SÉRIE DE MUTANTS DE CHRYSANTHÈME DE LA MÊME VARIÉTÉ 'REAGAN'
© N. DORION

Botanique

LA MUTAGÉNÈSE EN PLEINE MUTATION ! 2e PARTIE : LES MUTATIONS PROVOQUÉES ET LA MUTAGÉNÈSE CONVENTIONNELLE*

Par Alain Cadic

La mutagénèse est un acte technique employé par les biologistes et les sélectionneurs pour créer de la diversité génétique à des fins de recherche ou de création variétale. Les mutations obtenues sont alors qualifiées de mutations provoquées ou de mutations induites. Diverses techniques ont été employées depuis le début du XXe siècle. Elles ont participé à l'amélioration des connaissances et donné naissance à de nombreuses variétés. Ces techniques, dites conventionnelles utilisant des méthodes physiques (rayons, particules) ou chimiques, sont encore largement exploitées même si elles sont progressivement remplacées par d'autres dans une recherche de meilleure efficacité.

— LES TECHNIQUES CONVENTIONNELLES : PHYSIQUES ET CHIMIQUES —

L'histoire du développement des techniques de mutagénèse est liée à celle du développement des connaissances. Le mot 'génétique', si populaire aujourd'hui, ne date que de 1906. Il a fallu attendre la redécouverte, en 1901, des lois de Mendel pour que les scientifiques s'intéressent à l'hérédité des caractères. En même temps, l'intérêt pour les plantes cultivées (et les animaux d'élevage) s'est considérablement accru. Cependant, à cette époque, on ne connaît pas encore la nature du support des caractères héréditaires. Cette connaissance sera établie par Th. Morgan aux USA en 1915 grâce à l'emploi de la mouche du vinaigre (*Drosophila melanogaster*) et de ses nombreux mutants.

Un élève de Morgan, H.J. Muller est le premier, à la fin des années 20, à utiliser le rayonnement X (découverts par W. Röntgen à partir de 1896) pour augmenter le nombre de mutations. À la même époque, L.J. Stadler utilise les rayons X pour provoquer des mutations chez l'orge et des UV pour traiter le maïs. Cependant, ses vues pessimistes sur l'utilisation de la mutagénèse comme outil d'amélioration des plantes vont en retarder l'utilisation jusqu'au début des années 50. Ce n'est donc qu'à partir de la seconde moitié du XXe siècle que les radiations électromagnétiques (rayons UV, X, gamma) et les rayonnements particulaires vont être employés par les sélectionneurs.

— MUTAGÉNÈSE CHIMIQUE —

L'emploi des méthodes de mutagénèse chimique a une histoire quelque peu différente. Elle est liée à celle des gaz de combat (ypérite) utilisés pendant la première guerre mondiale. L'analyse de l'effet des substances chimiques sur les organismes vivants a longtemps été couverte par le secret militaire, retardant ainsi les applications au domaine civil. Au cours des années 40, la connaissance des effets des agents mutagènes chimiques progresse et le mode d'action sur la cellule et l'ADN est rapidement caractérisé.

Parmi les très nombreux agents étudiés, le méthane sulfonate d'éthyle va prendre une place particulière. En effet, cette substance provoque des mutations ponctuelles[1]. Par ailleurs, dès 1934 en Belgique, A.P. Dustin avait mis en évidence l'effet de la colchicine sur les tissus végétaux en division. Cette découverte sera mise à profit pour la production de plantes polyploïdes (voir encadré).

De l'ensemble des travaux conduits en cette première moitié du XXe siècle on peut noter que les mutations sont dues à des altérations chromosomiques affectant les gènes (mutations ponctuelles), la structure des chromosomes (délétions, duplications, translocations) ou leur nombre (polyploïdisation). La mutagénèse devient un outil permettant d'accroître la variabilité génétique. Les mutations induites sont considérées comme analogues aux mutations spontanées et, comme elles, sont produites de manière aléatoire.

— ROSE ET CHRYSANTHÈME —

La première variété sélectionnée et cultivée est un mutant 'chlorina' de la variété de tabac 'Kanari' obtenu en 1930. Par la suite, un mutant de tulipe dénommé 'Faraday' est mis au commerce en 1949. La mutagénèse en tant que technique d'amélioration des plantes ne connaît son plein essor que dans la seconde moitié du XXe siècle. La méthode paraît séduisante pour corriger les défauts de certains génotypes, en particulier chez les espèces à cycle long ou celles dont on ne veut pas trop bouleverser l'assemblage génétique favorable préalablement constitué.

La création de l'IAEA (Agence Internationale de l'Énergie Atomique) en 1957 et l'ouverture en 1961 de son laboratoire de Seibersdorf dans la banlieue de Vienne ont probablement joué un rôle d'accélérateur à l'égard de l'utilisation de la mutagénèse. À ce jour, l'agence a recensé 3 220 variétés obtenues après traitement mutagène[2]. Ce nombre est très probablement sous-estimé car seules les variétés décrites dans la littérature sont prises en compte.

Les espèces ornementales (principalement chrysanthème et rose) représentent 22 % contre 78 % pour les espèces agricoles ; les seules céréales, riz, orge, blé et maïs comptent pour 48,3 % du total.

— LE DÉVELOPPEMENT DE LA TRANSGÉNÈSE —

L'examen des enregistrements dans la base de données montre une baisse forte depuis le milieu des années 80 et ceci, du fait d'une désaffection de l'Europe et de l'Amérique du Nord. En effet, pour nombre de plantes, il est possible de trouver dans les ressources génétiques les allèles nécessaires aux programmes de sélection. Les premières variétés de tournesol résistantes à certains herbicides sont issues de plantes sauvages découvertes au Kansas en 1996. Le caractère aléatoire de la mutagénèse conventionnelle impose de travailler sur des populations de plantes importantes et la mise en évidence des mutants n'est pas toujours aisée en dehors de caractères morphologiques visibles. Chez les plantes à multiplication par graines, la reproduction sexuée constitue un filtre important qui empêche les mutations les plus délétères de se conserver et seules celles affectant les zones productrices de gamètes ont une probabilité de se maintenir. Chez les plantes à multiplication végétative, il est nécessaire de s'assurer de l'homogénéité ontogénique des mutants ou de procéder à leur déchimérisation[3]. Les mutants obtenus par les radiations ionisantes portent fréquemment des mutations délétères ou des mutations à effets pléïotropiques[4] qui empêchent de bénéficier des mutations favorables concomitantes. Enfin et surtout, le

1 La substitution d'une paire de base par une autre provoque une modification de la nature du gène affecté.

2 Base de données de l'IAEA (http://mvgs.iaea.org/AboutMutantVarities.aspx)

3 Chez les plantes à multiplication végétative, les cellules mutées se développent en même temps que les cellules non mutées donnant naissance à des tissus hétérogènes (chimères) souvent instables. Des procédés de déchimérisation peuvent être mis en œuvre pour tenter de récupérer des mutants homogènes c'est-à-dire présentant la ou les même(s) mutation(s) dans l'ensemble des tissus.

4 Pléïotropique : se dit d'un gène qui détermine plusieurs caractères dont certains peuvent être bénéfiques alors que d'autres ne le sont pas.

développement des nouvelles technologies à partir de 1983 (transgénèse) a sans doute forcé la réorientation des laboratoires privés et publics.

— LA MUTAGÉNÈSE CONVENTIONNELLE, UN OUTIL QUI A SA PLACE —

La mutagénèse conventionnelle reste un outil disponible qui a sa place dans la panoplie des sélectionneurs mais dont l'emploi doit être raisonné en fonction des objectifs de sélection, de la biologie de l'espèce à traiter, de la variabilité disponible et des possibilités de son intégration ou de sa disponibilité réelle.

Parmi les mutants obtenus par voie conventionnelle on peut citer :

- la perte de sensibilité à la longueur du jour chez le riz, le coton ou le ricin
- la perte de dominance apicale chez le mélilot officinal
- l'altération du développement chez les céréales
- la modification (+ et -) de l'aptitude à noduler de plusieurs légumineuses
- la composition biochimique du grain des céréales ou des cotylédons de plantes oléagineuses
- l'amélioration de la résistance à certaines maladies chez l'orge (oïdium), du blé (rouilles) ou du riz (pyriculariose)
- l'induction d'autofertilité chez les arbres fruitiers (cerisier)
- les modifications de couleur, port, précocité de floraison chez de nombreuses espèces ornementales

Chez les espèces qui mutent assez facilement de manière spontanée comme le chrysanthème, certains obtenteurs réalisent des traitements mutagènes sur leurs nouvelles variétés, issues d'hybridation classique, pour anticiper l'apparition des mutants en culture chez leurs clients horticulteurs. Les obtenteurs de la variété initiale restent propriétaires des nouvelles variétés créées de cette façon.

— LE DOMAINE DE LA MUTAGÉNÈSE S'ÉLARGIT —

La mutagénèse utilisant les techniques conventionnelles d'irradiation ou de traitement chimique a fourni et continue de fournir des mutants utiles, employés directement comme tels ou réintroduits dans des programmes d'hybridation malgré les reproches adressés à cet outil. Cependant, des techniques nouvelles ont déjà vu le jour ou commencent à poindre ; elles ont pour objectif une action ciblée sur des gènes ou des sites chromosomiques identifiés. Un élargissement du domaine de la mutagénèse se crée et implique une modification sensible de sa définition et de celle de la notion de mutation.

Ces évolutions seront présentées dans le troisième volet dans un prochain numéro.

* Voir la première partie de cet article dans Jardins de France 628 de mars-avril 2014

LA POLYPLOÏDIE

La polyploïdie est encore abondamment employée dans plusieurs situations :

- la création variétale directe comme cela a été fait pour la création des Tétranémones®, des anémones tétraploïdes.
- pour produire des triploïdes stériles sans fruits ni graines ne risquant pas de devenir des plantes invasives (*Hibiscus*), nécessitant des tailles moins fréquentes et un entretien moins coûteux (*Weigela*) ou étant mieux appréciées des consommateurs (pastèque sans pépin).
- pour introduire des caractères utiles dans des variétés cultivées tétraploïdes. Le *Coffea canephora* (résistant aux maladies) a été tétraploïdisé pour être croisé avec *Coffea arabica*.
- pour restaurer la fertilité d'hybrides interspécifiques (triticale, lis…)
- pour assurer le retour à l'état diploïde de plantes haploïdes.

Les radiations ionisantes ont été appliquées à très forte dose sur du pollen pour stimuler, après pollinisation mais sans fécondation, le développement d'embryons à partir de cellules haploïdes du sac embryonnaire. Plusieurs exemples sont connus chez les espèces horticoles dont le rosier.