

> Les transposons, des séquences d'ADN capables de se déplacer dans le génome, permettent de réaliser des recombinaisons non homologues entre chromosomes. Aussi leur mobilisation a-t-elle souvent été proposée comme actrice de réarrangements chromosomiques. Seraient-ils responsables de ceux mis en évidence dans le genre *Trematomus*? Pour le tester, l'équipe de Dominique Higuët a évalué leur diversité, leur abondance puis leur localisation sur les chromosomes chez treize espèces de nototheniidés.

LE RÔLE CLÉ DES TRANSPOSONS

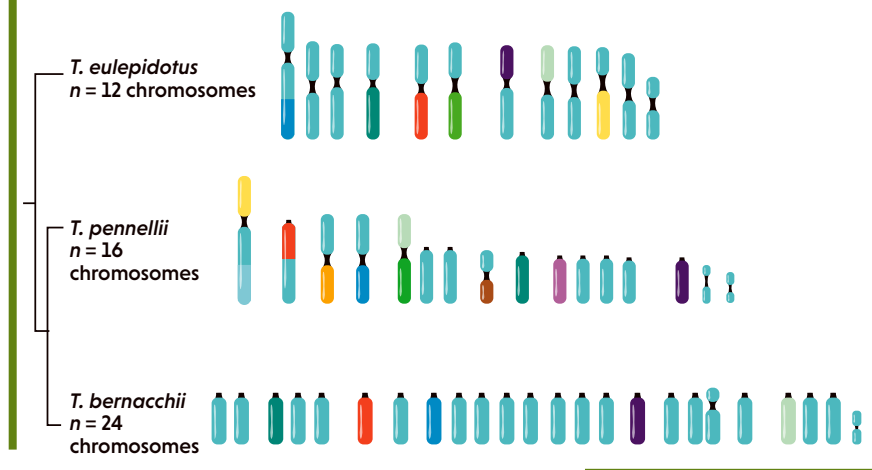
Parmi les quatre superfamilles de transposons décelées, une se distingue par son abondance : les *DIRS1* sont dix fois plus nombreux que les trois autres. De plus, ces transposons s'accumulent dans les régions proches du centromère des chromosomes (la région de contact de leurs bras), alors que les autres sont dispersés dans le génome. Enfin, les autres poissons testés, issus des deux familles les plus proches des nototheniidés, ne présentent pas une telle accumulation de transposons *DIRS1* dans leur génome.

Ainsi, vu la prédominance des transposons *DIRS1* et leur localisation près des centromères, on peut penser qu'ils ont joué un rôle dans les fusions chromosomiques des nototheniidés en facilitant des recombinaisons non homologues. Cependant, quel événement a pu activer les transposons? Généralement, des modifications chimiques, dites « épigénétiques », maintiennent les transposons inactifs. Mais en cas de stress, ce verrou peut sauter, ce qui libère les transposons. Or, justement, il s'avère que les *Trematomus* ont très probablement subi de tels stress par le passé.

Il y a 30 millions d'années, à la fin de l'Éocène, l'ouverture du passage de Drake, entre le Cap Horn et les îles Shetland du Sud, a isolé l'Antarctique des autres continents ; un vaste courant circumpolaire antarctique, entraîné par le régime de puissants vents dominants d'ouest, a ainsi pu se mettre en place. Ces eaux froides en mouvement se sont peu mélangées avec les eaux plus chaudes des océans Atlantique, Indien et Pacifique, déterminant une frontière appelée « convergence antarctique ». Celle-ci, située vers le 60° de latitude sud, correspond à une véritable barrière pour les organismes vivants. Parallèlement et jusqu'à aujourd'hui, l'inlandsis qui recouvre l'Antarctique a subi de nombreuses phases de régression et d'extension. Soit le plateau continental était

DES FUSIONS DE CHROMOSOMES

Pour reconstituer le jeu des fusions chromosomiques dans le genre *Trematomus*, l'équipe de Dominique Higuët a construit des sondes spécifiques de grandes régions chromosomiques – des « unités structurales » –, à partir du génome d'une espèce proche, *Notothenia coriiceps* : la plupart correspondent à des bras chromosomiques. Puis l'équipe a hybridé ces sondes avec les génomes de diverses espèces de *Trematomus*, prouvant par là même que les unités structurales sont conservées d'un genre à un autre. Elle a ainsi montré que ces unités (en couleurs ci-dessous) correspondent à de petits chromosomes chez des espèces ayant un nombre classique de chromosomes, comme *Trematomus bernacchii* (en bas), tandis que certaines ont subi des fusions chez des espèces ayant moins de chromosomes, comme *T. pennellii* et *T. eulepidotus* (en haut).



libre, en pleine eau, soit le glacier venait s'y appuyer et, en le recouvrant, laissait des anfractuosités qui isolaient les populations des poissons vivant sur les fonds rocheux. Un tel environnement changeant ne pouvait que faciliter les spéciations.

On peut supposer que les successions de réchauffements et de glaciations ont produit des stress qui ont déclenché l'arrêt de la régulation épigénétique, autorisant alors des vagues de mobilisation des transposons dans le génome. La datation de la radiation des *Trematomus* correspond à une période de refroidissement de la fin du Miocène, il y a 10 millions d'années. La fixation des fusions a dû être facilitée par la dispersion de petites populations isolées dans les refuges du plateau continental recouvert par l'inlandsis. Le réchauffement suivant a permis la recolonisation de ce dernier, mais aussi de la pleine mer par certaines espèces comme *T. borchgrevinki*. De tels bouleversements chromosomiques constituent une véritable barrière de reproduction, car l'appariement des chromosomes lors de la fécondation devient impossible. Ainsi, après un réchauffement, la mise en contact des différentes populations de *Trematomus* n'est pas suivie d'hybridations généralisées ; on assiste plutôt, suivant le mot des scientifiques, à une « spéciation chromosomique ». ■

BIBLIOGRAPHIE

J. Auvinet et al., **Multiple independent chromosomal fusions accompanied the radiation of the Antarctic teleost genus *Trematomus* (Nototheniidae)**, *BMC Evol. Biol.*, vol. 20, article 39, 2020.

J. Auvinet et al., **Insertion hot spots of *DIRS1* retrotransposon and chromosomal diversifications among the antarctic teleosts Nototheniidae**, *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 20(3), article 701, 2019.

G. Duhamel et al., **Biogeographic patterns of fish**, dans C. de Broyer et al. (éd.), **Scientific Committee on Antarctic Research, Biogeographic Atlas of the Southern Ocean**, pp. 328-362, 2014.

L'AUTEUR



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

UN BON GOÛT DE FRAISES

**En assaisonnant le fruit avec
des quantités de sucres et d'acides
bien ajustées, on renforce le goût
de fraises qui en manquent.**



Dans une fraise, les concentrations
en sucres varient. Elles sont
supérieures du côté exposé
au soleil, et augmentent en allant
du pédoncule vers la pointe.

On trouve parfois que les fraises «manquent de goût». La solution peut être l'«assaisonnement»: généralement du sucre, du jus de citron ou de la crème. Pourrait-on faire mieux? Pour répondre, il fallait étudier le goût des fraises. C'est ce qu'ont notamment fait Atsushi Ikegaya et ses collègues de l'Institut agronomique d'Iwata, au Japon (*Food Science & Nutrition*, vol. 7, pp. 2419-2426, 2019).

Ces chimistes sont partis de l'observation que la partie proche du pédoncule ainsi que le cœur sont souvent plus blancs que le reste du fruit. Cette différence correspond à des répartitions différentes en sucres, en acides, en composés odorants...

Comme pour tous les végétaux, les trois principaux sucres sont le saccharose (notre «sucre de table»), le glucose (doux, peu sucré, mais qui donne de la plénitude), le fructose (environ 2,5 fois plus sucré que le saccharose). Les acides? Les principaux sont l'acide citrique et l'acide malique, suivis de l'acide succinique. Atsushi Ikegaya et ses collègues ont déterminé les quantités de ces composés dans des cubes de quelques millimètres de côté, pour des dizaines de fraises cultivées dans des conditions contrôlées.

Ils ont trouvé que les concentrations en sucres et acides organiques varient considérablement (jusqu'à la moitié) entre la face tournée vers le soleil et l'autre, à l'ombre. Et que, du pédoncule vers la pointe inférieure des fraises, les concentrations en sucres augmentent; les concentrations en acides, elles, ne présentent pas cette variation.

Ces variations sont-elles perceptibles sensoriellement? Pour les questions de goût, il y a toujours lieu de craindre les fausses impressions... Lors d'un séminaire, nous avons cherché à savoir si, comme le prétendent nombre de cuisiniers, le fait de laver les fraises leur ferait perdre leur goût. Un test sensoriel avec un premier professionnel avait montré une juste reconnaissance des fraises lavées et des fraises non lavées, mais la répétition du test avait montré que c'était du hasard: ne craignons pas de laver les fraises!

Nos collègues japonais ont testé la possibilité d'une reconnaissance des différentes concentrations en sucres et en acides organiques à l'aide de reproductions de fraises constituées par des gels aux concentrations en sucres et en acides correspondant aux résultats de leurs mesures sur le fruit, en ayant quand même ajouté des aromatisants au goût de fraise ainsi que des colorants rouges (l'agent gélifiant était le carraghénane, insipide et inodore).

Les jurés devaient consommer les reproductions de fraises dans un ordre particulier, parce que s'ils consommaient la reproduction de la partie pédonculaire, moins sucrée, après la partie pointue, plus sucrée, ils auraient fini sur une impression décevante, et vice-versa. Les différences se sont bien révélées perceptibles: la partie proche du pédoncule semble plus acide, et la partie pointue plus sucrée.

Les chimistes japonais étudient maintenant la couleur et la composante odorante, mais on retiendra surtout que le goût des fraises impose des sucres et des acides: on trouve couramment sur internet ceux qui sont dans les fraises (choisir la qualité alimentaire). On pourra alors renforcer le goût des fraises par du glucose, du fructose, du saccharose, des acides citrique et malique, soit en accompagnement, soit à l'aide d'une solution concentrée de ces composés et qui aura gélifié autour du fruit, comme on le fait pour la partie supérieure du nappage d'un gâteau ou pour les chauds-froids. ■



LA RECETTE

- 1 Faire tremper 10 g de feuilles de gélatine dans de l'eau fraîche.
- 2 Dans 100 g d'eau, dissoudre 30 g de sucre de table, 25 g de glucose, 25 g de fructose, 8 g d'acide citrique et 4 g d'acide malique.
- 3 Ajouter la gélatine trempée, puis porter la solution à ébullition, en agitant pour dissoudre la gélatine. Ajouter quelques gouttes d'eau de fleur d'oranger et mettre au réfrigérateur.
- 4 Quand la solution gélifiée est à la limite de la prise, y tremper des fraises lavées, puis refroidies. Laisser prendre.
- 5 Dans des assiettes creuses, déposer des lits de crème fouettée et y répartir ces fraises enrobées au goût renforcé.
- 6 Servir avec un sirop concentré en sucre, un peu salé et additionné d'acide citrique.



Tous les enfants
font des rêves
mais pour certains
c'est vital de les réaliser.

*Depuis 1987, l'Association Petits Princes réalise les rêves
des enfants gravement malades.
Pour leur donner l'énergie de se battre contre la maladie,
nous avons besoin de vous.*



Devenez bénévole ou faites un don
www.petitsprinces.com - 01 43 35 49 00