



Fromages surdoués

HERVÉ THIS

Des bactéries bien choisies renforcent le goût des fromages.

Un gouda ou un cheddar ne prennent toutes leurs vertus gastronomiques qu'après plusieurs mois, et bien des fromages, mêmes affinés longtemps, n'ont pas le goût aussi puissant qu'on leur souhaiterait. L'affinage du fromage ? Une de ces discussions qui animent le monde gastronomique depuis des siècles ! Le lait que l'on fait cailler et que l'onensemence par des bactéries lactiques s'acidifie au cours de l'affinage : quand le lactose (le « sucre du lait ») est transformé en acide lactique, l'acidification évite les contaminations par des micro-organismes pathogènes, tandis que les bactéries lactiques libèrent des composés aromatiques qui contribuent au goût du fromage. À la station INRA de Jouy-en-Josas, Mireille Yvon et ses collègues étudient des souches de bactéries lactiques qui produisent davantage de ces composés aromatiques.

Les biochimistes savent comment le goût patiemment acquis des fromages est dû aux micro-organismes qui assurent l'affinage : les graisses et les sucres sont progressivement transformés, et les protéines sont dissociées en leurs constituants, les acides aminés ; puis ces derniers sont transformés en diverses molécules aromatiques. Par exemple, les acides aminés, nommés leucine et valine, engendrent des composés à la « note fromage », et la phénylalanine, la tyrosine ou le tryptophane sont les précurseurs des « notes florales » ou « notes phénoliques », notes attribuées par des « goûteurs », lors des tests de dégustation.

La lente dissociation des protéines en acides aminés limite-t-elle la formation des composés aromatiques ? Non, car l'ajout direct d'acides aminés libres n'augmente pas le goût des fromages, pas plus que l'ensemencement des laits par des bactéries lactiques dont on a augmenté, par génie génétique, la capacité de dissociation des protéines : dans ce dernier cas, les acides aminés sont libérés en quantités supérieures, mais le goût n'est pas modifié. Au début des années 1990, les biochimistes avaient conclu que le facteur limitant le développement du goût était plutôt la transformation des acides aminés en composés aromatiques.

Aux Pays-Bas, notamment, les biochimistes W. Engels et S. Visser avaient observé que l'on obtenait des goûts typiques de gouda quand on ajoutait de la méthionine à des bactéries lactiques (sans lait), et ils avaient identifié deux enzymes qui semblaient responsables du phénomène. M. Yvon et ses collègues avaient également observé, *in vitro*, que les bactéries lactiques dégradent certains acides aminés pour former des composés aromatiques, tels les aldéhydes et les acides carboxyliques. La première étape de la transformation est une « transamination », réaction d'un acide aminé et d'une molécule, nommée céto-glutarate, qui produit un cétoacide et du glutamate ; cette molécule est utilisée comme « exhausteur de goût » dans les cuisines asiatiques ou dans de nombreux produits industriels, parce qu'elle communique la saveur aujourd'hui nommée « umami ». Lors de la réaction de transamination, un groupe amine ($-NH_2$) passe de l'acide aminé au cétoacide, lequel est ensuite modifié chimiquement et transformé en composés aromatiques.

En 1997, les biochimistes de Jouy ont purifié et caractérisé l'enzyme aminotransférase qui, chez la bactérie lactique *Lactococcus lactis*, assure la transamination de la leucine et de la méthionine. Toutefois, dans les conditions réelles d'affinage, la présence de cette enzyme ne conduisait pas à un développement aromatique notable des fromages. Pourquoi ? La diffusion des réactifs dans les bactéries lactiques était-elle trop lente ? Les bactéries lactiques manquaient-elles de molécules susceptibles de recevoir les groupes amine ?

Les chercheurs de l'INRA ont testé cette seconde hypothèse en tiédissant du lait (pasteurisé), en l'ensemencant par des bactéries lactiques, puis en l'additionnant de présure (qui fait cailler le lait et le transforme en fromage) ; ils obtenaient ainsi un caillé qui était moulu et pressé, puis plongé dans une saumure additionnée de céto-glutarate. Ils suivaient la transformation des acides aminés pendant l'affinage, tandis qu'un jury de dégustateurs analysait le développement de l'odeur.

Dans des fromages témoins, qui n'avaient pas été enrichis en céto-glutarate, très peu d'acides aminés étaient dissociés, et l'odeur était faible. En revanche, l'ajout de céto-glutarate augmentait la transformation de plusieurs acides aminés. La transformation du céto-glutarate conduisait à la formation de composés puissamment aromatiques, tels l'isovalérate, pour la leucine, et le benzaldéhyde, pour la phénylalanine. Ainsi, l'odeur des fromages était augmentée par l'addition de céto-glutarate (des résultats analogues ont été obtenus pour des cheddars).

Alors qu'ils étudiaient l'ajout de céto-glutarate, les biochimistes ont observé que ce même glutamate, qui est produit lors de la transamination, est transformé par une enzyme produite par d'autres bactéries en céto-glutarate. Comme le glutamate est abondant dans le lait, même avant l'affinage, ils ont voulu introduire le gène de l'enzyme découverte (la glutamate déshydrogénase) dans une bactérie lactique, afin que cette dernière produise le céto-glutarate à partir de glutamate.

Les effets de cette introduction ont été suivis *in vitro* et dans un fromage modèle : les bactéries lactiques modifiées transaminent aussi activement les acides aminés que les bactéries lactiques à qui l'on ajoute du céto-glutarate. Mieux encore, les bactéries lactiques où l'on a introduit le gène de la glutamate déshydrogénase produisent plus d'acides carboxyliques, fortement aromatiques.

La preuve est donc faite que des bactéries bien « équipées » peuvent faire de meilleurs fromages, mais les organismes génétiquement modifiés ne sont pas universellement acceptés par les consommateurs. Alors, les biochimistes cherchent aujourd'hui des souches de bactéries lactiques qui produiraient naturellement la glutamate déshydrogénase. Dans cette affaire, les organismes génétiquement modifiés auront été un outil de recherche. N'est-ce pas une de leurs fonctions importantes ?

Prochain rendez-vous France Info et Pour la Science, le 25 avril 2001, avec la chronique Info Sciences de Marie-Odile Monchicourt.

Une nouvelle exception française?

PASCAL RICHEL

Lourdeurs administratives, fournisseurs imposés, manque de force de proposition et de liberté d'action... Le CNRS ne serait-il pas au mieux de sa forme?



Jean-Michel Thinet

« Mon impression est que l'industrie fait un meilleur travail à repérer la créativité que l'Université », s'inquiétait-il y a quelques temps le physicien américain P. Anderson dans une de ses chroniques publiées dans la revue *Physics Today*. À l'appui de ses craintes, il citait le cas d'un de ses anciens et brillants étudiants : « J'ai plusieurs raisons de vouloir quitter les milieux universitaires, lui confia ce dernier, la moindre n'étant pas le désir de trouver un environnement qui récompense ceux qui prennent des risques appropriés. » Selon une idée assez répandue, nous traversons une époque où la science n'a pas d'autre enjeu que de tirer les conséquences de ce qui est déjà connu. Pour lutter contre, P. Anderson dut rappeler l'évidence selon laquelle : « Les chercheurs dont nous avons le plus besoin ne sont pas ceux qui sont bons pour répondre à de vieilles questions bien posées, mais ceux qui sont capables d'en poser de nouvelles. »

Telles sont quelques-unes des inquiétudes sur l'avenir de la recherche. Celles-ci ne semblent pas partagées par nos hautes instances, bien que la conjoncture paraisse, depuis des années, beaucoup moins favorable de ce côté-ci de l'Atlantique que de l'autre. Il est vrai que les candidats se présentent toujours nombreux aux portes de l'enseignement supérieur et des grands organismes de recherche. Sera-t-il possible de maintenir un recrutement de qualité si, à mesure que les départs à la retraite augmentent, le nombre de postes à pourvoir s'accroît, mais que la situation de l'emploi est surtout propice aux postes de qualification élevée? La science restera-t-elle attractive si ses pratiques continuent à se bureaucratiser et que ses moyens d'action diminuent, en dehors de quelques circonstances particulières? Y aurait-il un risque de recruter des jeunes ne désirant faire de la recherche que par défaut?

Quel aurait été le regard de Candide sur les modalités pratiques de la recherche, en particulier dans les laboratoires du « plus important organisme européen », le CNRS? La science ne s'exerçant pas dans un cadre immatériel, examinons comment les moyens qui lui sont consacrés sont employés et attribués. Au préalable, rappelons ce qu'un autre physicien, Ludwig Boltzmann, chuchotait il y a 100 ans : « La vraiment grande avancée scientifique – notre ministre de l'Éducation ne doit pas l'entendre – est toujours accomplie avec les plus petits moyens. »

Le fait est que Boltzmann est aujourd'hui parfaitement entendu en France, à commencer par le ministère des Finances. Parmi les divers moyens avec les-

quels ce dernier occupe les personnels de la recherche et stimule leur créativité, un des plus efficaces est l'obligation faite de se fournir chez les détenteurs de marchés publics. Par rapport aux offres qu'on trouve par ailleurs, il en résulte des surcoûts systématiques qu'on peut chiffrer à 10 ou 20 pour cent des crédits engagés (en laissant de côté les coûts internes dus à la passation et à la gestion, à tous les niveaux, de ces marchés). En outre, un jeu très motivant a fait son apparition, celui de rompre avec la routine d'une politique de standardisation : le matériel retenu par l'administration diffère parfois de celui que le laboratoire employait. Tandis que l'on peut oublier les solides relations de confiance mutuelle des chercheurs avec leurs fournisseurs (relations dépourvues de toute valeur comptable), on jouit de grands frissons chaque fois que l'on se sert d'un appareil dont on sait qu'il ne sera plus possible de l'entretenir ni de le faire réparer puisqu'il a été acheté à une société qui n'est pas titulaire d'un marché!

Quant à ses déplacements professionnels, le jeune chercheur admirera la rigueur avec laquelle Bercy veille à ce qu'il ne confisque pas, à son profit, le solde parfois considérable de notes de frais plafonnées à 404 francs par jour. Si, un jour, il devient directeur de laboratoire, il appréciera que cette rigueur mathématique le décharge d'une partie ingrate de ses responsabilités : au lieu de juger par lui-même des conditions globales d'une mission, il certifiera conformes les tickets de cantine et les notes d'hôtel des chercheurs de son laboratoire. Sur la base des 1 500 francs auxquels le CNRS demande actuellement à ses directeurs de recherche de facturer leur heure de travail à l'extérieur, il sera fier d'avoir aidé l'État et la science à tirer profit des vastes collections de reçus divers qui auront ainsi été constituées. S'il est Parisien et s'il organise un

