des affinités variées pour l'eau ou l'huile, et ont ajouté des polymères variés aux émulsions afin d'en modifier la viscosité, comme le font l'industrie alimentaire... et les cuisiniers : gomme xanthane (un polysaccharide produit par la bactérie *Xanthomonas campestris*) ou amidon. Les gaz surmontant les émulsions étaient analysés en continu, pendant plusieurs jours.

Dans l'hypothèse d'une simple diffusion des composés odorants ajoutés à une solution aqueuse, à une émulsion ou à une double émulsion, un composé tel que le diacétyle (odeur beurrée) aurait dû se dégager de moins en moins aisément dans l'ordre des systèmes énoncés ici, et la tendance aurait dû être inverse pour le 3-pentanone (odeur du dissolvant pour vernis à ongle).

Or ce n'est pas ce qui a été observé, pour de nombreuses raisons. Tout d'abord, le crémage des émulsions fait venir en surface principalement les gouttelettes les plus grosses, ce qui perturbe les transferts des composés odorants.



Avec la gomme xanthane, des interactions supplémentaires ont été observées avec le diacétyle, mais pas avec le 3-pentanone. Mais avec l'amidon, c'était l'inverse.

Ces résultats éclairent un débat culinaire ancien, à propos de l'usage de la farine dans les sauces, certains l'accusant de réduire le goût. Effectivement, l'amylose de l'amidon est un polymère hérissé de groupes hydroxyle (OH), qui s'enroule en hélice quand il est placé dans l'eau. Ces hélices piègent alors de petits composés odorants tels que la 3-pentanone.

Moralité : il ne faut pas rouler les dégustateurs dans la farine ! ■



LA RECETTE

- 1 Faire tremper six feuilles de gélatine.
- 2 Cuire deux échalotes émincées avec du vinaigre de vin.
- 3 Quand le liquide est presque évaporé, ajouter 20 centilitres de vin rouge, un clou de girofle, deux baies de genièvre, un peu de piment, du poivre et du sel. Porter à ébullition et passer.
- 4 Ajouter la gélatine (qui confère de l'onctuosité et évite la farine) au liquide passé, et chauffer pour la dissoudre.
- 5 Ajouter 200 grammes de beurre et chauffer pour émulsionner le beurre.
- 6 En fin de cuisson, ajouter une cuillerée à soupe de vin qui ne cuira pas.