

> de la phylogénie moléculaire à la phylogénomique, c'est-à-dire l'utilisation de la plus grande fraction possible du génome – au mieux de son intégralité – pour réaliser des phylogénies plus fiables; d'autre part, ils n'omettent pas pour autant l'anatomie comparée.

C'est alors que Martin Sørensen, de l'université de Copenhague, décrit en 2002 un animal microscopique, *Limnognathia maerski*, récemment découvert dans une île du Groenland. Ce dernier arbore un pharynx pourvu de mâchoires d'une extrême complexité, qui ressemblent à celles d'autres organismes microscopiques: les rotifères, des animaux planctoniques d'eau douce, et les gnathostomulides, de minuscules vers vivant dans les sables marins. Or en 1995, le zoologiste allemand Wilko Ahlrichs a rassemblé rotifères et gnathostomulides en un même taxon, les gnathifères (porteurs de mâchoires). *L. maerski* les y rejoint donc, mais il faut attendre encore sept ans pour qu'une équipe allemande, autour de Thomas Hankeln, de l'université de Mayence, confirme par phylogénomique que ce groupe forme réellement un taxon. Les chétognathes feraient-ils eux aussi partie des gnathifères, malgré leur taille macroscopique?

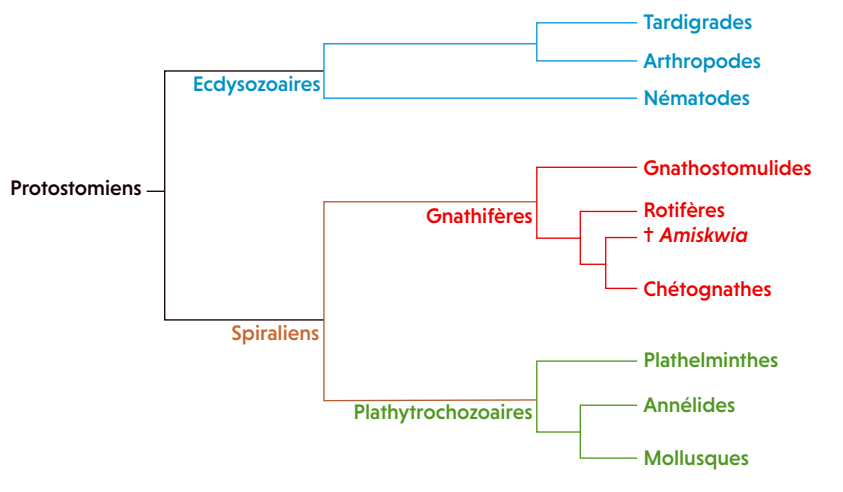
LES CHÉTOGNATHES, DES GNATHIFÈRES?

Plusieurs indices récents vont dans ce sens. Dans les années 2000, autour de Yannick Le Parco, du centre d'océanologie de Marseille, une équipe s'était lancée dans l'étude des gènes de développement des chétognathes, en particulier les gènes *Hox*, qui spécifient l'organisation antéro-postérieure de l'organisme. De manière inattendue, l'un des six gènes répertoriés présentait une grande originalité: c'était un gène mosaïque, aux caractéristiques à la fois de gènes *Hox* connus pour organiser l'avant et le milieu des animaux, et d'autres gènes *Hox* connus pour organiser la partie postérieure. Or en 2017, Andreas Fröbisch, de l'université de Giessen, en Allemagne, et Peter Funch, de l'université d'Aarhus, au Danemark, ont trouvé chez un rotifère un gène mosaïque identique! Chétognathes et rotifères sont donc probablement des proches parents.

Puis, en 2019, une équipe de l'institut de science et technologie d'Okinawa, au Japon, autour de Ferdinand Marlétaz, a mené un travail très soigné de phylogénomique pour prendre en compte l'hétérogénéité de la composition des séquences nucléiques et minimiser ainsi

LE NOUVEL ARBRE DES PROTOSTOMIENS

Après avoir côtoyé tour à tour annélides (sangues, vers de vase, lombrics...), nématodes (vers non segmentés) et mollusques, les chétognathes font aujourd'hui partie d'un nouveau taxon, les gnathifères, aux côtés d'autres animaux marins ou d'eau douce comme les rotifères, les gnathostomulides et *Limnognathia maerski* (non représenté sur cet arbre simplifié). Hormis les chétognathes et le fossile *Amiskwia*, les gnathifères connus sont microscopiques.



les artéfacts de reconstruction des phylogénies. La résolution en a été largement améliorée et, ô surprise, les chétognathes se sont retrouvés... dans les gnathifères (voir l'encadré ci-dessus).

Ainsi, la découverte d'un nouveau taxon, les gnathifères, a résolu le mystère des chétognathes: ces animaux marins centimétriques appartiendraient bien à ce groupe, aux côtés de leurs minuscules cousins, les rotifères et les gnathostomulides. Comment une telle différence de taille est-elle possible chez des animaux si proches? Un fossile a tout récemment fourni une réponse. En 2019, en effet, Jean-Bernard Caron et Brittany Cheung, de l'université de Toronto, ont réinterprété *Amiskwia*, un fossile du Cambrien, il y a environ 500 millions d'années.

On avait d'abord vu ce fossile comme un chétognathe avant d'abandonner cette interprétation. Mais les deux chercheurs ont décelé des mâchoires en bon état dans son pharynx, mâchoires qui ressemblent profondément à celles des gnathostomulides... Ainsi, les gnathifères ont reçu un fossile de choix, qui prouve l'ancienneté du groupe. Or *Amiskwia* mesure quelques centimètres... Les gnathifères présentent donc une dynamique évolutive intéressante de miniaturisation. Si les chétognathes sont restés de taille centimétrique, les autres membres du groupe sont devenus minuscules. Qui aurait eu l'idée de classer des géants parmi des nains? ■

BIBLIOGRAPHIE

F. Marlétaz et al., **A new spiralian phylogeny places the enigmatic arrow worms among gnathiferans**, *Curr. Biol.*, vol. 29, pp. 312-318, 2019.

J.-B. Caron et B. Cheung, ***Amiskwia* is a large Cambrian gnathiferan with complex gnathostomulid-like jaws**, *Commun. Biol.*, vol. 2, article 164, 2019.

A. Fröbisch et P. Funch, **Rotiferan *Hox* genes give new insights into the evolution of metazoan bodyplans**, *Nat. Commun.*, vol. 8, article 9, 2017.

D. Papillon et al., ***Hox* gene survey in the chaetognath *Spadella cephaloptera*: Evolutionary implications**, *Dev. Genes Evol.*, vol. 213, pp. 142-148, 2003.

DURÉE LIBRE

Partie réservée au service abonnement. Ne rien inscrire.

L'AUTEUR



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

DES ODEURS POUR CRÉER DES SAVEURS

Certaines odeurs sont associées à des saveurs, notamment salée ou sucrée. L'effet sert à réduire le sucre ou le sel, mais aussi à mieux cuisiner.

Jadis les idées nutritionnelles de la théorie des humeurs se limitaient à combattre des excès de tempéraments par des aliments opposés. C'est pourquoi, encore aujourd'hui, on mange du melon, froid et humide, avec du jambon cru, sec et chaud. Les progrès de la chimie, après le XVIII^e siècle, ont permis d'analyser le contenu des aliments en composés dont on a progressivement mieux compris l'action sensorielle, nutritionnelle ou toxique. Aujourd'hui, la biodisponibilité des composés des aliments (leur aptitude à passer dans l'organisme avant élimination) est l'objet d'études. C'est en vertu de cette biodisponibilité que le carotène bêta (ou provitamine A) des carottes est plus ou moins actif, selon que l'on mange les carottes râpées en salade ou bien en purée.

Toutefois, les qualités des aliments ne sont pas plus réductibles à la composition chimique qu'à la biodisponibilité, car les diverses modalités sensorielles interagissent. Il en est ainsi de l'odeur et de la saveur: récemment, Elisabeth Guichard et ses collègues du Centre des sciences du goût, à Dijon, ont exploré comment certaines odeurs font croire à la perception de saveurs (*J. Agric. Food Chem.*, 6 novembre 2019).

Les chercheurs dijonnais sont partis de l'analyse d'un jus d'orange. Les composés odorants, séparés du jus par chromatographie, étaient proposés à des personnes à qui l'on demandait de décrire l'odeur, puis la saveur évoquée. Des analyses statistiques ont dégagé pour chaque stimulus une fréquence de détection de l'odeur et une fréquence de détection d'une saveur.

Les odeurs florales évoquent une saveur sucrée. Un bon moyen de réduire les quantités de sucre dans les pâtisseries ?



Au total, 33 impressions odorantes ont été associées à du sucré, 16 à de l'acide, 10 à du salé et 21 à de l'amer. Par exemple, les descripteurs «odeur fruitée», «odeur sucrée», «odeur de fraise», «odeur florale» sont corrélés à une saveur sucrée; les odeurs de pomme de terre, de champignon, sulfurée sont plutôt associées à une saveur salée. Les odeurs de fromage, d'agrumes sont associées à la saveur acide; les odeurs d'herbes aromatiques, de fumé, d'épicé sont associées à l'amertume.

Il serait long d'entrer dans les détails de l'étude, mais l'utilisation en cuisine des résultats est claire: on peut réduire le sucre ou le sel, notamment, en ajoutant des composés odorants corrélés à ces saveurs. Par exemple du (E)-bêta-ocimène pour du sucré, de la 1-octène-3-one ou du furfural pour du salé, du géraniol pour de l'acide...

Pour réduire davantage le sucre ou le sel sans perdre en saveur, le cuisinier devrait aussi construire des consistances hétérogènes, en plaçant par exemple les composés sapides dans la périphérie des fragments que la mastication formera. Ces composés seront alors plus facilement accessibles et agiront plus efficacement que s'ils étaient enfouis au cœur des fragments d'aliments. Cela rejoint ce qu'Ana Carolina Mosca et ses collègues

de Wageningen, aux Pays-Bas, ont montré dès 2010: des gels où du sucre est réparti de façon homogène sont perçus moins sucrés que s'ils sont faits de couches de différentes concentrations, surtout si ces gels sont très tendres. Les cuisiniers le savaient, puisqu'ils disent depuis longtemps qu'il ne faut pas trop «coller» les gelées, sous peine de perdre du goût. ■



LA RECETTE

- 1 Chauffer 500 g de bouillon de volaille non salé pour y dissoudre 25 g de gélatine (en feuilles, préalablement trempées dans de l'eau froide) et seulement 2 g de sel.
- 2 Y mettre des lamelles très minces de champignons de Paris juste le temps qu'elles soient assouplies, puis les récupérer à l'écumoire et en couvrir un film alimentaire.
- 3 Mettre ce film dans un large plat, et couler un peu de gelée fortement poivrée. Laisser prendre.
- 4 Quand la gelée est prise, tapisser la surface avec une mince couche de jambon.
- 5 Badigeonner de sauce mayonnaise (jaune d'œuf, vinaigre, huile de tournesol, piment de Cayenne, mais pas de sel).
- 6 Couler à nouveau de la gelée.
- 7 Quand la gelée est prise, replier le film sur lui-même, décoller la partie supérieure et replier le reste encore en deux. Puis replier encore une fois en deux.
- 8 Mettre au froid.
- 9 À l'emporte-pièce carré, détailler des portions de ce millefeuille peu salé.