

> produisent de petites molécules – des cytokines – qui, chez les humains, influent sur la différenciation, la prolifération et la survie de nombreux types de cellules. Ces cytokines présentent plusieurs formes. Certaines sont sécrétées à l'extérieur des cellules, mais d'autres nommées LIF-T, privées d'une séquence particulière, restent intracellulaires. Lorsqu'elles sont produites, les cytokines LIF-T induisent l'apoptose de la cellule qui les contient. Or le génome de l'éléphant africain comporte 10 gènes ressemblant au gène *LIF-T*, là où 53 autres mammifères représentatifs des différents ordres (dont l'humain) n'en présentent qu'un seul. Comme les lamantins en ont par ailleurs 12 et les damans 7, une telle expansion du nombre de copies du gène *LIF-T* est caractéristique des paenongulés. Mais, surprise, alors que, comme nous l'avons vu, toutes les copies du gène *TP53* de l'éléphant sont fonctionnelles, aucune de ses copies du gène *LIF-T* ne l'est, sauf une, *LIF-6*. Vincent Lynch a donc décidé de se focaliser sur ce gène particulier.

LE RÉVEIL DU GÈNE ZOMBIE

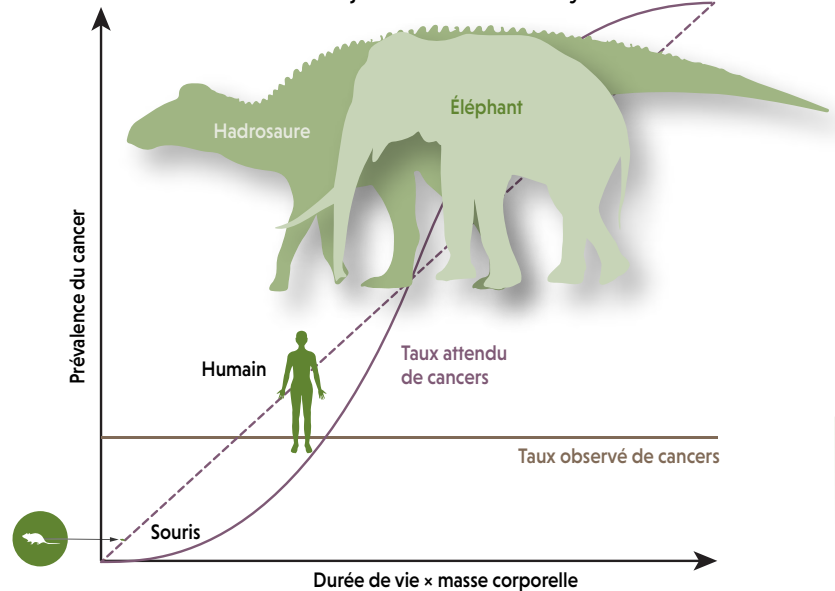
En introduisant la protéine LIF-6 dans des cellules d'éléphant africain par transfection cellulaire (on perméabilise transitoirement la paroi cellulaire par action chimique ou électrique, ce qui permet à la protéine de la traverser), son équipe a montré que, comme les cytokines LIF-T, cette protéine induit l'apoptose. Et quand elle est surexprimée dans les cellules, elle augmente leur réponse apoptotique aux stress qui endommagent l'ADN, ce qui suggère qu'elle contribue à l'extrême sensibilité de l'éléphant à ces stress par rapport aux autres mammifères, y compris le daman, évolutivement proche.

Mais d'où vient ce gène? Comme toutes les autres copies de *LIF-T*, il est, dans le génome, entouré de transposons, c'est-à-dire des séquences d'ADN mobiles dont beaucoup sont capables, tels des virus, de transcrire l'ARN en ADN. Une telle proximité suggère que, très vraisemblablement, des transposons ont transcrit en ADN des ARN messagers du gène *LIF-T* (les intermédiaires de fabrication des protéines), et ainsi produit plusieurs copies non fonctionnelles de ce gène – des pseudogènes que les cellules n'étaient pas capables de traduire en protéines.

Pourquoi, alors, l'une de ces copies, *LIF-6*, s'exprimerait-elle? S'appuyant sur une étude fine et convaincante de la

ET LES DINOSAURES ?

Les plus gros animaux terrestres, les dinosaures, sont aujourd'hui disparus. Avaient-ils des cancers ? Certains oui : les paléontologues ont décrit des squelettes avec des tumeurs cancéreuses. Presque exclusivement, il s'agit d'hadrosaures, des ornithischiens à bec de canard, comme *Edmontosaurus*, de corpulence équivalente à celle d'un éléphant. Mais récemment, une vertèbre avec des lésions néoplasiques remontant au Crétacé supérieur a été trouvée au Brésil. Elle appartient à un sauropode de la famille des titanosaures, dont certaines espèces comme *Argentinosaurus* atteignaient 30 à 40 mètres pour une masse entre 80 et 100 tonnes. Les dinosaures actuels, les oiseaux, présentent quant à eux une faible prévalence du cancer pour des raisons encore obscures. Pourquoi surtout les hadrosaures étaient-ils sujets à cette maladie ? Mystère...



Le risque de développer un cancer augmentant avec le nombre de divisions cellulaires de l'organisme, le taux de cancers devrait être plus ou moins proportionnel à la durée de vie et à la masse corporelle (en violet). Or il n'augmente pas (en marron).

composition du gène, Vincent Lynch et ses collègues avancent une hypothèse intéressante: le gène *LIF-6* serait un pseudogène réactivé – un «gène zombie» qui, lorsqu'il est exprimé, tue les cellules. Par phylogénie, on date cette réactivation à 60 millions d'années environ. Par ailleurs, le gène *LIF-6* existait déjà dans les génomes des éléphants éteints (mammouths, mastodontes...), dont la diversification date d'il y a 26 millions d'années. Chez ces animaux, le cancer n'était donc déjà plus un frein à l'augmentation de taille.

Ainsi, au cours de leur évolution, baleines et éléphants n'ont pas résolu le paradoxe de Peto de la même manière face à la dégradation de leur ADN. Les cétacés de grande taille ont développé une réparation plus efficace de l'ADN. Les éléphants, quant à eux, tuent les cellules atteintes avec une très grande sensibilité. ■

BIBLIOGRAPHIE

J. M. Vazquez et al., **A zombie LIF gene in elephants is upregulated by TP53 to induce apoptosis in response to DNA damage**, *Cell Reports*, vol. 24, pp. 1765-1776, 2018.

M. Tollis et al., **Peto's paradox: how has evolution solved the problem of cancer prevention ?**, *BMC Biology*, vol. 15, p. 60, 2017.

M. Keane et al., **Insights into the evolution of longevity from the bowhead whale genome**, *Cell Reports*, vol. 10, pp. 112-122, 2015.

DONNEZ-NOUS VOTRE AVIS
sur le site de Pour la Science
et tentez de gagner
DE NOMBREUX CADEAUX



Pour participer, rendez-vous sur
rebrand.ly/enquete-site-PLS

L'AUTEUR



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

DE LA LECTURE À DÉVORER

Avec les fibres alimentaires, on peut confectionner de délicieuses pages d'écriture... intellectuellement ou gustativement.

L'avantage des ingrédients sans goût, c'est que l'on peut leur en donner. Naguère, j'avais proposé ici les «geof-froys», émulsions sans goût que l'on obtient en fouettant une huile neutre dans du blanc d'œuf. L'absence de goût de l'émulsion finale est un atout parce que, ainsi, on peut ajouter par exemple une essence de champignons, pour faire une consistance et un goût qu'on n'aurait pas eus en ajoutant des champignons dans une sauce mayonnaise, ou du sucre et de la cannelle pour une version sucrée.

D'autres produits qui n'ont pas de goût? Pensons à ces «fibres», dont les consommateurs ne savent pas toujours très bien ce que c'est, mais que l'on dit «bonnes pour la santé». Il faut les avoir vues une fois pour mieux comprendre et mieux les utiliser: il suffit pour cela d'utiliser une centrifugeuse de cuisine et de préparer un jus de carotte, par exemple. Le jus se sépare d'un résidu solide, légèrement orange, qui est presque de la cellulose à l'état pur. Quel dommage de le jeter!

Cette matière, qui est aussi celle du coton, est faite de fibres, c'est-à-dire d'assemblages de «polymères», longues molécules elles-mêmes formées, pour la cellulose, par la répétition de résidus de glucose. Les polymères n'ont pas de goût: ils ne peuvent interagir avec les récepteurs de saveurs, qui sont des protéines à la surface des cellules réceptrices des papilles. Ni d'odeur, puisqu'ils ne sont pas volatils. Et ils ne sont pas digérés non plus: en trop grandes quantités, les gaz produits par leur fermentation dans la partie basse du système digestif peuvent produire des dérangements, en plus de flatulences.

Un repas constitué de papiers comestibles et goûteux? En préparer un n'est pas une tâche impossible.

Nous avons ainsi des fibres, mais qu'en faire? On peut bien sûr les ajouter à des préparations culinaires telles qu'une mayonnaise ou une confiture pour modifier leur texture. Mais on peut aussi remarquer que le papier est fait de fibres végétales, naturelles ou transformées, réduites en une pâte homogène que l'on étend et sèche pour former une feuille mince. Avec les fibres récupérées de l'extraction du jus de carottes, ne pouvons-nous pas alors fabriquer un papier comestible?

Pour faire la pâte à papier, tout d'abord, ajoutons à ces fibres un liquide ayant de la saveur, de l'odeur, du piquant, du frais, de la couleur... bref, du goût.

La pâte à papier sera étalée sur un linge propre qui laissera couler une partie du liquide, mais le séchage de la feuille conservera des composés de ce dernier. De sorte que quand on soulèvera le papier, on aura une feuille ayant du goût, et qui pourra servir de support ou d'emballage...

Et si d'aventure le papier n'a pas assez de goût, on pourra écrire dessus à l'aide d'un liquide coloré et savoureux, qui ajoutera son goût à celui du papier.

Et c'est ainsi que, si l'on utilise notamment un sirop pour écrire un message, on

obtiendra un... billet doux ou une injonction que les espions pourront ingurgiter après lecture! ■



LA RECETTE

- 1 À l'aide d'une centrifugeuse, récupérer du jus de carotte, d'une part, et des fibres, d'autre part.
- 2 Laver les fibres à grande eau, en les plaçant dans un chinois que l'on met sous l'eau courante.
- 3 Hacher les fibres au robot coupe-légumes pour faciliter la préparation de la pâte.
- 4 Ajouter de l'eau jusqu'à obtention d'une préparation pâteuse. En chauffant, y dissoudre un peu de gélatine, qui servira de « colle ».
- 5 Descendre dans la pâte un morceau de grillage sur lequel on a étalé un torchon blanc et propre. Puis remonter le grillage et le torchon en agitant le tout d'avant en arrière. Une fois le grillage et le papier hors du bac, laisser l'eau s'égoutter (on peut passer un rouleau à pâtisserie pour faire sortir l'eau plus vite).
- 6 À part, cuire doucement le jus de carotte additionné de sucre, d'une pincée de sel, de romarin, de thym citron et d'un peu de jus d'orange.
- 7 À l'aide de ce mélange, peindre le papier. Servir avec un liquide qui apportera l'humidité nécessaire.



A

PICORER



Retrouvez tous
nos articles sur
www.pourlascience.fr

P.62

1900 LITRES

En moyenne, la fabrication d'une batterie pour voiture électrique émet autant de gaz à effet de serre que la combustion de 1900 litres d'essence, l'équivalent de 40 000 kilomètres parcourus.

P.84

SKYRMION

Le terme désigne une configuration topologique particulière, initialement imaginée par le physicien britannique Tony Skyrme pour décrire le proton ou le neutron. Depuis quelques années, les physiciens étudient des « skyrmions magnétiques » au sein de couches minces aimantées. De taille nanométrique, ces entités pourraient servir de bits pour l'informatique future.

P.22

« La propriété privée est sévèrement menacée par le développement de l'informatique. »

GILLES DOWEK chercheur
en informatique à l'Inria

P.48

7-8

C'est le coefficient d'encéphalisation de l'homme. Ce chiffre est lié au rapport entre la masse du cerveau et celle du corps. Il vaut environ 1 pour le chat, 2 pour le macaque et l'éléphant, et jusqu'à 4,5 pour certains dauphins.

P.52

LE KG NOUVEAU

Ce mois-ci, le kilogramme change de définition officielle, et son étalon ne sera plus le « grand K », ce cylindre de platine iridié conservé sous cloche au Bureau international des poids et mesures, à Sèvres. Désormais, cette masse sera définie par la valeur de la constante de Planck, h , qui sera fixée à exactement $6,626\,070\,15 \times 10^{-34} \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-1}$.

P.88

MACROCHEIRA

Le crabe-araignée géant du Japon, *Macrocheira kaempferi*, a une envergure de 3,5 mètres. C'est le plus grand arthropode actuel connu. Il a peut-être inspiré Onibaba, l'immense crustacé extraterrestre que l'on voit dans le film *Pacific Rim*, de Guillermo del Toro, sorti en 2013.

P.92

PETO

On s'attendrait à ce que, parmi les espèces animales, celles dont les individus sont grands et vivent longtemps devraient souffrir d'un risque de cancer plus élevé. Or ce n'est pas du tout le cas. C'est le « paradoxe de Peto », du nom de l'épidémiologiste britannique qui l'a remarqué en 1977.