



Les gnocchis

HERVÉ THIS

Est-il exact qu'ils flottent à la surface de l'eau quand ils sont cuits ?

Aimez-vous les gnocchis ? Les recettes sont nombreuses, du gnocchi de pomme de terre au gnocchi parisien, mais leur principe est commun : on constitue une pâte composée d'amidon, d'œuf et d'eau. Dans les gnocchis de pommes de terre, de l'amidon supplémentaire est apporté par les granules présents dans les cellules de la pomme de terre (en pratique, des pommes de terre sont cuites, pelées et écrasées), et, parfois, les recettes incluent du parmesan, du lait... La pâte est travaillée à la spatule, puis posée sur une plaque à pâtisserie farinée, roulée en cordons, lesquels sont débités en petits tronçons qui sont écrasés à la fourchette quand on souhaite leur donner une forme classique. Viennent alors la cuisson : les gnocchis sont versés dans une casserole d'eau salée ou de bouillon, et l'on dit qu'ils sont cuits quand ils remontent. Le dicton est-il fiable ? Et pourquoi le serait-il ?

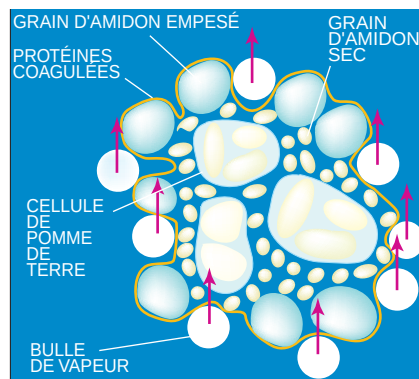
La question n'est pas anecdotique ; de nombreuses préparations ont le même type d'ingrédients et le même type de cuisson : les spätzles alsaciens, diverses boulettes d'Europe centrale... Commençons par une vérification. Dans de l'eau qui bout, déposons quelques gnocchis : ils tombent au fond de la casserole. Puis ils gonflent lentement et, progressivement, « s'allègent » : ils suivent d'abord les courants de convection dans la casserole, revenant vers le fond, mais vient enfin un moment, après quelques dizaines de secondes de cuisson, où ils flottent véritablement. Il est donc exact que les gnocchis remontent.

Sont-ils alors cuits, comme le dicton le prétend ? Si vous les goûtez, vous verrez qu'ils sont mangeables, mais la véritable question est : la remontée est-elle le signe de la cuisson ?

Analysons le problème pour des gnocchis classiques, composés de pomme de terre, de farine et d'œuf. Cette pâte conserve sa cohérence en cours de cuisson, parce que l'œuf coagule au contact de l'eau bouillante, la température étant supérieure à 68 degrés. La pomme de terre, elle, est déjà cuite : les grains d'amidon qui emplissent les

cellules ont gonflé lors de la cuisson. Enfin, la farine est composée de grains d'amidon et de gluten : ce dernier est formé de protéines, qui forment un réseau, lors du travail de la pâte, enchaînant les grains d'amidon et les cellules de pommes de terre. Enfin l'amidon de la farine, comme celui de la pomme de terre, est insoluble à froid, mais il s'« empèse » dans l'eau chaude : les molécules d'eau s'immiscent entre les molécules de l'amidon.

Ce mécanisme explique le gonflement des gnocchis à la cuisson. Et comme la densité de l'amidon est supérieure à celle de l'eau (quand on met de la farine avec de l'eau, elle tombe au fond du récipient), la densité totale



Un gnocchi gonfle à la cuisson, et il est sustenté par des bulles de vapeur.

des gnocchis diminue pour tendre vers celle de l'eau, mais en restant supérieure à elle.

Pourquoi les gnocchis finissent-ils alors par flotter ? Il faut qu'un corps de densité inférieure à celle de l'eau s'y agrège. Ce corps peut être de l'air ou de la vapeur d'eau, sous la forme de bulles. Quelle expérience corroborerait l'hypothèse ?

Cuissons d'abord des gnocchis dans de l'eau dont on a chassé l'air dissous en chauffant l'eau pendant longtemps (les bulles qui se forment au fond de la casserole et qui montent jusqu'à la surface de l'eau, en début de chauffage, sont des bulles d'air, et non de vapeur d'eau) : les gnocchis remontent néanmoins, et ce n'est donc pas l'air qui fait flotter les gnocchis.

La seule autre possibilité est que la vapeur d'eau forme des bulles qui s'accrochent aux gnocchis et en assure la sustentation. Pour le démontrer, sortons de l'eau un de ces gnocchis qui sont remontés dans de l'eau dégazée, roulons-le doucement sur un plan de travail afin d'éliminer les bulles de vapeur présumées et remettons le gnocchi dans la casserole : ils s'enfoncent à nouveau, et remonteront plus tard, quand les anfractuosités de sa surface se seront à nouveau chargées de bulles microscopiques de vapeur d'eau.

À ce point, l'exploration du gnocchi n'est pas achevée, car pourquoi la flottaison des gnocchis serait-elle une garantie de leur cuisson ? D'ailleurs, qu'est-ce qu'un gnocchi cuit ? Un gnocchi où l'œuf a coagulé ? Dont l'amidon s'est empesé ? Pour déterminer l'ampleur de ces phénomènes, formons des gnocchis de diverses tailles : un demi-centimètre et dix centimètres de diamètre, par exemple. Cuisons-les ensemble, et mesurons la température à cœur, quand ils remontent à la surface : la température des petits gnocchis est bien supérieure à celle des gnocchis plus gros. C'est la preuve que la flottaison des gnocchis n'est pas une indication fiable de leur degré de cuisson ; ou, du moins, que les gnocchis des différentes tailles seront cuits différemment si l'on juge d'après ce critère.

Pis encore, la température des plus gros gnocchis est parfois inférieure à la température d'empesage de l'amidon et de coagulation de l'œuf. Autrement dit, la remontée des gnocchis est un critère insuffisant. Il faudra soit prolonger la cuisson après la remontée, soit créer un tableau indiquant les temps de cuisson en fonction de la grosseur des gnocchis, si l'on veut une précision digne des grands cuisiniers.

Prochain rendez-vous France Info et Pour la Science le 29 août 2000, avec la chronique Info Sciences de Marie-Odile Monchicourt.

Le récif corallien de Tahiti

Sa croissance continue, depuis 14 000 ans, est la plus longue qu'on ait jamais constatée.

Au milieu du Pacifique Sud, la Polynésie française se compose de 118 îles d'origine volcanique ou corallienne. Tahiti, la plus grande d'entre elles, s'entoure d'un lagon, dont les eaux, à 27 °C en moyenne, sont habitées par de nombreux poissons tropicaux. Une barrière de corail, de 80 mètres d'épaisseur sépare le lagon de l'océan. Comment cette barrière s'est-elle formée ? Guy Cabioch et ses collègues de l'Institut de recherche pour le développement (IRD), du CNRS et de l'Université de Provence ont effectué des forages dans la barrière de corail de Tahiti : ils ont analysé les carottes et reconstitué l'histoire du récif corallien : après la dernière glaciation, il y a 20 000 ans, le réchauffement du climat a provoqué la fonte des calottes glaciaires et la remontée du niveau des océans ; ces conditions ont favorisé la croissance du récif corallien de Tahiti, qui se poursuit de façon continue depuis 14 000 ans.

Les coraux sont des animaux du groupe des polypes : leur corps est consti-

tué d'une cavité digestive, surmontée d'une couronne de tentacules, entourant la bouche. Ils vivent en colonie, dans un squelette calcaire qu'ils sécrètent : chaque polype occupe un calice de ce squelette. Les polypes absorbent les ions calcium de l'eau de mer et fabriquent des cristaux de carbonate de calcium, qui participent à la croissance du squelette calcaire. Ils se reproduisent soit par division asexuée, faisant croître la colonie et son squelette, soit par voie sexuée, engendrant des larves nageuses, qui fondent de nouvelles colonies.

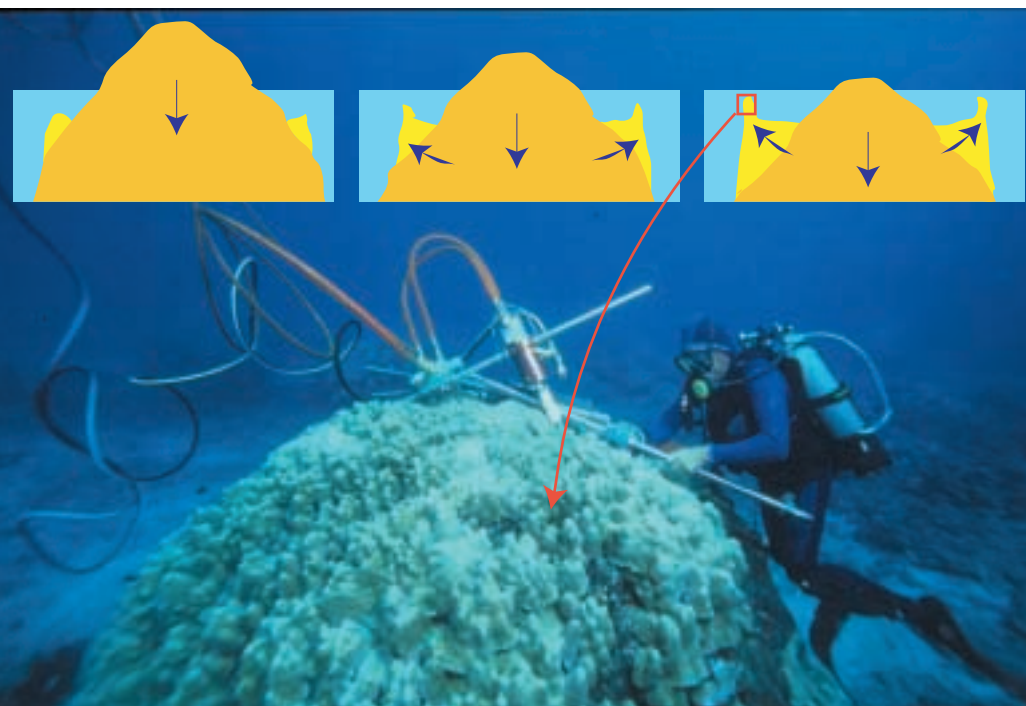
La symbiose des coraux de récifs avec des algues microscopiques explique que les récifs soient apparus après la dernière glaciation. Les algues symbiotiques, ou zooxanthelles, sont abritées dans la cavité stomacale. Pour accomplir la photosynthèse, ces algues ont besoin des déchets des coraux (des produits minéraux solubles, tels les sulfates, les nitrates...) et de lumière : les coraux de récif ne prospèrent que dans les eaux océaniques claires, dont la profondeur ne dépasse pas quelques dizaines de mètres. En outre, la forme des coraux, et leur association avec des algues et des mollusques dépendent du degré de luminosité et d'agitation des eaux. Cette particularité a été utilisée par les océanographes : en identifiant la faune et la flore fossiles dans les carottes prélevées au récif et en les datant (notamment par la méthode au

carbone 14), G. Cabioch et ses collègues ont reconstitué les étapes du développement de la barrière.

Il y a 20 000 ans, pendant la dernière période glaciaire, la mer était à son niveau le plus bas, soit 120 à 130 mètres au-dessous du niveau actuel. Puis, la fonte des calottes de glace a progressivement remonté le niveau des eaux. À Tahiti, il y a 14 000 ans, l'océan a submergé les roches volcaniques de la côte et d'un ancien récif corallien de l'ère quaternaire. Les premiers coraux sont apparus sur ces substrats, 200 à 300 ans plus tard, formant tout d'abord un récif «frangeant» : un récif qui s'est d'abord édifié dans des eaux profondes (de 6 à 15 mètres au-dessous de la surface), chargées en particules issues de l'érosion des roches volcaniques de l'île. Puis, il y a 11 000 ans, les conditions sont devenue plus favorables : emportée par la plaque tectonique qui la supporte, l'île s'est enfoncée, alors que le récif s'est soulevé, en s'écartant de la côte. Il s'est transformé en récif barrière, délimitant un lagon. Les coraux se sont développés dans des eaux plus agitées et mieux éclairées, juste sous le niveau de la mer. Puis, ils ont suivi la remontée des eaux, grâce à leur croissance verticale. Les assemblages de coraux robustes branchus et d'épais encroûtements d'algues rouges, caractéristiques des eaux peu profondes, en témoignent.

Pourquoi le récif de Tahiti a-t-il cru plus rapidement que les autres récifs de la région ? Afin de répondre à cette question, G. Cabioch et ses collègues étudient les variations passées de la température de l'eau, de l'apport en nutriments par l'océan ou par les roches volcaniques... Ils veulent ainsi modéliser la réaction du récif corallien à un éventuel réchauffement de la planète, sous l'action des gaz à effet de serre : le récif continuera-t-il de croître lors d'une nouvelle remontée des eaux, ou déperira-t-il, privant l'archipel de ces principales ressources, la pêche et le tourisme ?

En forant dans la barrière de corail de Tahiti et en analysant la faune et la flore fossiles dans les carottes prélevées, on a reconstitué la croissance de cette barrière : les coraux (en jaune) se sont d'abord développés dans des eaux profondes et peu éclairées, aux abords de la côte ; à mesure de l'enfoncement de l'île (en orange), le soubassement du récif corallien s'en est éloigné et s'est soulevé : dans des eaux mieux éclairées, les coraux ont suivi la surface des eaux, pendant la remontée du niveau des océans, lors de la déglaciation.



Joël Orempiller, IRD

Les neurones de la marche

Grâce à une greffe de neurones embryonnaires, des rats paraplégiques ont de nouveau marché.

On a longtemps pensé que les accidents qui sectionnent la moelle épinière privaient à jamais la victime de la marche : les commandes du cerveau ne parvenant plus aux centres locomoteurs des membres inférieurs, ces derniers sont paralysés. Pourtant, depuis 15 ans, des observations redonnent de l'espoir. Par exemple, la moelle séparée du cerveau par une lésion reste intacte. De surcroît, les nerfs périphériques se régénèrent parfois ; l'absence de renouvellement des neurones dans le cerveau serait due à un environnement défavorable plutôt qu'à une incapacité intrinsèque des neurones. Fort de ces arguments, l'équipe INSERM d'Alain Privat, à Montpellier, et des neurologues de l'Université de Montréal ont cherché à faire remarcher des rats paraplégiques... et ils ont réussi.

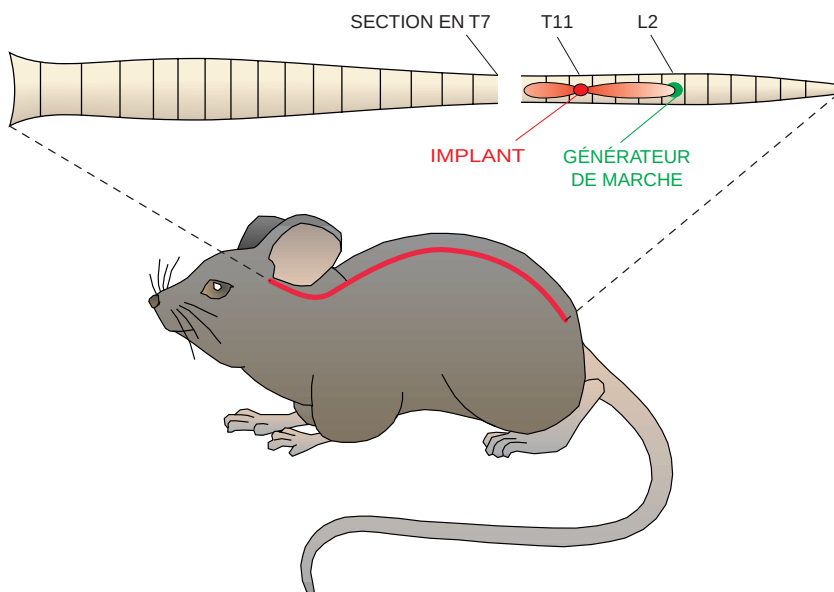
Ils ont greffé à ces animaux des neurones embryonnaires (prélevés sur des fœtus de rat) d'une zone cérébrale, nommé raphé, à la base du tronc cérébral. Ces neurones, qui innervent normalement les motoneurones (ceux qui commandent les muscles), sécrètent un neuromédiateur nommé sérotonine,

dont le rôle essentiel dans la locomotion avait été mis en évidence : on avait analysé les molécules sécrétées par les neurones de la moelle de rats pendant que ces animaux couraient sur un tapis roulant.

Si les neurones greffés synthétisent le bon neuromédiateur, encore faut-il qu'ils le fassent au bon endroit. Plusieurs expériences de section et de greffes à différents endroits de la moelle épinière avaient montré que l'innervation, par les neurones à sérotonine, de la zone située entre la première et la deuxième vertèbre lombaire des rats est indispensable à la marche. Ce résultat révèle, chez le rat, la présence d'un centre de locomotion autonome, nommé générateur de marche, qui coordonne et rythme les mouvements des membres inférieurs.

À quelle distance maximale de ce générateur des neurones greffés le réactivent-ils, après une section complète de la moelle au niveau thoracique ? Des greffes à divers niveaux de la moelle épinière ont montré qu'au-delà de quatre vertèbres de distance, la greffe est inutile. En revanche, lorsque la greffe de neurone fœtal est dans la bonne zone (près de la onzième vertèbre thoracique), pendant deux mois, les neurones producteurs de sérotonine prolifèrent et colonisent la région lombaire : les rats ont de nouveau marché (voir la figure).

La locomotion restaurée n'est pas une agitation désordonnée des membres inférieurs, mais bien une locomotion authentique qu'ont confirmé des enregistrements électriques des muscles, ainsi que des comparaisons de films qui

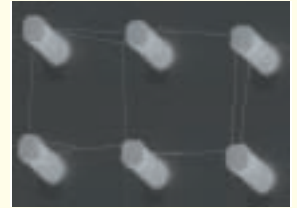


Un rat dont on a coupé la moelle épinière au niveau de la septième vertèbre thoracique (T7) peut à nouveau marcher lorsqu'on lui greffe des neurones embryonnaires du raphé : les neurones de cet implant placé près de la onzième vertèbre thoracique (T11) innervent (en rouge) le générateur de marche situé dans la moelle à la hauteur de la deuxième vertèbre lombaire (L2) ; ils l'activent en sécrétant un neuromédiateur, la sérotonine.

BRÈVES

Un réseau de nanotubes

À l'Université de Stanford, Hongjie Dai et Nathan Franklin ont réalisé un réseau constitué de nanotubes de carbone, des molécules cylindriques composées exclusivement d'atomes de carbone. Ces nanotubes ont une longueur qui atteint 0,15 millimètre. Ils relient des colonnes de silicium disposées en un réseau carré. Pour obtenir ce système, les chimistes ont placé le réseau de silicium dans un courant de méthane ; des catalyseurs, en amont du silicium, transformaient une partie du méthane en benzène, qui, plus réactif, fournissait les atomes de carbone nécessaires à la croissance des nanotubes. Ces molécules seront-elles les conducteurs des futurs ordinateurs moléculaires ?



Un caillou dans l'eau

Au Brésil et en Amérique latine, des sociétés d'approvisionnement en eau utilisent de la tourbe canadienne pour éliminer de l'eau polluée les composés organiques tels les huiles et les dérivés du goudron. Cette tourbe importée pourrait bientôt être remplacée par un minéral de la famille des micas : un silico-aluminate riche en fer, en potassium et en magnésium. Le chimiste brésilien Jader Martins a mis au point un procédé qui rend ce minéral hydrophobe, c'est-à-dire insoluble. Plongé dans de l'eau polluée, il capte ainsi les composés organiques également hydrophobes, stockant jusqu'à quatre fois son poids. Réutilisable, il est en outre dix fois moins cher que la tourbe.

Le sein en numérique

Comment diminuer l'irradiation des patientes, lors des radiographies du sein ? Des ingénieurs adaptent des détecteurs issus de la physique des particules pour mettre au point des mammographes numériques. Associés à des systèmes de traitement d'images, ces appareils sont prometteurs, car ils diminuent l'irradiation et ils forment des images bien plus contrastées. Toutefois des perfectionnements s'imposent encore : leur résolution spatiale est insuffisante, les faux positifs (des lésions qui apparaissent sans être confirmées par des biopsies) sont nombreux... et leur coût reste excessif.