



DIVERSIFICATION VARIÉTALE DES AGRUMES DES FORMES NATURELLES AUX BIOTECHNOLOGIES

Par François Luro

La plupart des agrumes cultivés (orangers, bigaradiers, citronniers, pomelos, limes) sont initialement des formes hybrides naturelles de première ou de deuxième génération provenant de croisements interspécifiques.

La très grande majorité des agrumes cultivés aujourd'hui sont des formes issues de mutations spontanées. Cependant, dès le XX^e siècle, cette diversification variétale a été étoffée par des méthodes de création contrôlées par l'homme. Par exemple, le bigaradier (orange amère) serait le produit direct d'un croisement entre un pamplemoussier et un mandarinier et le citronnier serait un hybride

de bigaradier et de cédratier. Ces hybrides se sont ensuite diversifiés par l'accumulation de mutations somatiques modifiant à chaque fois peu de caractères. Ainsi, la variété 'orange sanguine' est une modification spontanée d'une variété 'orange blonde', apparue plusieurs siècles auparavant en Sicile dont la modification chromosomique a été récemment identifiée et la fonctionnalité du gène affecté, élucidée (Butelli et al. 2012).

— LES CROISEMENTS SEXUÉS —

Malgré les nombreux croisements sexuels réalisés par les améliorateurs, peu d'hybrides, à l'exception de quelques mandariniers, ont connu le succès commercial. Cet insuccès tient essentiellement à la complexité de la reproduc-

tion et à la structure génétique des agrumes cultivés: la durée de la juvénilité ou phase non fructifère (4 à 8 ans) - la polyembryonie¹ qui limite la régénération des hybrides - la forte variabilité génétique due au statut d'hybride interspécifique - l'auto-incompatibilité de fécondation et les stérilités qui limitent l'obtention de certaines descendance... En revanche, au niveau des porte-greffes, la création d'hybrides inter-génériques (*Poncirus x Citrus*), appelés citranges, a sensiblement amélioré l'agrumiculture en créant des plants résistants à des maladies, comme la gommosse à *Phytophthora* (champignon) ou la Tristeza (due au virus CTV), tout en étant tolérants à des contraintes environnementales climatiques (froid, sécheresse...) ou telluriques (salinité, calcaire...). Le comble, c'est que les porte-greffes citranges 'Carrizo' et 'Troyer', très utilisés dans de nombreux pays, sont nés de l'échec d'une tentative de création de variétés d'oranges résistantes aux températures gélives.

— LA MUTAGENÈSE INDUITE —

Au niveau variétal, l'utilisation de la mutagenèse induite sous rayonnements ionisants (gamma) a souvent été utilisée pour générer plus fréquemment qu'à l'état naturel de nouvelles formes mutantes. L'objectif est, le plus souvent, la recherche d'une stérilité ou d'une forte réduction de la fertilité, pour la production de fruits aspermes (sans pépins). Le résultat le plus marquant de cette technologie est celui du pomélo 'Star Ruby' (à pulpe rose-rouge) qui a été créé dans les années 1950 (Texas) et commercialisé dans les années 1970. En Corse, cette variété est cultivée sur un peu moins de 200 hectares et bénéficie, tout comme la clémentine, d'une Indication Géographique Protégée (IGP pomélo de Corse). Parmi les autres succès commerciaux de variétés issues de la mutagenèse induite, on trouve aussi les mandarines 'Mor' et 'Tango'.

¹ La polyembryonie un facteur limitant pour la régénération d'hybrides. Quel que soit le degré d'embryonie, en moyenne sur une population, 2 plantules au maximum par pépin sont régénérées. Il existe donc une compétition entre embryons lors de la régénération. Comme par ailleurs la fécondation chez les génotypes polyembryonnés engendre le plus souvent des embryons peu vigoureux, la régénération d'hybrides chez ces agrumes est fortement contrecarrée.



LA TRÈS GRANDE MAJORITÉ DES AGRUMES CULTIVÉS AUJOURD'HUI SONT DES FORMES ISSUES DE MUTATIONS SPONTANÉES - © N. DORION

— LES BIOTECHNOLOGIES ET LA GESTION DE LA POLYPLOÏDIE —

La mutagenèse est quasi inefficace pour l'acquisition ou la combinaison de caractères multiples. Le croisement sexué est alors la voie de prédilection pour y arriver. Pour contrer ou résoudre certaines contraintes biologiques (citées précédemment) des stratégies reposant sur l'utilisation des biotechnologies et des techniques exploratoires du génome, ont été développées.

La gestion de la polyploïdie est très en vogue dans tous les programmes de sélection comme celui mené par le CIRAD associé à l'INRA. L'aspermie (stérilité femelle) et l'absence de pollen viable pour éviter les pollinisations croisées (stérilité mâle) sont deux critères essentiels de la diversification variétale des agrumes destinés à la filière du fruit frais. Ils peuvent être obtenus par la triploïdie (3 stocks de chromosomes au lieu de 2). La lime de Tahiti (citron vert) est un exemple de triploïde naturel, apparue après fécondation entre un gamète à n chromosomes

(n = 9) et un gamète non réduit à 2n chromosomes issu d'une méiose imparfaite. La fréquence d'apparition des gamètes à 2n étant faible, des tétraploïdes (4n) issus du doublement chromosomique de cellules somatiques (mitose imparfaite) ont été obtenus pour être ensuite croisés avec des variétés diploïdes. Ainsi, des milliers d'hybrides de mandariniers triploïdes ont été créés dans plusieurs pays (France, Espagne, Maroc, USA, Afrique du Sud...). Quelques sélections d'hybrides de mandarines triploïdes tardives ont été plantées en Espagne et leur production sera commercialisée prochainement.

— GÉNOTYPES TÉTRAPLOÏDES PROMETTEURS —

Du côté du porte-greffe, l'utilisation de génotypes tétraploïdes (4 stocks de chromosomes), obtenus naturellement, ou créés (par fusion de cellules-protoplastes), est une stratégie prometteuse pour accroître la tolérance ou diminuer la sensibilité à certaines contraintes (déficit hydrique, chlorose ferrique, salinité) et à des maladies. Grâce à ses aptitudes intéressantes, un hybride somatique résultant de la fusion (mandarinier + *Poncirus trifoliata*), produit par le CIRAD, est expérimenté en tant que porte-greffe sous différentes conditions de culture contraignantes, comme la réduction de fertilisation.

— VERS DE NOUVELLES CONNAISSANCES —

L'exploration du génome n'est pas en reste et les données de séquençage du génome du clémentinier réalisé par le consortium international de génétique Citrus (ICGC) sont disponibles depuis 2011 (Wu et al. 2014). De nouveaux travaux de séquençage sont en cours ainsi que des études de cartographie génétique qui vont contribuer au développement des connaissances sur la constitution des gènes, le contrôle de l'expression de caractères d'intérêt et développer des marqueurs de sélection. Plusieurs marqueurs sont déjà utilisés pour assister la sélection comme ceux de la résistance à la Tristeza dans la production de porte-greffe et ceux de la résistance à *Alternaria* Brown Spot pour la production de variétés de mandariniers (Roose, 2007; Cuenca et al. 2013). ■



LE CITRONNIER SERAIT UN HYBRIDE DE BIGARADIER ET DE CÉDRATIER (EN PHOTO, UN CÉDRAT) - © N. DORION

Sources

- Butelli E, Licciardello C, Zhang Y, Liu J, Mackay S, Bailey P, Reforgiato-Recupero G, Martin C. 2012. Retrotransposons control fruit-specific, cold-dependent accumulation of anthocyanins in blood oranges. *Plant Cell*. 24(3):1242-55. doi: 10.1105/tpc.111.095232.
- Cuenca J, Aleza P, Vicent A, Brunel D, Ollitrault P, Navarro L. 2013. Genetically based location from triploid populations and gene ontology of a 3.3-mb genome region linked to *Alternaria* brown spot resistance in citrus reveal clusters of resistance genes. *PLoS One*. 8;8(10):e76755. doi: 10.1371/journal.pone.0076755.
- Roose M.L. 2007. Mapping and Marker-assisted Selection *In* Khan I. (ed.): *Citrus Genetics, Breeding and Biotechnology*. CABI publishing, Londres, 275-286

À lire...

- Ollitrault P. et Luro F. 1996. Les agrumes dans « Amélioration des espèces tropicales ». Charrier, A. Jacquot, M. ; Hamon, S. ; Nicolas, D Éditeurs. CIRAD - ORSTOM collection Repère ; Montpellier France.
- Ollitrault, P., Froelicher, Y., Luro, F., Yamamoto, S., Khan, I., 2007. Seedlessness and Ploidy Manipulations. *In* Khan I. (ed.): *Citrus Genetics, Breeding and Biotechnology*. CABI publishing, Londres, 197-218
- Ollitrault P., Dambier D., Froelicher Y., Carreel F., D'Hont A., Luro F., Bruyère S., Cabasson C., Lotfy F., Joumaa A., Vanel F., Maddi F., Treanton K. and Grisoni M. 2000. Apport de l'hybridation somatique pour l'exploitation des ressources génétiques des agrumes. *Cahiers Agricultures*, 9: 223-236