

Université de Mentouri, Constantine1,  
Faculté Des Sciences de La Nature et de La Vie  
Département DE Biologie et

cours de L3 BPV  
Module: Amélioration  
génétique des plantes

Dr. Hammouda Dounia

~~Ecologie végétale~~

## • **1-Rappels**

- Origine de la variabilité génétique, gène et espèces
- Evolution dans les populations et syndrome de domestication

## **2-variation génétique et amélioration des plantes**

- Mendelisme et hérédité quantitative
- Mutations géniques et variation chromosomiques
- incompatibilités et stérilité male

## **3- Méthodes d'amélioration des plantes**

- plantes autogames
- plantes allogames
- plantes à multiplication végétative

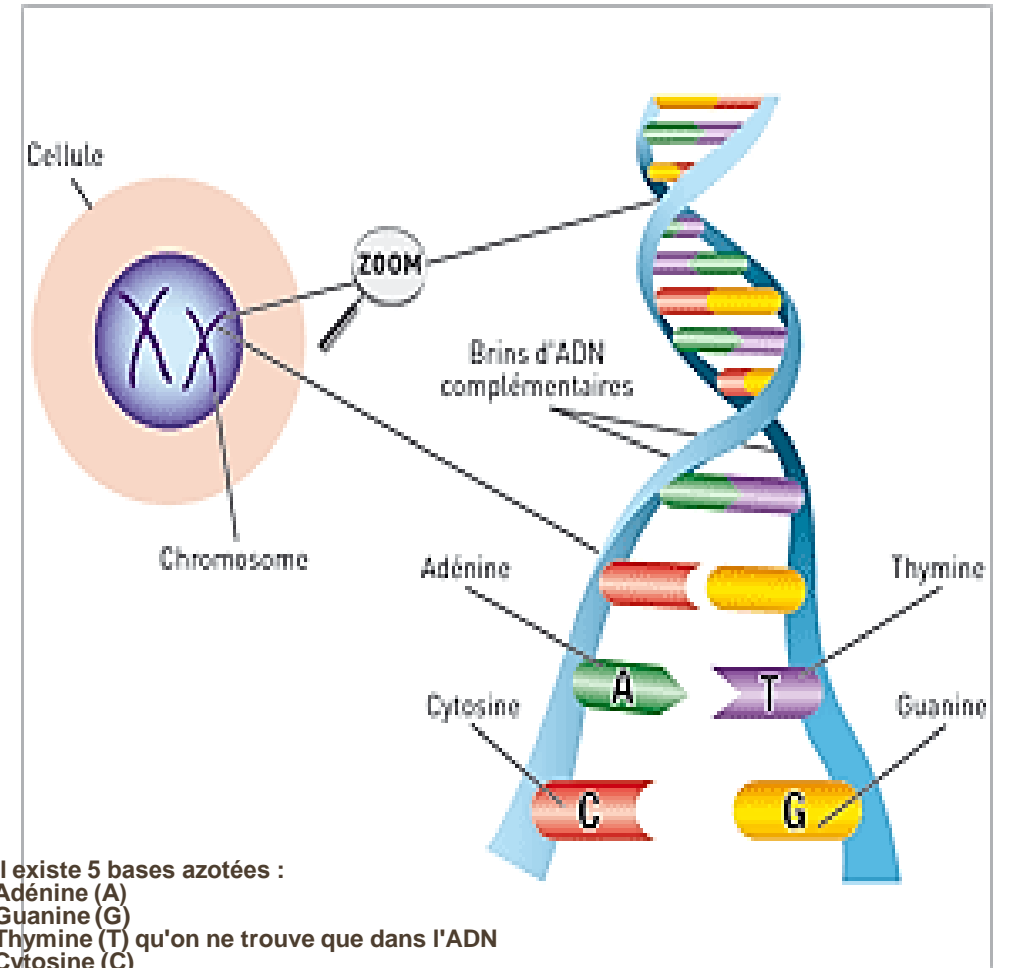
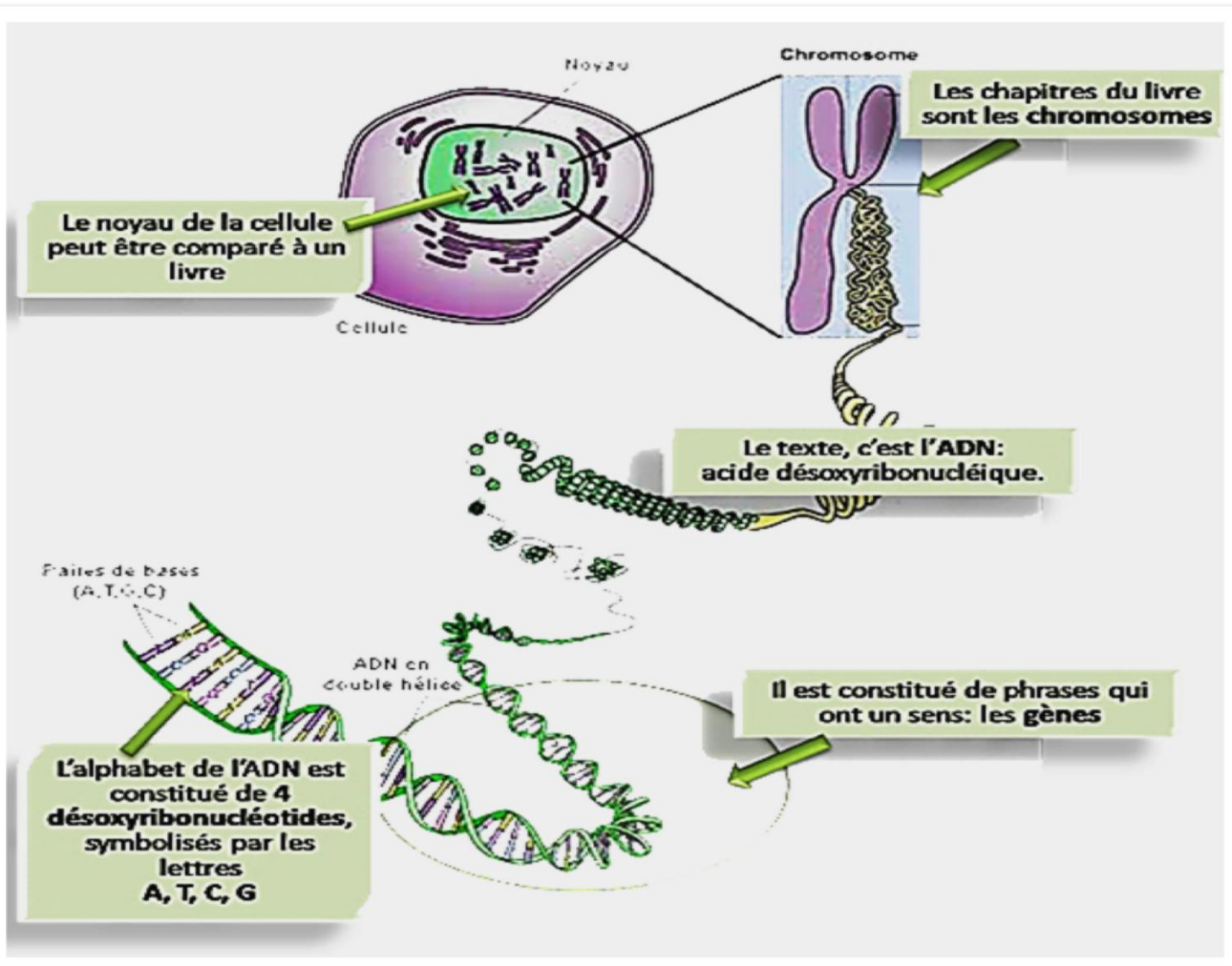
## **4- Techniques nouvelles de sélection**

- Sélection par haploïdie
- culture des cellules et tissus
- Hybridation somatiques

**1- La variabilité génétique et concept du gène et de l'espece , notions des relations phylogénétiques**

**2- Evolution dans les populations naturelles et syndrome de domestication**

# La variabilité génétique et concept du gène et de l'espece ,



Il existe 5 bases azotées :

Adénine (A)  
Guanine (G)  
Thymine (T) qu'on ne trouve que dans l'ADN  
Cytosine (C)

Uracile (U) qu'on ne trouve que dans l'ARN

A et G sont des purines (2 cycles)

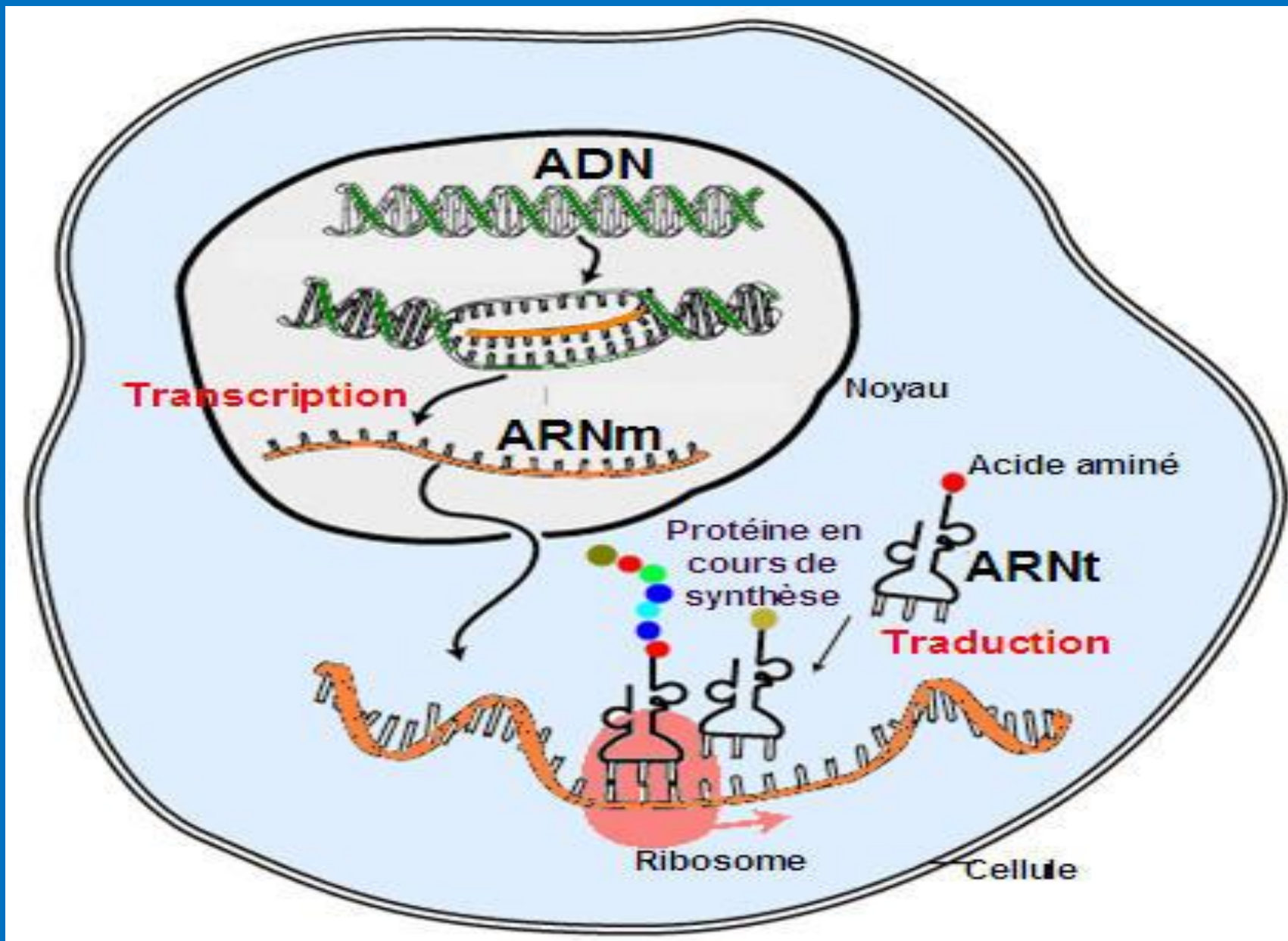
T, C et U sont des pyrimidines (1 cycle)

A et T sont complémentaires

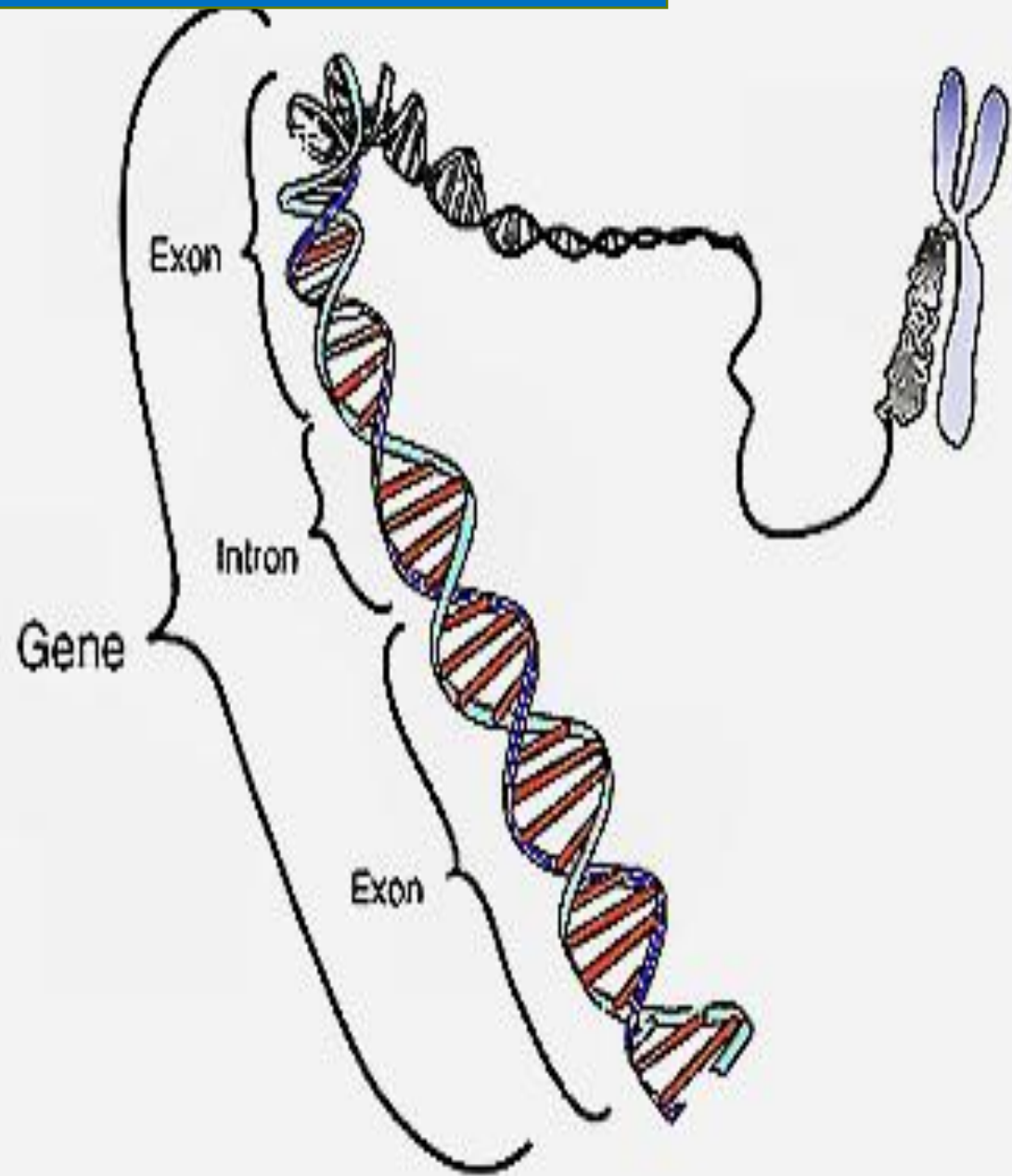
G et C sont complémentaires

A et U sont complémentaires

La transcription et la traduction utilisent cette complémentarité lors de la création d'ARN et l'approche de l'ARNt.

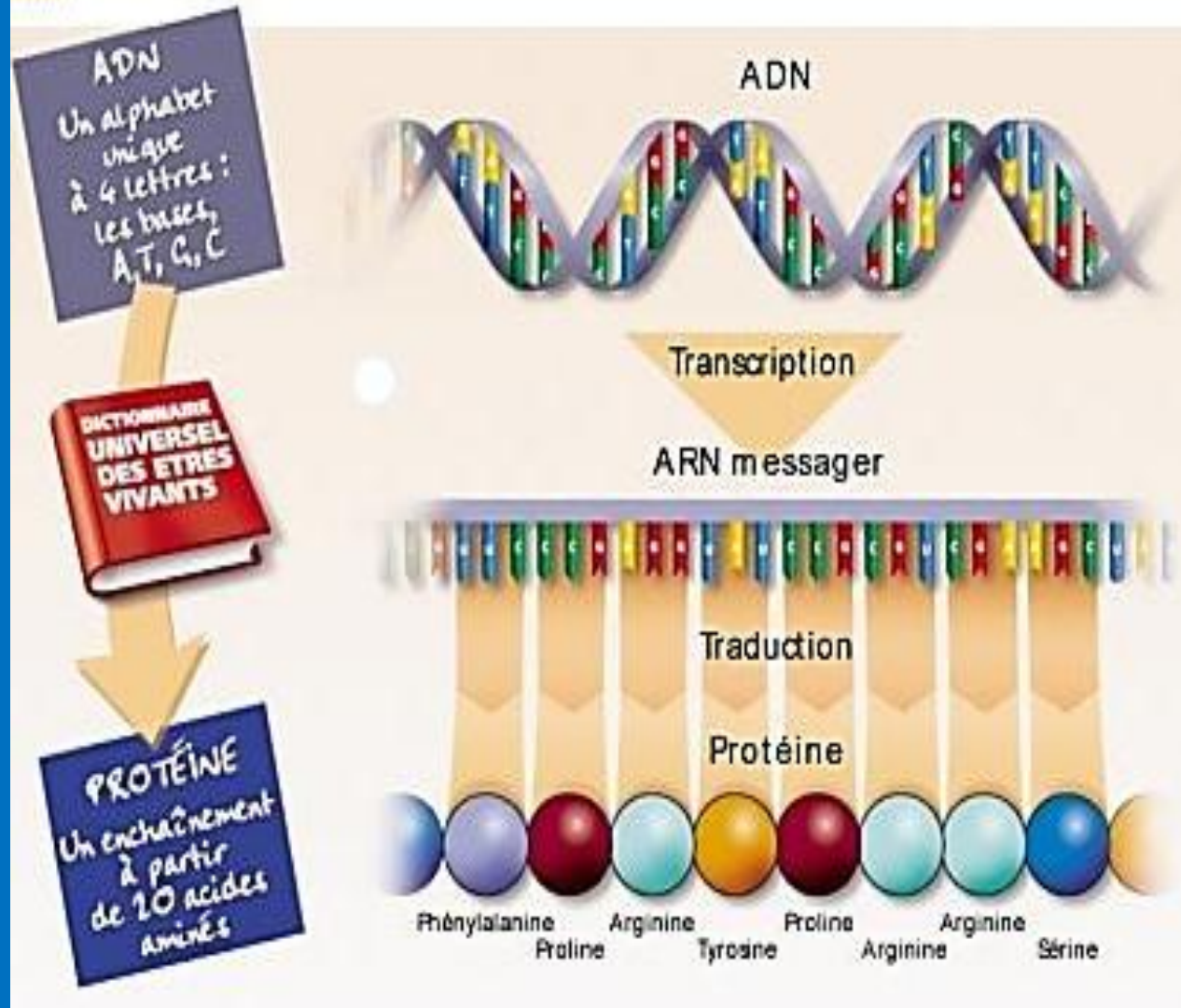


# Le gène et ces fonctions



S

## Du gène à la protéine

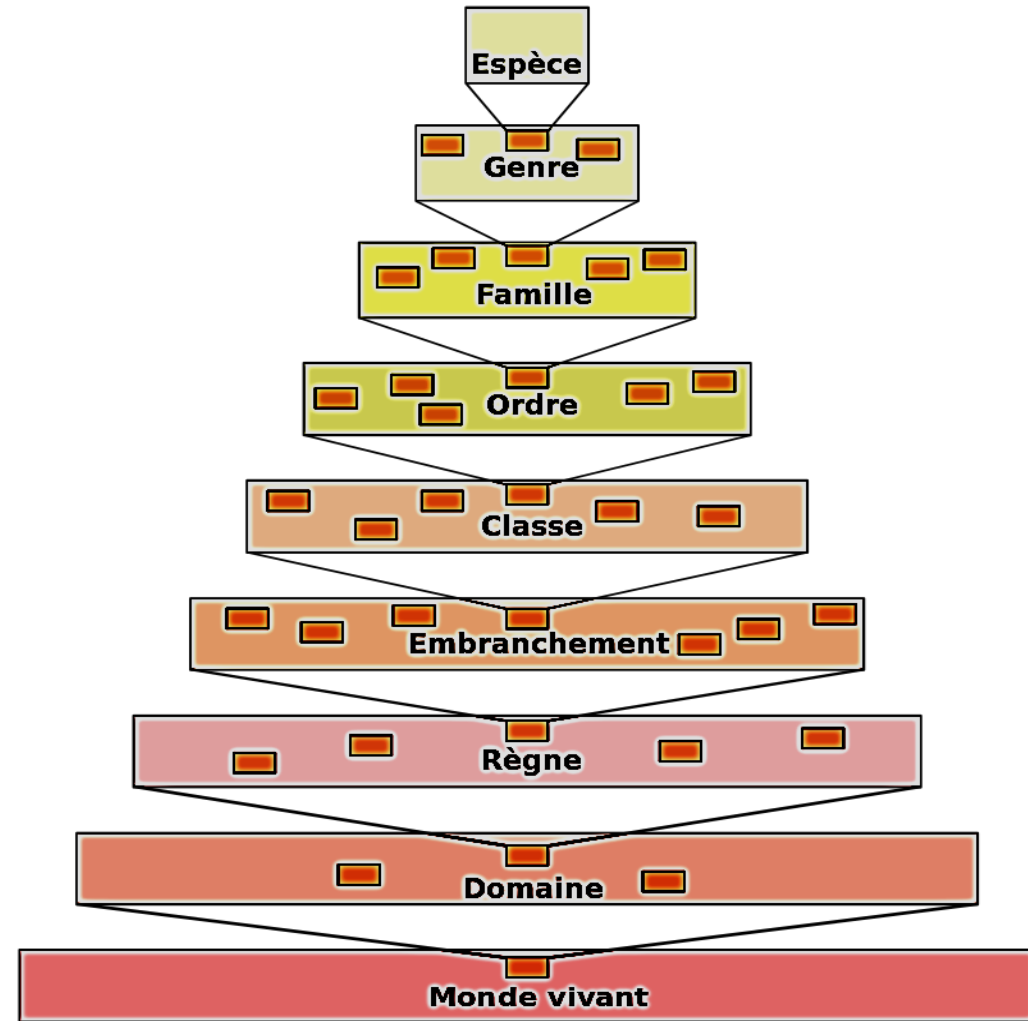


# Concept de l'espèce

espèce est une population ou un ensemble de populations dont les individus peuvent potentiellement se reproduire entre eux et engendrer une descendance viable et féconde, dans des conditions naturelles. Ainsi, l'espèce est la plus grande unité de population au sein de laquelle le flux génétique est possible et les individus d'une même espèce sont donc génétiquement isolés d'autres ensembles équivalents du point de vue reproductif.

Les critères de reconnaissances sont : biologiques, les critères morphologiques, et les critères phylogénétiques. La spéciation résulte de la sélection naturelle qui est le moteur de l'évolution. C'est la conséquence de l'évolution.

Les espèces s'individualisent à partir d'une population appartenant à la même espèce.



L'espèce est l'unité de base de la classification du vivant.

# • I- La diversité génétique = variabilité génétique

## Son origine

- **les mutations** qui introduisent de nouveaux allèles dans la population.
- **la dérive génétique** qui permet les changements aléatoires de la fréquence des allèles, pouvant être sélectivement neutres.
- **la sélection naturelle** qui est directionnelle et permettant de changer les allèles.



**Variabilité génétique**

**Ça nature**

**Continue**

**Discontinue**

# Les formes de la variabilité génétique

La moléculaire

La génique

La chromosomique

# Facteurs agissant sur la variabilité génétique

Facteurs augmentant la variabilité	Facteurs diminuant la variabilité
<ul style="list-style-type: none"><li>-Sélection naturelle.</li><li>-Les mutations génétiques.</li><li>-Les phénomènes de recombinaison génétique.</li><li>-Hybridations interspécifiques</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>-<b>La sélection naturelle.</b></li><li>-<b>L'endogamie</b></li><li>-<b>La dérive génétique amplifiée par une diminution de la taille d'une population.</b></li></ul>



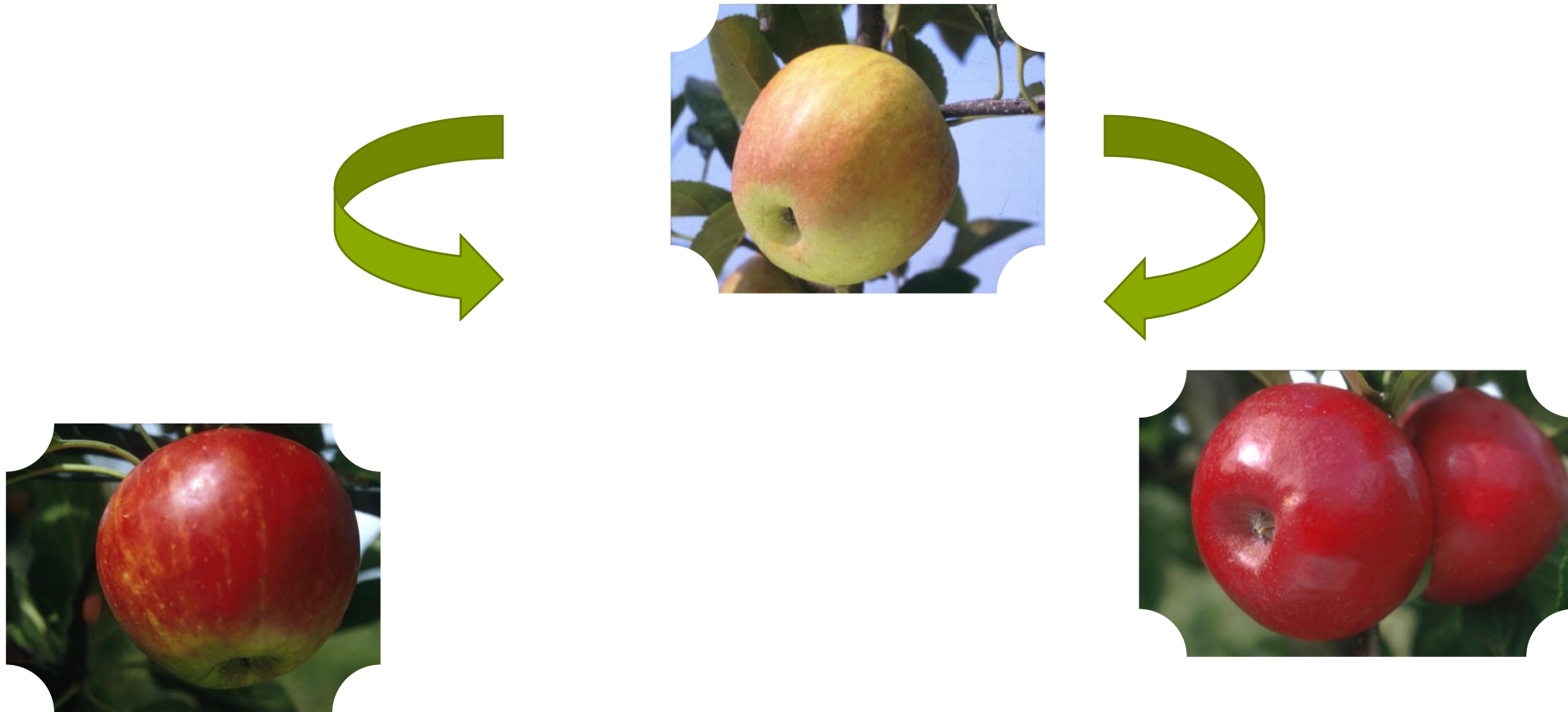
Antoine  
ducher



Lime



Lime quat

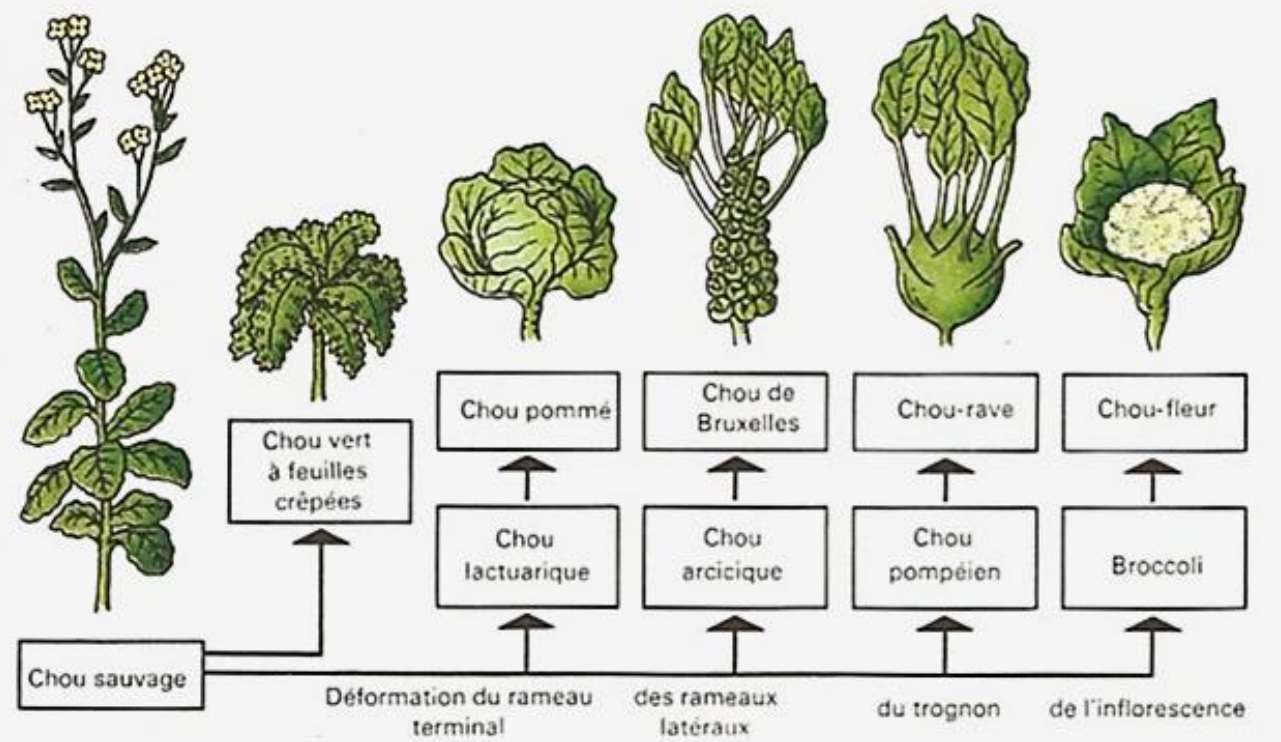


**Mutants spontanés de la variété de pomme 'Elstar**

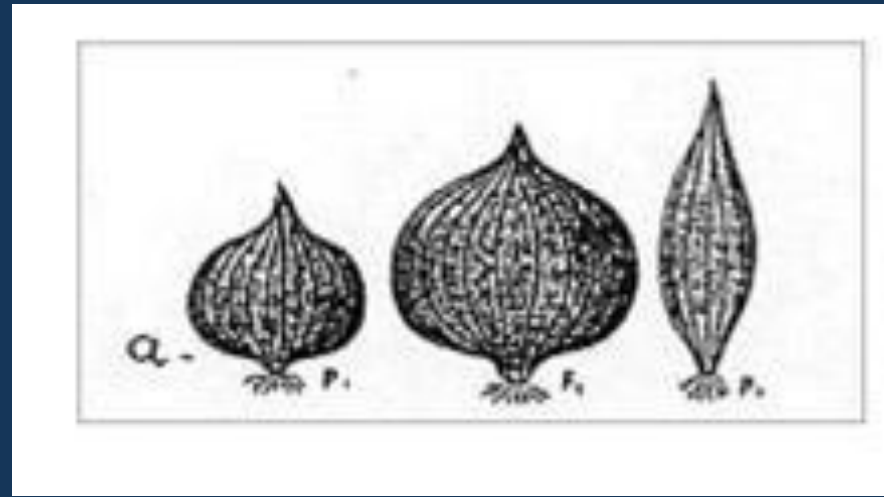
**Variabilité  
génétique**

**Hybridation  
interspécifique**

**Mutagénèse**



Variations chez le Chou sous l'effet de la culture



## 2- Evolution dans les populations naturelles et syndrome de domestication

Les **végétaux** ont évolué en atteignant des niveaux croissants de complexité, depuis les premières algues, en passant par les bryophytes, les lycopodes et les fougères, jusqu'aux complexes gymnospermes et angiospermes actuels

l'évolution est un processus qui concerne une population dans son ensemble et non pas un individu donné. **C'est l'expansion de ces phénotypes au sein d'une population qui constitue une évolution.**

### **EXEMPLE**

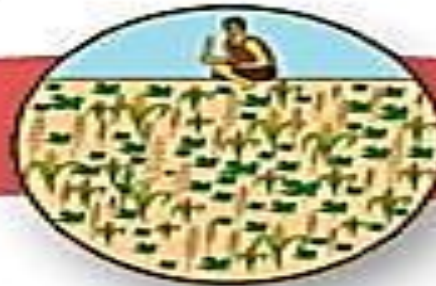
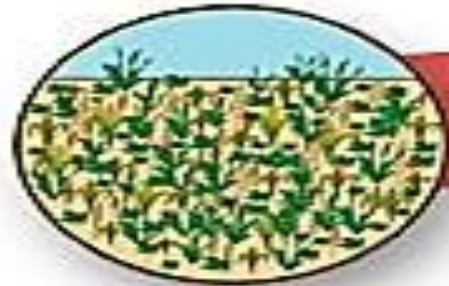
L'évolution la plus récente est celle des graminées, groupe qui est devenu important au milieu du Tertiaire, il y a environ 40 millions d'années. Les graminées, comme de nombreux autres groupes, ont créé de nouveaux mécanismes métaboliques pour survivre au taux relativement faible de CO<sub>2</sub> ainsi qu'aux conditions sèches et chaudes des régions tropicales au cours des 10 derniers millions d'années



# Syndrome de domestication

Il y a 10 000 ans  
hétérogénéité des cultures

Cueillette des  
espèces intéressantes



**DOMESTICATION  
DES ESPÈCES**

Choix d'une population  
et semis des plus belles plantes  
Sélection intrapopulation



**AMÉLIORATION  
DE POPULATIONS**



Maîtrise des techniques  
d'amélioration des plantes  
Semis d'une variété

Début de l'agriculture  
Semis de populations  
très hétérogènes

**CRÉATION  
DE VARIÉTÉS**



Homogénéité  
des variétés  
et maîtrise des  
techniques culturales





k5526663 www.fotosearch.com

## Un exemple de la domestication Maïs



Teosinte



Maize

Le maïs résulterait de la **domestication** du téosinte par l'homme.

# Chapitre 2: Variation génétique et amélioration des plantes

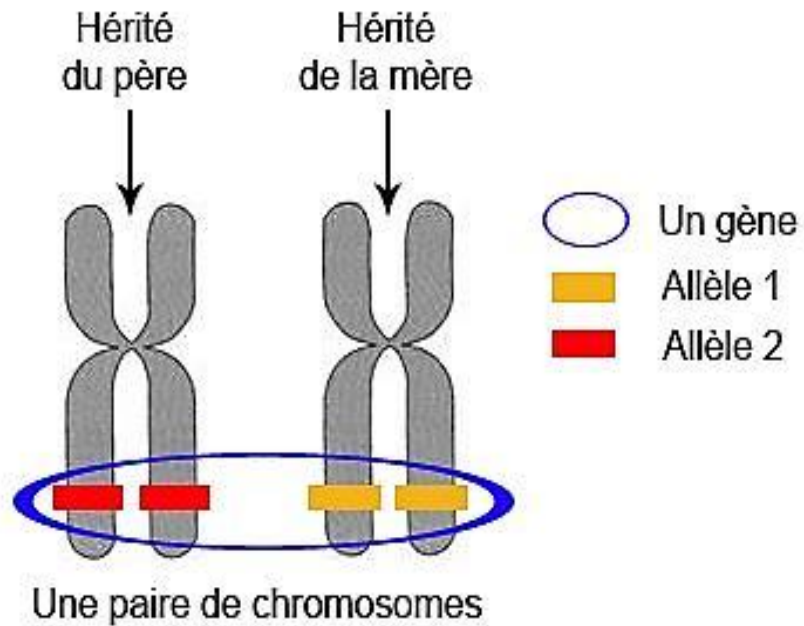
**2-1 Génétique Mendélienne et hérédité quantitative**

**2-2 Mutation génétique**

**2-3 Variations chromosomiques**

**2-4 Incompatibilités et stérilité male**

## 2-1 Génétique Mendélienne et hérédité quantitative



- La loi 1 :

AA x aa

↓ Aa (F<sub>1</sub> homogène)

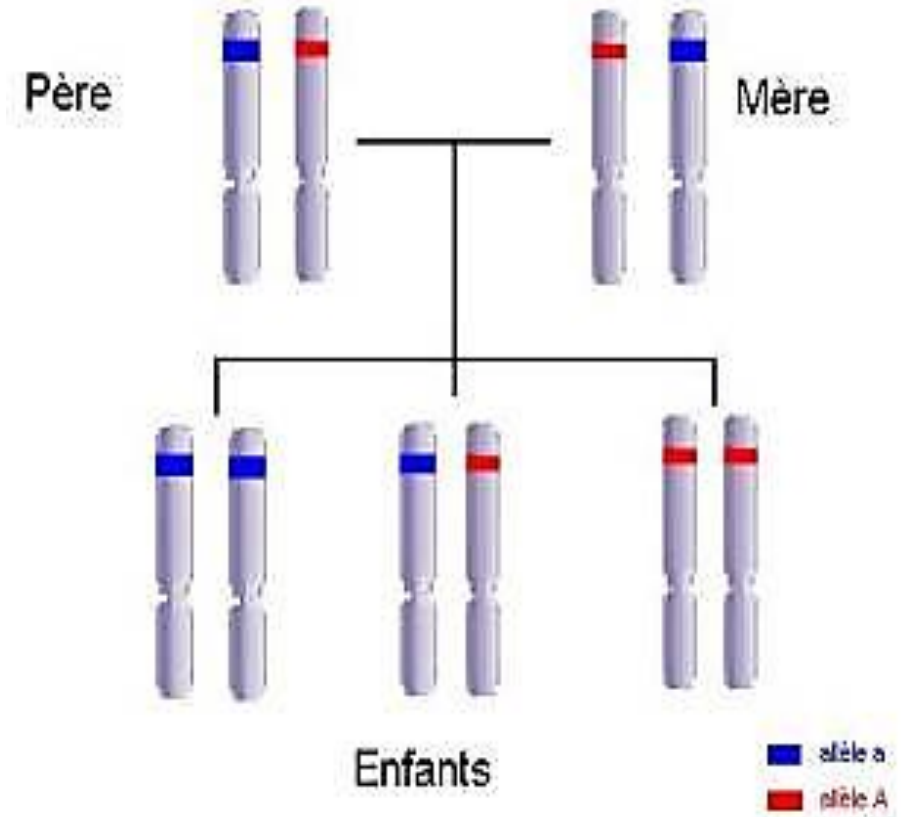
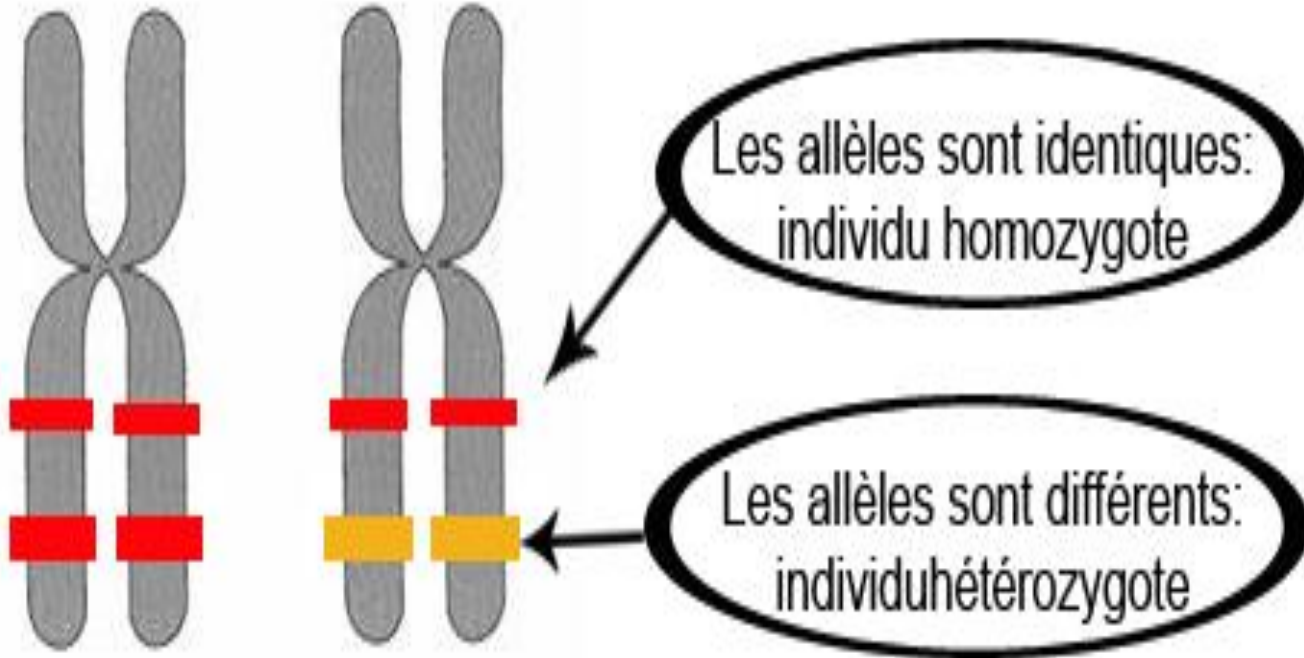
La loi 2:

Aa x Aa

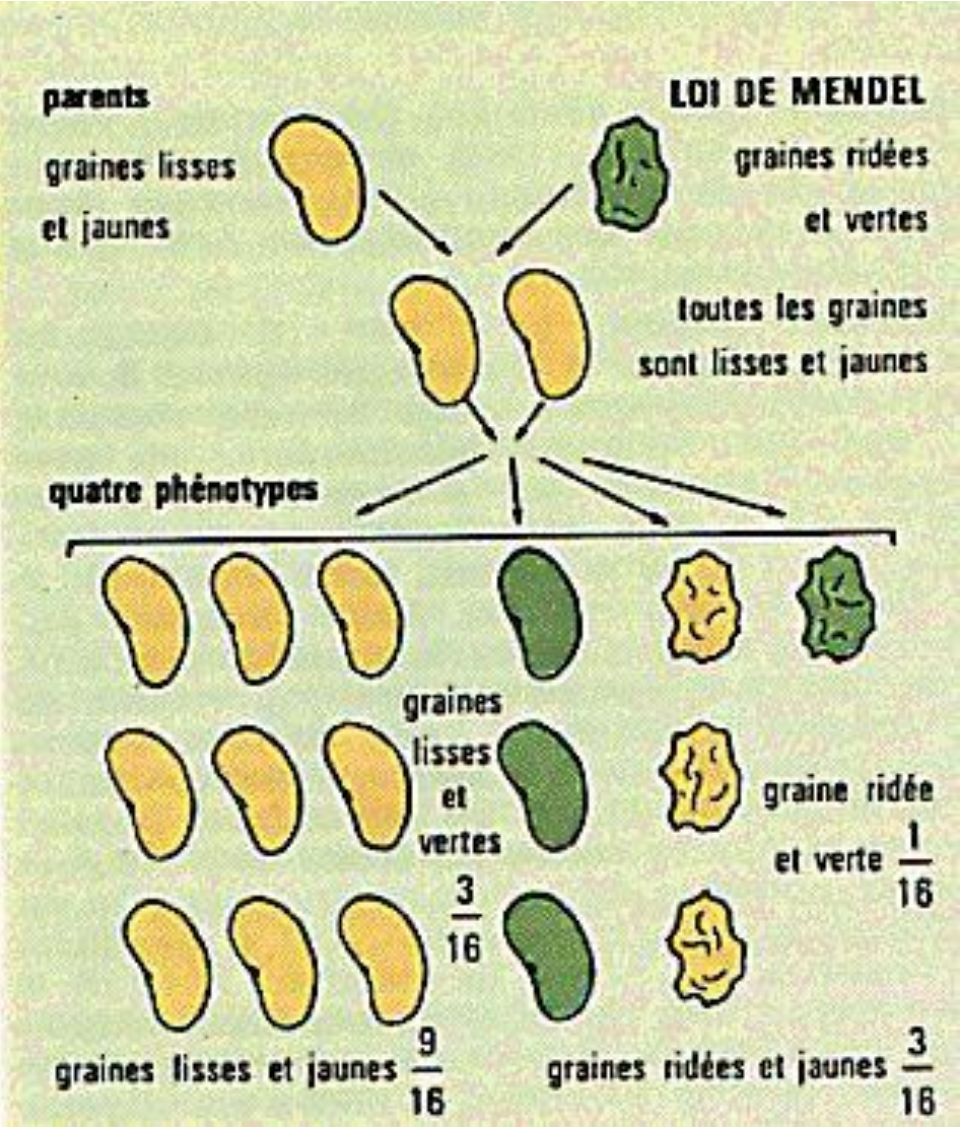
AA - ↓ 2Aa - aa (F<sub>2</sub>)

( la pureté des gamètes et l'apparition de caractère dominant et récessif)

# Lois de distribution des caractères héréditaires : analyse mendélienne



# Di hybridisme : 9-3-3-1



# Gène multi allélique (série d'alleles)

Exemple : le système ABO chez l'homme

On a 3 allèles :

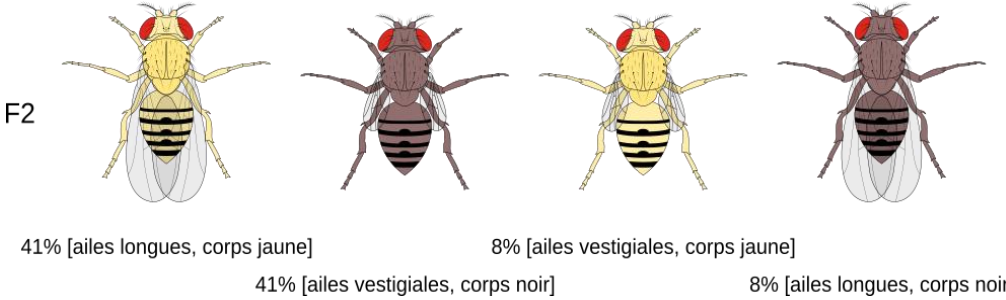
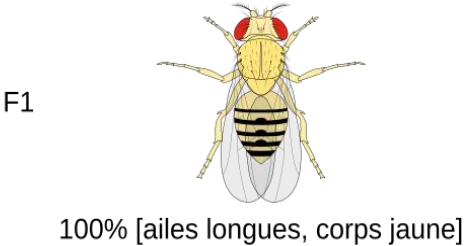
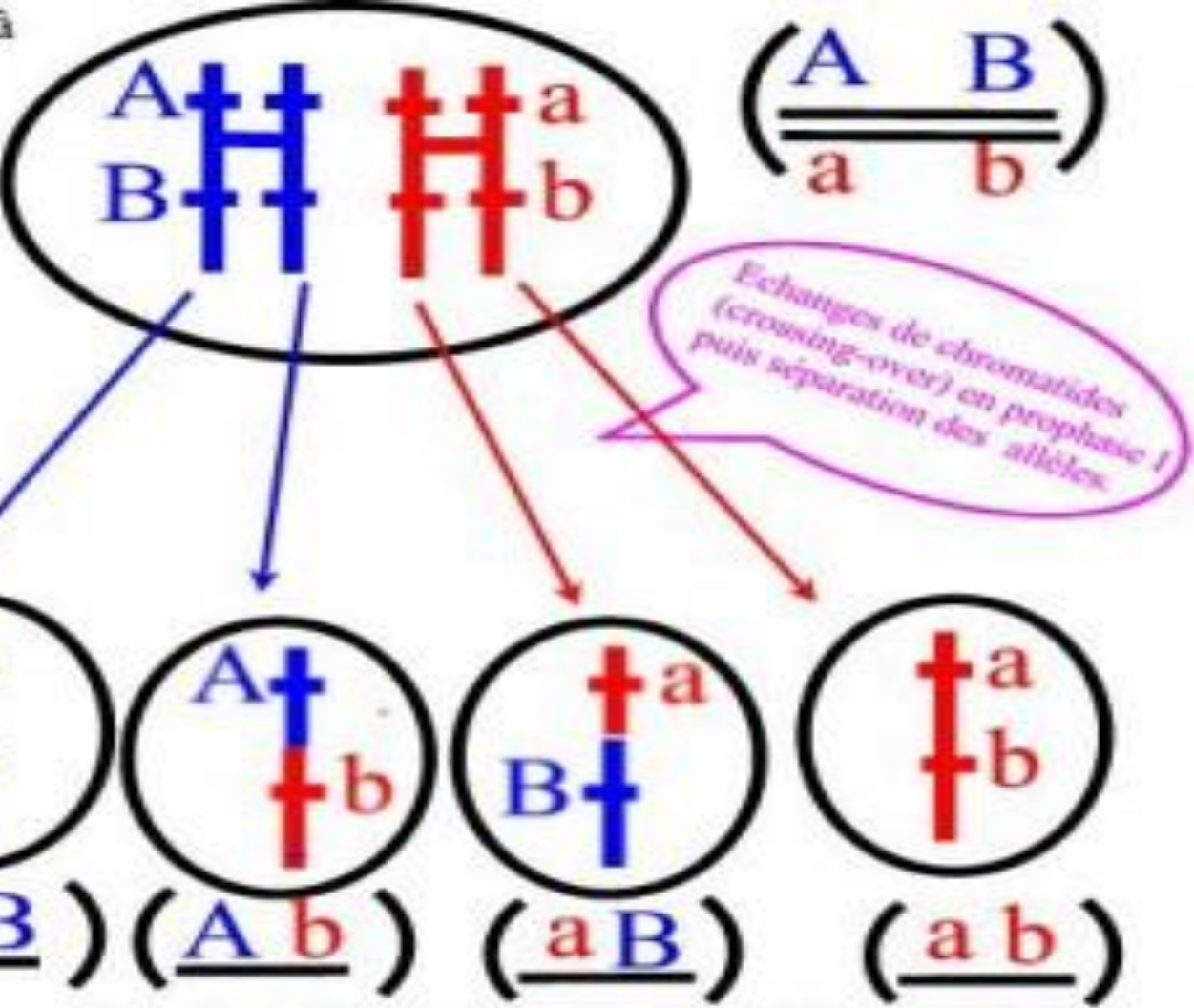
I<sup>a</sup> ⇒ la synthèse de l'antigène A à la surface des globules rouges

I<sup>b</sup> ⇒ la synthèse de l'antigène B à la surface des globules rouges

i ⇒ aucune synthèse d'antigènes

# La liaison génétique (1/4, 1/4, 1/4, 1/4)

Cellules à l'origine des gamètes



**distance génétique entre deux loci=**

**Fréquence de recombinaison (FR)= % des gamètes recombinés= nombre de gamètes recombinés x 100 / nombre totale de gamètes**



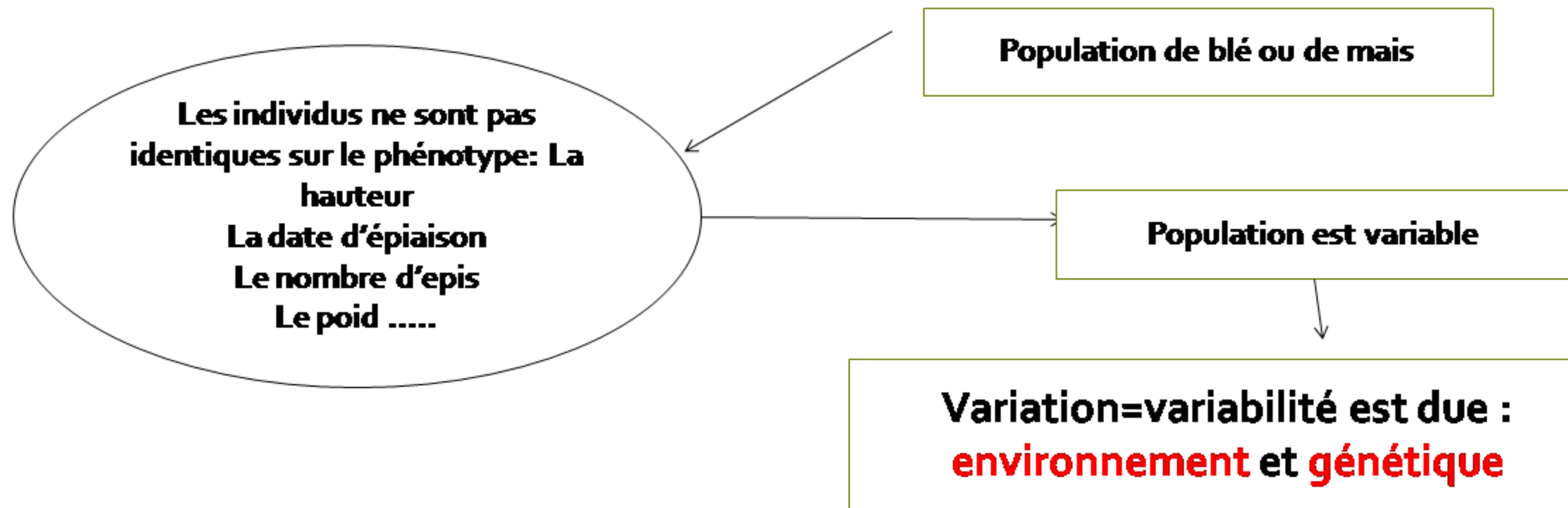
**Identification de trois gènes liés à l'apparition des migraines**



## 2-1 hérédité quantitative

La **génétique quantitative** est la génétique des caractères qui peuvent donner lieu à des **mesures**, que ce soient des caractères à variation continue ou discontinue, c'est-à-dire résultant de plusieurs facteurs génétiques

### SOURCES DE LA VARIABILITÉ



**Variabilité due à l'environnement (VE)**

**FACTEURS**



La température, eau, les insectes, les agents pathogènes le photopériodisme, la fertilisation la lumière, le type de sol, la direction et la vitesse du vent, les engrais.....o

**Variabilité génétique (VG)**



Différents génotypes AA-Aa-aa .....au sein d'une population.  
Différents gènes .....

# Notion de L'héritabilité

1. L'héritabilité est le degré pour le quel la variabilité d'un caractère **quantitatif** est transmise a la génération
2. L'héritabilité est la fraction de la **sélection différentielle** qui peut être gagné par sélection

La sélection différentielle est le **gain maximum qu'on peu faire par sélection**

$$SD = \overline{XS} - \overline{XO}$$

**Exemple:**

$$XO = 100\text{cm}, XS = 120\text{cm}$$

$$\text{Si } H = 100\% \quad \underline{\hspace{10em}} \quad SD = 20\text{cm}$$

$$\text{Si } H = 50\% \quad \underline{\hspace{10em}} \quad SD = 10\text{cm}$$

$$P = G + E \longrightarrow G = A + I \longrightarrow P = G + E$$

P = Valeur phénotypique = Performance

A = Valeur génétique additive de tous les gènes

I = Interactions entre gènes

E = Effets du milieu

Conséquences sur l'amélioration des plantes (performances):

Pour améliorer la **performance P**, on peut donc agir sur les 3 composantes :

- En agissant sur **A** : on cherche à introduire les meilleurs gènes en sélectionnant les individus à haute valeur génétique : la **SELECTION**.
- En agissant sur **I** : on recherche des interactions positives en utilisant des végétaux parfois différents : le **CROISEMENT**
- En agissant sur **E** : on améliore les conditions de production et de vie de l'espece végétale

## Notion d'héritabilité

Le milieu ayant une action importante sur les performances, il est intéressant d'évaluer la capacité des parents à transmettre leurs gènes à leur descendance : c'est **l'héritabilité**.

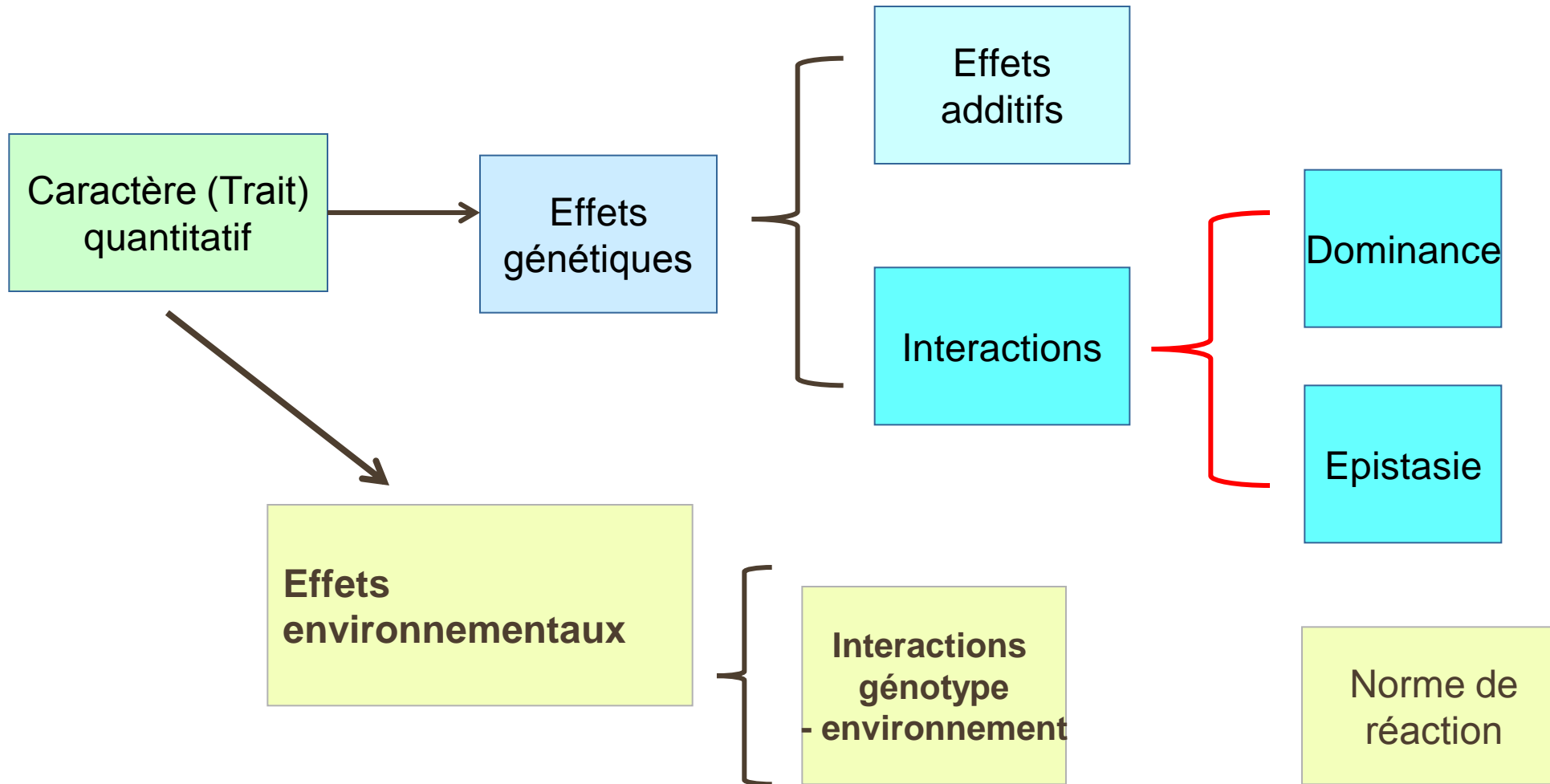
$$- H^2 = \frac{\sigma_G}{\sigma_P}$$

$$H^2 = 1$$

$$H^2 = 0$$

$$H^2 = 1/2$$

# Interactions génétiques



## Remarques importantes sur la notion d'héritabilité

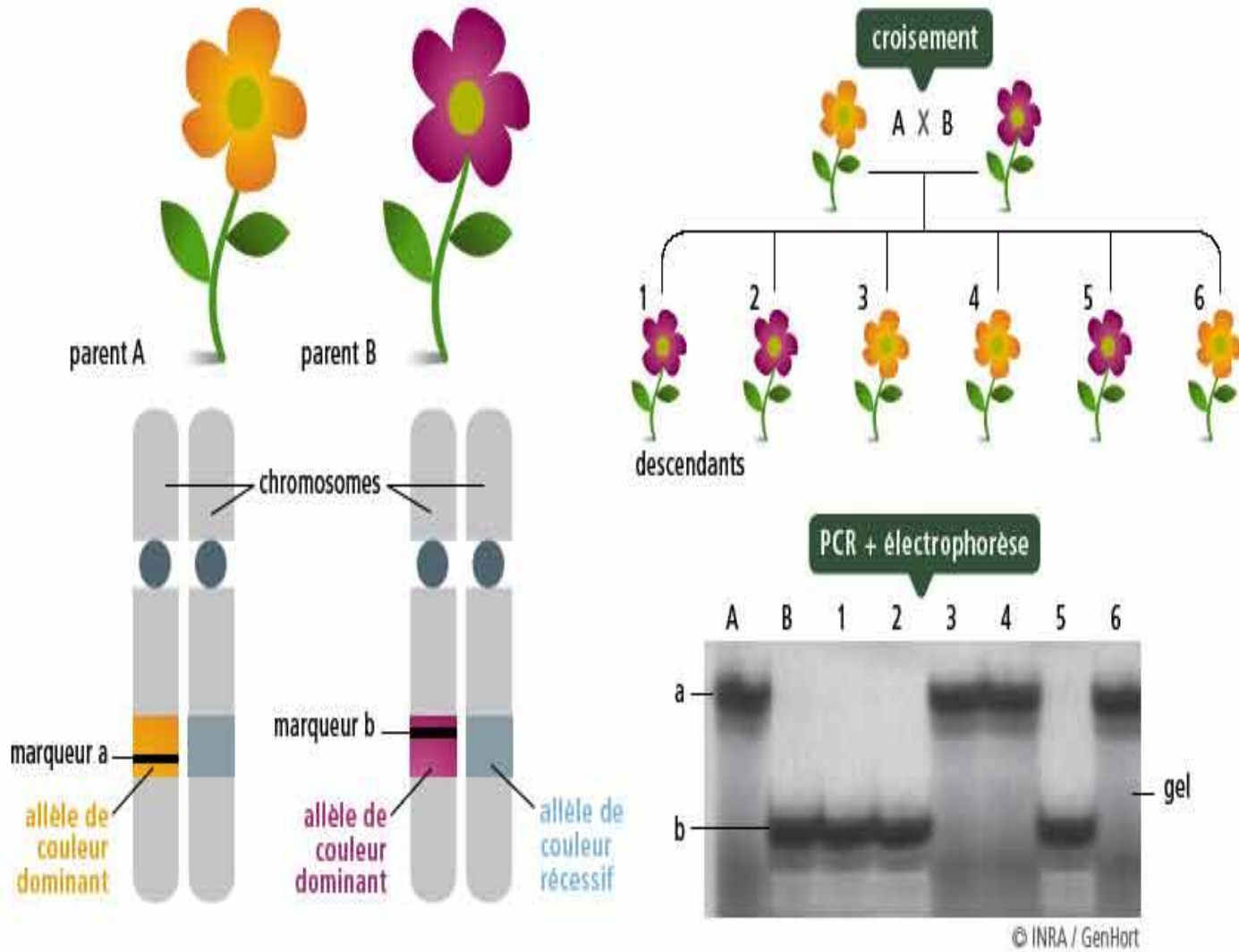
- ❑ L'utilisation de l'héritabilité pour la **sélection**.
  - **L'identification** des facteurs génétiques: analyse du déterminisme génétique de la variation des caractères: la recherche des QTL
- ❑ L'héritabilité d'un caractère est une **notion relative à une population étudiée dans un milieu donné**: ce n'est pas une mesure absolue pour un caractère et une espèce.
- ❑ • Pour une population donnée, **l'héritabilité évolue au cours du temps** en fonction des changements de l'environnement, de l'effet de la sélection, de la perte ou du gain de diversité génétique (mutation, migration)...





# Quelques exemples de caractères à variation continue

- Caractères biométriques
  - Taille des individus, poids, croissance
- Caractères agronomiques
  - Teneur en huile chez le Maïs
  - Nombre de grains par épi de Blé
  - Date de floraison chez le Blé
- Maladies multifactorielles / maladies "monogéniques«
- Caractères impliqués dans l'adaptation
  - Précocité floraison, fertilité, tolérance facteurs du milieu
  -



© RC2C, d'après Fabrique Foucher

**gnis**

## La cartographie d'un gène majeur

**Mise en évidence d'une liaison entre un marqueur et un caractère**  
Exemple de la résistance à la race 1 du mildiou chez le tournesol

Parent homozygote résistant au mildiou **RR**

Parent homozygote sensible au mildiou **rr**

**F1**

**F2**

1/4 **RR**      1/2 **Rr**      1/4 **rr**

Plantes résistantes au mildiou      Plantes sensibles au mildiou

**Technique de l'analyse de ségrégation en mélange**  
Utilisation d'un marqueur moléculaire

Parent résistant **RR**      Bulk résistant **RR ou Rr**      Parent sensible **rr**

Allèle marqueur des plantes sensibles

Allèle marqueur des plantes résistantes

**Le marqueur moléculaire révèle un polymorphisme, il est donc lié au gène de résistance**

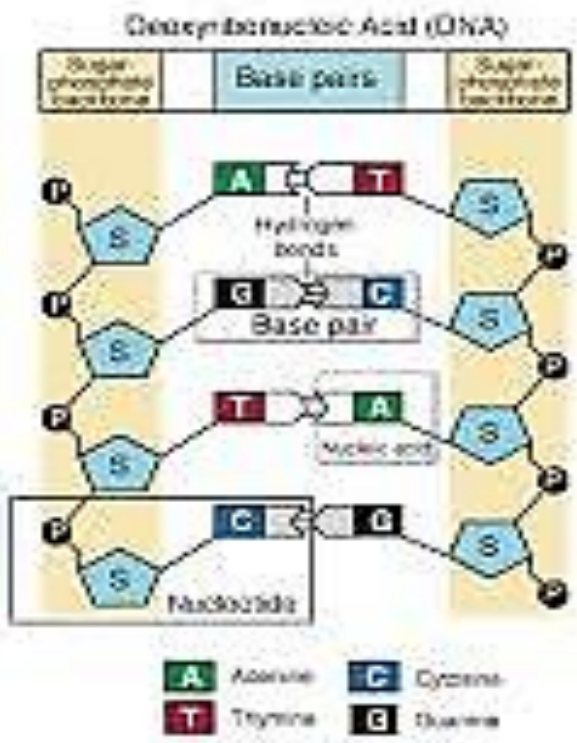
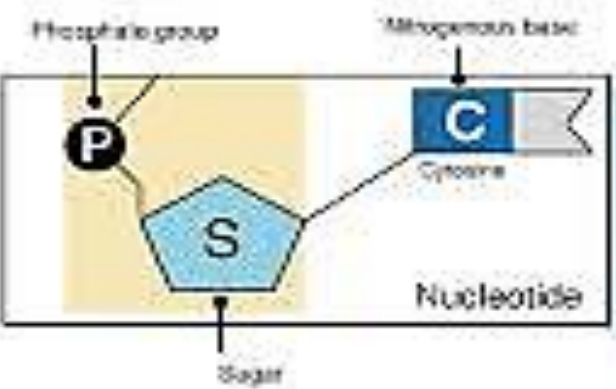
**50**

## Gènes marqueurs et gènes majeurs

# 2-2 Mutation génétique

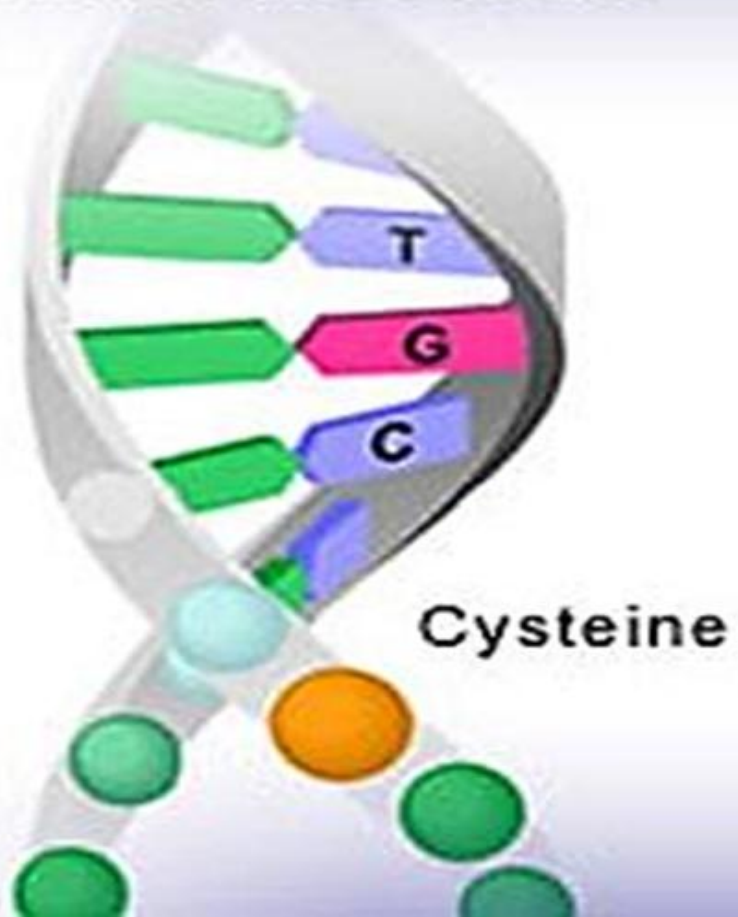
Une *mutation* est une modification rare, accidentelle ou provoquée, de l'information génétique (séquence d'ADN ou d'ARN) dans le génome.

**La mutation héréditaire** est celle où la séquence génétique mutée est transmise à la génération suivante (voir mutations germinales). Elle est l'un des éléments de la biodiversité et l'un des nombreux facteurs pouvant éventuellement participer dans l'évolution de l'espèce.



Gène :Allèle 1  
↓  
**MUTATION=Changement dans la séquence de nucléotides.**  
↓  
Apparition d'un nouvel allèle du gène : allèle 2

Normal HFE Gene



C282Y Mutation



# Différents types de mutation

**1- Les mutations chromosomiques**: correspondent à des cassures ou des remaniements de chromosome. Ces mutations chromosomiques sont visibles au niveau du caryotype.

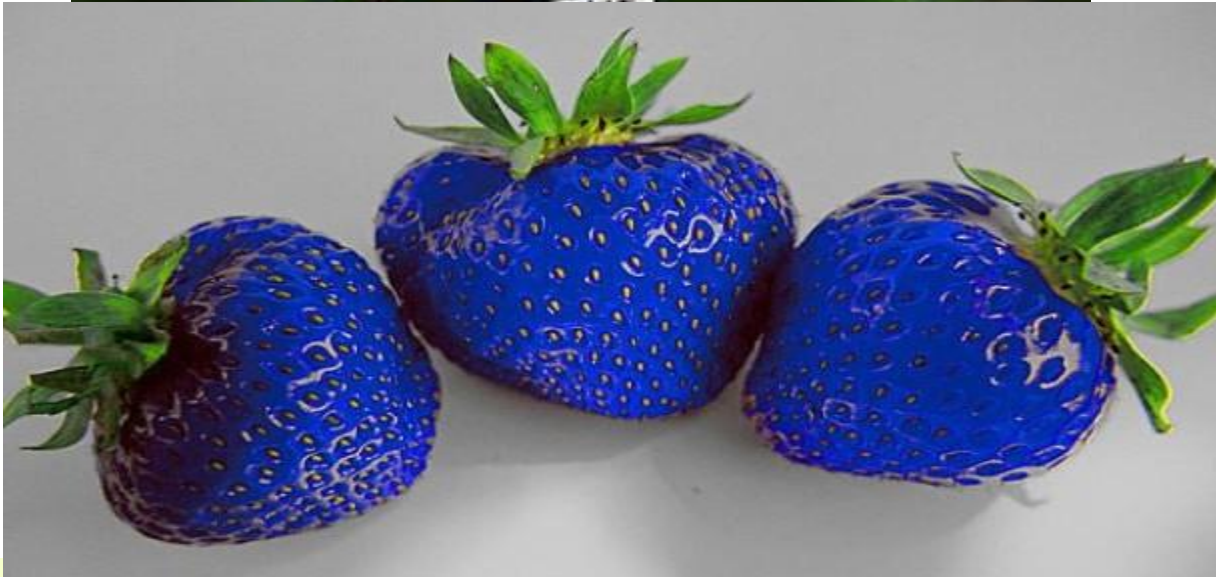
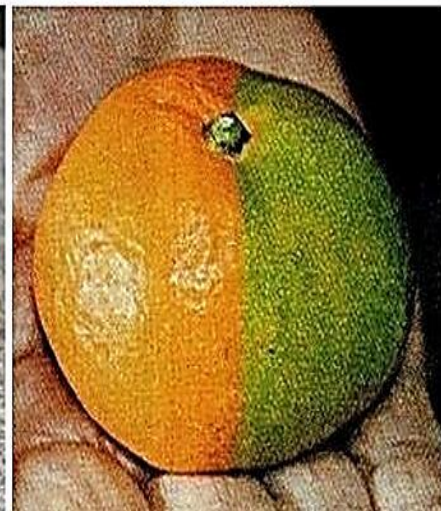
## **2 les mutations géniques**

- **Les mutations ponctuelles**: correspondent à la modification d'une seule paire de bases azotées dans la molécule d'ADN. (Mutation non visible au niveau du caryotype) On distingue 3 types :

**2-1 Mutation par substitution** : Changement d'un nucléotide (d'une base) par un autre nucléotide.  
Ex : groupes sanguins B, thalassémie 1.

**2-2 Mutation par addition** : Insertion d'un nucléotide supplémentaire Ex : B thalassémie 5 (insertion adénine).

**2-3 Mutation par délétion** : Perte d'un ou plusieurs nucléotides. Ex : Thalassémie 8 (délétion CTTT)







**Panachure: feuillage bicolore**



**Fleurs doubles ou semi-doubles**

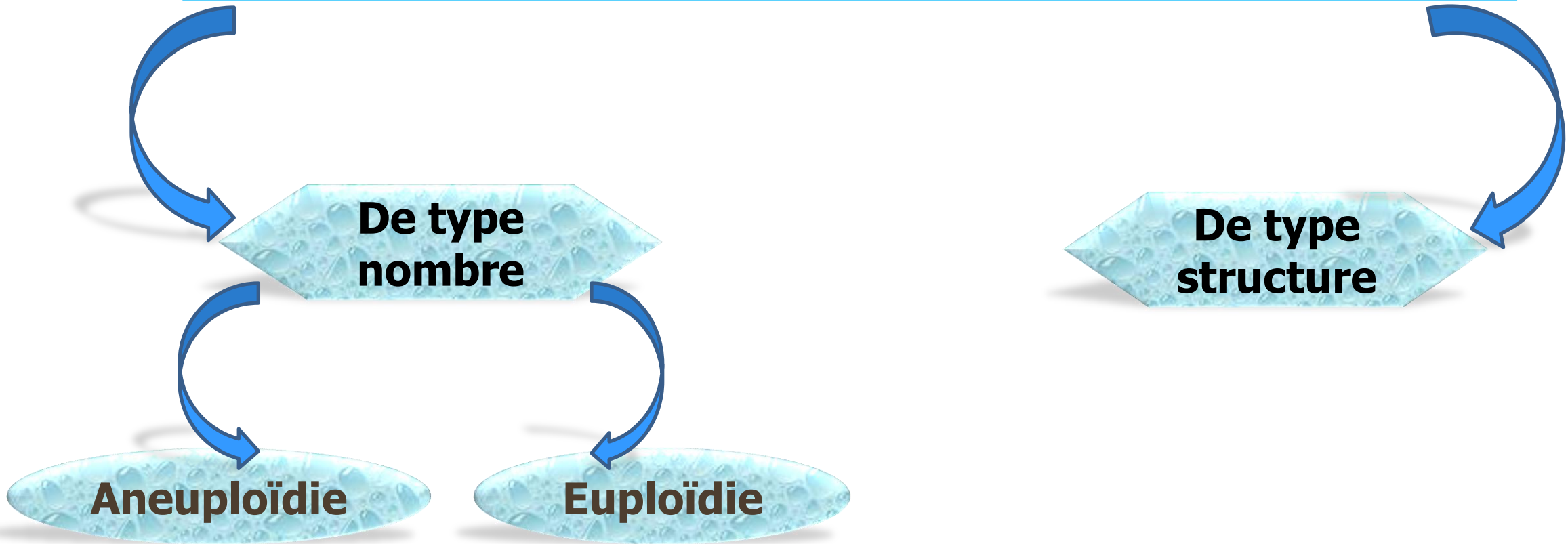


## Mutations et biodiversité

En Chine, dans la province de Lianoning, un petit garçon est né avec 14 doigts et 16 orteils, conséquence d'une mutation génétique selon les chirurgiens (photographie à 6 ans).

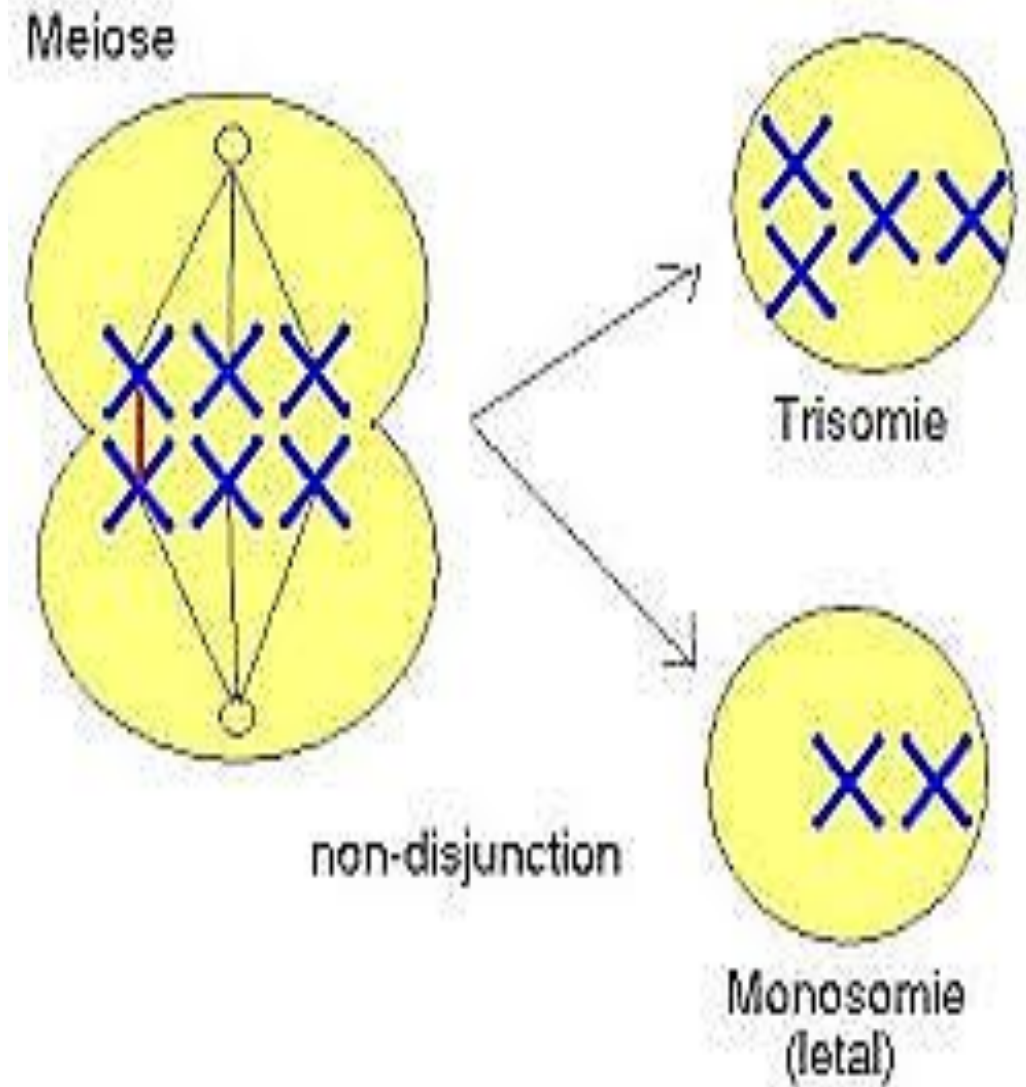


# 2-3 variations chromosomiques



# Aneuploïdie

- $2n - 1$  monosomie
- $2n + 1$  trisomie
- $2n + 2$  tetrasomie
- $2n + 1 + 1$  double trisomie
- $2n - 2$  nullisomie





## La Trisomie 13 et 21

# Une espèce/forme polyploïde contient plus de deux jeux complets de chromosomes

Haploïde  
 $x=5$

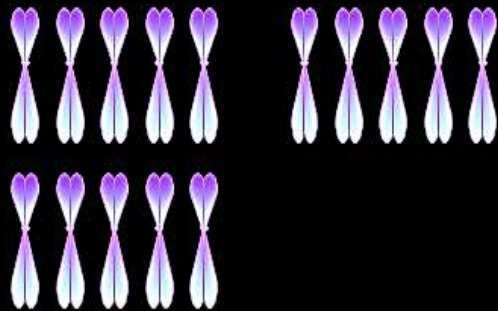


Le nombre de chromosomes de l'organisme est un multiple ( $>2$ ) du nombre chromosomique de base

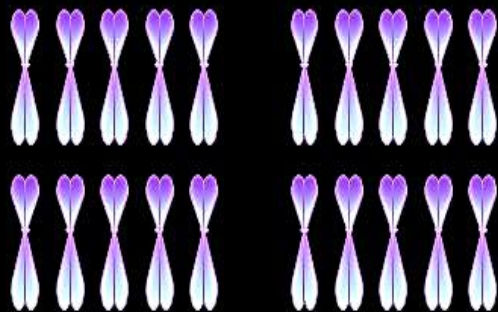
Diploïde  
 $2x=10$



Triploïde  
 $3x=15$



Tétraploïde  
 $4x=20$



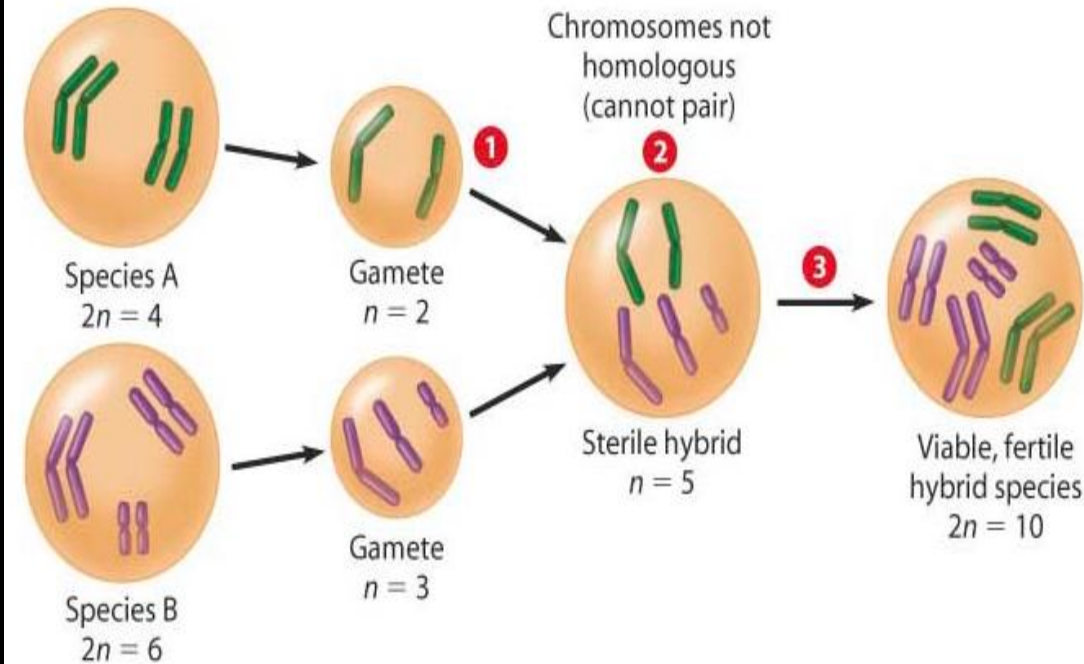
Pentaploïde (5x)  
Hexaploïde (6x)  
Heptaploïde (7x)  
Octaploïde (8x) ...

## Document A - La polyploïdie des plantes



De nombreuses plantes cultivées par l'Homme sont tétraploïdes, c'est-à-dire qu'elles possèdent chaque chromosome en 4 exemplaires et non 2. Les plantes tétraploïdes sont recherchées car elles ont des fleurs et des fruits de grande taille (**doc. 1**). Souvent, ces plantes ont été obtenues artificiellement grâce à l'action d'une molécule extraite de la colchique (une plante herbacée): la colchicine. Le **doc. 2** représente le déroulement d'une mitose en présence de colchicine.

1. La fraise : version tétraploïde et version diploïde.



# Euploïdie

Une euploïdie caractérise une cellule qui possède deux ou plusieurs lots complets de chromosomes ( $2x$ ,  $3x$ ,  $4x$  ..... $nx$ ) un changement dans le nombre de chromosomes implique tout le stocke chromosomique. Cette euploïdie peut aboutir à la **polyploïdisation** (plusieurs niveaux). Ou **polyploïdie**

## A/ **L'autopolyploïde:**

Un organisme autopolyploïde se dit d'un individu qui possède un ou des lots supplémentaires de chromosomes provenant de la même espèce par une véritable multiplication du génome de base comportant  $x=n$  chromosomes.

Diploïdie ( $2n=2x$ ), triploïdie ( $2n=3x$ ), tétraploïdie ( $2n=4x$ ), hexaploïdie ( $2n=6n$ ), octoploïdie ( $2n=8x$ ), décaploïdie ( $2n=10x$ )....

Patate douce :  $2n=6x=90$  chrs (Hexaploïde) (Fig 2).

Maïs :  $2n=4x=20$  chromosomes (Tétraploïde) (Fig 3).

Banane :  $2n=3x=33$  chromosomes (Triploïde) (Fig 4).

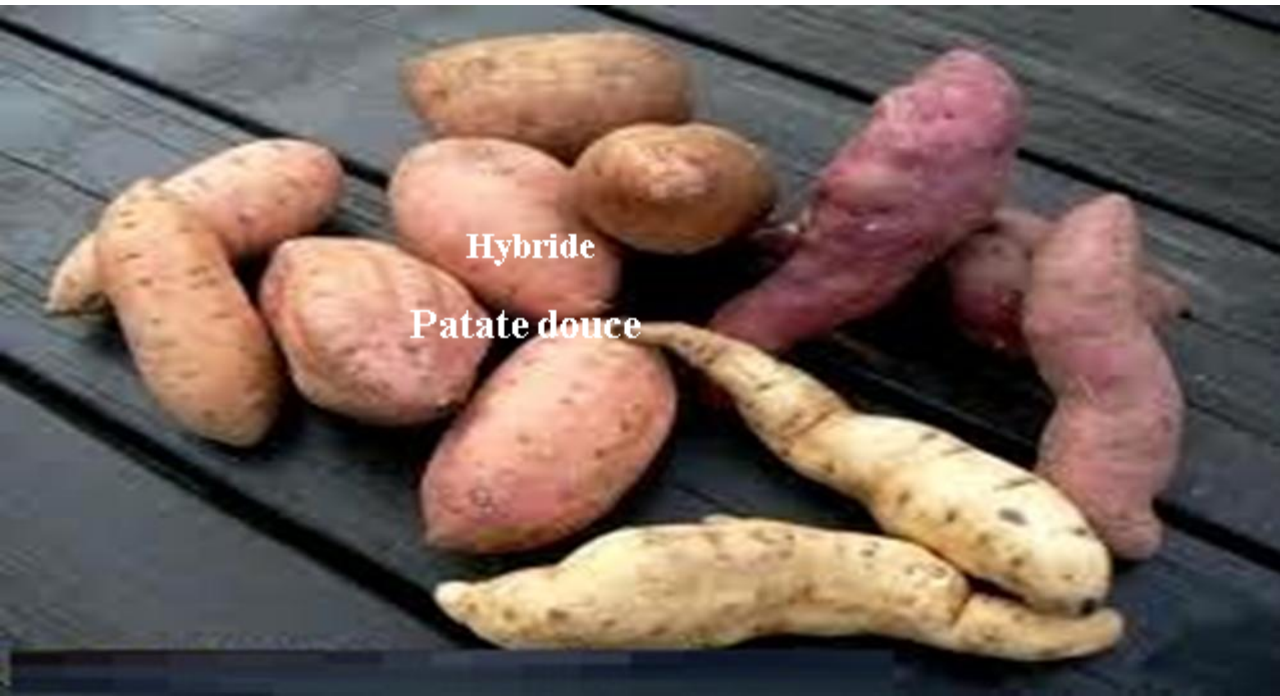


Figure 2: Autohexaploïdie de la patate douce

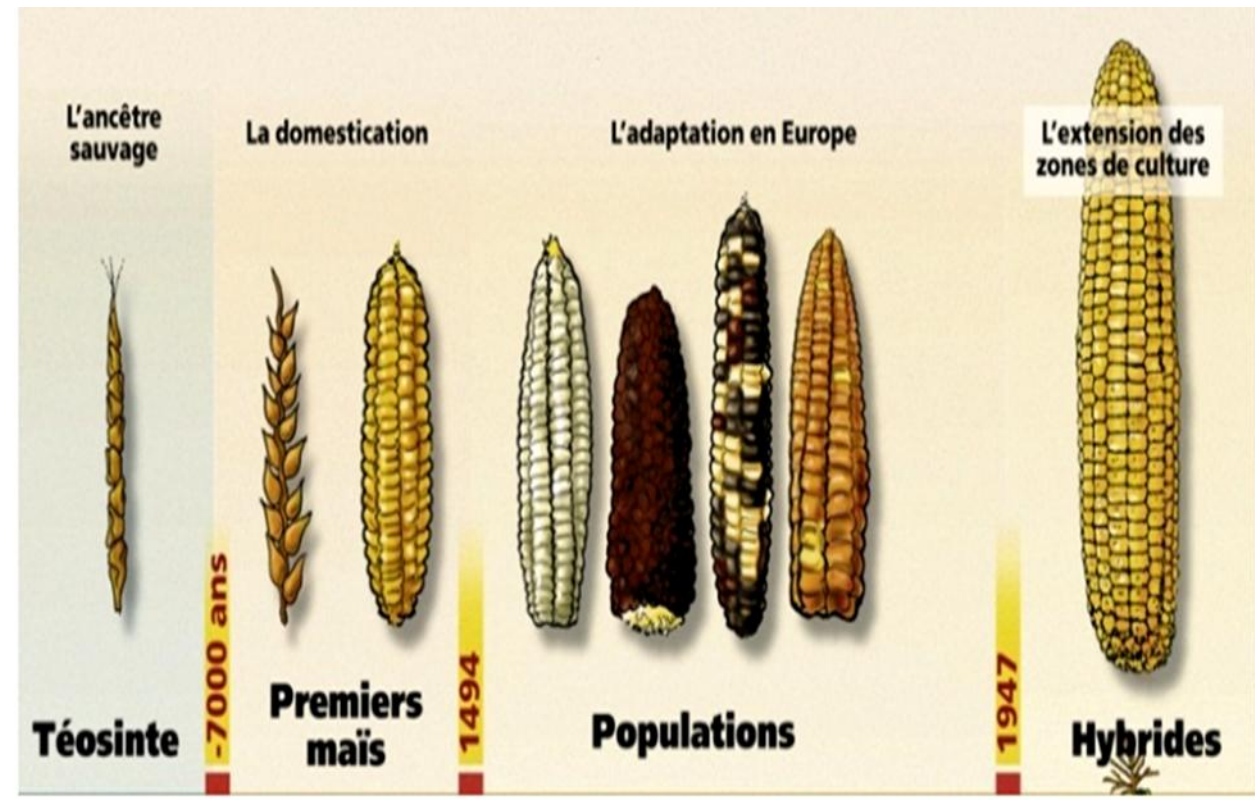
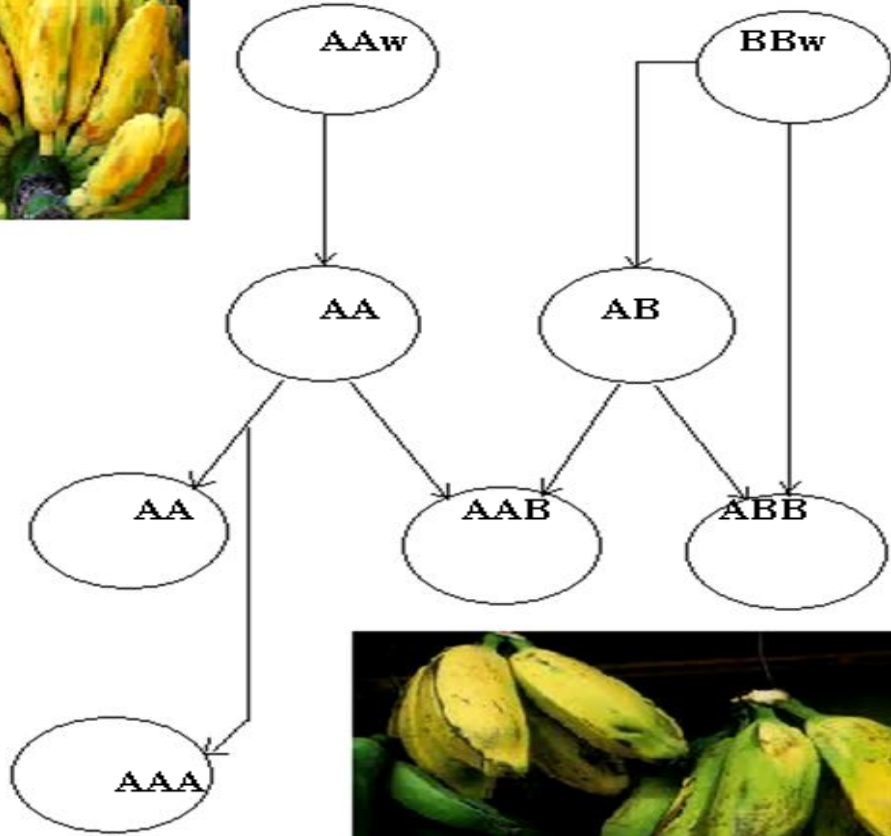


Figure 3: L'évolution de l'Autotétraployploidie chez le maïs.

*Musa acuminata*

*Musa balbisiana*



Cultivars  
Triploïdes  
stérile



Cos de la banane



Banane sauvage  
abondance de pépins, peu de pulpe  
=> Intérêt « alimentaire » limité



Banane cultivée  
peu de pépins, pulpe abondante  
=> Grand intérêt « alimentaire »

Banane sauvage → Formule chromosomique :  $2n = 22$

Banane du commerce → Formule chromosomique :  $3n = 33$

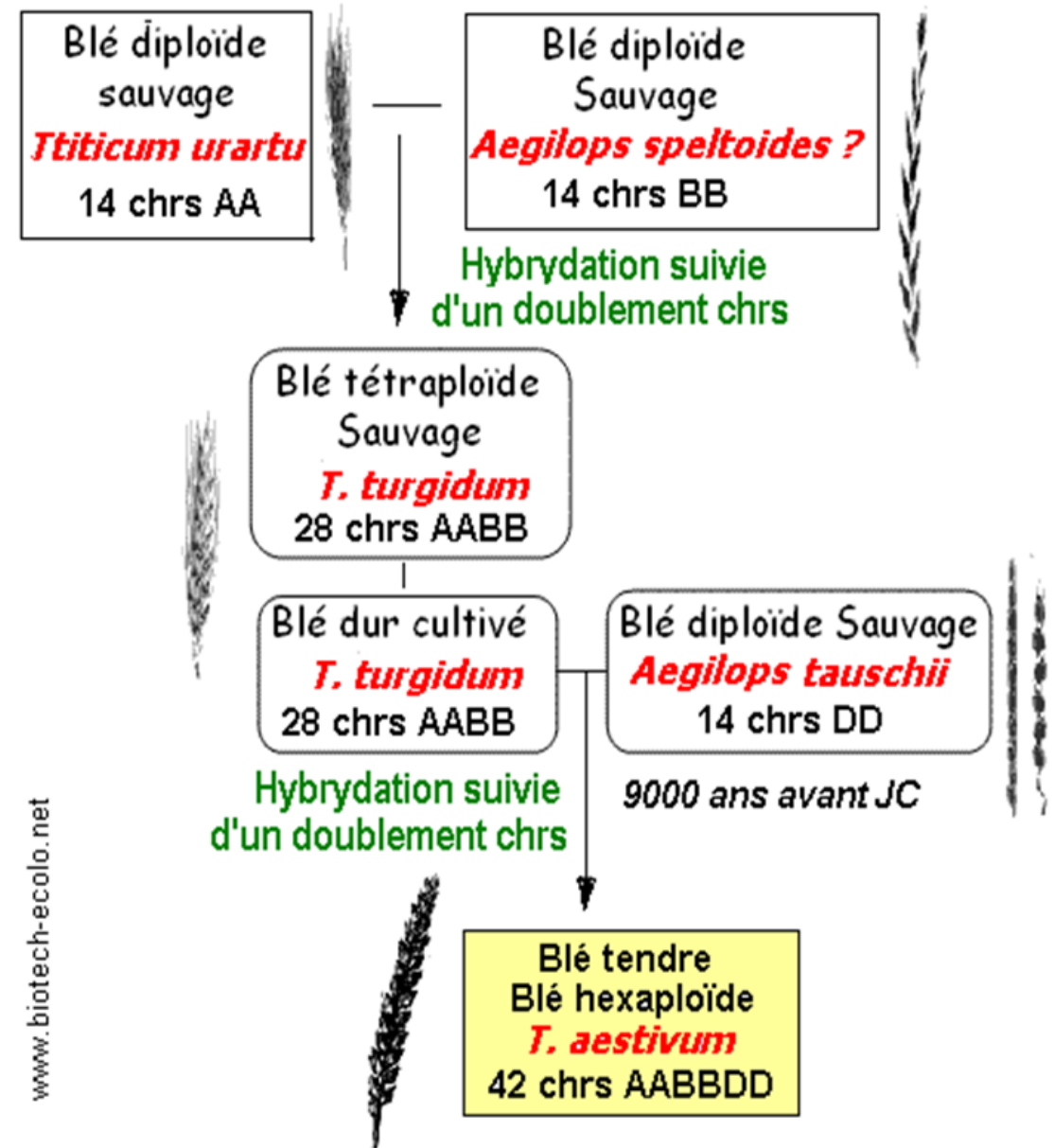
= polyplôidie (triploïdie)

→ Gamète normal  $n = 11$  x Gamète anormal  $2n = 22$

=> Anomalie lors de la méiose

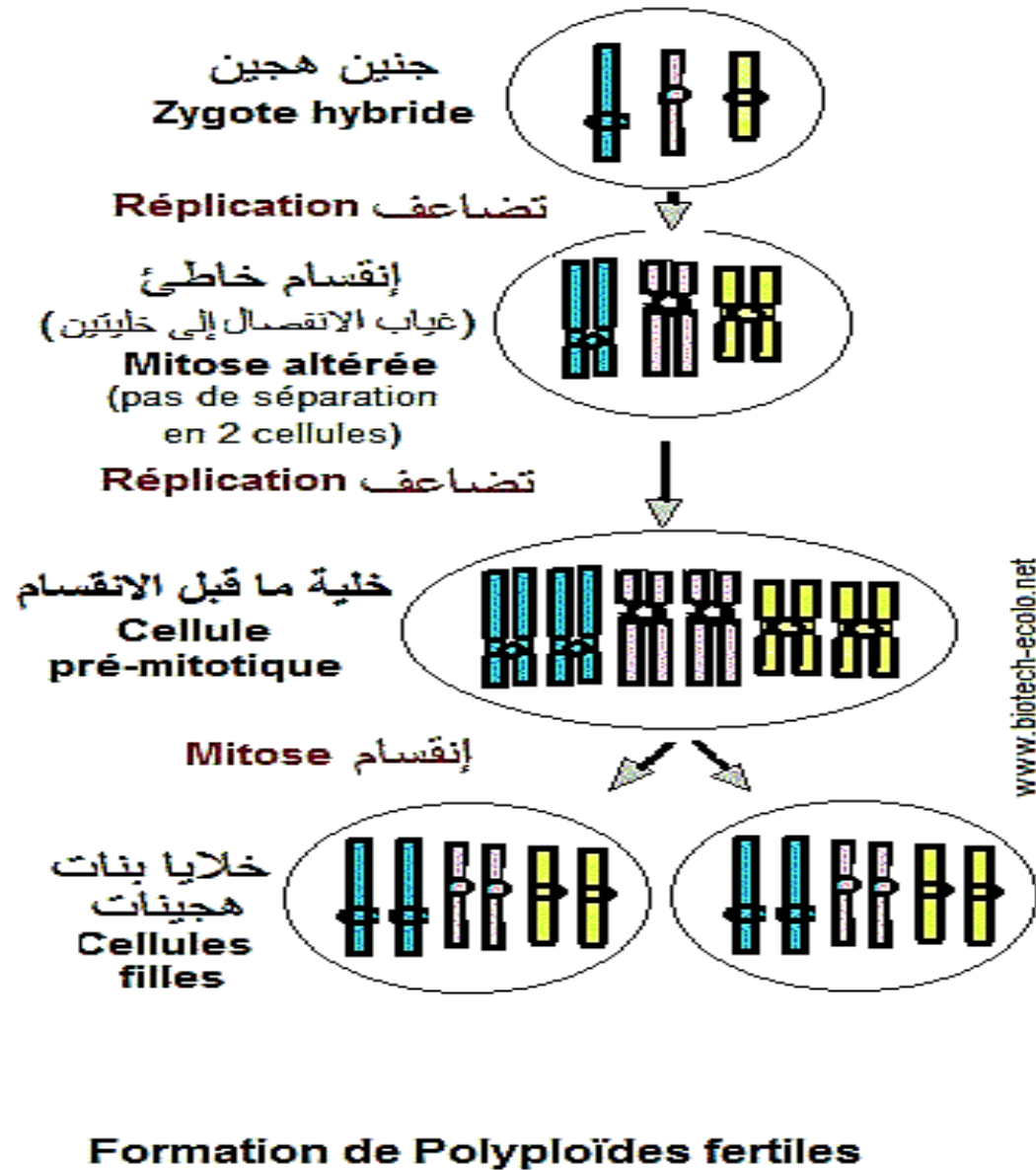
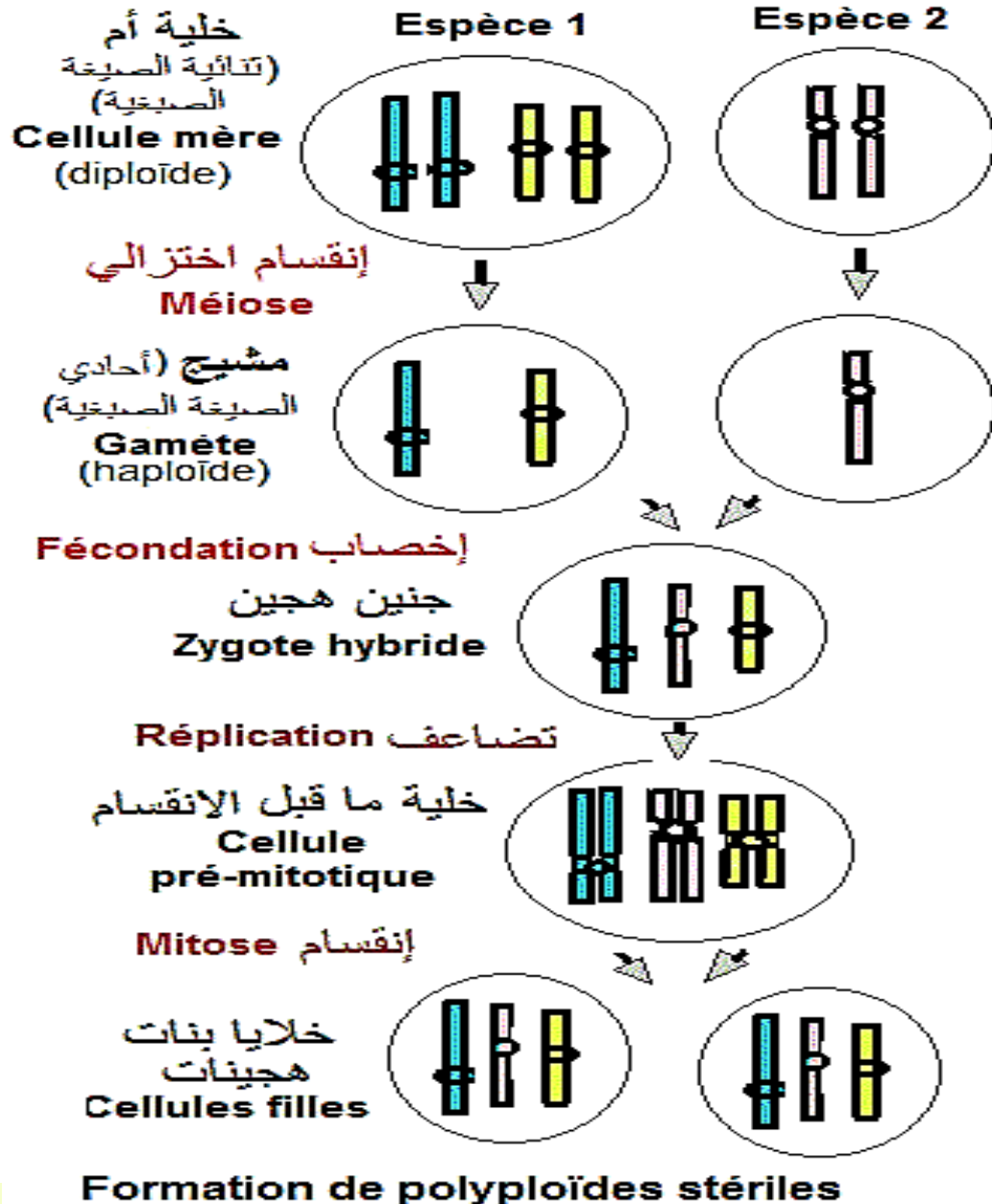
## B/ L'hallopolyploïde:

C'est le doublement des deux stocks chromosomiques différents, juxtaposés dans le noyau d'une seule cellule à l'issue d'un croisement interspécifique de deux espèces proches, appelée aussi amphiploïdie. Une variante courante est l'allotétraploïdie, le cas de l'arachide (*Arachis hypogaea* L.) ( $2n = 4x = 40$ ) issue d'un événement récent d'hybridation entre deux espèces sauvages DD, et l'allohexaploïdie, le cas de l'espèce *Triticum aestivum*, dont sa formule génomique est : AA BB DD (Fig 5).

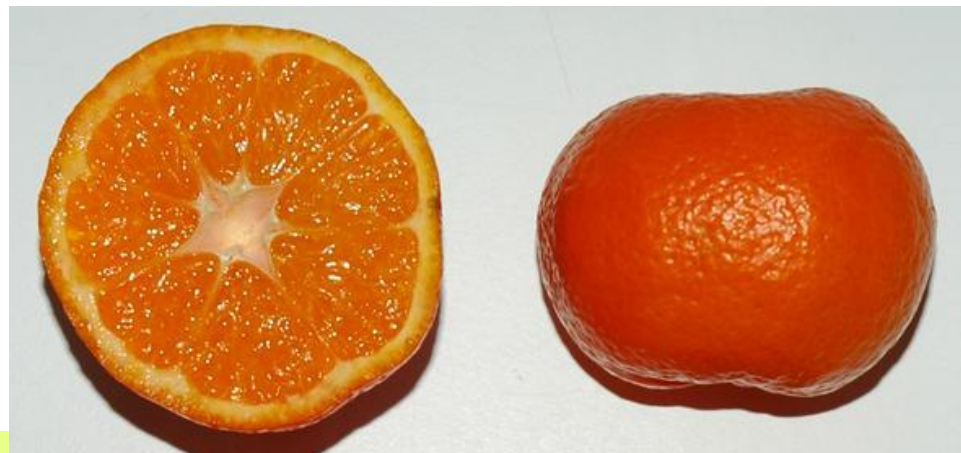


Histoire évolutive du blé تاريخ تطورات القمح

# Les espèces polyploïdes



www.biotech-ecolo.net

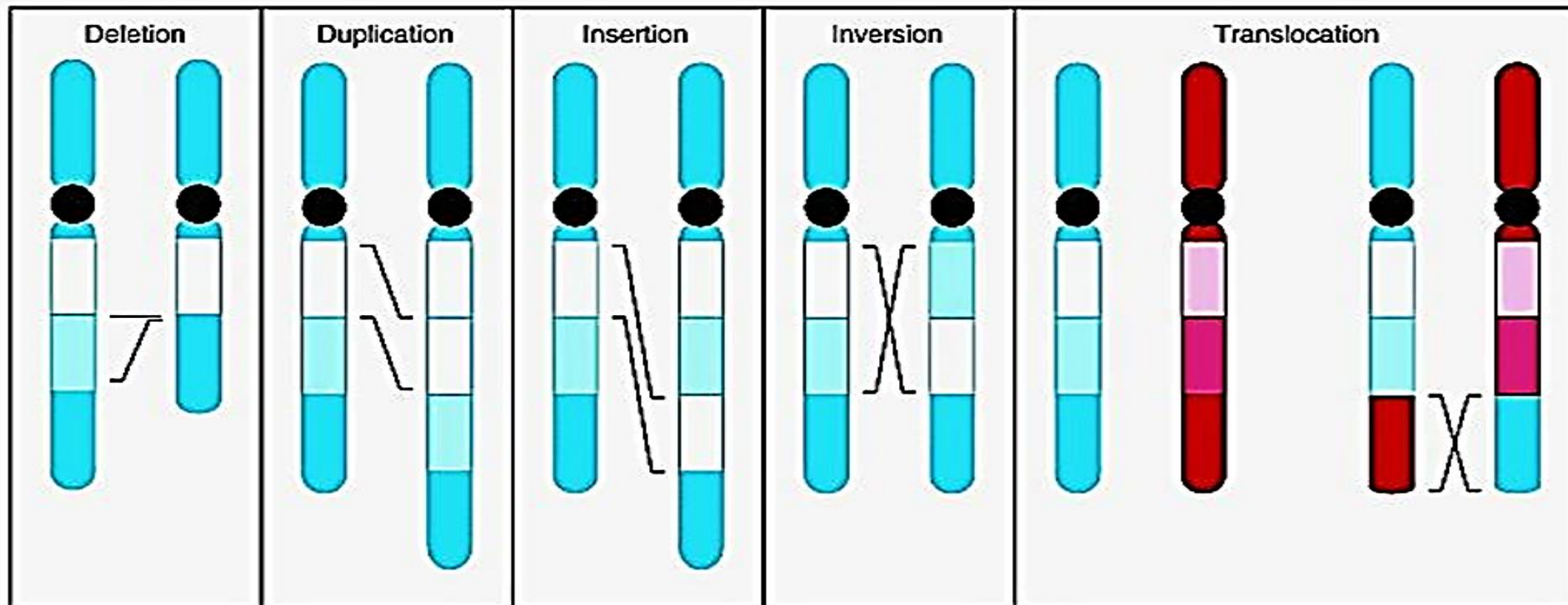


# De type structure

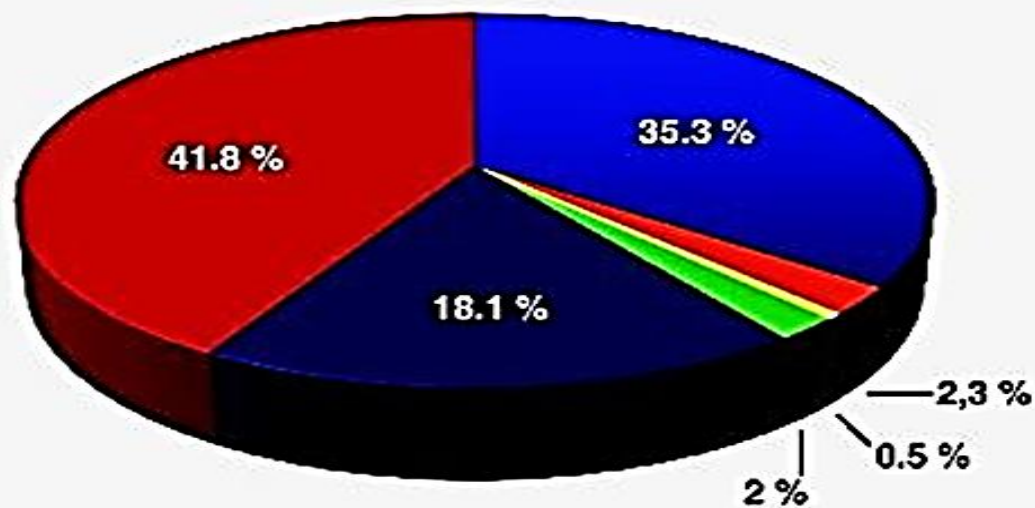
## Les anomalies de Structure

- Les anomalies de structure sont le résultat de cassures des chromosomes durant la méiose.
- Une délétion, une duplication ou la formation d'un isochromosome se traduiront par un phénotype anormal, tandis que l'insertion, l'inversion, ainsi que la translocation peuvent être équilibrées.

(a)



(b)



Key:

- Deletions
- Duplications, triplications and quadruplications
- Insertions
- Inversions
- Translocations
- Complex

