

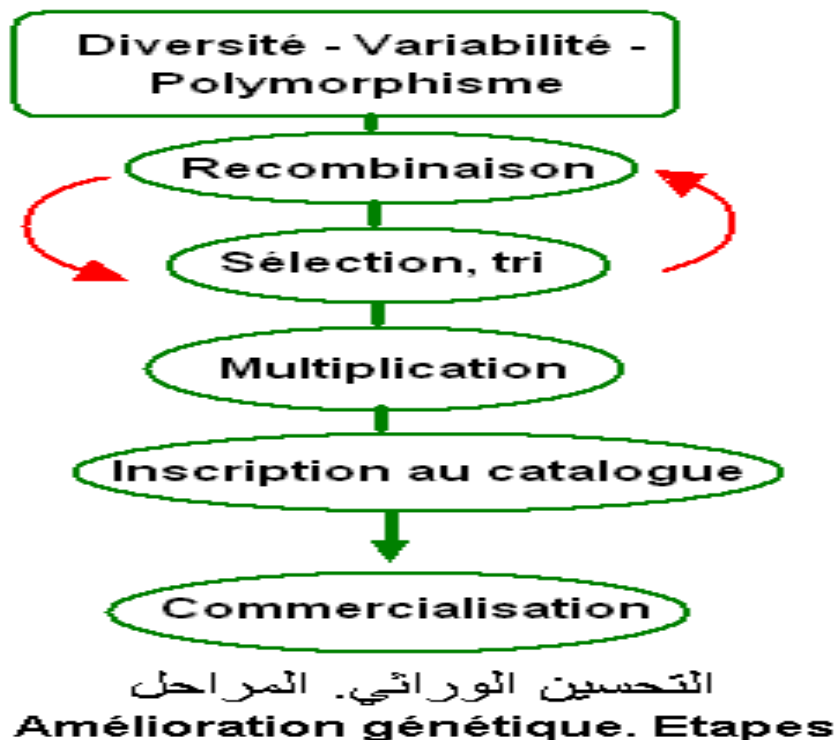
Chapitre 2 :

AMELIORATION GENETIQUE DES PLANTES.

INTRODUCTIO

L'amélioration génétique des plantes consiste à créer de nouvelles **variétés** à partir des variétés existantes (diversité génétique). Ce transfert de gène se fait par croisements dirigés et sélection des meilleures plantes issues de ces croisements (ceci nécessite la connaissance des modes de reproduction).

D'autres moyens de création de variétés performantes existent dont la mutagenèse, la fusion des protoplastes, la transgénèse et les variations somatiques. L'amélioration génétique des plantes est le processus par lequel l'Homme modifie une espèce végétale donnée en exploitant la diversité génétique préalablement existante. En puisant dans la diversité, l'Homme recombine les gènes par plusieurs méthodes dont les croisements dirigés. Il pratique ensuite une sélection (tri) et une multiplication du matériel végétal porteur des traits agronomiques désirés. L'inscription au catalogue des variétés améliorées, précède la commercialisation du produit final.



Les repères historiques de l'amélioration génétique des plantes:

- **1676.** Découverte du rôle des organes sexuels chez les végétaux par Millington-Grew.
- **1880.** Visualisation des chromosomes par Strasburger-Boveri, et mise en évidence de leur implication dans la division cellulaire.
- **1900.** Mise en application des lois de Mendel sur l'hérédité. Ses travaux sur le croisement de deux variétés de petits pois définissent les règles de base de la génétique. C'est la naissance de la sélection des plantes.
- **1902.** Découverte de la totipotence des cellules végétales par Haberland. Un tissu végétal est capable de régénérer une plante.
- **1908.** Découverte de l'intérêt des hybrides par Shull sur le maïs. Le croisement de deux lignées permet d'obtenir un hybride qui exploite l'hétérosis.
- **1911.** Notion de liaison génétique par Morgan. Il démontre que les gènes

Sont disposés de façon linéaire sur les chromosomes et que de plus, lorsqu'ils sont situés sur le même chromosome, ils sont transmis à la descendance comme une seule unité. On dit qu'ils sont liés

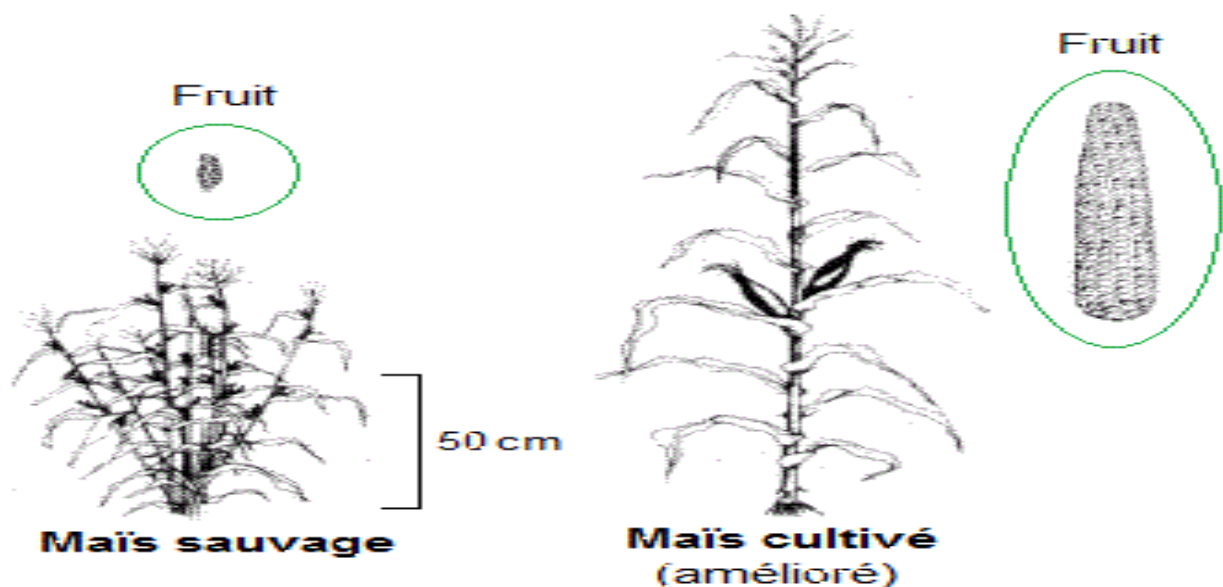
- 1930 génération de variété par traitements mutagènes (rayons X)
- 1935. Première carte génétique partielle du maïs par Emerson.
- 1950. Premières techniques de culture *in vitro*. Il s'agit de la technique de multiplication végétative, développée par Morel et Martin, sur la pomme de terre.
- 1953. Description de la structure en double hélice de l'ADN par Watson et Crick.
- 1960. Découverte du code génétique par Crick, Nirenberg, Mathaeri et Ochoa, début de la révolution verte
- 1961. Illustration des principes d'analyse des locus impliqués dans la variation des caractères quantitatifs, par Thoday
- 1964. Premières cultures de cellules sexuelles mâles chez le *Datura innoxia*, par Guha et Maheshwari. Elles ouvrent la voie à la production de plantes haploïdes.
- 1965. Découverte des enzymes de restriction par Aber, Smith et Nathans. Ces protéines coupent l'ADN au niveau de sites particuliers.
- 1975. Description de la méthode de Southern, du nom de son inventeur. Le principe de la technique repose sur l'hybridation de l'ADN avec une sonde d'ADN marquée.
- 1977. Découverte du transfert de gènes par des agrobactéries, bactéries du sol pathogènes de nombreuses espèces végétales, par Schell. Il a montré que la virulence de ces bactéries est due à un transfert de gènes de la bactérie vers les cellules végétales.
- 1978. Premières fusions de protoplastes, par Melchers. Elles permettent de franchir partiellement de la barrière entre espèces.
- 1983. Développement de la PCR par Kary Mullis et premiers tabacs transgéniques obtenus en même temps par une équipe belge et une équipe américaine.
- 1985 Première variété de blé issue de la technique d'haplodiploïdation
- 2000 : Séquençage du génome sur une brassicacée (*Arabidopsis thaliana*)
- 2002 : Séquençage du génome du riz

Domestication des plantes et début de l'agriculture

Depuis le début de l'agriculture, les agriculteurs gardent, à chaque génération, les graines des plus belles plantes, afin de les replanter l'année suivante.

Le fait de garder les meilleures graines amène progressivement à une amélioration de l'espèce cultivée. La domestication de variétés sauvages s'accompagne d'une sélection des caractères utiles comme:

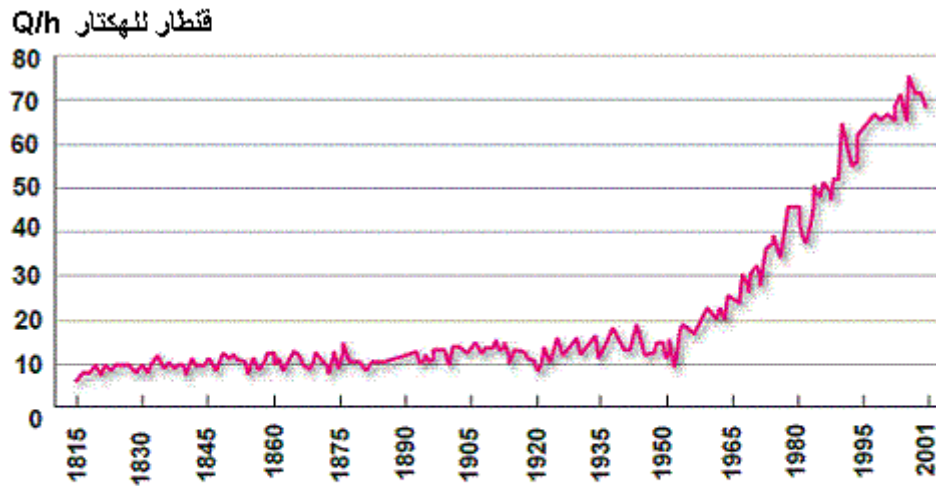
- Taille des parties consommables (graines, tubercules)
- Saveur
- Résistance aux contraintes
- Autres traits



L'évolution des techniques et des connaissances actuelles a permis aux sélectionneurs d'accroître leur efficacité, de gagner du temps sur les cycles végétatifs et de disposer d'outils de mesure et d'analyse au champ et au laboratoire (biologie, biochimie, statistiques, biotechnologies) pour confirmer leur choix.

2. AMELIORATION GENETIQUE DES PLANTES. EXEMPLES DE REALISATIONS

Evolution des rendements du blé (amélioration quantitative)



Evolution du rendement du blé tendre en France

(Source: Ministère de l'Agriculture, Sigma)

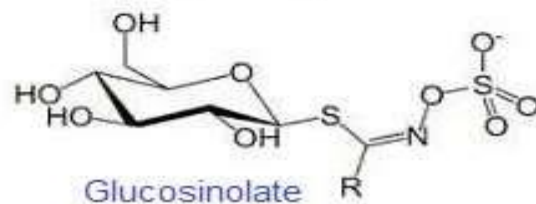
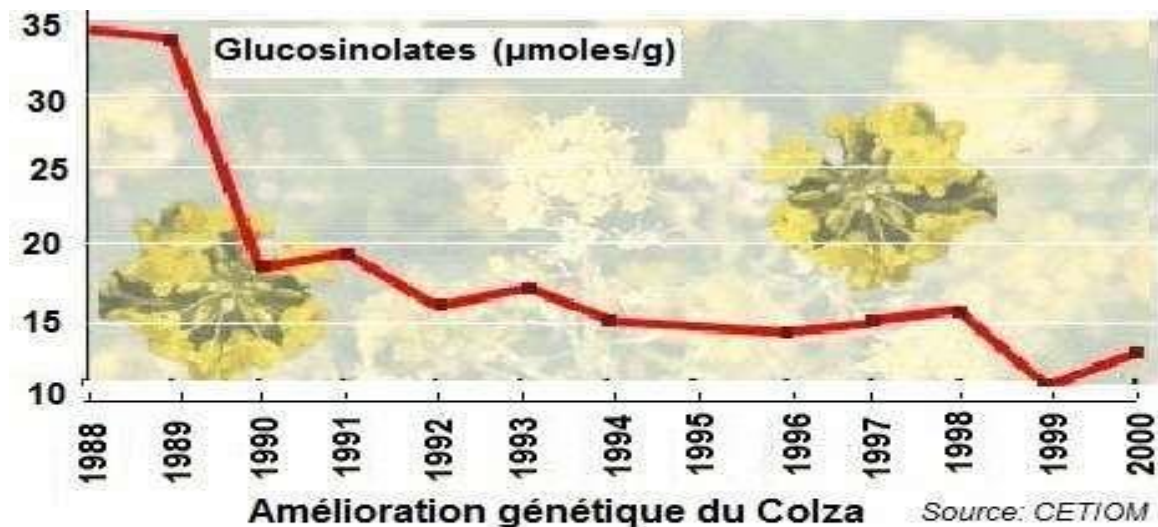
تطور مردودية القمح الطري بفرنسا
(المصدر: وزارة الفلاحة، فرنسا)

Evolution de la teneur en glucosinolates chez le colza (amélioration qualitative).

Le colza (*Brassica napus*), appelé canola au Canada est une crucifère cultivée surtout pour ses graines, qui contiennent environ 50% d'une **huile** de bonne qualité nutritive (riche en acides gras insaturés). Après extraction d'huile, le reste de la graine (tourteau), riche en **protéines** (40% de la matière sèche) est utilisé en alimentation animale. Il existe également des variétés fourragères, à croissance rapide, utilisées pour l'affouragement en vert, le pâturage ou l'ensilage. L'huile de colza a aussi des applications industrielles comme la fabrication de carburant (estérification avec le méthanol).

Les **glucosinolates**, appelés hétérosides soufrés ou '**thioglucosides**', sont des composés organiques responsables de la saveur amère ou piquante de nombreux aliments communs comme la moutarde, les radis, le cresson, le chou-fleur. Chez le colza, les produits de dégradation des glucosinolates étaient responsables de

phénomènes importants d'inappétence et de désordres physiologiques chez les bovins



Le colza est doté d'un double génome puisqu'il est issu du croisement naturel d'un **chou** et d'une **navette**.

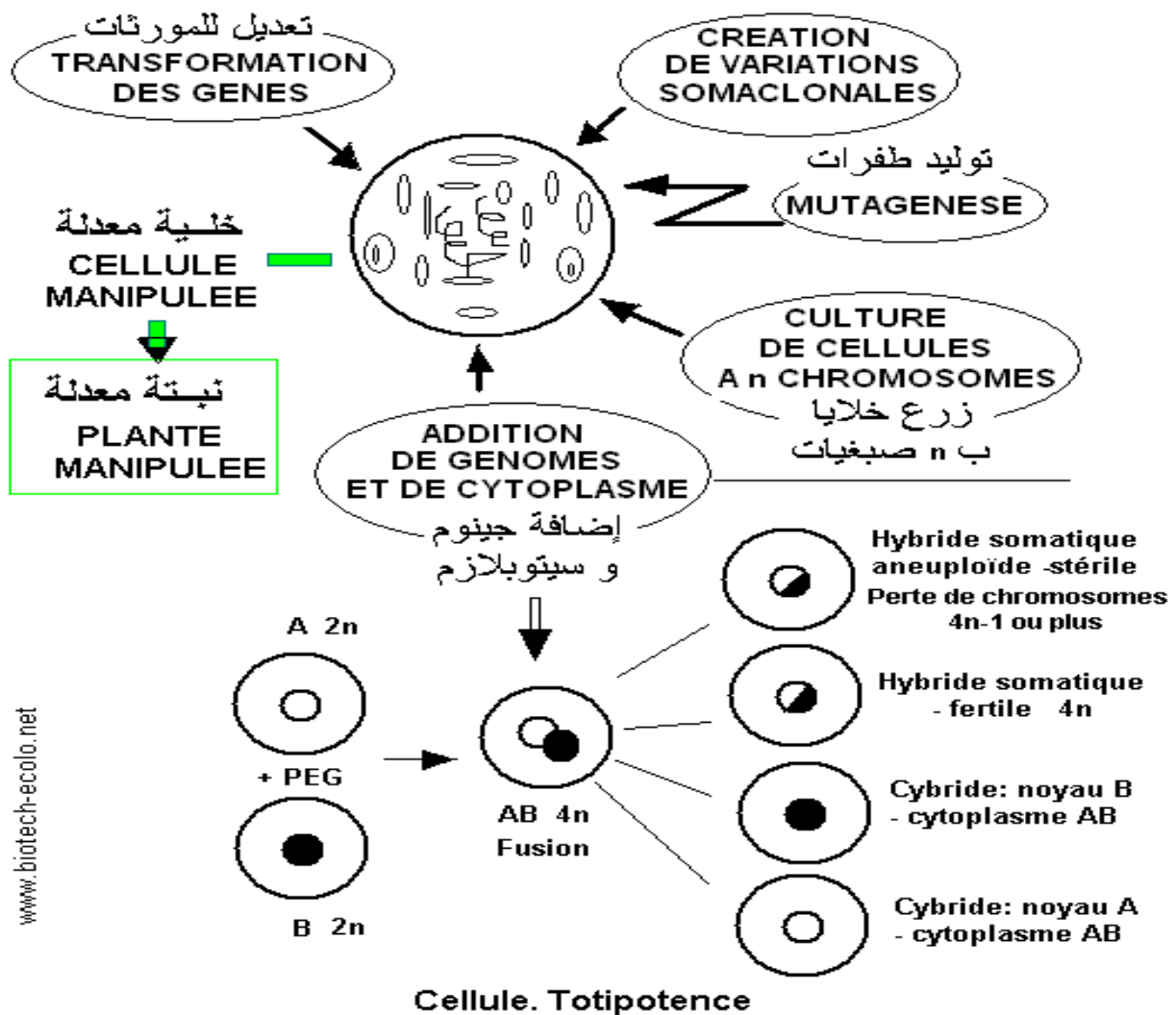
1. **CREATION VARIETALE. PRE-REQUIS POUR LA NAISSANCE DE NOUVELLES VARIETES**

La création de variabilité (et en même temps création de nouvelles variétés) peut être réalisée par:

- **Croisements dirigés intraspécifiques ou interspécifiques** pour l'amélioration des espèces actuelles ou bien la création de nouvelles espèces ou éventuellement par culture *in vitro* d'embryons immatures. Plusieurs études font références aux [essais de croisements interspécifiques](#).
- **Mutagenèse** par agents physiques (rayons X, gamma) ou chimiques (MSE) sur graines, méristèmes, pollen.

- **Modifications somatiques** fréquentes dans les pratiques de la culture *in vitro* à partir de fragments d'organes différenciés, de cellules isolées ou de protoplastes.
- **Fusion de protoplastes** (cellules isolées sans paroi pecto-cellulosique).
- **Transgénèse** concernant le transfert de gène par génie génétique.

La modification d'un génotype peut se faire à **l'échelle qualitative** en changeant la nature des gènes qui contrôlent les caractères recherchés (couleur, résistance aux maladies, ..) et en agissant sur leur assemblage. Elle peut être pratiquée à **l'échelle quantitative** en modifiant le dosage de l'information génétique par augmentation ou diminution du nombre des chromosomes d'une espèce.



3.1. Création de variétés par croisements dirigés intraspécifiques ou interspécifiques

Les gènes d'intérêt qui seront introduits dans une espèce donnée, sont recherchés chez une variété voisine d'une même espèce.

Plus la variabilité génétique est large dans une espèce, meilleure sera la chance de trouver le gène intéressant. Dans le cas contraire, on peut faire appel à des géniteurs d'espèces voisines ou même de genres voisins. Aussi, des allèles désirés peuvent être créés par mutations.

Choix du géniteur porteur du gène de la qualité

Le géniteur peut être intraspécifique ou interspécifique.

- **Géniteur intraspécifique**: le téosinte (*Euchena mexicana*) est l'ancêtre sauvage du maïs cultivé (*Zea mays*).

- **Géniteur interspécifique**: La tomate, présentant une faible variabilité intraspécifique, est améliorée par géniteurs interspécifiques, en particulier pour l'introduction des résistances aux maladies.



Le gène **Tm-2** de la résistance à la mosaïque du tabac et des gènes de résistance aux insectes, ont été introduits chez la tomate cultivée (*Lycopersicum esculentum*) à partir des espèces voisines; *L. peruvianum* et *L. hirsutum*, respectivement.

Lors de croisements interspécifiques, des barrières naturelles empêchent le développement complet de l'embryon. Pour remédier à cette situation, on pratique après fécondation un prélèvement précoce des embryons pour les mettre en culture sur un milieu artificiel nutritif. Cette technique de culture in vitro est appelée

sauvetage d'embryons interspécifiques.

Avant la phase de maturation de la graine, l'embryon est prélevé, puis transplanté et cultivé sur un milieu artificiel riche en sucre, permettant la régénération d'une plante nouvelle.

Le transfert de gènes par croisements dirigés est lié aux modes de reproduction (autogamie, allogamie) des plantes.

3.2. Création de variétés par mutagenèse

- Mutations géniques (qualitatives)

Les mutations géniques (alléliques) sont les mutations ponctuelles qui modifient les nucléotides de l'ADN d'un gène. Ces mutations sont à l'origine de la richesse des formes alléliques.

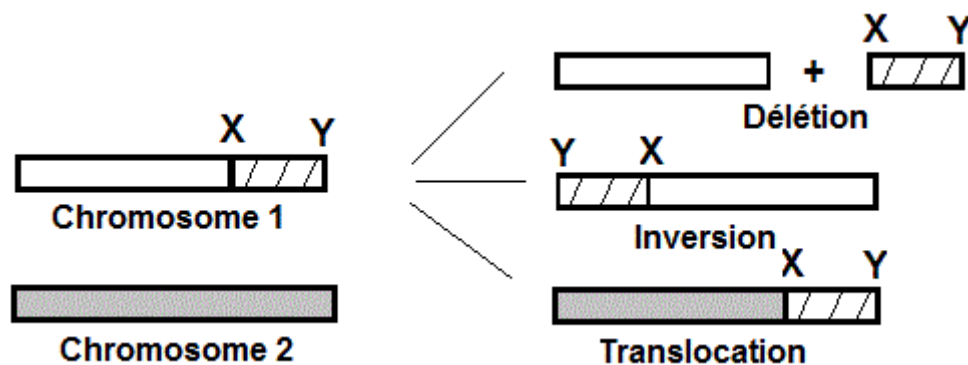
-Mutations chromosomiques (quantitatives)

Elles apparaissent dans le caryotype (décelables cytologiquement) et peuvent altérer la structure d'un chromosome ou le nombre des chromosomes.

Altérations structurales des chromosomes. Elles permettent de:

- 1/ rompre des liaisons entre gènes défavorables et gènes favorables,
- 2/ Associer un gène d'intérêt avec un 'gène marqueur' pour repérer le premier.

Exemple chez l'orge: associer le gène de stérilité mâle avec le gène d'absence de chlorophylle.



Variations du nombre des chromosomes (ploïdie): mutations génomiques

Euploïdie: modification régulière du nombre (haploïdes, diploïdes, tétraploïdes, ...)

Aneuploïdie: Existence d'un surnombre de chromosomes.

Exemple d'une trisomie $2n + 1$, tétrasomie $2n + 2$, monosomie $2n - 1$

Il existe aussi des **mutations cytoplasmiques** qui existent en général chez les angiospermes, transmission et se localisent dans les chloroplastes et les mitochondries transportés par la mère.

Elles sont mises en évidence par des croisements réciproques. Ex: Stérilité-mâle cytoplasmique.

Agents mutagènes:

Agents mutagènes physiques (rayons ionisants), agents mutagènes chimiques (ex: colchicine).

3.3. Création de variétés par modifications somatiques

Chez les plantes à brassage limité de gènes (multiplications végétative), il apparaît parfois des clones qui diffèrent de la plante mère. Ces individus sont appelés des variant somatiques. Ceci a été à l'origine de plusieurs variétés de pomme de terre et de pomme, en plus de la pamplemousse rose et de l'orange navel. Les variations somatiques sont fréquentes dans les situations suivantes:

- Culture *in vitro* à partir de fragments d'organes différenciés (avec plusieurs repiquages).

- Culture de cellules isolées ou de protoplastes

Les variants somatiques peuvent être porteurs de traits positifs (vigueur, juvénilité, précocité, résistance, ..) pour les améliorateurs. Le déterminisme des variations somatiques produites en cours de régénération, reste complexe (information génétique nucléaire et extra-nucléaire). Le passage par le stade cal ou microcal lors de la régénération, serait déstabilisant et engendrerait ces modifications.

3.4. Création variétale par fusion de protoplastes (hybridation somatique)

Le terme protoplaste signifie une cellule végétale débarrassée de sa paroi squelettique. Elle apparaît sous forme d'une cellule sphérique, limitée par sa membrane plasmique. La technique de préparation de protoplastes n'a été vraiment mise au point qu'à partir des années 1960, quand les enzymes dégradant la paroi cellulaire ont été purifiées et utilisées dans cette biotechnologie.

Les protoplastes sont capables de fusionner pour donner des cellules à socks chromosomiques doubles. Si des variétés, espèces ou genres différents sont utiliser on obtiendra des **hybrides somatiques**. Voir l'exemple du [genre *citrus*, objet d'examen S5, Marrakech, 2011-2012](#).

3.5. Création variétale par transgénèse

La **transgénèse (obtention d'OGM)** consiste à transférer vers une plante un gène dont l'expression fait apparaître un caractère déterminé. L'origine biologique des gènes utilisés est variable. Il est possible de faire exprimer un gène issu d'une autre espèce végétale ou d'un autre organisme (bactérie, champignon) par la machinerie de transcription et de traduction des cellules de la plante hôte. Ceci permet d'élargir considérablement les ressources génétiques. Les dernières avancées biotechnologiques permettent d'introduire plusieurs gènes à la fois. Cela est de grande importance dans le contexte de l'amélioration de la tolérance à la sécheresse qui est de nature polygénique.