

Les fleurs mâles ont un diamètre d'environ 4 à 5 millimètres et portent 6 à 15 tépales (pièces de l'enveloppe florale), ainsi que 10 à 20 étamines disposés en spirale.

Les fleurs femelles ont un diamètre d'environ 3 à 4 millimètres et portent 7 ou 8 tépales, ainsi que 4 à 8 carpelles (organes contenant les ovules) libres disposés en spirale.



## EN CHIFFRES

# 22 899

Le génome de l'ancêtre commun des plantes à fleurs comportait au moins 22 899 gènes répartis sur 15 chromosomes. L'agencement de 1 175 de ces gènes sur les chromosomes s'est retrouvé conservé parmi les plantes à fleurs actuelles.

# 318 965

Actuellement, on a répertorié dans le monde 318 965 espèces de plantes à fleurs. Parmi elles, plus de 15 000 sont dioïques, réparties dans 43 % des familles.

# 214 MILLIONS

L'origine des angiospermes (les plantes à fleurs) remonte au Trias supérieur, il y a 214 millions d'années. Une importante diversification s'est produite au Crétacé, il y a entre 125 et 72 millions d'années.

ancestrale. Mais faut-il considérer le génome ou la morphologie? Les deux, bien sûr! Ainsi, en 2017, l'équipe de Jérôme Salse, à l'Inrae de Clermont-Ferrand, a proposé la reconstruction du génome de l'ancêtre commun le plus récent des plantes à fleurs.

## UN GÉNOME À 15 CHROMOSOMES

Chez les monocotylédones, on connaît le génome de l'ananas, du palmier à huile et de plusieurs poacées (anciennement graminées) – riz, orge, blé, seigle, maïs... Chez les eudicotylédones, les génomes séquencés sont ceux d'espèces variées: soja, pommier, caféier, fraisier, eucalyptus, peuplier, arabette, clémentinier, pêcher, cacaoier. Enfin, le génome d'*A. trichopoda* est lui aussi disponible. La reconstruction est difficile, car de nombreuses polyploïdisations (le génome comporte au moins 3 lots de chromosomes) ont eu lieu. Pas à pas, le groupe de Jérôme Salse a reconstitué les caryotypes ancestraux des poacées (7 chromosomes), des monocotylédones (5 chromosomes), des eudicotylédones (7 chromosomes), enfin du plus récent ancêtre des angiospermes (15 chromosomes), avec un répertoire de plus de 20 000 gènes ancestraux.

Grâce à ces travaux, l'équipe a daté l'origine des angiospermes dans le Trias, il y a 214 millions d'années, en coïncidence avec celle des insectes pollinisateurs, comme les diptères (mouches et consorts) et les hyménoptères (abeilles, bourdons...),

Avec cette nouvelle classification, une espèce est tout à coup devenue une vedette: *Amborella trichopoda*. Cette plante endémique de la Nouvelle-Calédonie représente le premier taxon à émerger – un taxon qui est donc le groupe frère de toutes les autres plantes à fleurs. Dès lors, il était tentant d'imaginer que l'ancêtre commun des plantes à fleurs ressemblait à *Amborella*. Mais l'enquête menée depuis quelques années sur cet ancêtre commun montre que tout n'est pas si simple.

Connaissant les caractères anatomiques de toutes les espèces répertoriées et les génomes de quelques-unes, judicieusement placées dans la classification, on peut espérer inférer cette plante



*Amborella trichopoda*

Hauteur de l'arbuste: de 2 à 6 m

dont on trouve des fossiles à cette époque. Une coévolution a dû accélérer les diversifications, elles-mêmes favorisées par la forte plasticité génomique des plantes à fleurs dont témoignent la réduction du nombre de leurs chromosomes et la polyploïdisation.

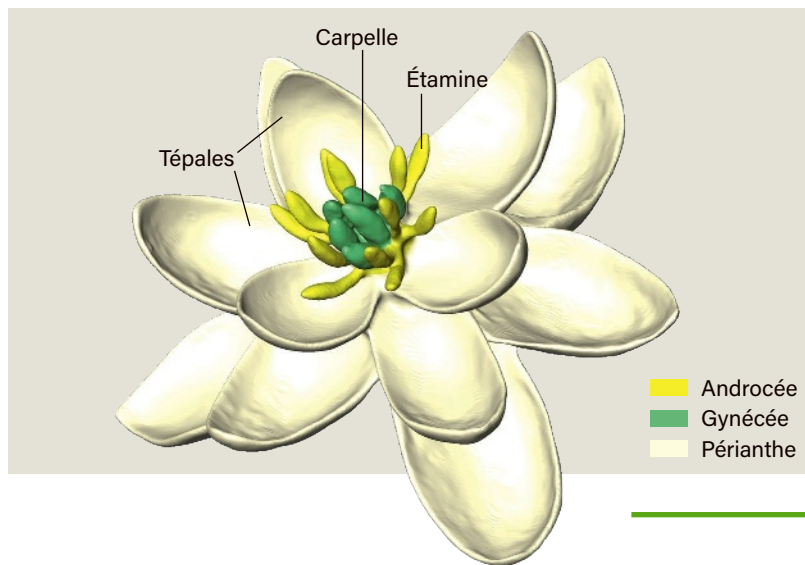
Cependant, rien ne transparaît sur la morphologie de la fleur ancestrale. Or, parallèlement, autour d'Hervé Sauquet, de l'université Paris-Sud, et de Jürg Schönenberger, de l'université de Vienne, en Autriche, une équipe internationale est partie à la recherche de cet ancêtre. Pour ce faire, ils ont utilisé la distribution des traits floraux dans la phylogénie pour inférer la structure de la plante. Une approche novatrice: alors qu'auparavant, les caractères anatomiques servaient à réaliser les classifications, maintenant on suit leur évolution sur une phylogénie moléculaire. C'est une démarche plus souple et plus riche, mais qui nécessite le maniement d'une vaste base de données, car l'échantillonnage porte sur 98% des ordres, 86% des familles, avec une calibration de 136 fossiles. Les états ancestraux de 27 traits floraux ont ainsi été inférés, et le portrait-robot de la fleur ancestrale apparaît d'une grande précision. C'est une fleur bisexuée à symétrie radiale qui présente une combinaison de caractères qu'aucune espèce actuelle n'arbore, même s'il existe des similarités avec des espèces éteintes (voir l'encadré ci-contre).

### UN TAXON TRANSGENRE

Dans ces deux recherches, les données sur *A. trichopoda* ont été essentielles. Or c'est une plante dioïque, c'est-à-dire avec des fleurs exclusivement mâles ou femelles sur des plants différents. Comment se fait-il que l'espèce représentative du premier taxon à émerger chez les angiospermes n'ait pas des fleurs bisexuées? Pour répondre, Gabriel Marais, de l'université de Lyon 1, James Leebens-Mack, de l'université de Géorgie, aux États-Unis, et leurs collègues ont étudié les séquences d'ADN ou d'ARN de plants d'*A. trichopoda* échantillonnés dans la nature et de populations issues de croisements en laboratoire. Comme on connaît son génome, l'équipe a recherché des régions qui ne portaient pas de traces de recombinaison: les arbustes portant des fleurs exclusivement mâles ou femelles, il était fort probable qu'au moins des portions des chromosomes sexuels ne se recombinaient pas lors de la fécondation, comme les chromosomes X et Y des mammifères.

## PORTRAIT DE LA PREMIÈRE FLEUR

C'est une fleur bisexuée, à symétrie radiale, dont tous les organes floraux sont libres les uns par rapport aux autres. Le périanthe (ensemble des enveloppes protégeant les organes reproducteurs), non différencié en sépales et pétales, est constitué de plus de 10 tépales; l'androcée (appareil reproducteur mâle) compte plus de 10 étamines à anthères introrses (le pollen est libéré vers l'intérieur de la fleur), et le gynécée (appareil reproducteur femelle) plus de 5 carpelles, situés au-dessus des étamines et distribués en spirale. Le périanthe et l'androcée comptent au moins 4 verticilles (groupes de tépales ou étamines insérés au même niveau sur l'axe de la fleur) de 3 organes. S'il existe des similarités avec des espèces éteintes, aucune espèce actuelle ne présente une telle combinaison de caractères. Bien sûr, toutes les fleurs actuelles sont dérivées sur certains aspects – y compris *A. trichopoda*. Au fil de l'évolution, le nombre de verticilles du périanthe et de l'androcée s'est réduit, jusqu'à 2 verticilles pour le périanthe et 1 ou 2 pour l'androcée.



Les chercheurs ont découvert que le système sexuel d'*A. trichopoda* est de type ZW, comme chez les oiseaux: les mâles ont deux chromosomes sexuels identiques (ZZ), contrairement aux femelles (ZW), par opposition aux mammifères, de génotype femelle XX et de génotype mâle XY. Surtout, sur les 59 millions de paires de bases (59 Mb) du chromosome sexuel de la plante, ils ont trouvé une région de 4 Mb qui ne se recombine pas. Or il est possible de dater la fin de la recombinaison de cette région de 4 Mb: elle remonte à environ 16,5 millions d'années, c'est-à-dire bien après l'apparition de la lignée d'*A. trichopoda*, vieille d'au moins 130 millions d'années. Ainsi, cette plante étonnante présentait primitivement une fleur bisexuée, puis est devenue dioïque.

Il est intuitif d'imaginer que, dans une phylogénie, le premier taxon à émerger porte une majorité de caractères ancestraux. Mais c'est oublier que lui aussi évolue indépendamment des autres. Ainsi, alors que la branche du chimpanzé est égale à la nôtre, notre ancêtre commun ne ressemble ni à l'un ni à l'autre. ■

### BIBLIOGRAPHIE

J. Käfer et al., **A derived ZW chromosome system in *Amborella trichopoda*, representing the sister lineage to all other extant flowering plants**, *New Phytol.*, en ligne le 3 août 2021.

D. Silvestro et al., **Fossil data supports a pre-Cretaceous origin of flowering plants**, *Nat. Ecol. Evol.*, vol. 5, pp. 449-457, 2021.

H. Sauquet et al., **The ancestral flower of angiosperms and its early diversification**, *Nat. Commun.*, vol. 8, article 16 047, 2017.

F. Murat et al., **Reconstructing the genome of the most recent common ancestor of flowering plants**, *Nat. Genet.*, vol. 49(4), pp. 490-496, 2017.