

> cela leur a permis de comprendre les conséquences de leur perte chez les cétacés. En voici quelques exemples.

Les gènes *F12* et *KLKB1* codent deux facteurs qui, lors de la coagulation sanguine, favorisent la formation du caillot. Or, au cours de la plongée, les cétacés présentent une baisse de leur rythme cardiaque, une réduction du débit sanguin et une vasoconstriction périphérique. La fréquence de ces phénomènes augmente le risque de thrombose, c'est-à-dire de formation d'un caillot dans les vaisseaux sanguins. Chez la souris, inactiver ces deux gènes diminue le risque de thrombose. La perte de fonction de ces deux gènes chez les cétacés leur est donc bénéfique, d'autant plus qu'elle n'empêche pas la formation de caillot lors d'une blessure.

DES POUMONS PLUS ÉLASTIQUES

Autre exemple: lors d'une plongée profonde, les poumons des cétacés colapsent. Ainsi, le volume des poumons d'un grand cachalot de 15 mètres n'est que de 7,5 litres à 1000 mètres de profondeur, alors qu'il est de 750 litres en surface. De plus, ces animaux réalisent, à leur remontée, une « expiration explosive »: ils vident 90% du volume de leurs poumons en un souffle. Or Michael Hiller et ses collègues ont remarqué qu'un gène jouant un rôle spécifique dans le système respiratoire, le gène *MAP3K19*, est devenu inactif chez les cétacés.

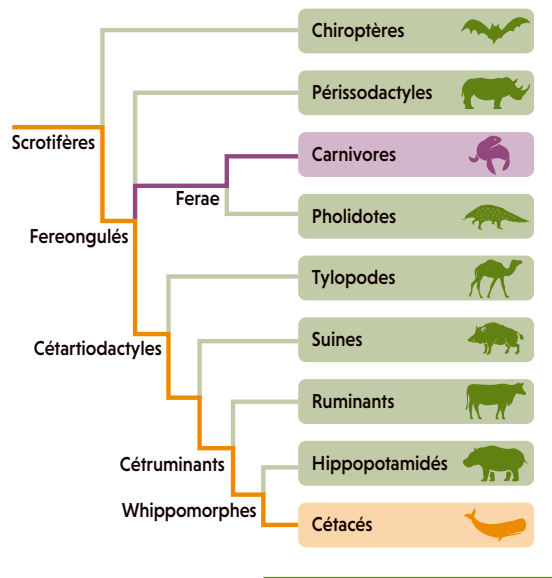
Chez l'humain, ce gène s'exprime dans diverses cellules des bronches et sa surexpression est impliquée dans le développement de la bronchopneumopathie chronique obstructive, une maladie due à la cigarette. Or l'inflammation induite entraîne la dégradation de l'élastine, une protéine qui confère son élasticité aux tissus pulmonaires. Le vidage des poumons est alors très incomplet, vu la perte d'élasticité des tissus. Chez les cétacés, en revanche, l'inactivation du gène *MAP3K19* préserve le réseau colla-gène-élastine et donc le souffle.

Ce gène est aussi surexprimé chez les patients atteints de fibrose pulmonaire, un excès de tissu conjonctif dans les poumons qui serait dû à une réparation anarchique. Or, si l'on inhibe le gène chez des souris, elles développent moins de fibroses. Son inactivation chez les cétacés les protégerait donc, eux dont les poumons sont particulièrement sujets aux microblessures du fait de l'amplitude de leurs mouvements respiratoires.

Le sommeil des cétacés est aussi le fruit de pertes de fonctions. Il est évident

LES CÉTACÉS, PLUS PROCHES COUSINS DES HIPPOPOTAMES

Les cétacés (baleines, dauphins, cachalots...) sont des mammifères qui appartiennent à l'ordre des cétartiodactyles, où ils côtoient les tylopodes (chameaux, dromadaires...), les suines (porcs, pécariis...), les ruminants (bovins, caprins, girafes, cerfs...) et les hippopotames, dont ils sont les plus proches. Les cétacés sont ainsi plus proches des chameaux que d'autres mammifères aquatiques, comme les lamantins (hors de l'arbre ci-contre), ou semi-aquatiques, comme les phoques.



que les cétacés ne peuvent dormir comme les mammifères terrestres, puisqu'ils doivent venir régulièrement respirer à la surface. On sait comment le problème a été résolu: un seul hémisphère cérébral dort, tandis que l'autre assure les fonctions essentielles de survie (voir *Pour la Science* n°506). Or les gènes *AANAT*, *ASMT*, *MTNR1A* et *MTNR1B*, indispensables pour la synthèse et l'action de la mélatonine, l'hormone du sommeil, ont carrément été perdus chez les cétacés. Ces pertes ont rendu possible ce mode de sommeil et ont entraîné un découplage entre le cycle jour-nuit et le cycle sommeil-veille qui, suivant des études sur les dauphins, est plutôt corrélé à celui de présence-absence des proies.

DES GÈNES PERDUS INDÉPENDAMMENT

D'autres fonctions sont touchées par le même processus évolutif: réparation de l'ADN, sécrétion de la salive... Impossible de tout décrire. Mais n'oublions pas un fait capital remarqué par Michael Hiller et son équipe: indépendamment, d'autres mammifères aquatiques (les lamantins) ou semi-aquatiques (les pinnipèdes, tels que les phoques) ont perdu certains de ces gènes (on parle de convergence). Assurément, on va maintenant rechercher un tel processus évolutif à chaque fois que le génome complet d'un animal assujéti à un environnement particulier sera séquencé. ■

BIBLIOGRAPHIE

M. Huelsmann et al., **Genes lost during the transition from land to water in cetaceans highlight genomic changes associated with aquatic adaptations**, *Science Advances*, vol. 5, article eaaw6671, 2019.

R. Albalat et C. Cañestro, **Evolution by gene loss**, *Nat. Rev. Genet.*, vol. 17, pp. 379-391, 2016.

M. R. McGowen et al., **Molecular evolution tracks macroevolutionary transitions in Cetacea**, *Trends Ecol. Evol.*, vol. 29(6), pp. 336-346, 2014.

DURÉE LIBRE

FORMULE INTÉGRALE

8,20 €
PAR MOIS

43 %
de réduction *

Pour la Science – Service abonnements – 19 rue de l'Industrie – BP 90053 – 67402 Illkirch Cedex – email: pourlascience@abopress.fr

PAG20STD

8,20€
PAR MOIS
-43 %
IPV8E20

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 ÉMULSIONS RICHES EN CURCUMA

Pour incorporer de la curcumine aux gouttelettes d'huile d'une sauce émulsionnée, une technique efficace est celle du «déplacement d'acidité», où l'on part d'une solution basique que l'on acidifie ensuite.

La chimie est une science qui élabore ses théories sur une technique faisant grand usage du feu... comme la cuisine. Il n'est donc pas étonnant que l'on trouve des mécanismes communs dans la technique de laboratoire et dans la technique culinaire.

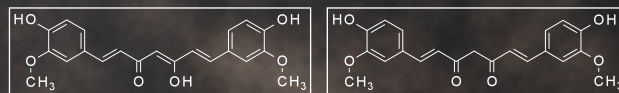
Par exemple, on emploie le sel à la fois pour laver des solutions produites par la chimie organique et pour donner du goût à des potages. Dans le premier cas, le renforcement de la force ionique assuré par l'ajout des ions chlorure et sodium permet d'éliminer l'eau restant parfois dans la phase organique, tandis que, pour les potages, le sel donne du goût en provoquant le relarguage de composés odorants peu solubles dans l'eau.

Cette fois, nous allons examiner un mécanisme qui fait intervenir l'acidité: Bingjing Zheng et ses collègues, de l'université d'Amherst, aux États-Unis, ont utilisé l'acidification d'un milieu basique pour faire passer de la curcumine dans des émulsions (*J. Agric. Food Chem.*, vol. 67, pp. 12245-12254, 2019), procédé que l'on pourra exploiter en cuisine.

La curcumine est le pigment principal du curcuma, ou safran des Indes. Cet additif de code E100(i), d'un jaune merveilleux, a la particularité d'être peu soluble dans les solutions aqueuses, mais davantage dans les phases hydrophobes, telle l'huile. Le cuisinier Pierre Gagnaire propose ainsi une recette qui consiste à faire macérer des tronçons de lotte dans de l'huile d'olive additionnée de curcuma et d'ail, avant de cuire le tout et de le servir avec du riz et une confiture d'orange et de citron.

Mais une telle recette met en œuvre beaucoup de matière grasse. Pour

Curcuma en poudre, extrait des rhizomes de *Curcuma longa*. Le pigment principal du curcuma est la curcumine, dont les deux formes moléculaires sont indiquées ici.



diminuer celle-ci, une solution serait d'utiliser une sauce émulsionnée, où des gouttelettes d'huile sont dispersées dans une phase aqueuse.

Bingjing Zheng et ses collègues notent que la manière la plus simple d'obtenir une telle émulsion consiste à dissoudre la curcumine dans l'huile, avant de disperser l'huile dans la phase aqueuse. Cependant, ils montrent que l'élégante technique du «déplacement d'acidité» est beaucoup plus efficace et évite des dégradations de la curcumine. En quoi consiste cette méthode?

En milieu basique, la molécule de curcumine est peu soluble dans l'eau, propriété liée à la présence de doubles liaisons et de groupes cétone (un atome d'oxygène lié par une double liaison à un atome de carbone) sur la chaîne hydrogénéocarbonée liant les deux groupes phénoliques de la molécule. Or, en milieu acide, l'un des atomes d'oxygène se charge négativement, ce qui change la couleur (vers le rouge) et rend la molécule soluble dans l'eau.

D'où l'idée de dissoudre une grande quantité de curcumine dans l'eau d'une émulsion qui a été rendue basique, puis de diminuer le pH: la curcumine migre alors vers les gouttes d'huile émulsionnées.

Comment faire ces changements de pH en cuisine? Pour obtenir une solution

basique, on pourrait utiliser une de ces «lessives de cendres» avec lesquelles on cuisait les légumes verts pour conserver leur couleur: on verse de l'eau sur des cendres de bois, dans un filtre analogue à celui du café, et l'on récupère une solution impure de potasse. Toutefois, le bicarbonate de sodium offre une solution plus simple. Et pour acidifier, le vinaigre blanc ou le jus de citron feront l'affaire.

On retrouvera ainsi la belle couleur jaune orangé de la curcumine dans une émulsion acidifiée. La technique, déjà utilisée pour la confection d'aliments fonctionnels et de compléments alimentaires, permettrait-elle de produire des sauces, briques d'un art culinaire grandi par la chimie? ■



LA RECETTE

- 1 Cuire une aubergine au four à 180 °C pendant une heure, puis broyer sa chair avec un peu d'eau et émulsionner avec de l'huile d'olive.
- 2 Ajouter du bicarbonate de sodium pour rendre basique la phase aqueuse de l'émulsion réalisée.
- 3 Y dissoudre du curcuma en abondance.
- 4 Acidifier avec du jus de citron.
- 5 Servir avec des tronçons de lotte rôtie au four.