

> équipes qui se sont inspirées du protocole de Bonnier suggèrent qu'il s'agirait de régulation épigénétique, c'est-à-dire des modifications de l'expression des gènes, transmissibles au cours des divisions cellulaires ou à travers les générations et qui ne changent pas la séquence d'ADN.

LA PISTE ÉPIGÉNÉTIQUE

Une première équipe, autour de Vigdis Vandvik, de l'université de Bergen, en Norvège, s'est intéressée à la plasticité phénotypique des feuilles des espèces les plus courantes des alpages du mont Gongga, le plus haut sommet du Tibet oriental, dans l'actuelle province chinoise du Sichuan. En d'autres termes, elle a suivi les variations de leurs traits : surface et épaisseur des feuilles, masse de matière sèche, teneur en carbone, azote et phosphore, ainsi qu'en isotopes du carbone et de l'azote. Les traits les plus plastiques étaient la surface des feuilles, et la teneur en isotope ^{15}N de l'azote et en phosphore, qui augmentaient avec l'altitude, témoignant d'un métabolisme plus actif.

Une deuxième équipe, autour d'Adrienne Nicotra, de l'université de Canberra, en Australie, s'est intéressée à *Wahlenbergia ceracea*, une campanulacée classique des alpages des montagnes australiennes. Cette fois, les chercheurs ont collecté les graines suivant un gradient d'altitude (entre 1600 et 1975 mètres) sur le mont Kosciuszko, en Nouvelle-Galles du Sud. Afin de tester la plasticité adaptative des plantes en réponse au réchauffement climatique, ils ont réalisé des germinations sous différentes températures et suivi différents traits : hauteur, diamètre de la rosette, nombre de feuilles, masse, nombre des fruits.

L'origine des graines s'est révélée déterminante : seules les plantes provenant d'une basse altitude présentaient une plasticité adaptative. Les autres ne changeaient pas d'aspect avec la température. De plus, les germinations issues de graines collectées à basse altitude répondaient par des variations épigénétiques importantes : le profil de méthylation de leur ADN (la cartographie des groupes méthyl associés à l'ADN) variait selon la température de culture.

La troisième équipe, autour de Sonja Siljak-Yakovlev, de l'université Paris-Sud, s'est intéressée à trois populations de lys bosniaque (*Lilium bosniacum*). L'une correspondait aux conditions optimales de la plante, à moyenne altitude (1200 mètres), sur roche calcaire ; les deux autres à des

PLAINE OU ALTITUDE ?

Le buplèvre en faux (*Bupleurum falcatum*) est une apiacée qui vit en plaine comme en montagne (à gauche, un spécimen de plaine). Au XIX^e siècle, Gaston Bonnier a divisé un pied en plaine, gardant une partie à cette altitude et plantant l'autre dans les Pyrénées, à 2 400 mètres d'altitude. Dix ans plus tard, la plante d'altitude ressemblait, en plus petit, à un *Bupleurum ranunculoides* (à droite) : système racinaire plus développé, tige simple, entrenœuds courts et feuilles seulement à la base, plus épaisses et foncées, formant une pseudorosette. Ainsi, l'environnement peut transformer l'aspect d'un organisme, ce qu'à l'époque n'expliquait pas le darwinisme...



conditions stressantes – haute altitude (entre 1800 et 2000 mètres), sur roche calcaire, et plus basse altitude (850 mètres), mais sur sol riche en serpentines, c'est-à-dire contenant des éléments toxiques tels que des ions nickel.

Les lys d'altitude présentaient un faciès alpin, avec une réduction de leur taille et du nombre de fleurs par plant. Les lys issus des serpentines arboraient aussi des différences morphologiques et des réarrangements de leurs chromosomes. Par ailleurs, l'ADN de ces deux populations était très peu méthylé. Or un rôle de la méthylation est d'empêcher des fragments mobiles d'ADN – les « éléments transposables » – de se déplacer ou de se dupliquer au sein du génome. De tels éléments pourraient être à la source des réarrangements chromosomiques et, par là, des traits observés.

Ces études suggèrent que la migration des plantes le long des pentes du Chimborazo, sous l'influence du réchauffement, ne correspond pas uniquement à la recherche d'un optimum climatique. Le dérèglement écologique semble sous-tendu par un dérèglement moléculaire – épigénétique – qui, autorisant une mobilisation d'éléments transposables, induit des changements génétiques définitifs. Ainsi, la réaction au réchauffement climatique est un problème non seulement écologique, mais aussi, et surtout, évolutif. ■

BIBLIOGRAPHIE

J. J. Henn et al., **Intraspecific trait variation and phenotypic plasticity mediate alpine plant species response to climate change**, *Front. Plant Sci.*, vol. 9, article 1548, 2018.

V. Zoldoš et al., **Epigenetic differentiation of natural populations of *Lilium bosniacum* associated with contrasting habitat conditions**, *Genome Bio. Evol.*, vol. 10(1), pp. 291-303, 2018.

N. Morueta-Horne et al., **Strong upslope shifts in Chimborazo's vegetation over two centuries since Humboldt**, *PNAS*, vol. 112, pp. 12741-12745, 2015.

A. Nicotra et al., **Adaptive plasticity and epigenetic variation in response to warming in an alpine plant**, *Ecol. Evol.*, vol. 5(3), pp. 634-647, 2015.

POUR LA SCIENCE

Édition française de Scientific American

**COMPLÉTEZ VOTRE COLLECTION
DÈS MAINTENANT !**



N° 502 (août 19)
réf. PL502



N° 501 (juillet 19)
réf. PL501



N° 500 (juin 19)
réf. PL500



N° 499 (mai. 19)
réf. PL499



N° 498 (avr. 19)
réf. PL498



N° 497 (mar. 19)
réf. PL497



N° 496 (févr. 19)
réf. PL496



N° 495 (jan. 19)
réf. PL495



N° 494 (déc. 18)
réf. PL494



N° 493 (nov. 18)
réf. PL493



N° 492 (oct. 18)
réf. PL492



N° 491 (sept. 18)
réf. PL491

À retourner accompagné de votre règlement à :

Pour la Science – Service VPC – 19 rue de l'Industrie – BP 90053 – 67402 Illkirch Cedex – email : pourlascience@abopress.fr



OUI, je commande des numéros de Pour la Science,
au tarif unitaire de 9,90 €.

1 / JE REPORTE CI-DESSOUS LES RÉFÉRENCES à 5 chiffres
correspondant aux numéros commandés :

1^{re} réf. _____ 01 x 9,90 € = 9,90 €
2^e réf. _____ x 9,90 € = _____ €
3^e réf. _____ x 9,90 € = _____ €
4^e réf. _____ x 9,90 € = _____ €
5^e réf. _____ x 9,90 € = _____ €
6^e réf. _____ x 9,90 € = _____ €

TOTAL À RÉGLER _____ €

Groupe Pour la Science – Siège social : 170 bis, boulevard du Montparnasse, CS20012, 75680 Paris
Cedex 14 – Sarl au capital de 32000 € – RCS Paris B 311 797 393 – Siret : 311 797 393 000 23 – APE 5814 Z

Offre valable jusqu'au 31/12/2019 en France Métropolitaine uniquement. Pour l'export, rendez-vous sur notre site internet boutique.pourlascience.fr. Les prix affichés incluent les frais de port et les frais logistiques.
Les informations que nous collectons dans ce bulletin d'abonnement nous aident à personnaliser et à améliorer les services que nous vous proposons. Nous les utiliserons pour gérer votre accès à l'intégralité de nos services, traiter vos commandes et paiements, et vous faire part notamment par newsletters de nos offres commerciales moyennant le respect de vos choix en la matière. Le responsable du traitement est la société Pour la Science. Vos données personnelles ne seront pas conservées au-delà de la durée nécessaire à la finalité de leur traitement. Pour la Science ne commercialise ni ne loue vos données à caractère personnel à des tiers. Les données collectées sont exclusivement destinées à Pour la Science. Nous vous invitons à prendre connaissance de notre charte de protection des données personnelles à l'adresse suivante : <https://rebrand.ly/charte-donnees-pls>. Conformément à la réglementation applicable (et notamment au Règlement 2016/679/UE dit « RGPD ») vous disposez des droits d'accès, de rectification, d'opposition, d'effacement, à la portabilité et à la limitation de vos données personnelles. Pour exercer ces droits (ou nous poser toute question concernant le traitement de vos données personnelles), vous pouvez nous contacter par courriel à l'adresse protection-donnees@pourlascience.fr.

2 / J'INDIQUE MES COORDONNÉES

☐ M. ☐ Mme

Nom : _____

Prénom : _____

Adresse : _____

Code postal _____ Ville : _____

Téléphone _____

J'accepte de recevoir les offres de Pour la Science ☐ OUI ☐ NON

3 / JE CHOISIS MON MODE DE RÈGLEMENT

☐ Par chèque à l'ordre de Pour la Science

☐ Carte bancaire

N° _____

Date d'expiration _____

Clé (les 3 chiffres au dos de votre CB) _____

Signature obligatoire :



RETROUVEZ TOUS LES ANCIENS NUMÉROS SUR
BOUTIQUE.POURLASCIENCE.FR

L'AUTEUR



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

JUTOSITÉ ET TENDRETÉ

On peut contrôler parfaitement ces deux qualités sur un système de perles culinaires à cœur liquide, analogues à des œufs de saumon.

En matière de gastronomie, il y a bien sûr l'aliment, mais il y a aussi le Verbe, et le cuisinier François la Varenne disait très justement que les morceaux caquetés en paraissent meilleurs: il s'agit de parler de ce que l'on mange et de ne pas se contenter de se repaître en animal. Déguster, ce n'est pas seulement faire un mouvement des mâchoires, mais mettre les bons mots sur les bonnes sensations. Bien connaître un produit, c'est être capable d'en avoir une consommation analytique, descriptive avant d'être appréciative.

Et pour une viande, au-delà de la couleur ou de l'odeur de la viande crue, au-delà de l'à-point de cuisson, il y a la jutosité et la tendreté. Jutosité? Tendreté? Pour ces deux caractéristiques, le nombre de syllabes crée l'abstraction... même si l'on comprend que la jutosité décrit le fait qu'une viande soit juteuse, et que la tendreté (à ne pas confondre avec la tendresse) décrit le fait qu'elle soit tendre. Mais au-delà de cette description tautologique, de quoi s'agit-il vraiment?

La tendreté, c'est quand la dent s'enfonce dans la viande comme dans du beurre, et la jutosité, c'est quand l'action de compression et de cisaillement libère du jus, qui vient inonder la bouche et favoriser la déglutition, en même temps que les solutés portés par le jus peuvent facilement se mêler à la salive, afin d'aller stimuler les récepteurs sensoriels buccaux.

Plus concrètement encore? Un modèle expérimental s'impose. Commençons par utiliser l'alginate de sodium, un polysaccharide linéaire extrait d'algues, et des ions calcium Ca^{2+} : quand on fait tomber, dans une solution d'alginate de sodium, des

Dans cette
«conglomère»,
la couleur des perles,
ou «degennes»,
est celle du jus d'orange
qu'elles contiennent.



gouttes d'une solution contenant des ions calcium, on obtient une gélification immédiate de l'alginate à la surface des gouttes, ce qui produit des objets analogues à des œufs de saumon, les ions calcium venant ponter les molécules d'alginate. Ces œufs artificiels sont des objets culinaires que j'ai proposé de nommer «degennes», en mémoire de Pierre-Gilles de Gennes, Prix Nobel de physique en 1991 pour ses travaux sur la matière molle. Évidemment, chacun de ces degennes est parfaitement tendre et juteux.

Emplissons-en un bol et coulons par-dessus une solution de gélatine à environ 5%. Après gélification de la gélatine, on obtient une reproduction d'un tissu végétal, lequel ne diffère structurellement de la viande que par le fait que les cellules sont sphériques et non pas de longs tubes. Quand on met en bouche ces «conglomères», la dent rompt sans mal les parois des perles d'alginate, de sorte que l'on a un système à la fois tendre et juteux.

Répetons maintenant l'opération, mais avec un gel bien plus chargé en gélatine, par exemple 20%: cette fois, si la quantité de degennes dispersés dans le gel de gélatine est grande, alors le système reste juteux, mais il n'est plus tendre. Et l'on comprend alors que si l'on réduit la quantité de degennes dans les gels de gélatine à 5% et à 20%, on obtiendra respectivement

des systèmes tendres et peu juteux, ou peu tendres et peu juteux.

Nous avons ainsi les quatre coins d'un carré dans l'espace des jutosités et des tendretés: désormais, nous pourrions y inscrire les viandes que nous rencontrons et pourrions véritablement manger en gastronomes. ■



LA RECETTE

- 1 Préparer un bain d'alginate de sodium en dissolvant ce composé dans de l'eau pauvre en calcium, à raison de 5 à 10 grammes d'alginate de sodium par litre d'eau.
- 2 Dans un liquide goûteux (par exemple du jus d'orange), ajouter un sel de calcium, dans les mêmes proportions.
- 3 Faire tomber le liquide additionné de calcium dans le bain d'alginate de sodium.
- 4 Récupérer les «degennes» formés et les répartir dans quatre bols: beaucoup de degennes dans les deux premiers bols (1 et 2) et peu dans les deux autres (3 et 4).
- 5 Faire une infusion de menthe et la diviser en deux parties.
- 6 Ajouter 5 % de gélatine (en masse) dans la première partie, chauffer pour dissoudre la gélatine et couler la solution obtenue dans les deux bols 1 et 3. Laisser gélifier.
- 7 Ajouter 20 % de gélatine (en masse) dans la seconde partie, chauffer pour dissoudre la gélatine, et couler la solution obtenue dans les deux bols 2 et 4. Laisser gélifier.
- 8 Goûter les conglomères pour apprécier la jutosité et la tendreté.