

La domestication du maïs est un événement unique – ce qui n'était pas évident – et il est survenu il y a 9000 ans environ, ce qui est en accord avec les données archéologiques.

Mais revenons à John Doebley. Parallèlement à ses recherches sur les plants de téosinte, il lance des études ambitieuses qui conjuguent la recherche de nombreux marqueurs moléculaires et l'utilisation de nouvelles méthodes statistiques, ce qui permet de localiser des «locus de caractères quantitatifs» ou QTL (pour *quantitative trait locus*). Un tel élément est une région plus ou moins grande d'un chromosome associée à un caractère quantitatif – comme le nombre de rangs dans l'épi ou le nombre de ramifications de la plante. La plupart du temps, dans une telle région chromosomique sont localisés plusieurs gènes. Dès 1993, John Doebley arrive à un résultat majeur: cinq régions du génome ont un rôle particulièrement puissant quant aux principaux caractères phénotypiques. Cinq, le même nombre que celui trouvé auparavant par Beadle et Mangelsdorf!

ACTE V. LE MUTANT DU MAÏS QUI RESSEMBLAIT À LA TÉOSINTE

La localisation d'un QTL n'est qu'une étape, car on ignore s'il se compose de nombreux gènes interdépendants – l'hypothèse Mangelsdorf –, ou s'il contient un gène majeur à découvrir – l'hypothèse Beadle. Le gène *tb1* (pour *teosinte branched 1*) est connu depuis longtemps, car des mutants de ce gène trouvés en 1959 chez le maïs font surgir un port proche de celui de la téosinte: un maïs «branché», maïs dépourvu d'épis femelles fertiles. Or la situation du gène *tb1* sur le chromosome coïncide avec celle d'un des QTL trouvés.

Sa localisation chromosomique avait été déterminée par de la génétique classique à une époque où l'on ne pouvait aller plus loin; mais à présent, à la fin des années 1990, on peut avoir accès à la séquence du gène et étudier son expression spatiotemporelle. Étude délicate, car son expression est complexe, étant donné que les ARN messagers du gène, intermédiaires entre le gène et la protéine, sont trouvés dans de multiples organes (bourgeon, primordium d'étamine...). Pourtant un thème commun apparaît: tous les organes où le gène *tb1* s'exprime sont de taille réduite ou avortés chez le maïs normal, mais développés chez le maïs portant le gène *tb1* muté. Le gène *tb1* semble donc agir comme un régulateur négatif de la croissance des organes végétatifs.

La comparaison téosinte-maïs devient alors riche d'enseignement, car l'expression du gène *tb1* dans les inflorescences du maïs est deux fois plus importante que celle mesurée dans les inflorescences de la téosinte. Par ailleurs, il n'y a aucune expression de *tb1* dans les bourgeons axillaires de la téosinte, alors que l'expression est forte chez le maïs. Comme soupçonné précédemment, la mutation paraît donc concerner non pas la partie codant la protéine, mais la partie régulatrice de l'expression du gène.



La domestication du maïs s'est bien produite très vite, avec des changements drastiques



Or une analyse moléculaire fine le confirme en 2011: les parties codantes du gène diffèrent peu entre les deux espèces, alors qu'on observe de grandes différences entre leurs séquences régulatrices. Chez le maïs, on remarque que la séquence régulatrice a subi un «balayage sélectif» qui montre une baisse de diversité, signe d'une forte pression de sélection. Surtout, un transposon s'y est inséré, lequel change complètement le mode de régulation du gène. Ainsi voit-on revenir le rôle clé des éléments mobiles déchiffrés par Barbara McClintock!

Par conséquent, Beadle avait raison et le scénario de Mangelsdorf s'effondre: le maïs provient de la téosinte, et la domestication s'est vraisemblablement bien produite très vite, avec des changements drastiques de port et de structure de l'épi, comme le suggère l'évolution du gène *tb1*.

Et le pop-corn, me direz-vous? Beadle s'est évidemment demandé ce qui a poussé les agriculteurs à sélectionner des plantes pourvues de grains entourés de leur cupule coriace. Or des grains de téosinte projetés sur des pierres très chaudes éclatent et forment du pop-corn quand leur protection explose. L'invention du pop-corn est à l'origine du maïs, et non l'inverse! ■

BIBLIOGRAPHIE

J. Doebley, **The genetics of maize evolution**, *Annu. Rev. Genet.*, vol. 38, pp. 37-59, 2004.

A. Weber et al., **The genetic architecture of complex traits in teosinte (*Zea mays* ssp. *parviglumis*): new evidence from association mapping**, *Genetics*, vol. 180, pp. 1221-1232, 2008.

Y. Matsuoka et al., **A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping**, *PNAS*, vol. 99(9), pp. 6080-6084, 2002.

A. Studer et al., **Identification of a functional transposon insertion in the maize domestication gene *tb1***, *Nature Genetics*, vol. 43(11), pp. 1160-1163, 2011.

L'AUTEUR



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

BAVAROIS SANS CRÈME

Comment s'affranchir de la crème et résoudre le problème délicat du mélange de la purée de fruits avec la crème fouettée froide ?

Les bavares sont des entre-mets alliant le sucré et l'acide du fruit à la saveur douce et à la légèreté du foisonnement de la crème. En pratique, on mêle une purée de fruits additionnée de gélatine à de la crème Chantilly. Évidemment, il y a des variantes. Ainsi, en version salée, on peut remplacer la purée sucrée par une purée d'avocats, d'asperges, de tomate, de poisson, un caviar d'aubergine, etc., et la crème Chantilly par une crème fouettée non sucrée.

Il y a une difficulté : en mélangeant les deux masses essentielles, à savoir la purée gélifiée, qui ne doit pas être prise, et la crème fouettée, qui ne prend bien qu'à froid, le froid de la crème peut faire prendre la gelée localement et engendrer ainsi des grumeaux caoutchouteux. Examinons le problème.

La gélification des solutions de gélatine, qui produit un réseau emprisonnant la solution, s'effectue vers 36 °C. La crème fouettée s'obtient par stabilisation des bulles par des protéines, puis par l'établissement d'un réseau de matière grasse cristallisée, lorsque les globules gras de la crème sont malaxés à froid. Pour l'analyse, il est bon de savoir que la matière grasse commence à fondre dès -10 °C et finit de fondre à 55 °C, mais, pour constituer un réseau continu, un minimum de 5 % de cette matière grasse doit passer à l'état solide (c'est pourquoi, en été, la crème monte mieux si l'on y ajoute des glaçons).

Il y a quelques années, Keiichi Ihara et ses collègues, de la société japonaise Morinaga, ont examiné la structure des crèmes fouettées selon la température de battage (*Journal of Dairy Science*, vol. 93, pp. 2887-2895, 2010). Ils ont notamment

Un bavares à la fraise et au kiwi. Classique ou sans crème ?



montré que la taille des bulles diminue quand les crèmes sont fouettées aux plus hautes températures utilisables.

Cependant, tout cela est classique. Pourrions-nous conserver le principe du bavares, sans crème ? Oui, en confectionnant deux préparations dénommées *liebig* (une émulsion gélifiée) et *würtz* (une mousse gélifiée).

Partons d'environ 50 grammes d'eau, et dissolvons une feuille de gélatine (il faut faire tremper la feuille dans l'eau, puis chauffer quand elle est ramollie). Dans cette solution gélifiée, ajoutons de l'huile en fouettant : on obtient une émulsion blanche, qui gélifie quand elle refroidit et forme une émulsion gélifiée nommée *liebig* en l'honneur du chimiste allemand Justus von Liebig (qui a donné son nom à une société de concentrés de bouillon de viande). La transition de gélification de cette émulsion s'effectue vers 36 °C.

Par ailleurs, pour faire un *würtz*, partons d'un verre d'eau où l'on ajoute deux feuilles de gélatine. On laisse tremper, on chauffe, puis on fouette : on obtient une mousse blanche qui peut également gélifier quand on la refroidit à moins de 36 °C.

Avant la gélification de ces deux masses, mélangeons-les, comme on fait d'une crème fouettée et d'une purée de fruit gélifiée, et nous obtiendrons le même système physicochimique que

celui du bavares, sans l'écueil associé aux températures. Évidemment, l'eau pure est remplaçable par une autre solution aqueuse ou par une purée, solution aqueuse où sont dispersées des particules solides. Et l'on peut substituer à l'huile simple une macération, obtenue en laissant quelques jours du café moulu dans de l'huile, en cuisant des carapaces de crustacés dans l'huile, ou en macérant, toujours dans l'huile, de la cannelle... ■



LA RECETTE

- 1 Dans un récipient, verser 50 grammes de jus d'orange, ajouter une feuille de gélatine (environ 2 grammes) et une pincée de sel.
- 2 Laisser la gélatine s'amollir, puis chauffer doucement pour la dissoudre.
- 3 Ajouter un peu d'extrait liquide de vanille.
- 4 Fouetter en ajoutant de l'huile d'olive goutte à goutte, comme lorsqu'on monte une sauce mayonnaise, et s'arrêter quand on a une émulsion blanche de consistance crémeuse.
- 5 Dans un autre récipient, mettre 200 grammes de jus de carotte et deux feuilles de gélatine. Laisser reposer pour que la gélatine s'amollisse, puis chauffer doucement afin de la dissoudre.
- 6 Fouetter pour obtenir le *würtz*.
- 7 Mélanger les deux masses émulsifiées et foisonnées. Laisser prendre la préparation.