

> d'animaux dotés d'axes et d'un système nerveux. Tout suggère que le génome porte plus de gènes que nécessaire, ce qui est typique d'une simplification évolutive secondaire. Naturellement, l'équipe de Daniel Rokhsar a tenté une phylogénie: elle trouve que *T. adhaerens* représente un groupe frère du couple cnidaires-bilatériens.

UNE BOUCHE GRANDE OUVERTE

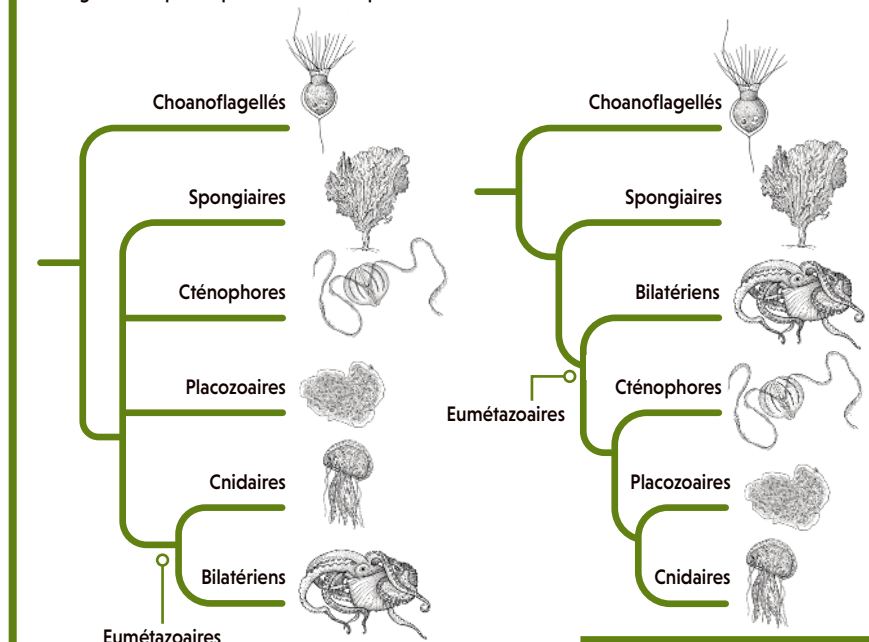
En 2019, pour en savoir plus, l'équipe de Mark Martindale, de l'université de Floride à Saint Augustine, a analysé l'expression de deux gènes, *Chordin* et *Tgfb*, et comparé leurs localisations avec celles chez d'autres animaux. Pourquoi ce choix? Si les placozoaires ne présentent pas de polarité antéro-postérieure, ils ont un axe dorso-ventral. Or c'est justement l'interaction fonctionnelle de ces deux gènes, c'est-à-dire leur influence mutuelle, qui spécifie cet axe chez les bilatériens. Il était donc intéressant de tester si les gènes correspondants chez *T. adhaerens* interagissent aussi.

Les résultats sont encourageants: ces gènes ne s'expriment que dans la couche cellulaire inférieure de l'animal, et selon une organisation similaire à celle observée du côté oral des cnidaires (la région située sous l'ombrelle chez les méduses). Or cette couche joue un rôle majeur: elle rassemble les bactéries qui couvrent le support où rampe le placozoaire. Puis ce dernier se replie sur lui-même et la couche cellulaire forme alors une sorte de cavité digestive. En d'autres termes, *T. adhaerens* ressemblerait à un cnidaire dont la bouche serait totalement ouverte... Les cnidaires seraient-ils ses plus proches parents?

Répondre à cette question nécessite de se pencher sur la base de l'arbre des animaux pluricellulaires. Cinq taxons les rassemblent: spongiaires (les éponges), cnidaires, bilatériens, placozoaires et cténophores (des animaux marins transparents carnivores). Dessiner la base de l'arbre de ces animaux revient donc à les agencer. Or les deux derniers sèment la pagaille! C'est pourquoi de nombreuses phylogénies les excluent (celle de Daniel Rokhsar, notamment, ne prend pas en compte les cténophores). En leur absence, la topologie est simple: les spongiaires sont le groupe frère du couple cnidaires-bilatériens. Mais l'ajout des deux autres embranchements déstructure l'ensemble, car ils sont source d'artefacts de phylogénie moléculaire. Par exemple, la structure des cténophores est proche de

OÙ CLASSER LES PLACOZOAIRES ?

Si l'on est sûr que les choanoflagellés (des animaux unicellulaires) sont le groupe frère des métazoaires (animaux pluricellulaires), et que cnidaires et bilatériens sont proches, des incertitudes existent sur les relations de parenté entre spongiaires, cténophores, placozoaires et eumétazoaires, que l'on indique par un « râteau » (à gauche). Selon le zoologiste Claus Nielsen, de l'université de Copenhague, l'arbre le plus simple rapprocherait les placozoaires des cnidaires (à droite). Les eumétazoaires étant caractérisés par un système nerveux, cela signifierait que les placozoaires l'ont perdu secondairement.



celle des cnidaires et pourtant dans certaines phylogénies moléculaires ils apparaissent à la base de l'arbre, avant les spongiaires! Et les placozoaires sont si peu nombreux que leur branche est très longue, ce qui fragilise sa position dans l'arbre.

En cas d'irrésolution, la sagesse consiste à la signaler sur l'arbre (voir l'encadré ci-dessus). On fait alors intervenir d'autres éléments. Du point de vue moléculaire, une analyse fine à partir de plusieurs placozoaires publiée en 2018 par une équipe autour de Gonzalo Giribet, de l'université Harvard, aux États-Unis, soutient la parenté des placozoaires et des cnidaires. Par ailleurs, en 2019, le zoologiste Claus Nielsen, de l'université de Copenhague, a pris chaque arbre possible et a suivi sur chacun les caractères morphoanatomiques, comme l'apparition des systèmes nerveux et musculaire. Or c'est l'arbre avec les placozoaires et les cténophores proches des cnidaires qui paraît le plus simple, et de même il est plus simple d'envisager une unique invention du système nerveux. Retenons donc cet arbre pour le moment. Mais tout n'est pas optimal en biologie... ■

BIBLIOGRAPHIE

T. Q. DuBuc et al., « Dorsal-Ventral » genes are part of an ancient axial patterning system : Evidence from *Trichoplax adhaerens* (Placozoa), *Mol. Biol. Evol.*, vol. 36(5), pp. 966-973, 2019.

C. Nielsen, Early animal evolution : A morphologist's view, *R. Soc. open sci.*, vol. 6, article 190638, 2019.

C. E. Laumer et al., Support for a clade of Placozoa and Cnidaria in genes with minimal compositional bias, *eLife*, vol. 7, article e36278, 2018.

M. Eitel et al., Comparative genomics and the nature of placozoan species, *Plos Biol.*, vol. 16(7), article e2005359, 2018.

Biodiversité, inégalité et pauvreté, changements climatiques, alimentation... face à ces enjeux mondiaux, les solutions pour inventer le futur durable de notre planète dépassent les frontières et se construisent ensemble. Ce cycle de rencontres, en duplex de Paris avec les pays du Sud, propose un regard croisé entre chercheurs et acteurs du développement durable sur leurs expériences de terrain.

25 mars

Journée mondiale de l'eau

En duplex avec le Sénégal

27 mai

Journée mondiale de la biodiversité

En duplex avec Madagascar

Accès gratuit sur place (réservation obligatoire) ou en ligne
Informations et réservation : cite-sciences.fr

EN PARTENARIAT AVEC



AVEC LE SOUTIEN DE



ma planète demain !

tables rondes en duplex

— les jeudis à 19h

cité
sciences
et industrie

Covid 19, la riposte des nations africaines

**tables rondes en duplex
avec l'Afrique**

— 31 mars

cité
sciences
et industrie



**Forum de la recherche et de l'innovation
dans le cadre de la Saison Africa2020**

En Afrique, la riposte face à la Covid-19 est multiple. Comment les institutions, le monde de la recherche, des technologies se mobilisent pour lutter contre la pandémie et répondre aux besoins des populations ? Ce forum donne la parole aux acteurs à travers le continent : jeunes entrepreneurs innovants, médecins, chercheurs, virologues présentent leurs actions.

14h30

La Tech africaine se mobilise contre la Covid-19

18h30

L'Afrique face à la Covid-19, atouts et défis

Accès gratuit sur place (réservation obligatoire) ou en ligne
Informations et réservation : cite-sciences.fr

Manifestation organisée dans le cadre de la Saison Africa2020



EN PARTENARIAT AVEC



AVEC LE SOUTIEN DE



L'AUTEUR



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

LE FLAMBAGE RÉDUIT-IL L'ACIDITÉ ?

En faisant flamber un vin ou un alcool, on modifie ce liquide.
Mais pas comme on le croit souvent.

Selon certains cuisiniers, le flambage réduirait l'acidité des vins et des alcools employés, ce qui résulterait de l'évaporation d'«acides volatils». Et les hautes températures obtenues changeraient notablement les goûts. Ces affirmations suscitent des doutes. Quels «acides volatils», par exemple ?

Faisons l'analyse à rebours. Lorsqu'on chauffe une solution hydroalcoolique, on évapore d'abord l'éthanol, à moins de 80°C, et de l'eau. Bien sûr, des composés odorants sont entraînés, comme on s'en aperçoit en humant les vapeurs formées, mais la température du liquide qui bout est limitée à la température d'évaporation de l'éthanol et, au pire, à la température d'évaporation de l'eau. Certes, en haut d'une flamme, la température est de plusieurs centaines de degrés, mais l'aliment ou le liquide flambé ne subit pas lui-même ces conditions.

D'ailleurs, cette même expérience ne détecte pas d'acidité particulière. On se doute que des acides tels que l'acide acétique, toujours présent, puissent être évaporés, mais leur température d'ébullition est parfois notable (122°C pour l'acide acétique), de sorte que c'est plutôt l'entraînement par la vapeur d'eau qui réduira leur présence.

L'acide sulfurique, lui, est un mythe: si l'on exprime l'acidité des vins et alcools en équivalents d'acide sulfurique, aucun fabricant n'ajoute un tel acide dans ces boissons.

Pour savoir s'il y a réduction d'acidité, il faut expérimenter... et les résultats sont sans appel. Quand on chauffe du cognac, que l'on flambe jusqu'à extinction de la flamme, on observe que la quantité de liquide évaporée est légèrement supérieure à 40% (la teneur en éthanol); cela indique que de l'eau a simultanément été éliminée.

Lors du flambage, certains composés du vin ou de l'alcool utilisés s'évaporent ou sont modifiés.



Et les mesures du pH montrent que ce dernier, qui aurait dû augmenter s'il avait été vrai que le flambage réduit l'acidité, diminue (de une unité), au contraire! D'ailleurs, le chauffage du cognac dans les mêmes conditions, mais sans flamme, réduit aussi le pH de cette même quantité. Pour le vin, de même, il n'y a pas de réduction d'acidité, flamme ou pas. Quant à la mesure des températures, dans le liquide et dans la flamme, elle confirme ce que la physicochimie sait.

L'analyse des phénomènes nous guide: certes, de l'acide acétique qui serait évaporé réduirait l'acidité, mais un vin n'est pas un vinaigre et la quantité initiale d'un tel acide n'est pas considérable. En revanche, l'évaporation conduit à une concentration des acides qui ne sont pas évaporables, tel l'acide tartrique. Pour le cognac, il faut évoquer d'autres mécanismes, à commencer par le fait que la présence d'éthanol peut changer l'équilibre acidobasique de l'eau.

Goûtons: oui, le cognac chauffé, flambé ou non, diffère du cognac non chauffé, et de même pour le vin, mais l'«agressivité» initiale n'est pas exactement une acidité; au total, c'est la sensation de brûlure due à l'éthanol qui disparaît, preuve que nous manquons d'un vocabulaire approprié pour décrire nos sensations gustatives. Hélas, cette confusion terminologique est la cause de la faute. En disant que «l'acidité est réduite par le flambage parce que les

acides volatils s'évaporent», on verse doublement dans l'erreur: une première fois parce que l'acidité ne diminue pas, une seconde fois parce qu'on explique un phénomène inexistant. Déjà en 1687, Fontenelle écrivait: «Assurons-nous bien du fait avant que de nous inquiéter de la cause. Il est vrai que cette méthode est bien lente pour la plupart des gens qui courent naturellement à la cause, et passent par-dessus la vérité du fait; mais enfin nous éviterons le ridicule d'avoir trouvé la cause de ce qui n'est point.» ■



LA RECETTE CANARD FLAMBÉ À L'ORANGE

- 1 Couper un magret de canard en lames épaisses d'un demi-centimètre et les disposer sur une brochette.
- 2 Dans une petite casserole, verser un verre de liqueur à l'orange. Y ajouter des rondelles d'orange pelée et des échalotes émincées.
- 3 Chauffer la liqueur et la faire flamber. Dans la partie supérieure de la flamme, cuire les lames de canard une à une.
- 4 Une fois les lames cuites et la flamme éteinte, poursuivre la cuisson de la liqueur, avec sel et poivre concassé.
- 5 Après quelques minutes de cuisson, ajouter une cuillerée de maïzena dispersée dans de la liqueur froide.
- 6 Ajouter les lamelles de canard flambées, et donner un bouillon pour épaissir la maïzena.