

LA FLEUR DOUBLE, ORIGINE ET MÉCANISMES

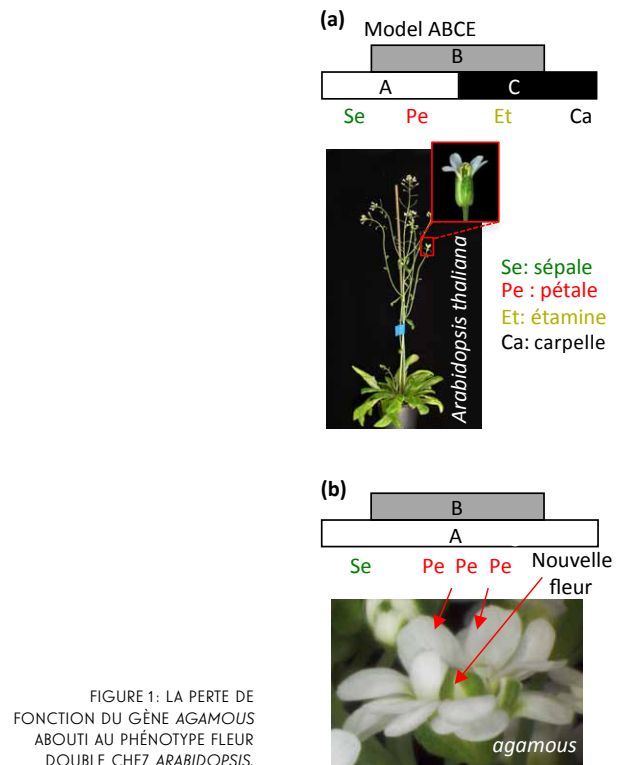
Par Mohammed Bendahmane

Les plantes à fleurs présentent une impressionnante diversité de morphologies florales, de couleur, de parfums et de nombre de pièces florales. La description du contrôle génétique de l'initiation des organes floraux et de l'acquisition de leur identité est d'un intérêt majeur en biologie des plantes.

Durant les vingt dernières années, des progrès immenses ont été réalisés dans la compréhension des mécanismes fondamentaux qui gouvernent l'acquisition de menées principalement sur la plante modèle *Arabidopsis thaliana* (Figure 1a). Chez *Arabidopsis*, les organes floraux, (quatre sépales, quatre pétales, six étamines et deux carpelles fusionnés), sont disposés en cercles concentriques (verticilles). Le modèle ABC (Figure 1a) décrit le contrôle génétique et l'action combinatoire de quatre classes de gènes homéotiques A, B et C qui déterminent l'identité des organes floraux (sépales, pétales, étamines et carpelles). Par exemple, l'expression combinée des gènes de classe A et B est nécessaire pour obtenir l'émergence d'un pétale dans la jeune fleur en formation.

La très grande diversité des morphologies florales chez les différentes espèces suggère qu'il y a eu des modifications des gènes des classes A, B et C au cours de l'évolution. Des études de plus en plus nombreuses sur des plantes dites « non-modèles » renforcent cette hypothèse. Ces études ont également permis d'élucider au moins en partie certaines anomalies florales.

La « fleur double » est une des anomalies florales les plus connues. Ce terme désigne des fleurs possédant des pétales surnuméraires (fleur possédant plus de deux fois le nombre de pétales que la plante sauvage), et dont certaines présentent même une nouvelle fleur à l'intérieur de la corolle. Ce phénotype fait partie des aberrations florales, décrites depuis plus de 2000 ans (voire revue par Meyerowitz et al., 1989). L'Homme a joué un rôle clé dans la sélection et le maintien de ce caractère esthétique chez plusieurs plantes à fleurs. Cette qualité ornementale est recherchée, et des variétés à fleurs doubles ont été trouvées et sélectionnées par les obtenteurs dans un grand nombre d'espèces



ornementales. Chez le rosier, la fleur sauvage a 5 pétales et une fleur est considérée comme « double » lorsqu'elle possède 10 pétales ou plus (Figure 2). Il est vraisemblable que le caractère « fleur double » chez le rosier soit apparu spontanément par mutation, puis maintenu et propagé par sélection en raison de son intérêt esthétique.

— MÉCANISMES GÉNÉTIQUES ET MOLÉCULAIRES DE L'APPARITION DE LA FLEUR DOUBLE —

Chez la plante modèle *Arabidopsis thaliana*, la mutation récessive¹ à « fleurs doubles » a été caractérisée (Figure 1b). Le gène muté *AGAMOUS*, représentant la fonction C dans le modèle ABC, détermine l'identité des étamines et

¹ Les notions de récessivité et dominance définissent les relations entre les copies d'un même gène (aussi dit allèles) situés au même locus sur des chromosomes homologues. Une mutation est dite récessive lorsque l'individu (exemple plante) doit posséder la mutation sur les deux chromosomes homologues pour être active.

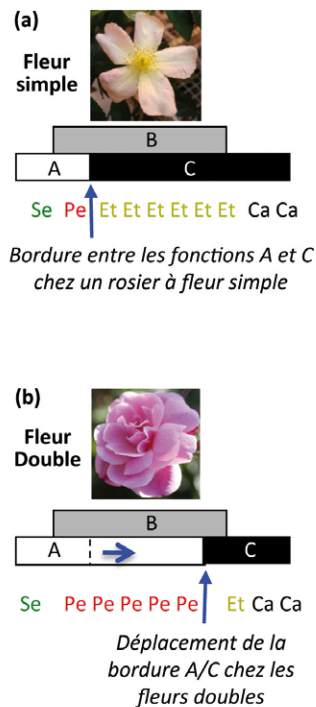


FIGURE 2 : LE DÉPLACEMENT DE LA BORDURE A/C ET DU DOMAINE D'EXPRESSION DE AGAMOUS VERS LE CENTRE DE LA FLEUR EST À L'ORIGINE DE L'APPARITION DE LA FLEUR DOUBLE CHEZ LE ROSIER.

des carpelles. La mutation perte de fonction de ce gène conduit à la transformation des étamines en pétales et à la réitération d'un nouveau programme floral au centre du méristème, aboutissant à une forme de fleur double (Figure 1b).

Chez le rosier, le type « fleurs doubles » ne résulte pas d'une perte de fonction du gène *AGAMOUS*, comme chez *Arabidopsis*, mais d'une modification du territoire d'expression de ce gène (décalage de la frontière d'expression entre A et C; Figure 2b). Ces travaux (Dubois et al. 2010) ont également révélé que ce mécanisme a été sélectionné indépendamment dans deux centres de domestication de la rose (Chine et région périméditerranéenne). Des travaux de génétique ont également démontré qu'une autre mutation dominante celle-ci, *DF*, est associée au type fleur double (Spiller et al., 2011). Le lien entre cette mutation *DF* et la modification du territoire d'expression du gène *AGAMOUS* n'est pas encore bien établi.

Cette diminution du territoire d'expression d'*AGAMOUS* semble également associée à l'apparition de la fleur double chez d'autres espèces comme *Thalictrum thalictroides*, *Prunus lannesiana* ou encore *Camellia japonica* (Galimba 2012; Liu 2012; Sun et al., 2014). Comme chez le rosier,

chez ces espèces on ignore toutefois le mécanisme à l'origine de cette altération du patron d'expression d'*AGAMOUS*. Un mécanisme commun est-il à l'œuvre chez toutes ces espèces pour déclencher le doublement du nombre de pétales? Des travaux menés par différentes équipes visent à répondre à ces questions en utilisant différentes espèces.

Chez le rosier, des nouveaux outils génétiques, moléculaires, génomiques et biotechnologiques, y compris le séquençage du génome, sont désormais disponibles ou en cours de développement (Vergne et al., 2010; Spiller et al., 2011; Dubois et al., 2011, 2012; Bendahmane et al., 2013). Ils contribueront à identifier chez la rose les gènes associés aux importants caractères (exemple Fleur double) ainsi que les mécanismes moléculaires et génétiques sous-jacents.

À lire...

- Bendahmane M, Dubois A, Raymond O, Le Bris M (2013) Genetics and genomics of flower initiation and development in roses. *J. Exp. Bot* Feb; 64(4):847-57.
- Dubois A, Carrere S, Raymond O, Pouvreau B, Cottret L, Rocchia A, Onesto JP, Sakr S, Atanassova R, Baudino S, Foucher F, Le Bris M, Gouzy J, Bendahmane M. (2012) Transcriptome database resource and gene expression atlas for the rose. *BMC Genomics* 2012, 13:638
- Dubois A, Remay A, Raymond O, Balzergue S, Chauvet A, Maene M, Pécricx Y, Yang SH, Jeaufré J, Thouroude T, Boltz V, Martin-Magniette M-L, Jancza rski S, Legeai F, Renou JP, Vergne P, Le Bris M, Foucher F and Bendahmane (2011). Genomic Approach to Study Floral Development Genes in *Rosa* sp. *PLoS ONE* 6(12): e28455. doi:10.1371/journal.pone.0028455
- Dubois A, Raymond O, Maene M, Baudino S, Langlade NB, Boltz V, Vergne P and Bendahmane M (2010) Tinkering with the C-function: A molecular frame for the selection of double flowers in cultivated roses. *PLoS ONE* 5(2): e9288. doi:10.1371/journal.pone.0009288
- Meyerowitz EM, Smyth DR, Bowman JL (1989) Abnormal flowers and pattern formation in floral development. *Development* 106, 209-217.
- Spiller M, Linde M, Hibrand-Saint Oyant L, Tsai CJ, Byrne DH, Smulders MJM, Foucher F, Debener T (2011) Towards a uniWed genetic map for diploid roses. *Theor Appl Genet* (2011) 122:489–500
- Vergne P, Maene M, Chauvet A, Debener T and Bendahmane M. (2010) Versatile somatic embryogenesis systems and transformation methods for the diploid rose genotype *Rosa chinensis* cv Old Blush. *Plant Cell Tiss Organ Cult* 100: 73-81