



EFFET DE L'EXPRESSION
D'UN TRANSPOSON SUR LA
COLORATION DES PÉTALES
DE ROSE (À GAUCHE) ET
VARIABILITÉ DU COLORIS
DES FLEURS SUR UN MÊME
PIED DE DAHLIA (À DROITE)
© ALAIN CADIC



Botanique

LA MUTAGÉNÈSE EN PLEINE MUTATION !

Par Alain Cadic

Les mutations sont des événements naturels brusques et aléatoires qui affectent la composition qualitative et quantitative de l'ADN ou son organisation. Les mutations sont responsables de la diversification et de son expression : la diversité biologique. Depuis le début du XX^e siècle, les biologistes ont développé des méthodes et des techniques (mutagénèse¹) qui permettent de produire des mutations à des fins de connaissance du fonctionnement biologique ou de création variétale. Avec le développement de la biologie moléculaire, les outils de la mutagénèse visent désormais à supprimer le caractère aléatoire des résultats.

— LES MUTATIONS NATURELLES À L'ORIGINE DE LA BIODIVERSITÉ —

En biologie, le terme 'mutation' a été employé pour la première fois en 1901 par Hugo de Vries pour désigner des changements brusques des caractères héréditaires. Cette définition prévaut encore largement mais n'apporte

aucune précision sur les causes des mutations ou les mécanismes mis en jeu.

On sait maintenant que les mutations sont responsables de la diversification et de la création de biodiversité depuis l'apparition de la vie sur terre. Les recombinaisons², les migrations³ et la sélection⁴, de leur côté, sont responsables de leur conservation et de leur dissémination. Le patrimoine biologique actuel en est le résultat et son avenir résultera de l'action de ces moteurs incluant bien sûr l'action de l'humanité, partie intégrante de la biodiversité.

— DU ROSIER À LA NECTARINE —

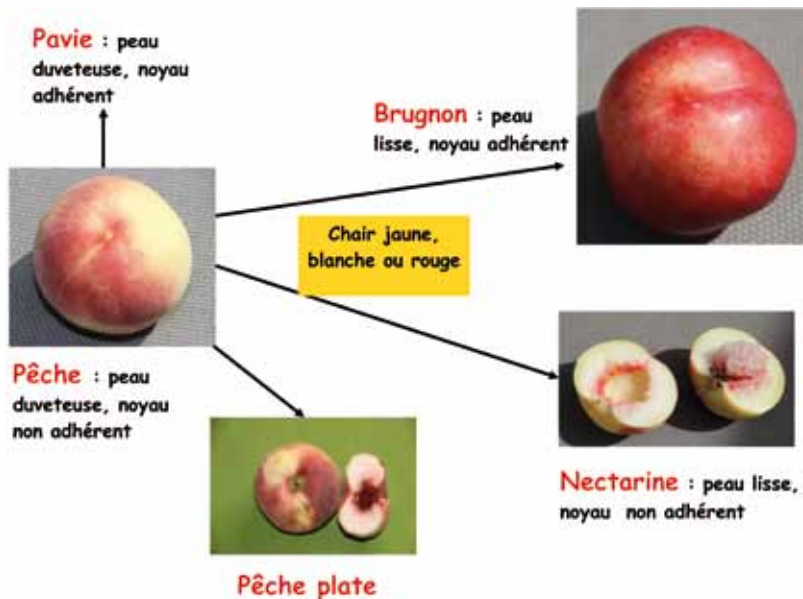
Les plantes cultivées ne constituent qu'un sous-ensemble de la biodiversité végétale, orientée de manière très intense par la sélection humaine. La domestication entreprise par les premiers agriculteurs du néolithique il y a environ 9000 ans a favorisé la sélection des mutations utiles à la satisfaction des besoins alimentaires et industriels.

1 Orthographe conforme à la recommandation de la Commission Générale de Terminologie et de Néologie

2 Échange d'information entre chromosomes homologues d'origine paternelle et maternelle qui se produit à la méiose lors de la production des gamètes (pollen et sac embryonnaire)

3 La constitution de nouvelles populations a une influence sur la fréquence des allèles des gènes

4 La sélection naturelle ou provoquée par l'action humaine favorise ou défavorise le maintien de certaines combinaisons génétiques



MUTANTS DE PÊCHE: COULEUR DE CHAIR, ASPECT DE L'ÉPIDERME ET FORME DU FRUIT - © ALAIN CADIC

Pour la raison invoquée précédemment, il est impossible d'établir une liste de mutants spontanés; tout au plus peut-on en proposer quelques-uns parmi les plus significatifs ou les plus évidents. Citons celle qui empêche les sucres de se transformer en amidon dans le grain de maïs et qui a permis le développement du maïs doux, la mutation mono-germe de la betterave qui a facilité la culture de cette espèce, les mutants de couleur de fruit du piment et de la racine de carotte, le caractère remontant (floraison continue) du rosier et la modification d'un port buissonnant vers un port sarmenteux qui se produit très fréquemment en culture. Les nectarines, brugnons, pavies, pêches plates sont des mutants naturels du pêcher.

— DES MUTANTS SPONTANÉS SÉLECTIONNÉS —

Dans de nombreuses espèces horticoles à feuillage vert, des mutants spontanés à feuillage pourpre ont été sélectionnés (hêtre, noisetier, pommier, sureau...); il en est de même des ports nains ou fastigiés. Chez le chou-fleur, des mutants de coloration ou d'organisation de la pomme ont été sélectionnés (types brocoli et romanesco). Dès le XVII^e siècle, en Grande-Bretagne, des variations spontanées notables apparaissaient sur des plantes à multiplication végétative; dénommées 'sport', ces mutations pouvaient être multipliées par voie végétative. On peut poursuivre avec le mutant 'Laurina' du caféier, la couleur ou l'absence de couleur des grains de riz, de l'épiderme de la tomate ou du

poivron... Chez les espèces fruitières comme le pommier, l'apparition de mutants spontanés affectant la couleur de l'épiderme du fruit n'est pas rare; on ne compte plus les mutants de 'Gala' ou d'Elstar'. Certaines espèces ou certaines variétés au sein d'une espèce ont une très grande faculté à donner des mutants spontanés à l'image du chrysanthème (*Dendranthema*).

Pour les plantes cultivées, l'homme a favorisé par sélection les mutants les plus favorables à ses besoins. Cette sélection a parfois concerné un nombre de gènes assez faible. Chez le maïs, 6 à 7 gènes mutants ont fait passer la plante d'un état peu propice à la culture (tiges nombreuses, ramifiées, épis petits et nombreux, axe de l'épi désarticulé, graine protégée) aux variétés actuelles (mono-tige, un à deux gros épis, axe soudé et compact, grain nu). Ceci a été réalisé au cours de la domestication.

— DES MUTATIONS GÉNOMIQUES, CHROMOSOMIQUES OU GÉNIQUES —

Les chromosomes, supports des caractères héréditaires, sont constitués d'une longue molécule d'ADN en double hélice associée à des protéines diverses formant la chromatine. C'est une structure robuste qui assure une certaine pérennité des espèces mais tout de même suffisamment fragile pour que des 'accidents' ou événements divers puissent l'affecter à tout moment du cycle cellulaire et,

en particulier, lors des divisions par mitose⁵ ou méiose⁶. Classiquement, on distingue les mutations génomiques qui mettent en œuvre l'ensemble des chromosomes, des mutations chromosomiques (des fragments plus ou moins long d'ADN sont impliqués) et des mutations géniques qui ont un effet sur un seul gène.

Ces événements sont de natures diverses et concernent une fraction plus ou moins importante de l'information génétique :

- Modification du nombre de chromosomes (mutations génomiques)
- Modification de l'organisation des gènes dans les chromosomes (mutations chromosomiques et mutations géniques)

Modification du nombre de chromosomes

L'augmentation du nombre de chromosomes est un fait naturel très fréquent chez les végétaux, il donne naissance à des individus polyploïdes formant des séries au sein d'une espèce, d'un genre ou d'une tribu. Ainsi, beaucoup d'espèces de rosier sont diploïdes à 14 chromosomes, mais on connaît des variétés triploïdes à 21 chromosomes, tétraploïdes à 28 chromosomes, la situation d'à peu près toutes les variétés de rosier dites 'modernes' ou encore pentaploïdes à 35 chromosomes comme le très commun *Rosa canina* (églantier). Le fraisier cultivé a hérité de ses ancêtres américains le caractère octoploïde à 56 chromosomes.

La diminution du nombre de chromosomes se produit naturellement durant la méiose pour donner les gamètes (haploïdes). Des plantes entières haploïdes apparaissent parfois mais sont souvent très faibles et sont contre-sélectionnées. Chez le pommier, certains pépins contiennent deux embryons, l'un venant d'une fécondation normale, l'autre résultant du développement d'une cellule haploïde du sac embryonnaire; le second donne une plantule haploïde chétive qui ne peut être sauvegardée qu'au prix de soins très attentifs.

Modification de l'organisation des gènes

Sur une période de temps courte, l'organisation des gènes sur les chromosomes est assez stable, mais des 'accidents' peuvent se produire. Les délétions de fragments chromosomiques ne sont pas rares. Avec la perte d'un fragment d'ADN des fonctions sont également perdues. Ces délétions peuvent conduire à la mort cellulaire selon l'importance des fonctions atteintes. Cependant, des systèmes de réparation existent qui permettent aux cellules atteintes de survivre avec ou sans modification(s) induite(s).

Les fragments excisés peuvent être réincorporés dans les chromosomes dans le même sens ou en sens contraire, sur le chromosome d'origine ou sur un autre chromosome. Ces remaniements impliquent, de fait, des modifications des caractères génétiques.

Il arrive également que certains fragments chromosomiques soient dupliqués en provoquant une nouvelle organisation de l'information génétique.

Enfin, des fusions entre chromosomes ont été montrées aussi bien chez les végétaux que les animaux, contribuant au mécanisme de spéciation.

Le chimpanzé et l'homme se distinguent parce que chez le second le chromosome 2 résulte de la fusion des chromosomes 2 et 3 du premier; en outre, des inversions, des additions et des délétions affectant 9 chromosomes distinguent les deux espèces. Des modifications de l'organisation des gènes peuvent être dues à des apports d'information génétique exogènes.

— DES BACTÉRIES EN CAUSE —

Au cours de l'évolution, des informations génétiques externes ont été apportées en dehors de tout système de reproduction sexuée. Ce transfert de gènes est désigné sous le terme de transfert horizontal, par opposition au transfert vertical qui résulte d'un processus de reproduction sexuée.

5 Mitose: division cellulaire qui, à partir d'une cellule, donne deux cellules aux caractéristiques génétiques identiques (sauf mutation)

6 Méiose: ensemble de divisions qui conduisent à la formation des gamètes reproducteurs (pollen dans les anthères et sac embryonnaire dans l'ovule); l'une de ces divisions conduit à la formation de cellules ne contenant plus que la moitié des chromosomes. Ces chromosomes ont une origine paternelle, maternelle ou recombinée résultant d'échanges d'information génétique au cours du processus.

Les exemples de transferts horizontaux de gènes de plante à plante sont rares et les mécanismes responsables sont inconnus. Par contre, les transferts à partir de micro-organismes sont de mieux en mieux documentés dans la littérature scientifique.

Chez les végétaux, la symbiose bactérienne a conduit à l'apparition des plastides et des mitochondries; dans le processus, ces bactéries ont transféré une partie de leur information génétique dans le génome des plantes primitives.

Une autre bactérie, *Agrobacterium*, est également capable de transférer dans les tissus qu'elle colonise une information génétique spécifique; les tissus végétaux contaminés produisent des éléments utiles à la survie de cette bactérie. La découverte de cette propriété au début des années 70 a donné naissance à la transgénèse⁷ et au développement des plantes génétiquement modifiées.

— UN RÔLE PRIMORDIAL DANS L'ÉVOLUTION DES ESPÈCES —

Il existe de plus en plus de preuves que des séquences virales ont été intégrées chez les végétaux comme le tabac et la vigne au cours de l'évolution. Les transposons, parfois dénommés 'gènes sauteurs', si nombreux chez les végétaux, pourraient avoir pour origine un virus. Ces éléments mobiles ont la possibilité de s'insérer à l'intérieur des séquences codantes des gènes et provoquent naturellement des mutations. Celles-ci sont particulièrement visibles sur les fleurs; chez le pois, l'insertion d'un transposon dans un gène intervenant dans la synthèse de l'amidon est responsable du caractère ridé exploité par G. Mendel dans les premiers développements d'une science que l'on n'avait pas encore nommée 'génétique'.

Les mutations ont joué un rôle primordial dans l'évolution des espèces végétales et animales depuis le début de la vie sur terre. À partir du néolithique, l'agriculture a



LE CHOU-FLEUR, MUTANT DU CHOU, A PRODUIT DE NOUVEAUX MUTANTS TELS LE BROCOLI ET LE ROMANESCO
© ALAIN CADIC

tiré profit des mutations naturelles pour favoriser, au sein des espèces domestiquées, des populations et des variétés ayant acquis des caractères utiles.

Plus tard, à partir du début du XX^e siècle, les sélectionneurs ont imaginé des techniques permettant de faire apparaître plus rapidement des mutations utiles.

Dans le prochain numéro, la 2^e partie de cet article: « Les mutations provoquées et la mutagenèse »

⁷ Orthographe recommandée par la Commission Générale de Terminologie et de Néologie