

## INTRODUCTION :

Les plantes cultivées sont à la base de l'alimentation humaine, directement (lorsque nous les consommons) ou indirectement (lorsque nous consommons des animaux d'élevage se nourrissant de plantes). Elles constituent aussi des ressources dans différents domaines : énergie, habillement, construction, médecine, arts, pratiques socioculturelles, etc. La culture des plantes constitue donc un enjeu majeur pour l'humanité. La grande adaptation de ces plantes à nos besoins est le résultat d'un processus de **domestication**.

\*-3300 à 476 (depuis l'apparition de l'homme jusqu'à la fin de l'antiquité) : pas de réelle amélioration ;

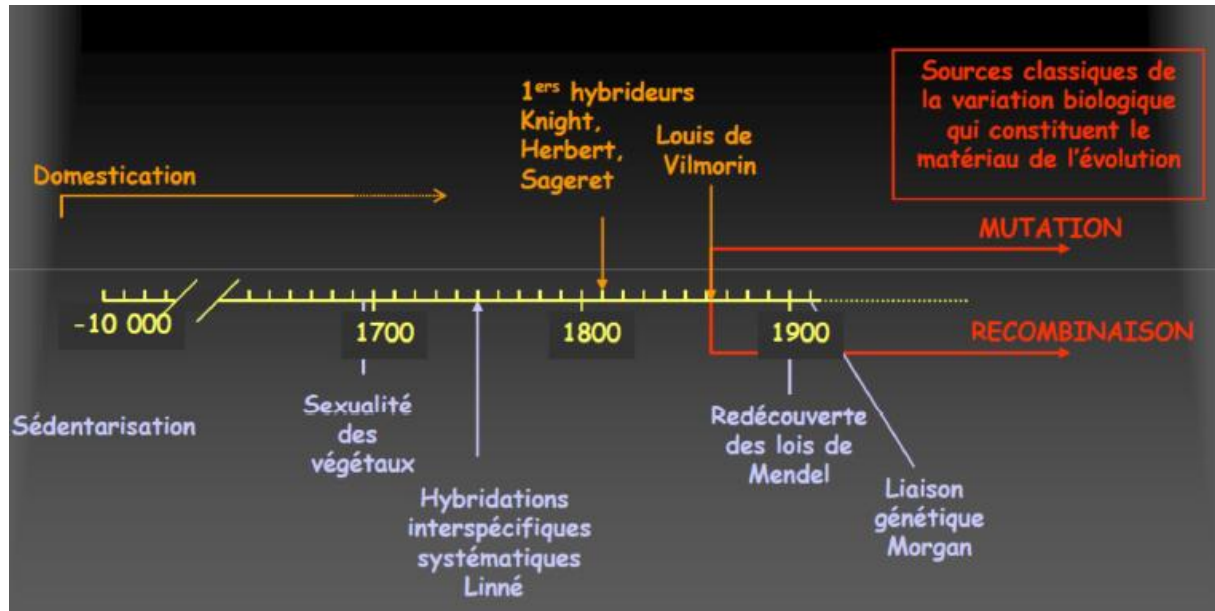
\* Moyen âge (476 à 1492) : Début découverte des lois de l'hérédité ;

\* XVIII<sup>ème</sup> : Mise en évidence des lois de l'hérédité ;

\*Carl VON LINNÉ (1707-1778): nature sexuée des plantes, définition des espèces, classification (caractère sexuel) →Hybridations possibles entre plantes ??

\*Josef Gottlieb KOLREUTER (1733-1806): importance insecte pour pollinisation, premières expériences d'hybridation ;

\*Johan Gregor MENDEL (1822-1884) : lois de l'hérédité.



## I. Diversité génétique des espèces et biodiversité

### 1. Biodiversité des Espèces

La diversité génétique désigne la diversité des gènes au sein des espèces. Les sous-espèces, 'variétés' et 'cultivars' sont toutes des exemples d'expression de la diversité génétique.

- Les diversités spécifique et écosystémique font référence à la diversité des espèces et des écosystèmes, respectivement.
- La biodiversité est l'ensemble des gènes, des espèces et des écosystèmes d'une région donnée.



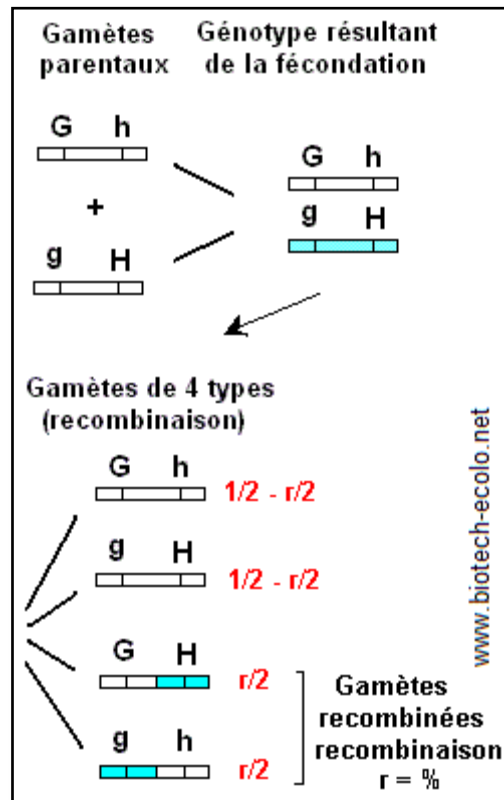
## 2. Les causes de l'érosion génétique sont nombreuses et diversifiées :

Recombinaison génétique = 'Moteur de la diversité'

L'organisation des espèces suit le mode de reproduction sexué où la recombinaison génétique a lieu. La recombinaison génétique est la possibilité d'obtenir des gamètes recombinées GH et gh à partir de parents diploïdes : Gh//gH.

### Panmixie :

La panmixie est une situation de référence souvent utilisé dans les modèles de la génétique des populations où on suppose que la population est infinie, que les croisements ont lieu aléatoire et avec une chance égale entre tous les génotypes considérés. Les analyses à un locus montrent qu'en général, un état d'équilibre est atteint pour lequel les fréquences des génotypes sont obtenues comme s'ils provenaient de l'union au hasard des gamètes. Il existe, dans ce cas, des relations simples (loi de Hardy-Weinberg), entre les fréquences p et q ( $p + q = 1$ ) des deux allèles G et g: GG :  $p^2$ ; Gg :  $2pq$  et gg :  $q^2$ .



### 3. Menaces pesant sur la diversité génétique

#### Mécanismes limitant la recombinaison

- Facteurs liés au mode de reproduction :
  - La liaison génétique ou linkage est une limitation principale à la recombinaison.
  - la multiplication clonale et l'autogamie stricte figent leur structure de voisinage.
  - L'autogamie partielle ressemble au linkage.
  - L'apomixie facultative et la séparation en groupes de plantes diploïdes et tétraploïdes.
- Autres facteurs: Les effets de la sélection et la domestication pratiquées par l'Homme

## II. Ressource génétique



Une "Ressource Génétique" ou "Ressource Biologique" est définie par la convention sur Diversité Biologique (CDB) comme du "matériel d'origine végétale, animale, microbienne ou autre, contenant des unités fonctionnelles de l'hérédité". Une ressource génétique est

également définie par la CDB comme un « matériel génétique ayant une valeur effective ou potentielle ». Sont incluses les ressources génétiques conservées *in situ* et *ex situ* donc sur le terrain ou en collections.

### **1 Conservation des ressources génétiques :**

Pour remédier à l'érosion de la biodiversité, les interventions visant sa conservation, sont de 3 types fondamentaux : sauvegarde, étude et utilisation durable.



De tous les concepts généraux de la conservation des ressources génétiques, découle la nécessité de conserver une variabilité génétique aussi large que possible. En effet, plus la variabilité est préservée, plus il y a des chances que les sélectionneurs trouveront les caractères dont ils ont besoin. Deux méthodes de conservation sont possibles :

\* Conservation in situ: elle implique le maintien des ressources dans leurs habitats d'origine (conditions naturelles). Elles sont conservées en tant que partie intégrante de l'écosystème où elles continuent à s'adapter et évoluer. C'est une méthode de conservation plus efficace et moins coûteuse.

Les inconvénients de la conservation in situ reste l'indisponibilité immédiate du matériel, exposition aux aléas climatiques extrêmes, incendies...

\* Conservation ex situ: elle est recommandée pour les ressources dont l'habitat est menacé. Le matériel, ainsi conservé, n'évolue pas comme dans les conditions naturelles. Les avantages résident dans un accès facile aux ressources ainsi que dans une meilleure documentation et protection. Le matériel peut être conservé soit au froid sous forme de semences ou de tissus in vitro soit au champ, dans des arboretums, réserves...

### **2. Marqueurs biochimiques et moléculaires, outils d'étude de la diversité génétique :**

L'évaluation de la diversité des ressources génétiques est un préalable indispensable à la définition des stratégies de leur amélioration. Les informations obtenues au niveau phénotypique sont souvent difficiles à interpréter, car, il s'agit de variations continues où de nombreux gènes peuvent y être impliqués. Les marqueurs biochimiques (*protéiques ou enzymatiques*) et nucléiques peuvent être utilisés pour procéder à une sélection précoce et

rapide du matériel porteur du gène d'intérêt et pour caractériser les populations et évaluer leur diversité génétique aux niveaux intra et inter populations.

Les marqueurs moléculaire (*RFLP, RAPD, AFLP, ISSR, SSR...*) permettent l'élaboration de cartes génétiques où chaque chromosome est représenté par un ensemble de marqueurs moléculaires dont l'ordre et l'espacement sont déterminés en comparant les individus de la descendance d'un croisement.

Certains caractères sont sous le contrôle d'un seul gène et sont dits de type '**qualitatifs**' (*présence ou absence*). Les caractères qualitatifs sont transmis de façon simple à la descendance d'un croisement. Le gène responsable d'un phénotype intéressant (*gène d'intérêt*) peut être localisé sur une carte génétique et entouré de marqueurs moléculaires qui lui sont liés.

A l'opposé, d'autres caractères résultent de l'action de plusieurs gènes et sont dits '**quantitatifs**'. C'est le cas d'un rendement ou de la hauteur des individus, par exemple. Ces caractères peuvent prendre toutes les valeurs situées entre deux extrêmes. Les régions chromosomiques impliquées dans l'apparition de ces caractères quantitatifs (*QTL, de Quantitative Trait Loci*) peuvent être localisées sur une carte génétique à l'aide de méthodes statistiques.

### III. La domestication des plantes

La domestication d'une plante est l'acquisition, la perte ou le développement de caractères résultant de l'interaction avec l'Homme.

Les plantes actuellement cultivées ont été domestiquées dans différentes régions du globe.

- on parle de centre d'origine pour désigner la région dans laquelle s'est effectuée la domestication d'une espèce cultivée.
- Les centres d'origine ne correspondent pas forcément aux régions dans lesquelles ces plantes sont actuellement majoritairement cultivées.

Quelques exemples de centres d'origine ([source: Lefebvre](#)) :

Bassin mésopotamien

- Orge
- Blé
- Seigle

Sud-Est asiatique

- Riz
- Canne à sucre

Amérique centrale

- Maïs
- Haricot
- Tournesol

• Coton américain

- Afrique
- Riz africain
- Sorgho

• Café

• Cotons africains  
Amérique du Sud

- Manioc
- Cacao
- Arachide
- Pomme de terre

• Patate douce

- Tomate
- Tabac
- Nord-Est de la Chine

• Millet

- Soja
- Oranger
- Théier
- Abricotier

• Pêcher

#### **1. Les objectifs de la domestication**

Afin de nourrir un nombre d'êtres humains en constante augmentation, un des objectifs de la domestication est d'améliorer de façon quantitative et qualitative, les productions végétales.

Parmi les améliorations recherchées, on trouve ainsi :

- ✓ Une augmentation de rendement ;

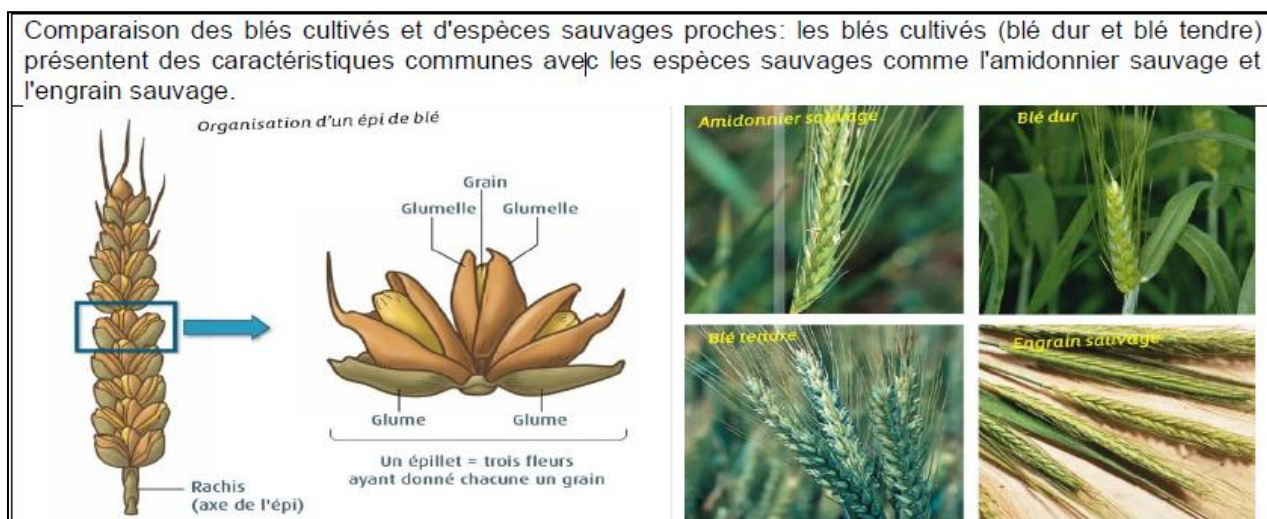
- ✓ Une résistance aux mauvaises conditions climatiques ;
- ✓ Une résistance aux maladies et aux insectes ;
- ✓ Une amélioration de la qualité intrinsèque de certaines plantes destinées à une utilisation autre que l'alimentation (pharmaceutique, textile, carburant, etc.)

La sélection des caractères intéressants et utiles pour l'Homme entraîne la perte d'autres caractères nécessaires à la survie de l'espèce en milieu sauvage, c'est le syndrome de domestication.

## 2. L'origine des espèces cultivées

La recherche des origines d'espèces végétales cultivées comme le maïs, le riz ou le blé montre que celles-ci possèdent chacune un « ancêtre sauvage », espèce initialement présente dans les écosystèmes non modifiés par l'Homme.

La domestication d'une espèce sauvage se traduit par la combinaison dans une espèce cultivée de caractéristiques génétiques favorables pour la culture et parallèlement, par une réduction de l'adaptation à la vie sauvage.



En choisissant et en croisant de manière répétée des individus montrant des critères phénotypiques favorables, l'homme a opéré une forme de sélection empirique aboutissant à l'apparition d'espèces de plantes dites cultivées.

Caractère	Engrain et amidonnier (sauvage)	Blé dur et blé tendre (cultivés)
Solidité de l'épi	Rachis très fragile → dissémination des grains facilitée	Rachis solide → récolte facilitée
Forme des grains à maturité	Vêtus → les glumelles protègent le grain	Nus → séparation grains /glumelles et formation de farine facilitée
Maturation des grains des différents individus	Étalée dans le temps → probabilité de rencontrer des conditions favorables pour la maturation augmentée	Synchrone → récolte facilitée

### 3. Les effets de la domestication :

- Perte du pouvoir de dissémination
  - augmentation de la taille des graines.
  - céréales: sélection d'épis robustes qui ne lâchent pas les graines.
  - légumineuses: sélection de gousses qui ne s'ouvrent pas.
- Perte des défenses du parent sauvage (aiguilles, répulsifs chimiques amers); ces traits sont contre sélectionnés par l'agriculteur.
- Réduction de la compétitivité par rapport au parent sauvage: les plantes cultivées deviennent moins aptes à la survie à l'état sauvage.

#### Structure et composition des graines

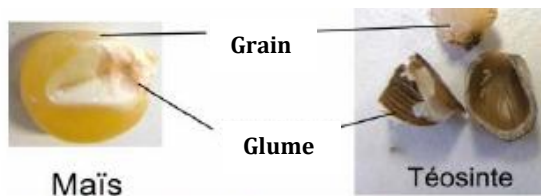
Masse des graines

10 graines de Maïs = 2.7g

10 graines de Téosinte = 0.6g



Les graines de Téosinte sont entourés d'une copule = glumes soudées  
 Les graines de Maïs possèdent des glumes réduites (qui se coincent entre les dents lorsque l'on mange les graines)

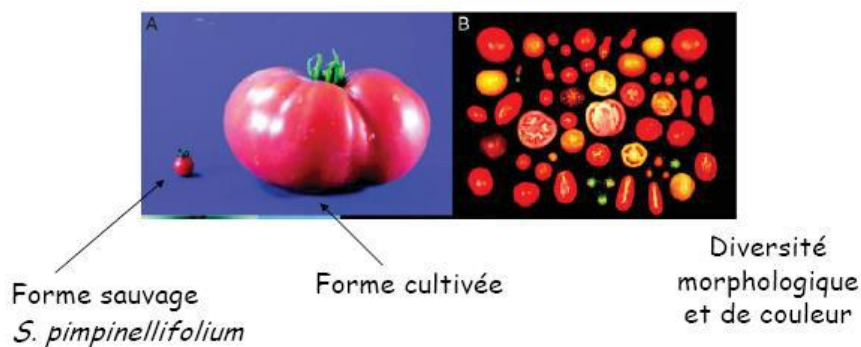


#### Coupes transversales dans des graines de Maïs et de Téosinte

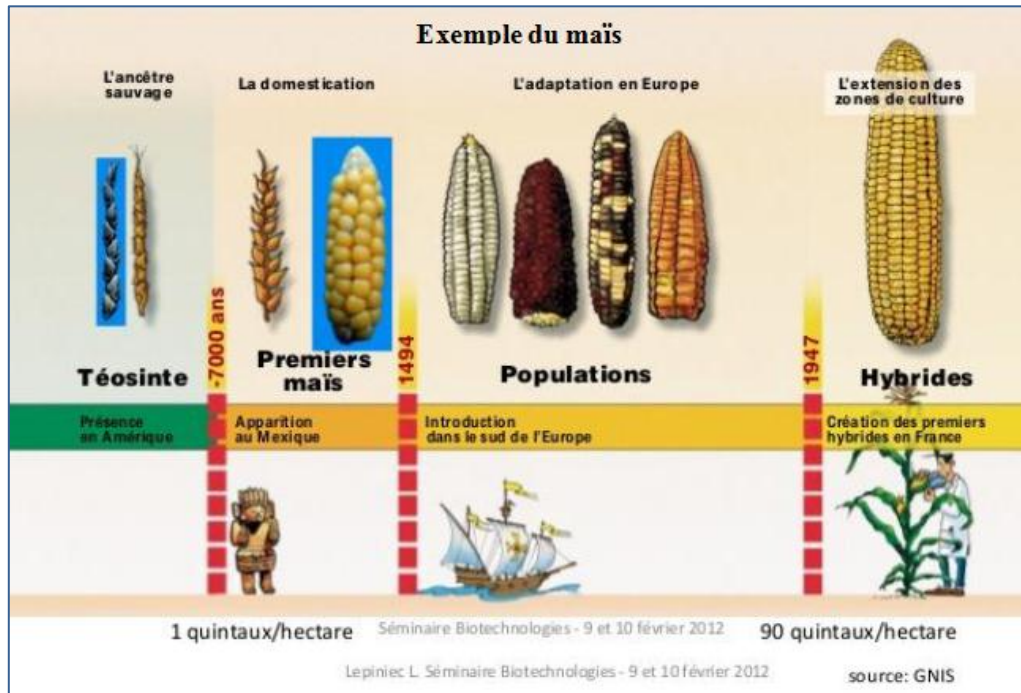


#### Autres exemples de domestication :

La tomate (*Solanum lycopersicum*) : modification de la taille et couleur de fruits.



Exemple : Le maïs, est issu de l'hybridation entre des maïs sauvages.



#### 4. Syndrome de domestication

Le syndrome de domestication induit la modification de caractéristiques génétiques, morphologiques et physiologiques. Cela entraîne la modification de certains caractères sauvages de la plante afin de maintenir les caractères intéressants pour l'Homme.

<b>Caractère qui facilite la culture</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Port des plantes moins ramifié</li> <li>▪ Synchronisation de la date de floraison</li> <li>▪ Perte de dormance des semences</li> <li>▪ Perte de caducité des graines</li> </ul>
<b>Caractères qui améliorent l'utilisation alimentaire</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Graines nues</li> <li>▪ Graines plus grosses</li> <li>▪ Graines plus riches en glucides</li> </ul>
<b>Caractères qui industrielle</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Structures des farines</li> <li>▪ Qualité des fibres et des bois</li> <li>▪ Qualité des huiles</li> </ul>

### IV. Amélioration des plantes et Création variétale

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. D'autres moyens de création de variétés performantes existent dont la mutagenèse, la fusion des protoplastes, la transgénèse et les variations somatiques.

#### Rappels :

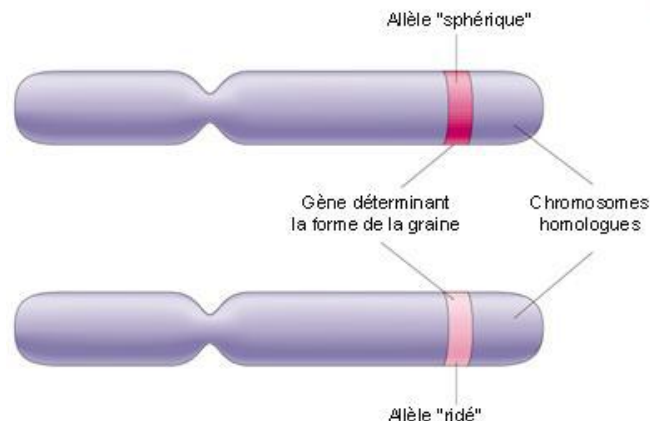
**-GENOTYPE** : Ensemble de l'information génétique d'une plante, portée par ses gènes.



**-ALLELES** : Formes que peut prendre un même gène.

Les allèles occupent la même position (**locus**) sur les chromosomes **homologues**.

→le génotype d'une plante est la liste complète des allèles des gènes



• **Homozygote** : allèles identiques sur les chromosomes homologues

• **Hétérozygote** : allèles différents

• **Lignée pure** : tous les allèles sont à l'état homozygote

→le génotype est 'fixé'

**- PHENOTYPE** : Ensemble des caractères observables d'une plante liées à son apparence ou à sa physiologie (déterminé par le génotype ET l'environnement).

## **1. Génétique Mendélienne :**

La plupart des travaux de Mendel ayant porté sur le pois cultivé *Pisum sativum* (petit pois), nous commencerons par décrire quelques-unes de ses expériences portant sur l'hybridation de lignées parentales différant par un seul caractère (**monohybridisme** – par exemple des pois à graines jaunes avec des pois à graines vertes), puis de lignées parentales différant par deux caractères (**dihybridisme** – par exemple des pois à graines jaunes et ridées avec des pois à graines vertes et lisses). Ensuite, nous envisagerons les cas de transmissions non conformes aux lois de Mendel (linkage et crossing-over) et, enfin, le cas particulier des caractères liés au sexe.

### **1.1 MONOHYBRIDISME**

Comme le montre le tableau suivant, en croisant deux lignées pures ne différant que par un seul caractère (par exemple des pois à graines jaunes et des pois à graines vertes), un des deux caractères disparaît à la génération suivante (première génération filiale ou F1).

<b>Croisement effectué (P)</b>	<b>Résultat obtenu (F1)</b>
<b>Graines jaunes × vertes</b>	Graines jaunes
<b>Graines lisses × ridées</b>	Graines lisses
<b>Tiges longues × courtes</b>	Tiges longues
<b>Fleurs axiales × terminales</b>	Fleurs axiales
<b>Fleurs violettes × blanches</b>	Fleurs violettes
<b>Cosses vertes × jaunes</b>	Cosses vertes
<b>Cosses gonflées × étranglées</b>	Cosses gonflées

On peut donc en déduire que le caractère présent en F1 est dominant alors que le caractère absent est récessif. C'est *la première loi de Mendel ou loi d'uniformité* : tous les hybrides de

première génération issus du croisement de deux lignées pures se ressemblent et présentent le caractère de l'un des parents et de lui seul.

**Génotype (J/J) x (v/v) → Génotype J/v**

**Phénotype J x v → Phénotype J**

En croisant ensuite les hybrides de première génération (F1) entre eux, on aboutit alors aux résultats suivants :

Génération parentale (P)	Hybrides de F1	Hybrides de F2
<b>Graines jaunes × vertes</b>	Toutes jaunes	6 022 jaunes ; 2 001 vertes
<b>Graines lisses × ridées</b>	Toutes lisses	5 474 lisses ; 1 850 ridées
<b>Tiges longues × courtes</b>	Toutes longues	787 longues ; 277 courtes
<b>Fleurs axiales × terminales</b>	Toutes axiales	651 axiales ; 207 terminales
<b>Fleurs violettes × blanches</b>	Toutes violettes	705 violettes ; 224 blanches
<b>Cosses vertes × jaunes</b>	Toutes vertes	428 vertes ; 152 jaunes
<b>Cosses gonflées × étranglées</b>	Toutes gonflées	882 gonflées ; 299 étranglées

Cette fois, les deux caractères parentaux réapparaissent mais dans un rapport **3/1** : 75% des hybrides de deuxième génération présentent le caractère dominant et 25% le caractère récessif.

- C'est *la deuxième loi de Mendel ou loi de ségrégation* : tous les hybrides de deuxième génération issus du croisement de deux hétérozygotes pour un même couple d'allèles ne se ressemblent pas et présentent l'un ou l'autre des caractères de la génération parentale.

## 1.2 DIHYBRIDISME

Les phénomènes décrits jusqu'à présent ne concernaient que des lignées parentales pures se distinguant par un seul caractère. Voyant maintenant ce qu'il en est lorsqu'elles diffèrent par deux caractères distincts et reprenons les expériences de Mendel effectuées à partir de pois à graines jaunes / ridées et de pois à graines vertes / lisses.

**Génotype (J/J ; r/r) x (v/v ; L/L) → Génotype J/v ; L/r**

**Phénotype (J ; r) x (v ; L) → Phénotype J ; L**

- *Les deux lois d'uniformité et de ségrégation* sont donc à nouveau vérifiées : tous les hybrides de première génération se ressemblent mais pas ceux de deuxième génération. Et n'importe quelle combinaison de caractères aboutirait à des proportions identiques : **3/4-1/4** en cas de monohybridisme, **9/16-3/16-3/16-1/16** en cas de dihybridisme.

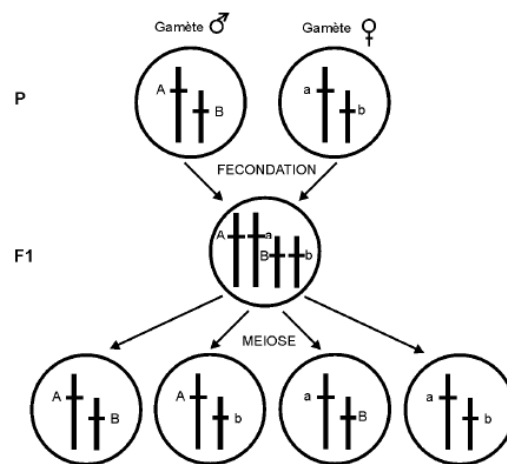
On peut ainsi multiplier le nombre de caractères étudiés (*polyhybridisme*), mais leur observation devient vite fastidieuse. Un trihybride, par exemple, fabriquera huit types de gamètes (23), l'échiquier de croisement comportera 64 cases (8 x 8) et il sera possible d'obtenir 27 génotypes différents en F2 (33). Un tétrahybride 16 types de gamètes (24) et 81 génotypes en F2 (34)... dont un n'a en réalité qu'une chance sur 256 d'apparaître dans la descendance ! Etc., etc.

## 1.3. LINKAGE ET CROSSING-OVER

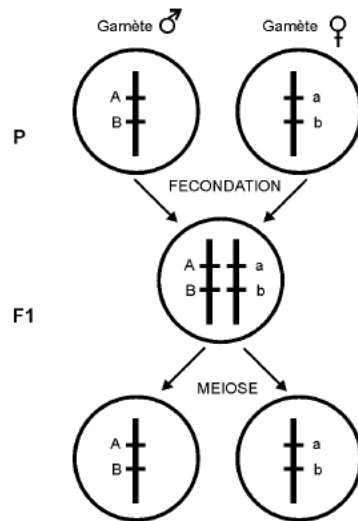
Les travaux de Mendel, bien qu'ignorés de son vivant, ont résisté à l'épreuve du temps et constituent encore aujourd'hui la base de toute étude génétique consacrée à la transmission des caractères héréditaires. Pourtant, il est des cas où la descendance observée ne correspond pas aux prévisions attendues. On parle alors de **distribution non conforme**.

Le phénomène fut observé pour la première fois au début des années 1900 par Bateson et Punnett chez le Pois de senteur. En laissant se reproduire les hybrides de F1 obtenus après croisement de deux lignées pures (l'une à fleur pourpre et grain de pollen long, l'autre à fleur rouge et grain de pollen rond), la F2 présentait des proportions très éloignées du rapport 9/3/3/1 attendu.

Phénotypes issus du croisement	Nombre de descendants observés	Nombre de descendants attendus
<b>Fleurs pourpres / Grains de pollen longs</b>	4 831	4 831
<b>Fleurs pourpres / Grains de pollen ronds</b>	390	390
<b>Fleurs rouges / Grains de pollen longs</b>	393	393
<b>Fleurs rouges / Grains de pollen ronds</b>	1 338	1 338
<b>Totales</b>	6 952	6 952



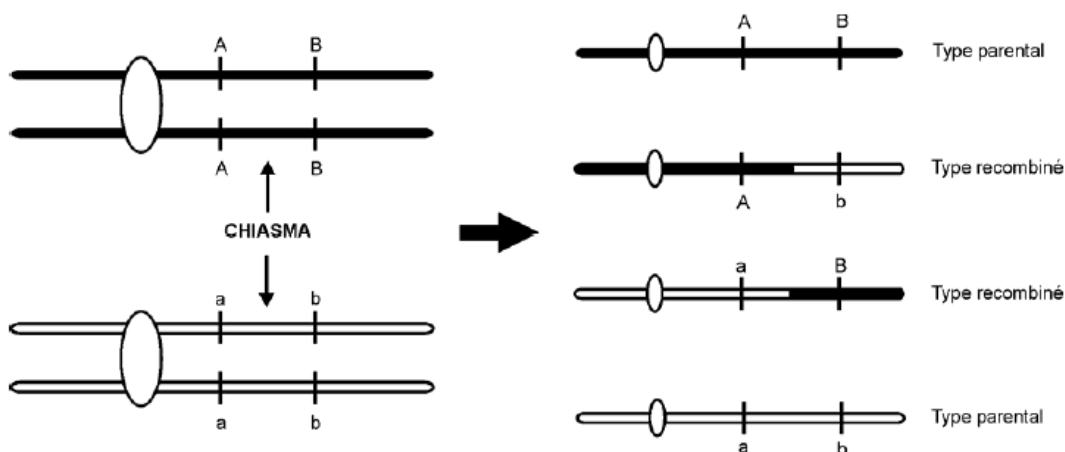
- En croisant les hybrides entre eux, nous obtenons donc, conformément aux lois de Mendel, neuf génotypes différents et quatre phénotypes apparents dans un rapport 9/3/3/1.
- Supposons maintenant qu'un même chromosome porte les deux gènes (gènes liés). Les hybrides de F1 renfermeront à nouveau les quatre allèles mais ceux-ci seront disposés sur la même paire de chromosomes. Conséquence, ils ne pourront former que deux types de gamètes.
- Ce phénomène, qui porte aujourd'hui le nom de **liaison génétique ou de linkage**, aboutira donc, au hasard des fécondations suivantes, à un nombre beaucoup plus restreint de génotypes et de phénotypes que dans le cas précédent (respectivement quatre et deux si l'on croise ensemble les hybrides de F1 et que chaque couple de gènes présente un allèle dominant et un allèle récessif).



Ne restait plus qu'à expliquer pourquoi, à côté d'une forte proportion de types parentaux (fleur pourpre et grain de pollen long, fleur rouge et grain de pollen rond), existait une faible proportion de types recombinés (fleur pourpre et grain de pollen rond, fleur rouge et grain de pollen long).

La réponse fut également apportée par Morgan qui suggéra qu'il pouvait y avoir échange de matériel génétique entre deux chromosomes d'une même paire au cours de la méiose.

Il faut en effet se rappeler qu'au cours de la prophase réductionnelle, les homologues s'apparient (stade zygotène) puis s'enjambent (stade diplotène) pour former des chiasmata. Il est alors possible qu'en ce point de contact entre les chromosomes d'une même paire, une partie de la chromatide de l'un s'échange avec la partie correspondante de la chromatide de l'autre.



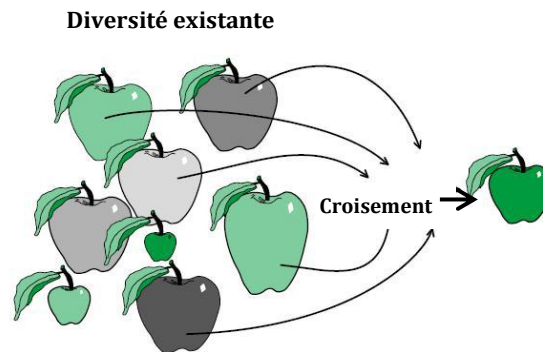
Ce phénomène aléatoire dénommé **crossing-over** permet ainsi une recombinaison des gènes portés par un même chromosome et explique l'apparition de types recombinés à côté des types parentaux.

## 2. La création variétale :

### 2.1. Création de variétés par la sélection massale :

La sélection massale a été la première technique d'amélioration des cultures utilisée dans l'histoire de l'agriculture. Elle consiste à sélectionner les graines apparaissant comme les plus adaptées à la culture pour les semer l'année suivante.

Elle est dite empirique car sans appui scientifique, et qu'elle ne tient pas compte des brassages génétiques au cours de la reproduction sexuée. Cette technique permet uniquement de sélectionner des caractères phénotypiques que l'on peut qualifier de subjectifs comme la taille des parties consommables (graines, tubercules...), saveur, résistance aux contraintes, etc. De plus, les caractères sélectionnés sont très fluctuants d'une graine et d'une génération à l'autre.



Mais la persistance d'une certaine hétérogénéité génétique limite le rendement de l'exploitation agricole. Par exemple, la persistance d'un allèle récessif indésirable dans la population fait réapparaître à chaque génération quelques individus ayant le phénotype récessif indésirable. C'est à partir des années 1950 qu'ils ont trouvé le moyen de résoudre ce problème et de créer des lignées parfaitement stables.

## **2.2. Création de variétés par des techniques de croisement**

1. **Croisement intraspécifique** : est un croisement entre deux individus de la même espèce.

Pour améliorer une espèce cultivée, on peut effectuer des croisements intraspécifiques : on croise deux plantes de la même espèce qui présentent chacune des caractères intéressants. On obtient à la génération suivante de nouveaux plants dont certains possèdent divers caractères recherchés. Ceci conduit à l'obtention d'une nouvelle variété plus optimale.

Cette technique est basée sur l'exploitation de la variabilité intraspécifique, qui reste souvent assez limitée.

2. **Croisement interspécifique** : est un croisement entre deux espèces différentes.

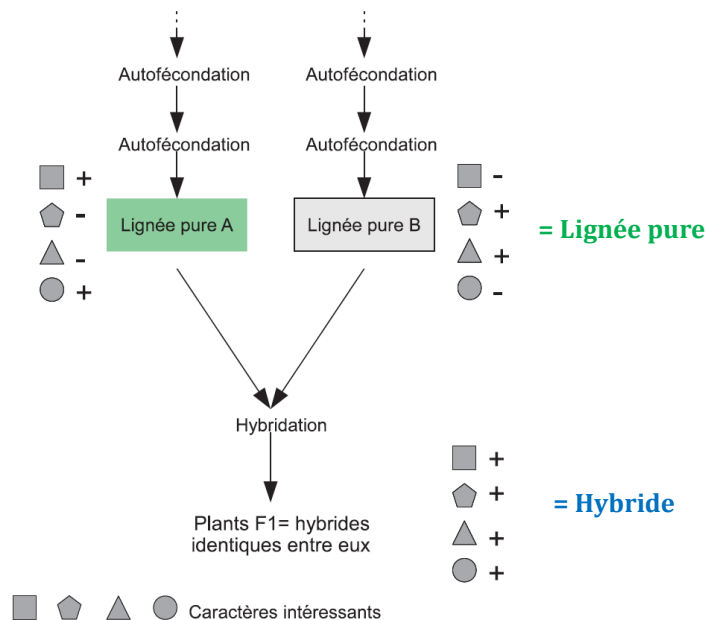
C'est l'autre nom de l'hybridation. On nomme hybridation le processus de fécondation croisée, c'est-à-dire que le pollen d'une espèce va féconder l'ovule d'une autre espèce. Cela formera un hybride ayant des caractères provenant de deux espèces.

- **Hybridation**

Sur une plante cultivée comme le maïs, il est possible de pratiquer des autofécondations : le pollen des fleurs mâles est déposé artificiellement sur les pistils de la même plante, qui est isolée des autres plantes par une enveloppe pour éviter toute fécondation croisée. En

pratiquant l'autofécondation sur plusieurs générations, on obtient des individus parfaitement homozygotes pour l'ensemble de leurs gènes. Ces individus constituent **une lignée pure**, dont les caractères sont stables aussi longtemps qu'ils se croisent entre eux.

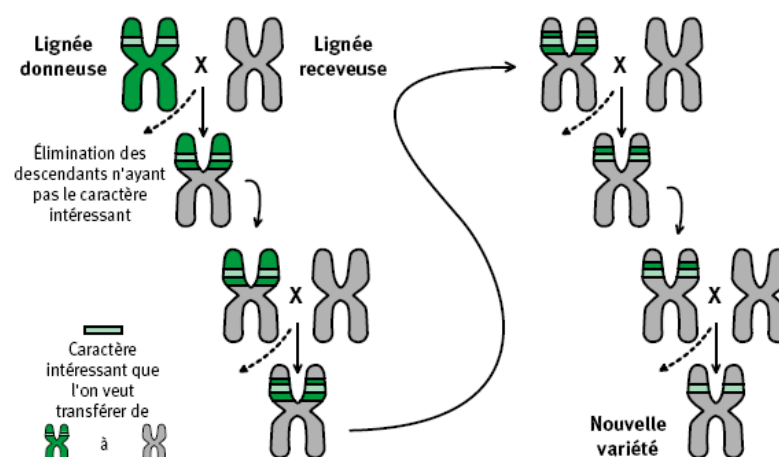
- Mais les lignées pures sont souvent plus fragiles que les populations qui conservent une certaine diversité génétique, et cette fragilité diminue le rendement des cultures. Pour remédier à ce problème, on réalise des hybrides en croisant des individus de lignées pures différentes. Les hybrides obtenus sont plus résistants et plus productifs que les plantes des lignées pures : on parle de vigueur hybride ou hétérosis. Ces populations hybrides, ainsi que les lignées pures dont elles proviennent, ont des caractéristiques parfaitement homogènes : ce sont des variétés.



- remarque : les semences hybrides qui sont commercialisées ne sont exploitables que le temps d'une récolte. En effet, pour reproduire la même récolte l'année suivante, il faut de nouveau disposer de graines issues du croisement de deux lignées pures.

### ■ Rétrocroisement

Croisement d'une plante issue du croisement de deux lignées, par une des lignées parentales.



### 2.3. Création de variétés par la Mutagénèse

La biodiversité est le résultat des modifications de génome de différentes espèces au cours de l'amélioration. Ces modifications sont appelées les mutations et elles peuvent être de différents types. Dans la plus part des cas, la mutation est réparée ou la cellule est détruite.

#### - Mutations géniques (qualitatives) :

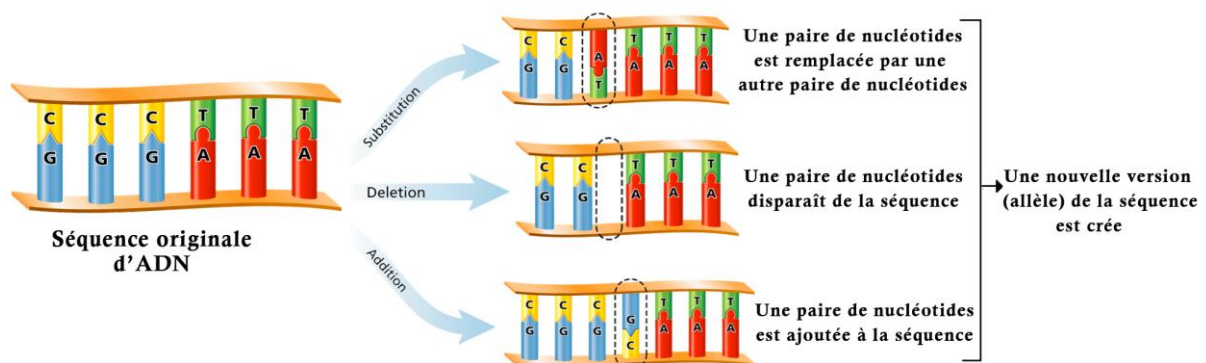
Les mutations géniques (alléliques) sont les mutations ponctuelles qui modifient les nucléotides de l'ADN d'un gène. Ces mutations sont à l'origine de la richesse des formes alléliques.

On peut citer les trois types de mutations suivants :

\***Délétion** : perte d'un ou plusieurs nucléotides.

\***Substitution** : échange d'un ou plusieurs nucléotides.

\***Addition** : ajout d'un ou plusieurs nucléotides.



#### -Mutations chromosomiques (quantitatives) :

Elles apparaissent dans le caryotype et peuvent altérer la structure d'un chromosome ou le nombre 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.

*Exemple*: Stérilité-mâle cytoplasmique.

### -Mutations par un Agents mutagènes:

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

#### **2.4. Création de variétés par modifications somatiques**

Chez les plantes à brassage limité de gènes (multiplications végétative), il apparait parfois des clones qui diffèrent de la plante mère. Ces individus sont appelés des **variants 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 extranucléaire). Le passage par le stade cal ou microcal lors de la régénération, serait déstabilisant et engendrerait ces modifications.

#### **2.5. Création variétale par fusion de protoplastes (hybridation somatique)**

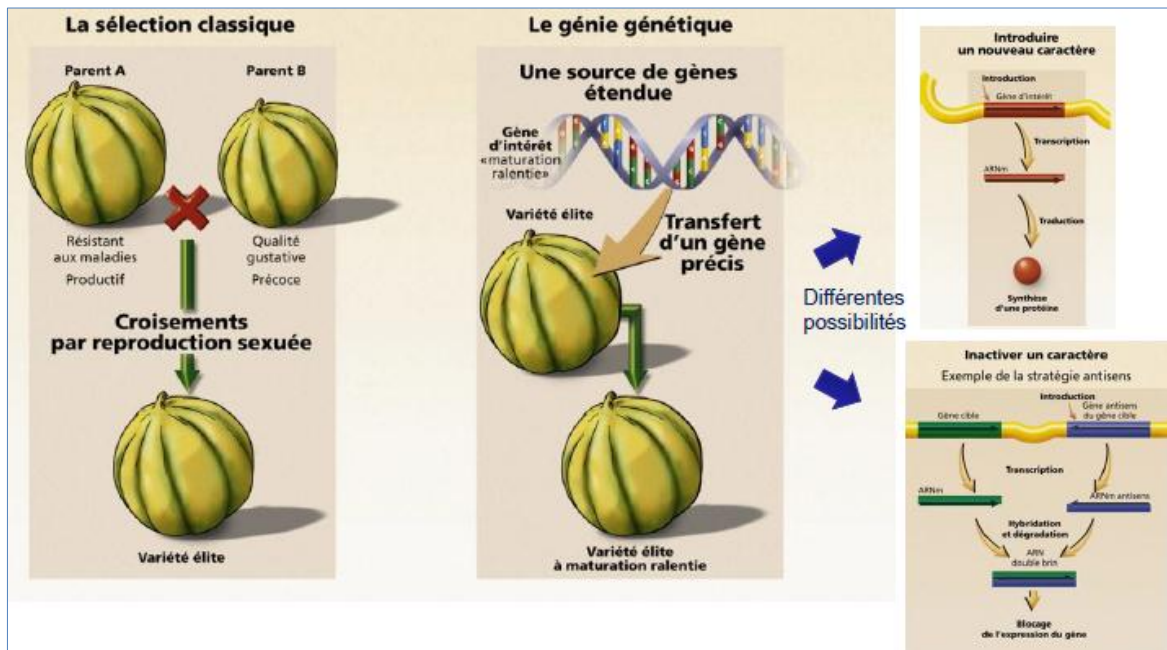
Le terme **protoplaste** signifie une cellule végétale débarrassée de sa paroi squelettique. Elle apparait sous forme d'une cellule sphérique, limitée par sa membrane plasmique. La technique de préparation de protoplastes n'a été vraiment mise au point qu'à partir des années 1960, quand les enzymes dégradant 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 utilisés on tiendra des hybrides somatiques.

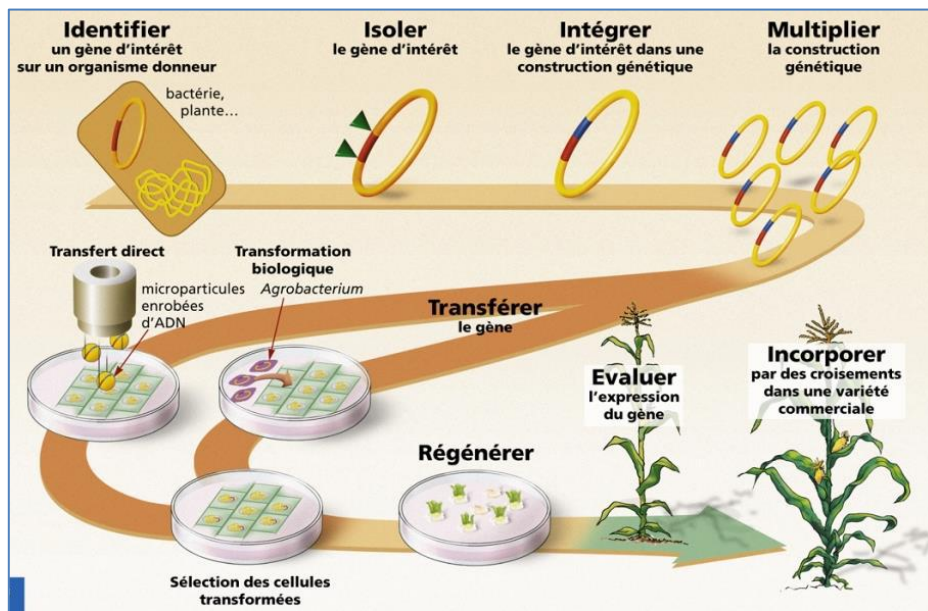
#### **2.6. Création variétale par transgénèse**

La transgénèse (obtention d'**OGM**) consiste à transférer vers une plante un gène dont l'expression fait apparaitre 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.





### Les différentes étapes de la transgénèse :



#### Etape 1 : Identifier, isoler, intégrer et multiplier un gène d'intérêt

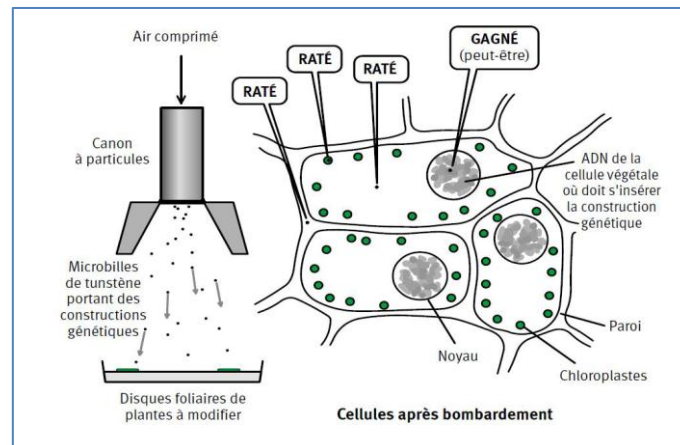
Le gène 'd'intérêt' :

- permet une amélioration (nutritionnelle, résistance) de l'espèce végétale que l'on souhaite transformer ;
- peut provenir de tout organisme vivant, plante, animal ou bactérie puisque le code génétique est universel ;
- souvent associé à un 'gène marqueur' pour sélectionner les plantes transformées (résistance antibiotique..) ;
- est intégré dans un 'plasmide' via techniques de biologie moléculaire.

#### Etape 2 : Transférer le 'gène d'intérêt'

## A) Méthodes de transfert direct

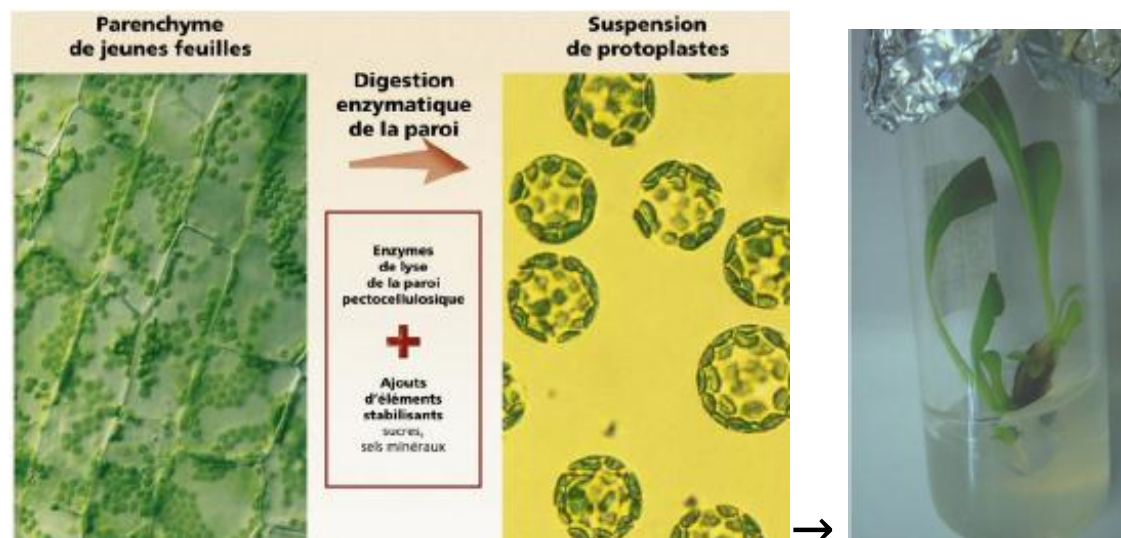
- Canon à particule (biolistique): projection de billes d'or ou de tungstène 'enrobées' avec de l'ADN directement dans les cellules végétales via l'utilisation d'un canon à particules.



-Par **électroporation** ou traitement chimique de protoplastes

Obtention de protoplastes :

- Traitement avec enzymes de dégradation de la paroi
- Stabilisation osmotique des protoplastes (sorbitol)
- Ajout ADN
  - i) électroporation (champ électrique)
  - ii) ajout produit perméabilisant (PEG/Calcium) = traitement chimique présence de calcium /PEG (fragilisation de la mbre plasmique).



## B) Méthodes de transfert Indirectes ou transformation biologique

- par utilisation de bactéries capable de transférer une partie de leur patrimoine génétique dans les cellules végétales : le genre *Agrobacterium* sp,

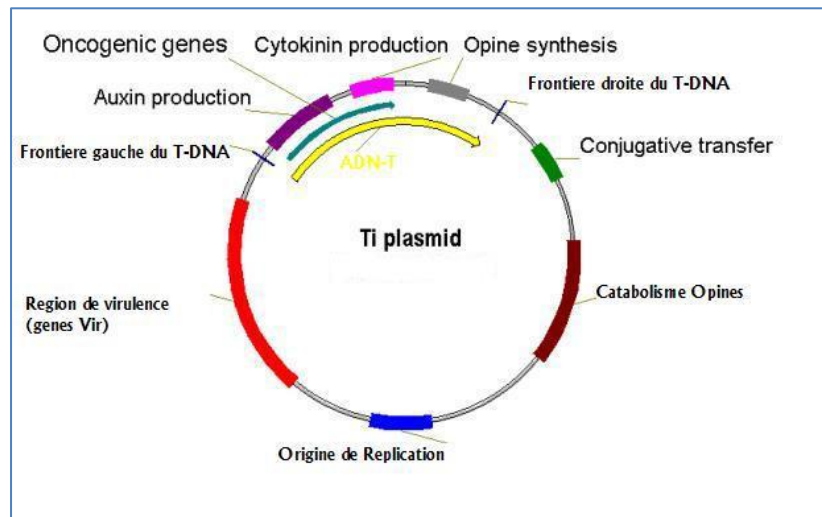
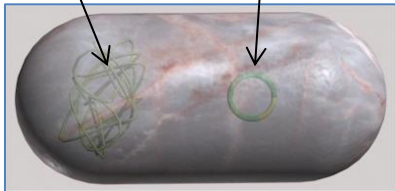
- Bactérie du sol
- Type : Gram-
- Plantes hôtes : la plupart des dicotyledones
- Importance Agronomique : affecte surtout les végétaux appartenant a la famille des Roses (poires, pommes, abricots, cerises ...)

- Provoque chez les plantes infectées une tumeur dite ‘ galle du collet’ (*A. tumefaciens*) ou une multiplication racinaire (*A. rhizogenes*).

### *Agrobacterium* :

Chromosome

Mégaplasme Ti ou Ri



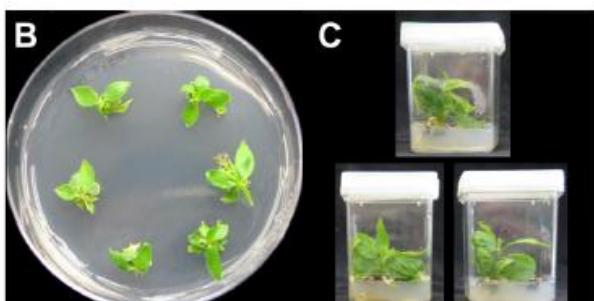
### Etape 3 : Sélectionner, régénérer et évaluer les plantes ‘transformées’



Obtention et individualisation des ‘cals’



Régénération via méthodes de culture in vitro (CIV)



Individualisation et régénération plantes entières



Passage en serre

### Etape 4 : Incorporation dans une variété commerciale

- Généralement par rétrocroisement.