



**HAL**  
open science

# Le rôle majeur de la polyploïdie dans l'évolution du génome des plantes (1/2)

Karine Alix

► **To cite this version:**

Karine Alix. Le rôle majeur de la polyploïdie dans l'évolution du génome des plantes (1/2). Jardins de France, 2019. <hal-04506161>

**HAL Id: hal-04506161**

**<https://hal.science/hal-04506161v1>**

Submitted on 25 Mar 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

# Le rôle majeur de la polyploïdie dans l'évolution du génome des plantes

## 1. Polyploïdie, évolution et domestication des végétaux

### Introduction

La polyploïdie, ou duplication d'un génome complet, est un processus majeur d'évolution du génome des eucaryotes et en particulier de celui des plantes. Avec l'avènement de la génomique et l'accès au séquençage des génomes entiers de nombreuses espèces végétales, il a été démontré que toutes les plantes à graines et à fleurs sont polyploïdes ou ont connu au moins un événement de polyploïdie au cours de leur histoire évolutive (Alix et al. 2017). Ce succès évolutif s'explique par le fait que la polyploïdie induit des modifications génomiques majeures, à l'origine d'une nouvelle variabilité génétique utile et nécessaire à toute sélection adaptative. Les polyploïdes nouvellement formés peuvent ainsi présenter des capacités d'adaptation supérieures à celles de leurs parents, leur conférant la possibilité de coloniser de nouvelles niches et d'évoluer en tant que nouvelles espèces. Ces différents atouts sont à l'origine du rôle majeur de la polyploïdie dans l'évolution des plantes cultivées et contribuent à l'intérêt que présente ce processus de duplication de génome en amélioration des plantes.

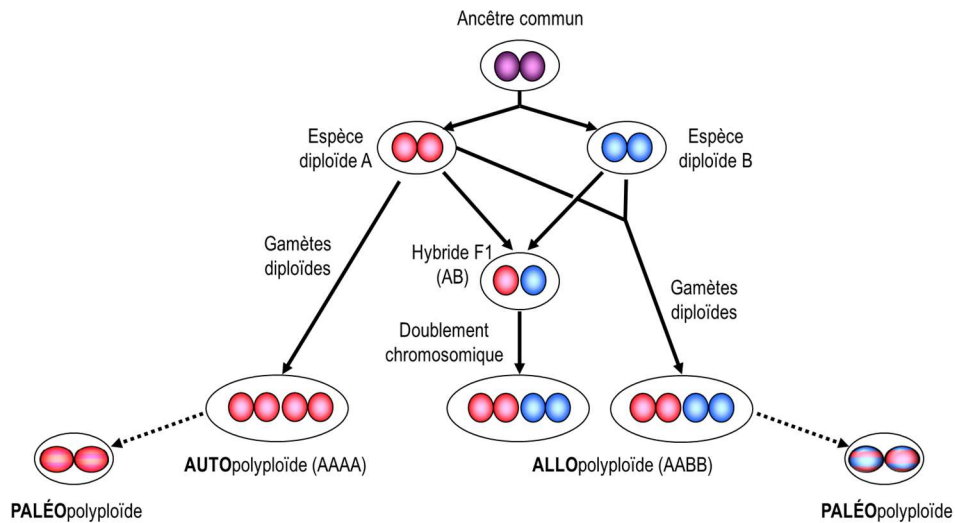
### Formation et évolution d'un génome polyploïde

On distingue deux types principaux de polyploïdie (fig.1) : l'**autopolyploïdie** où la duplication ne concerne le génome que d'une seule espèce ; l'**allopolyploïdie** où il y a duplication par réunion de génomes qui proviennent d'espèces différentes mais proches, impliquant une étape d'hybridation interspécifique. Le succès de la polyploïdie chez les plantes serait d'ailleurs étroitement associé à ce processus d'hybridation entre espèces. La formation d'un hybride entre génomes plus ou moins distants ( $AA \times BB \rightarrow$  hybride  $AB$ ) s'accompagne souvent d'une baisse de fertilité voire de stérilité. L'avantage immédiat de l'allopolyploïde ( $AABB$ ) sur l'hybride ( $AB$ ) est de conserver les paires de chromosomes homologues, ce qui permet le maintien d'une méiose équilibrée et la production de gamètes viables, assurant un niveau de fertilité nécessaire à la création d'une nouvelle espèce.

La formation d'un génome polyploïde peut se faire en deux étapes qui sont la rencontre des gamètes puis le doublement spontané du stock chromosomique. Le plus souvent, elle est issue de la rencontre de gamètes ayant deux fois plus de chromosomes qu'attendu : ce sont des gamètes diploïdes<sup>1</sup>, encore appelés non réduits, produits suite à une anomalie de la méiose. Toutes les espèces végétales produisent des gamètes non réduits, à des taux très variables d'une espèce à l'autre (de 0,5% à 25%). Les conditions stressantes augmenteraient la production de gamètes diploïdes, favorisant ainsi la formation de génotypes polyploïdes. Il est très vraisemblable que les événements de polyploïdie soient liés à des changements environnementaux brusques ou à des conditions de stress, amenant à considérer la polyploïdie comme un caractère d'adaptation immédiate.

---

<sup>1</sup> Le niveau de ploïdie de référence est la diploïdie ( $2x$ ) produisant des gamètes haploïdes ( $1x$ ). Dans le cas décrit ici, la rencontre de gamètes non réduits ( $2x$ ) conduit à la formation d'un génotype tétraploïde ( $4x$ ) : la tétraploïdie est le résultat d'une seule duplication d'un génome diploïde (que ce soit par auto- ou allopolyploïdie) et aboutit à la présence de deux copies de génome. Un triploïde ( $3x$ ) résulte de la rencontre de gamètes réduits ( $x$ ) et non réduits ( $2x$ ). Un hexaploïde ( $6x$ ) correspond à la présence de trois copies de génome, impliquant deux croisements distincts.



**Figure 1 : Schéma simplifié d'obtention d'un génome autopolyploïde ou allopolyploïde**

L'évolution des plantes a été marquée par des événements récurrents de polyplôidie, s'accompagnant d'un retour progressif vers le niveau diploïde : on parle alors d'espèces paléopolyploïdes, où seules des traces des événements passés de polyplôidie subsistent dans leur génome.

De manière inattendue, l'analyse détaillée de la séquence du génome de l'espèce diploïde *Arabidopsis thaliana* montre que ce génome, supposé être l'un des plus simples chez les végétaux, présente un taux de duplication particulièrement élevé. Ces données impliquent l'existence d'au moins un ancêtre polyplôïde dans le scénario d'évolution d'*A. thaliana* (au moins deux si on remonte 65 millions d'années en arrière). L'analyse comparée des séquences de génome d'autres espèces diploïdes (par exemple du riz, de la vigne ou du pommier) permet de démontrer que tous présentent des vestiges d'événements de polyplôidie passés : on les qualifie de génomes **paléopolyploïdes**. L'ensemble de ces travaux amène à un scénario d'évolution des espèces végétales par cycles récurrents de polyplôidie, correspondant à une étape de création de diversité, et de retour à la diploïdie, étape de fixation des innovations génomiques sélectionnées.

### **Polyplôidie et domestication des plantes cultivées**

Il a été démontré que des événements de polyplôidie et notamment d'allopolyploïdie étaient à l'origine des premières formes de nombreuses espèces cultivées (fig.2) ; on estime que 30% des espèces cultivées sont polyplôïdes contre 24% des espèces végétales sauvages. Ceci résulterait d'une valeur sélective supérieure et d'une meilleure adaptabilité des génomes polyplôïdes face aux pressions de sélection exercées durant la domestication. Le colza, espèce allotétraploïde, est ainsi originaire d'une hybridation spontanée entre un chou et un navet qui a eu lieu il y a environ 7 500 ans. Le blé tendre allohexaploïde est également né de la rencontre de trois espèces différentes de Triticées, il y a moins de 10 000 ans.

Si l'on classe les plantes cultivées en fonction du produit récolté (graine, fruit, racine,...), il est intéressant de remarquer que les céréales et les plantes à racines et tubercules ont été largement marquées par la polyplôidie, avec respectivement plus de 40% et 80% des espèces qui sont polyplôïdes. Il est possible que l'association, souvent observée, entre un taux de polyplôidie

élevé et des graines ou des tubercules plus gros ait favorisé la sélection des premières formes polyploïdes.



**Figure 2 : De nombreuses plantes cultivées ont été marquées par des événements de polyplôidie.** On distingue des espèces paléopolyploïdes, aujourd'hui diploïdes, pour lesquelles l'événement de polyplôidie est très ancien ; c'est le cas par exemple du maïs (A), du riz (B), de la vigne (C), du pommier (D). De nombreuses autres espèces cultivées présentent toujours les différentes copies de génome issues d'événements plus ou moins récents de polyplôidie. Ces événements ont eu lieu au sein d'une même espèce, comme pour la pomme de terre (4x, E), ou ont le plus souvent impliqué un événement d'hybridation interspécifique ; pour illustration, on peut noter le cas du bananier (3x, F), du tabac (4x, G), du caféier (4x, H), du colza (4x, I), du blé tendre (6x, J), du fraisier (8x, K), de la canne à sucre (8x, L). Les indications 3x, 4x, 6x, 8x correspondent aux niveaux de ploïdie des espèces : tri-, tétra-, hexa-, octoploïdie. Crédits photographiques : K. Alix (A, C, D, E, I, J, L), Pixabay <https://pixabay.com/fr/> (B, F, G, H, K).

La polyplôidie est un moteur d'évolution important chez les végétaux et son utilisation en amélioration des plantes présente de nombreux avantages pour la création de variabilité génétique avec laquelle le sélectionneur va pouvoir travailler<sup>2</sup>. Néanmoins, la gestion de la duplication d'un génome entier s'accompagne aussi de contraintes pouvant limiter son

<sup>2</sup> Voir la deuxième partie : 2. Polyplôidie et amélioration des plantes dans le prochain numéro de Jardins de France

utilisation. Mieux comprendre les mécanismes moléculaires à l'origine de la stabilité d'un génome polyploïde ne pourra qu'améliorer l'exploitation de la polyploïdie en création variétale.

Karine ALIX  
Professeure à AgroParisTech  
Génétique évolutive et Amélioration des plantes

#### **Références**

Polyploidy and interspecific hybridization: partners for adaptation, speciation and evolution in plants. *Annals of Botany* 120: 183-194.