

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

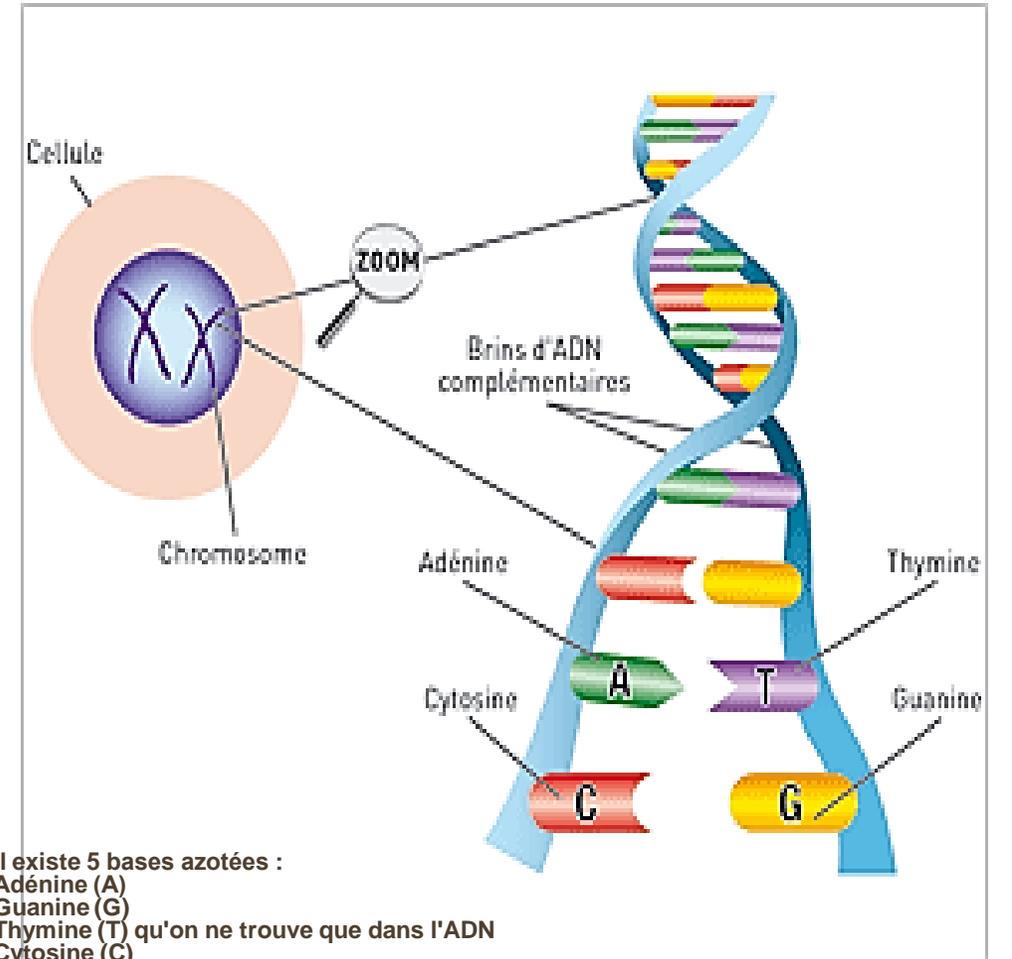
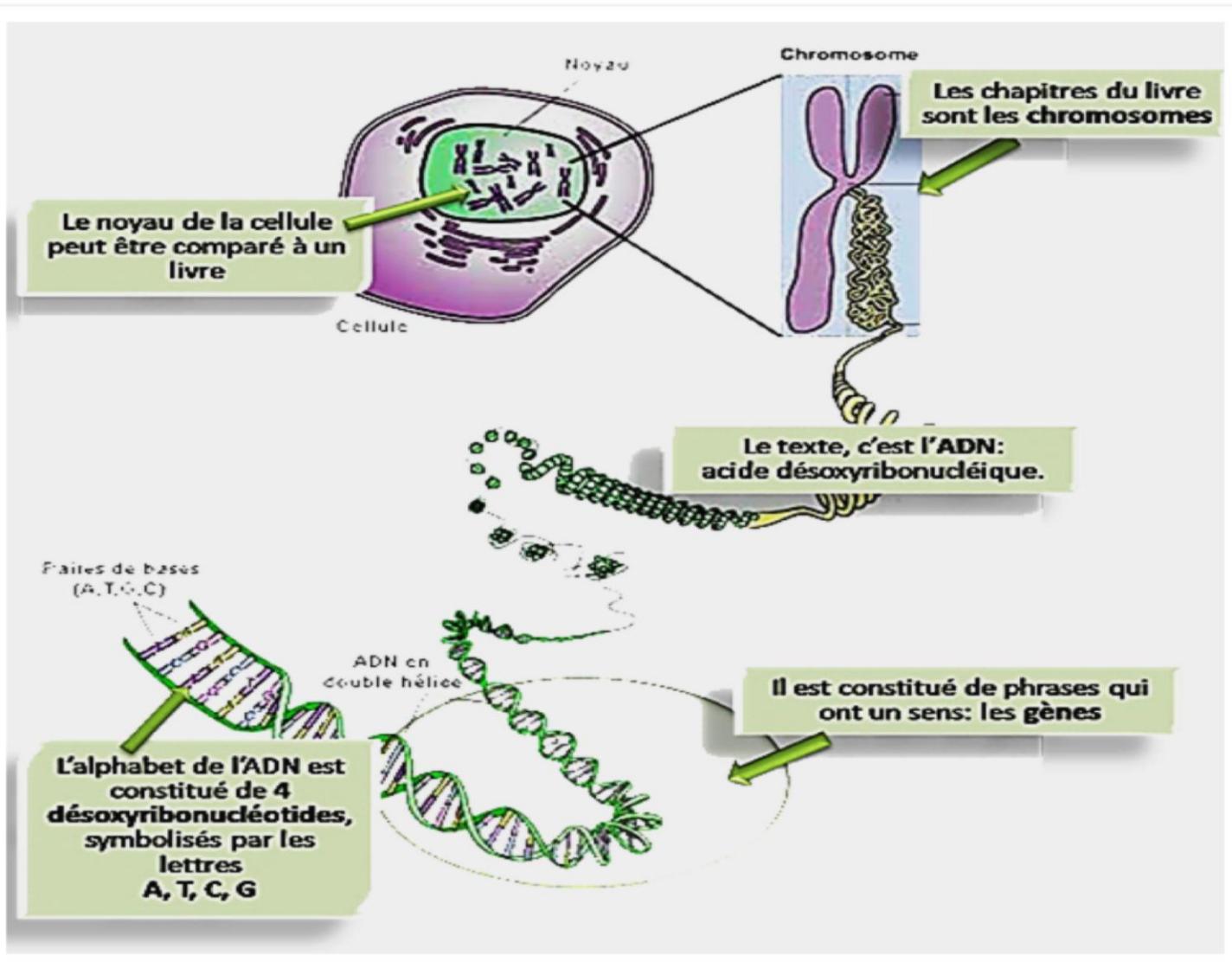
4- Techniques nouvelles de sélection

- 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)

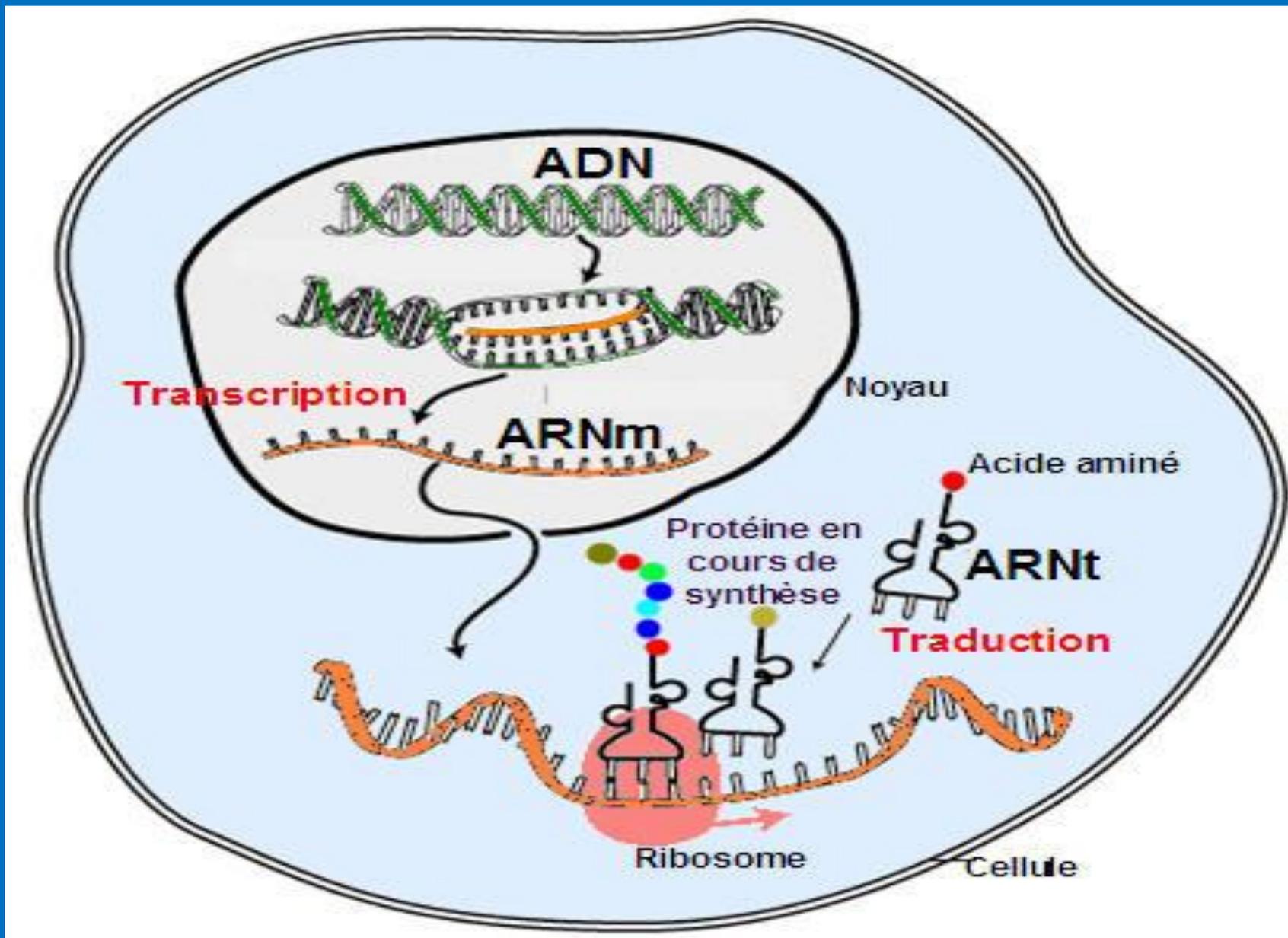
T, C et U sont des pyrimidines (1 cycle)

A et T sont complémentaires

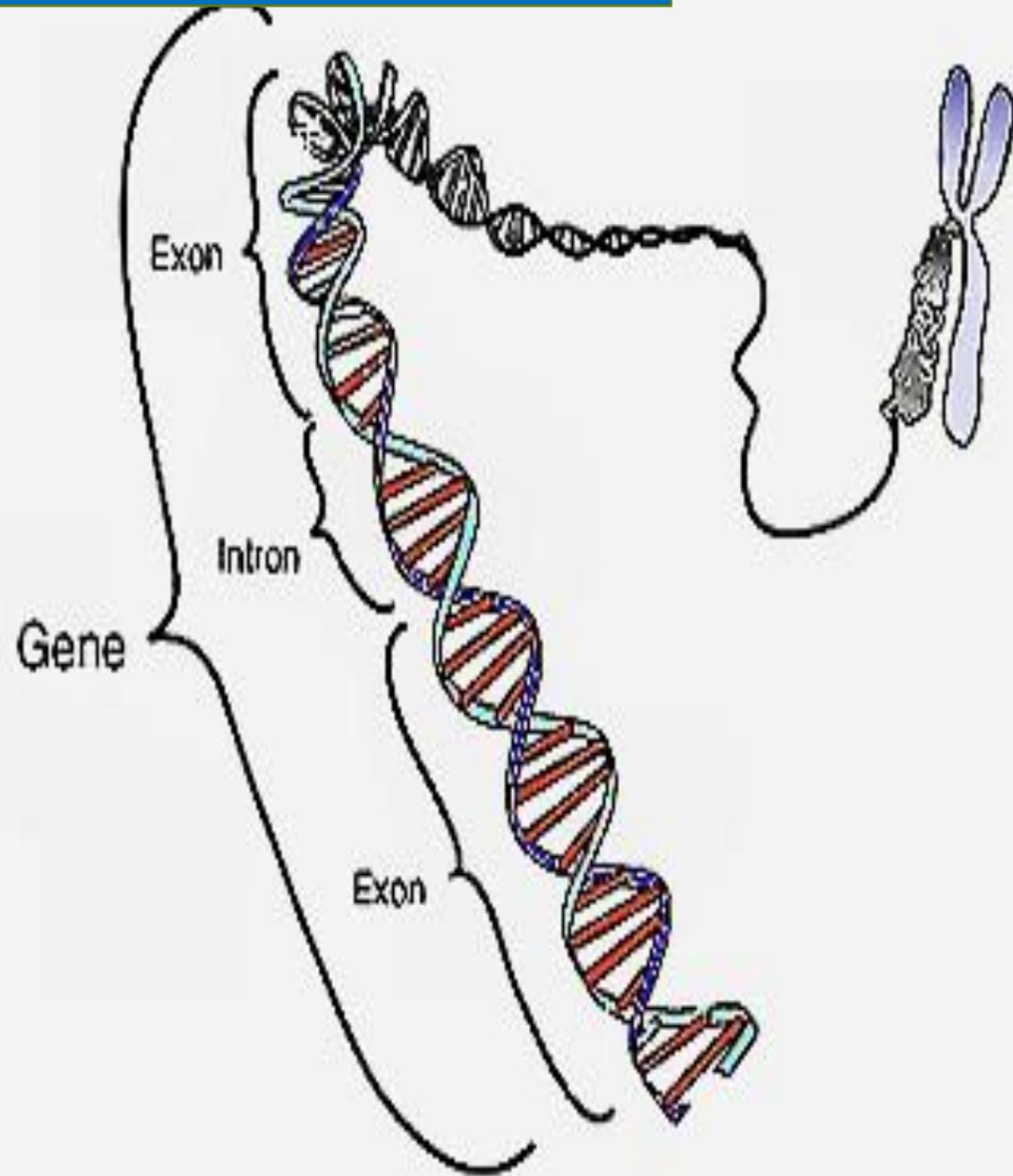
G et C sont complémentaires

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.

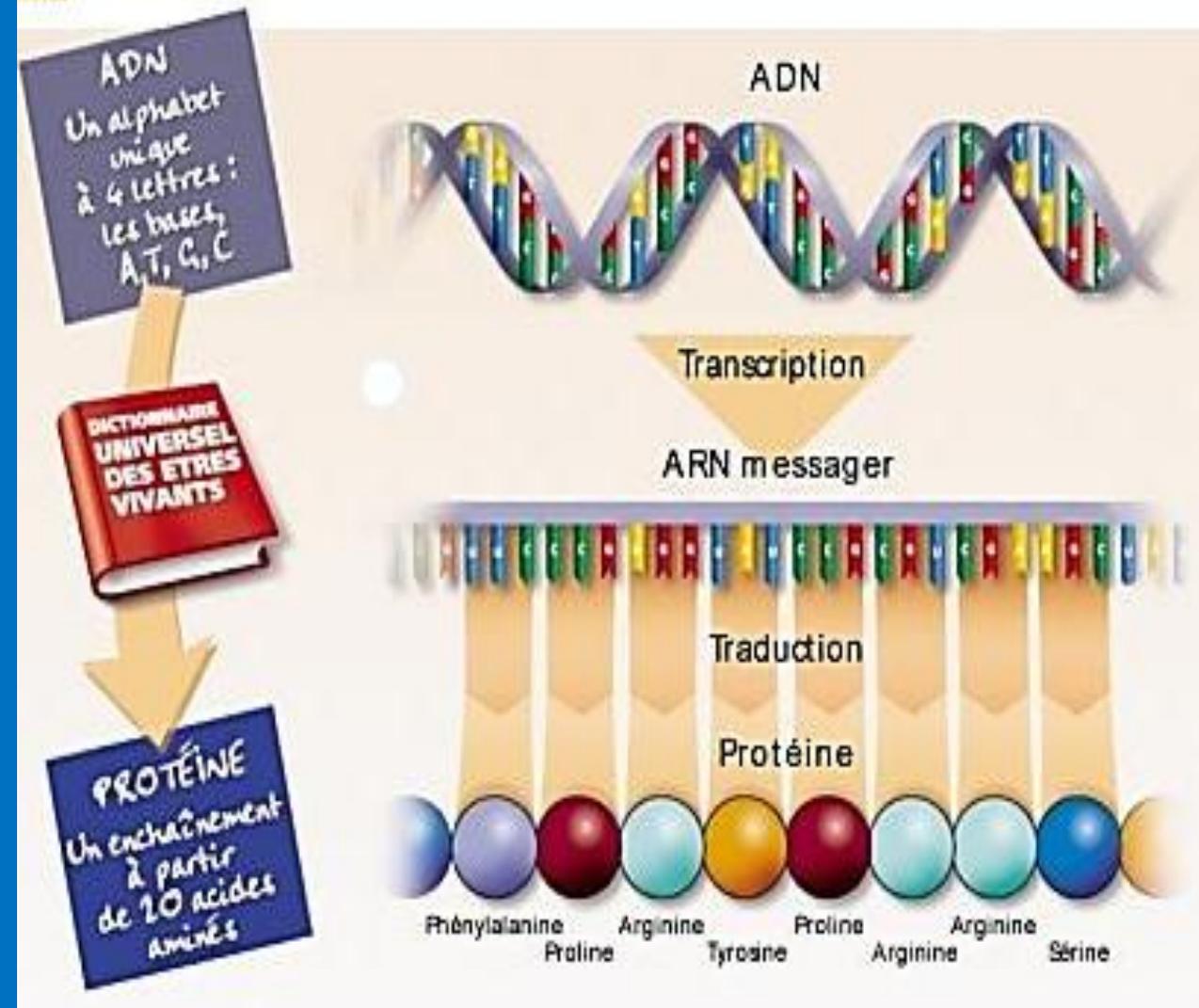


Le gène et ces fonctions



S

Du gène à la protéine

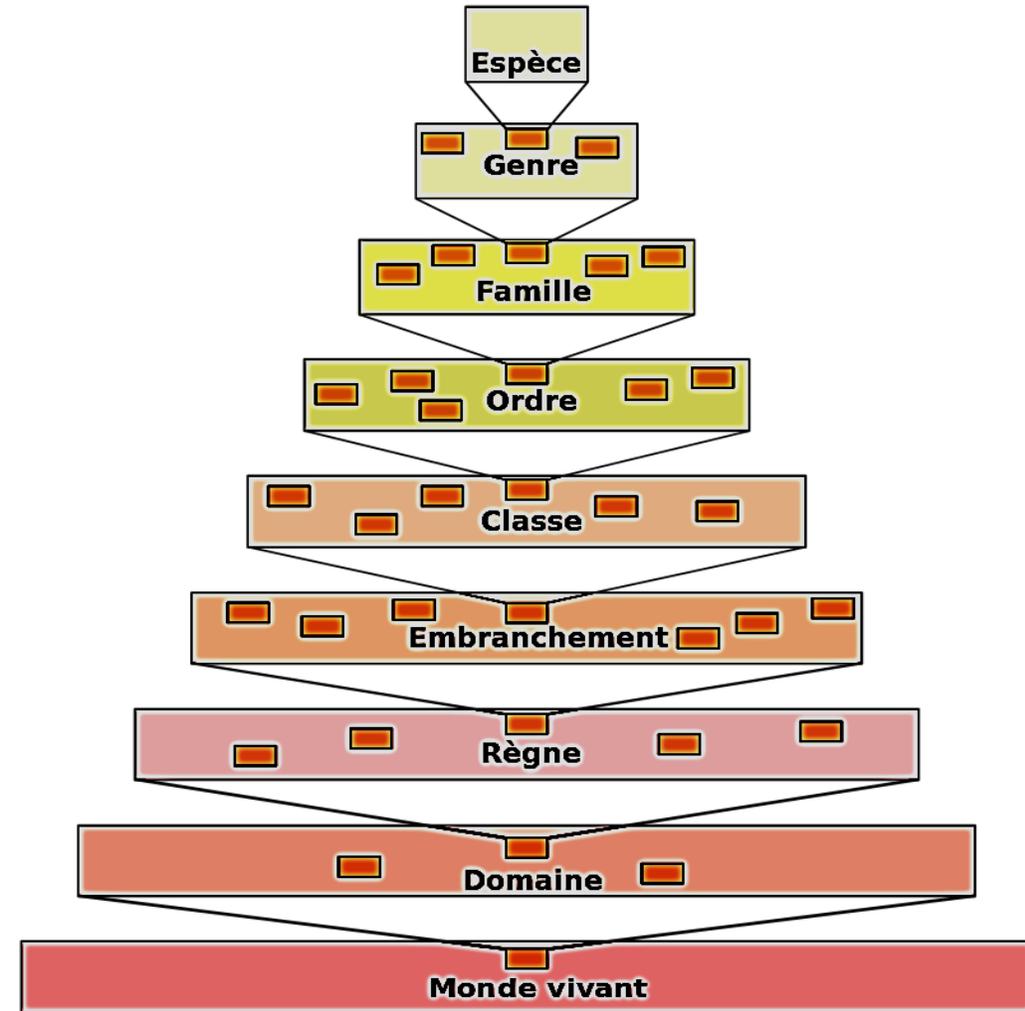


Concept de l'espèce

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

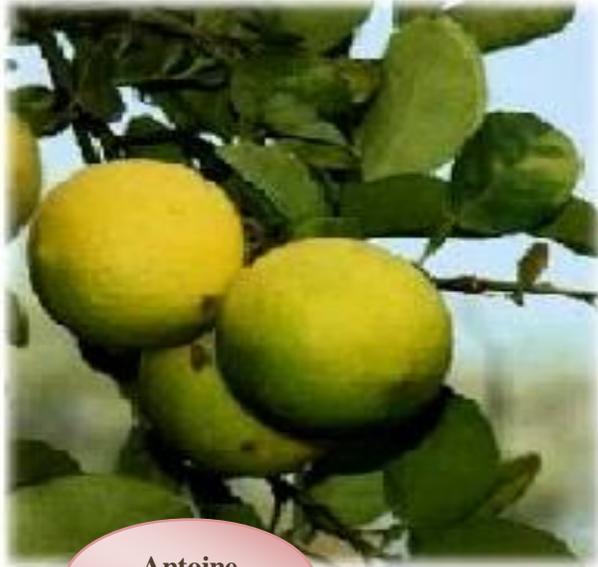
La moléculaire

La génique

La chromosomique

Facteurs agissant sur la variabilité génétique

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



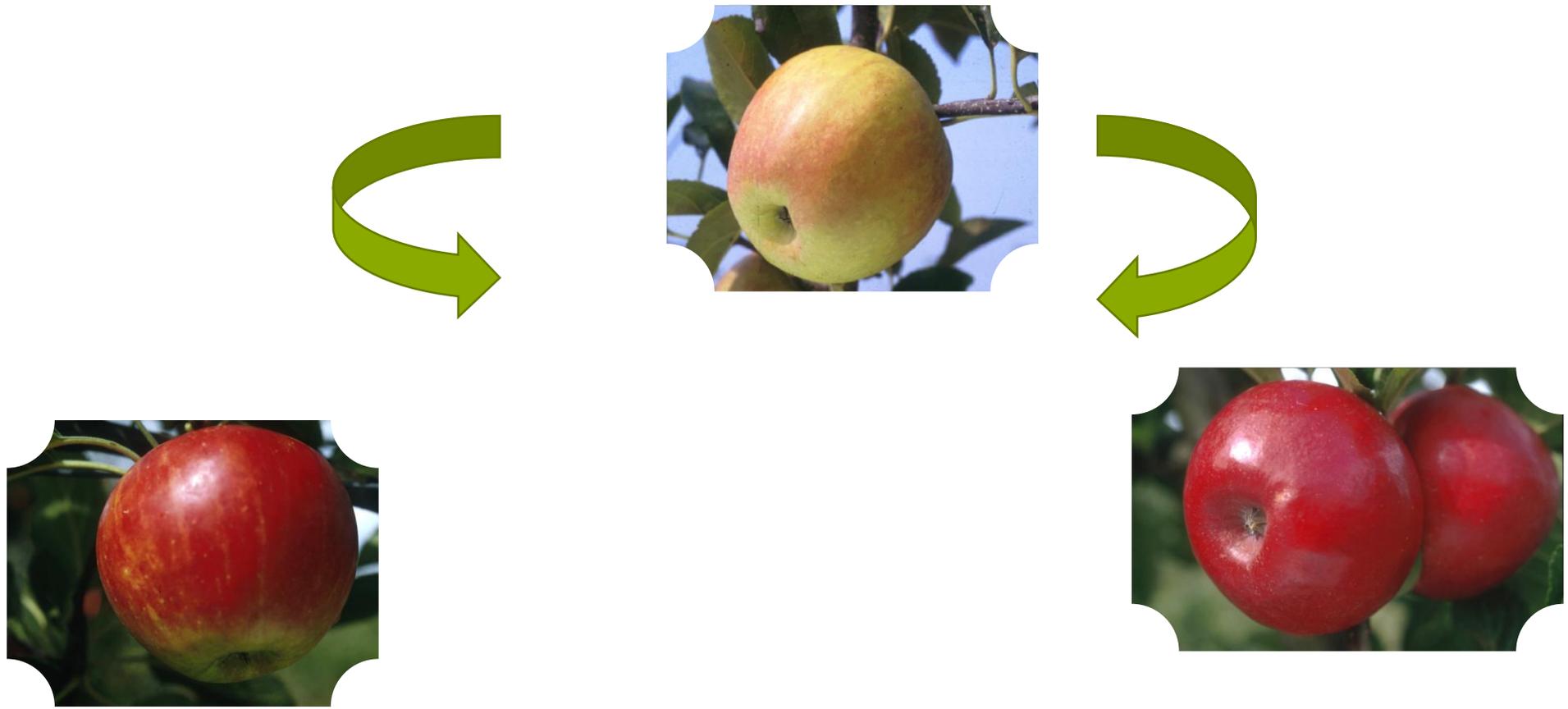
Antoine
ducher



Lime



Lime quat

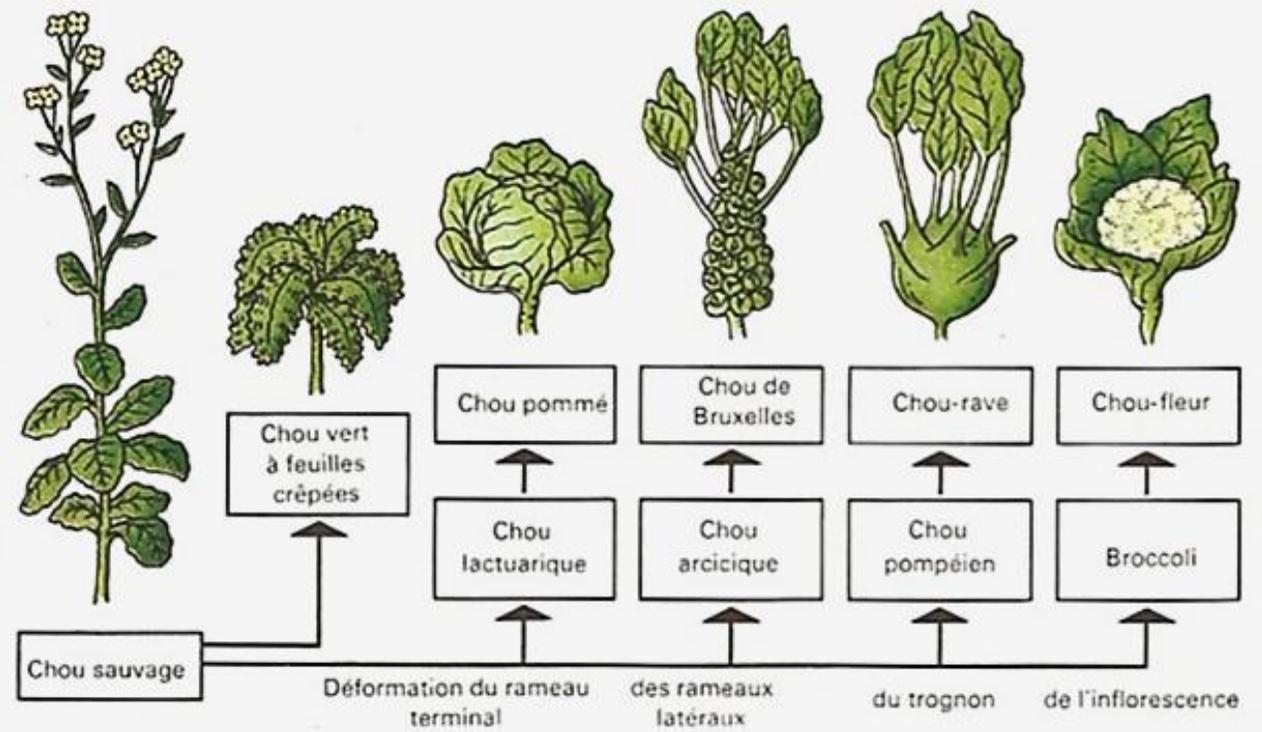


Mutants spontanés de la variété de pomme 'Elstar

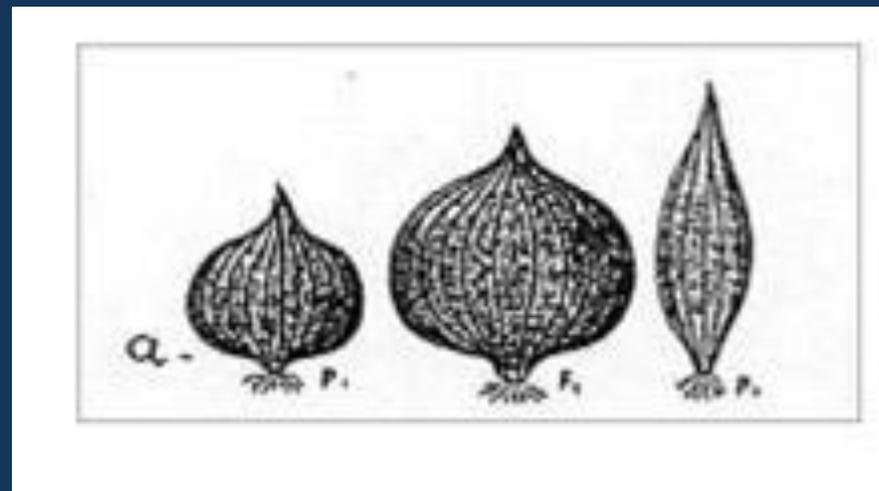
**Variabilité
génétique**

**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.**

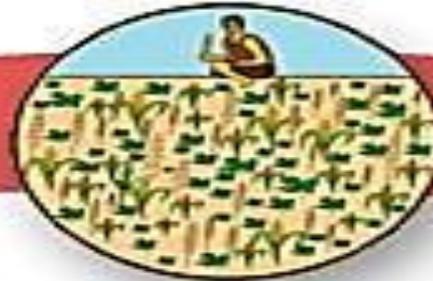
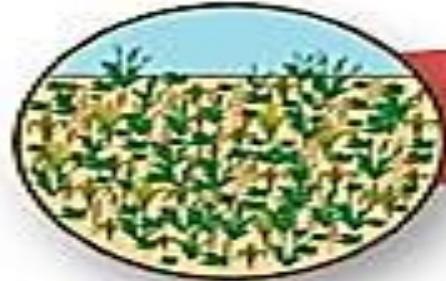
EXEMPLE

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 CO₂ 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

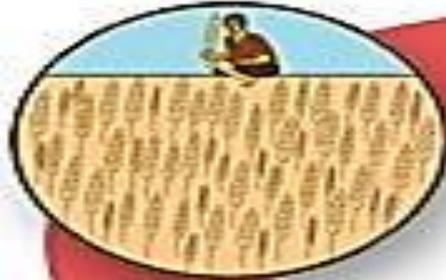


**DOMESTICATION
DES ESPÈCES**

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



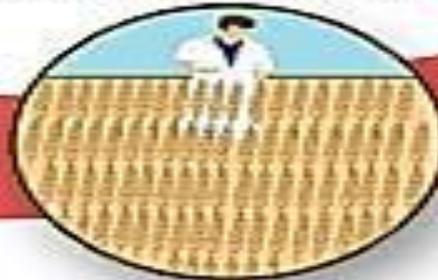
**AMÉLIORATION
DE POPULATIONS**



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



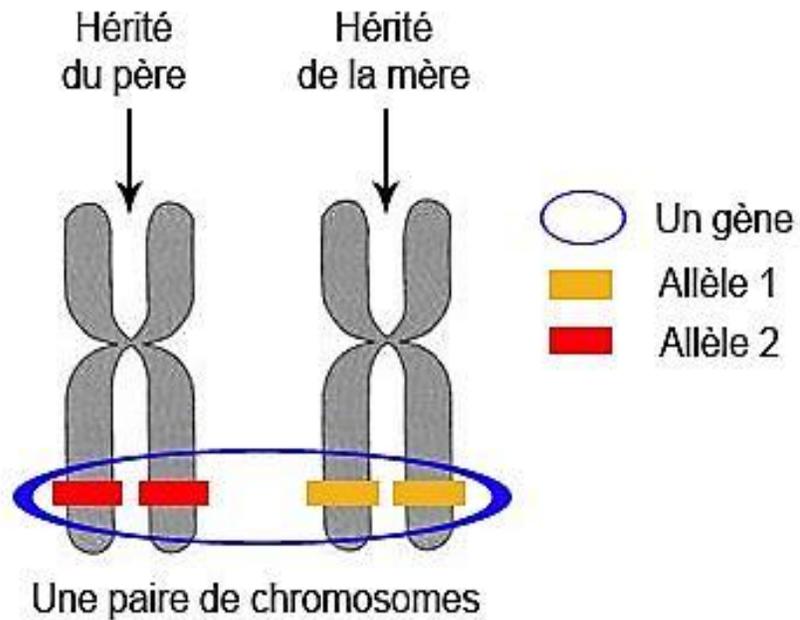
Maize

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 (F₁ homogène)

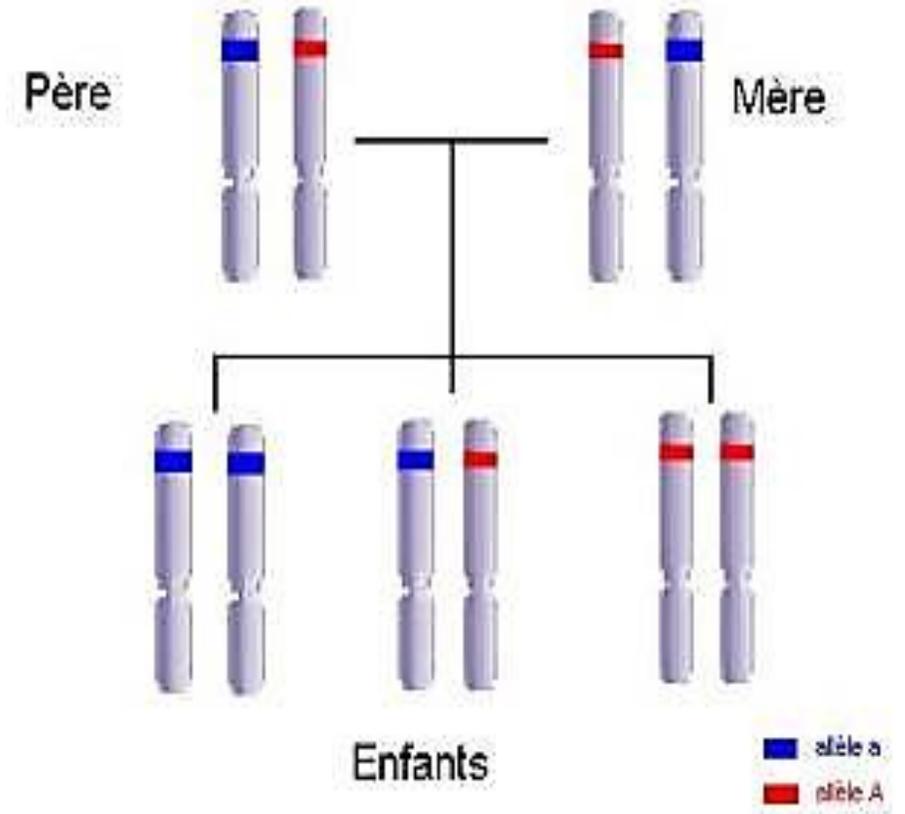
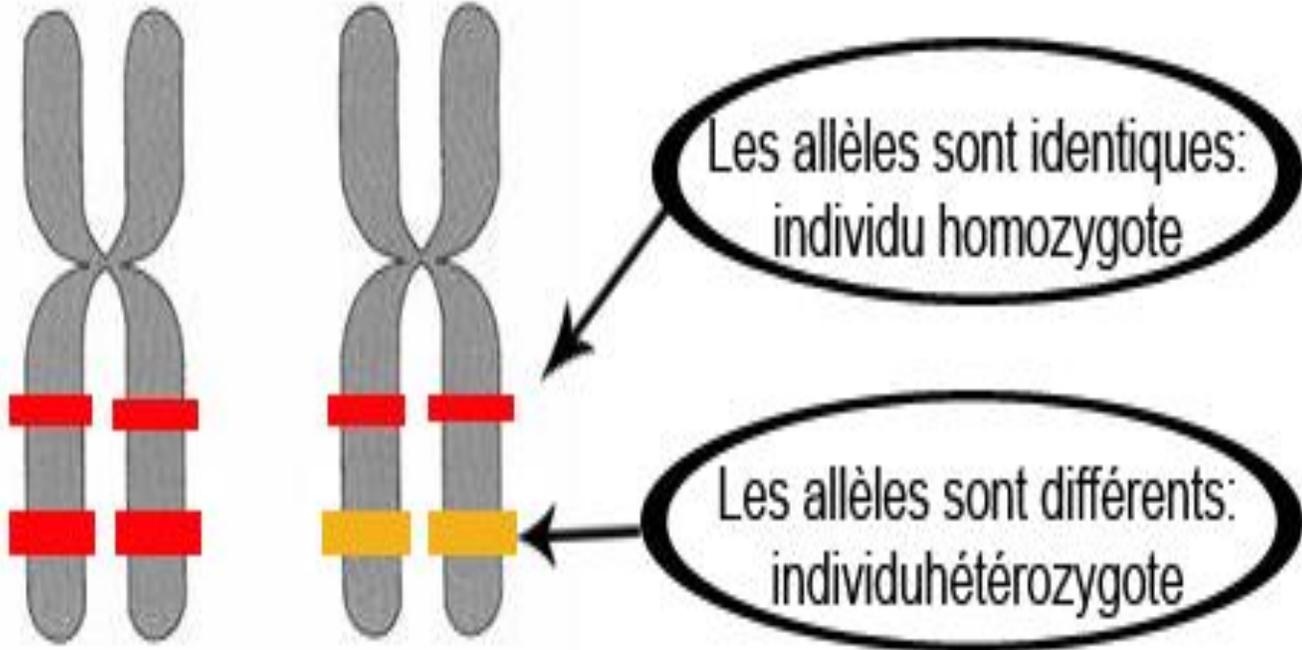
La loi 2:

Aa x Aa

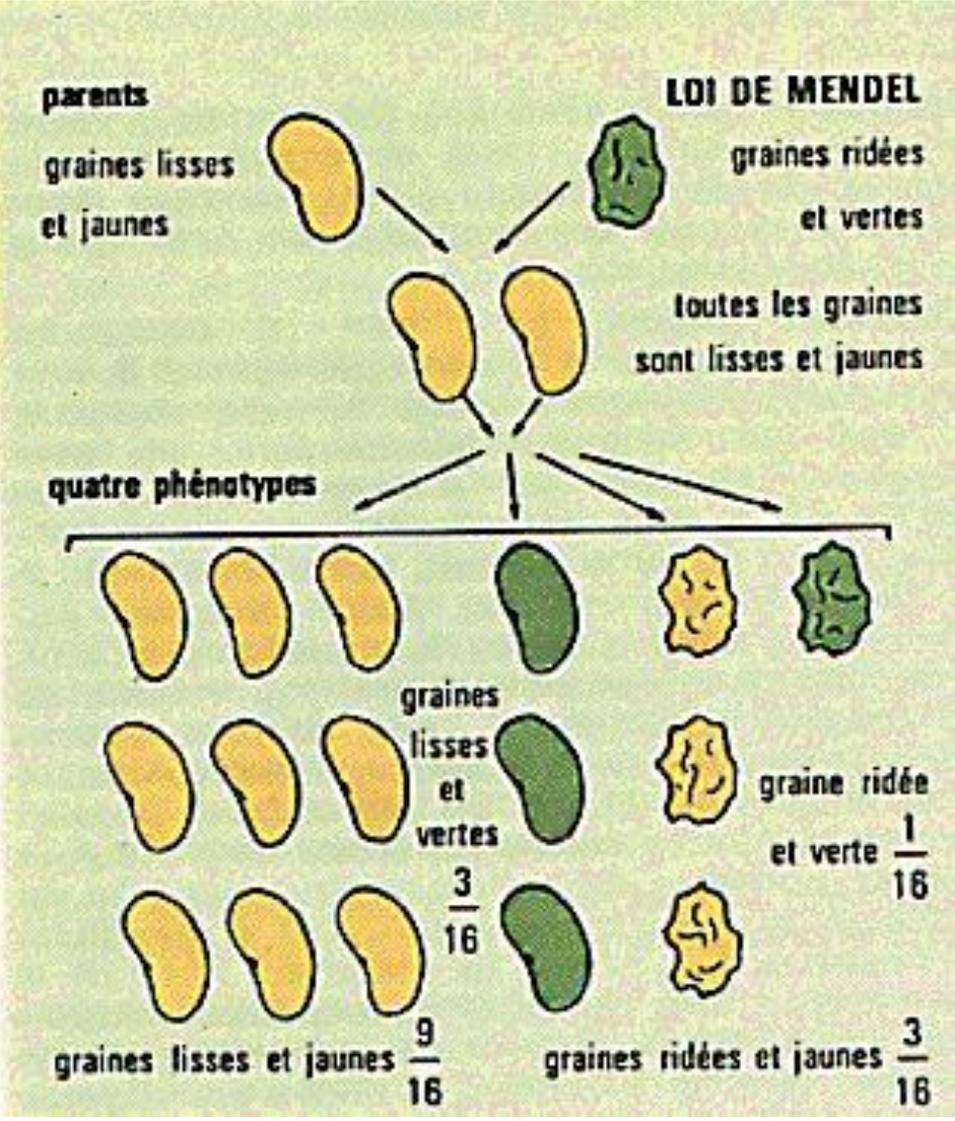
AA - ↓ 2Aa - aa (F₂)

(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 :

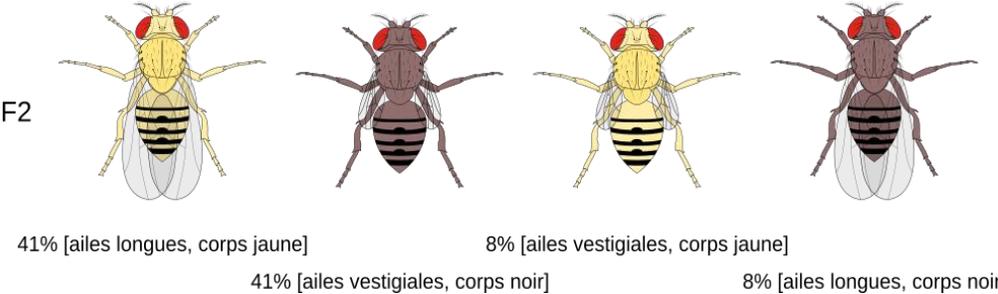
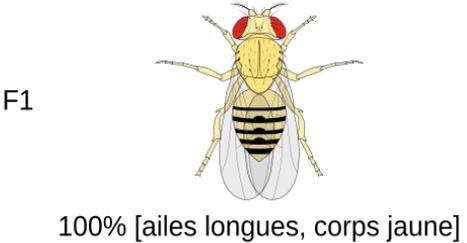
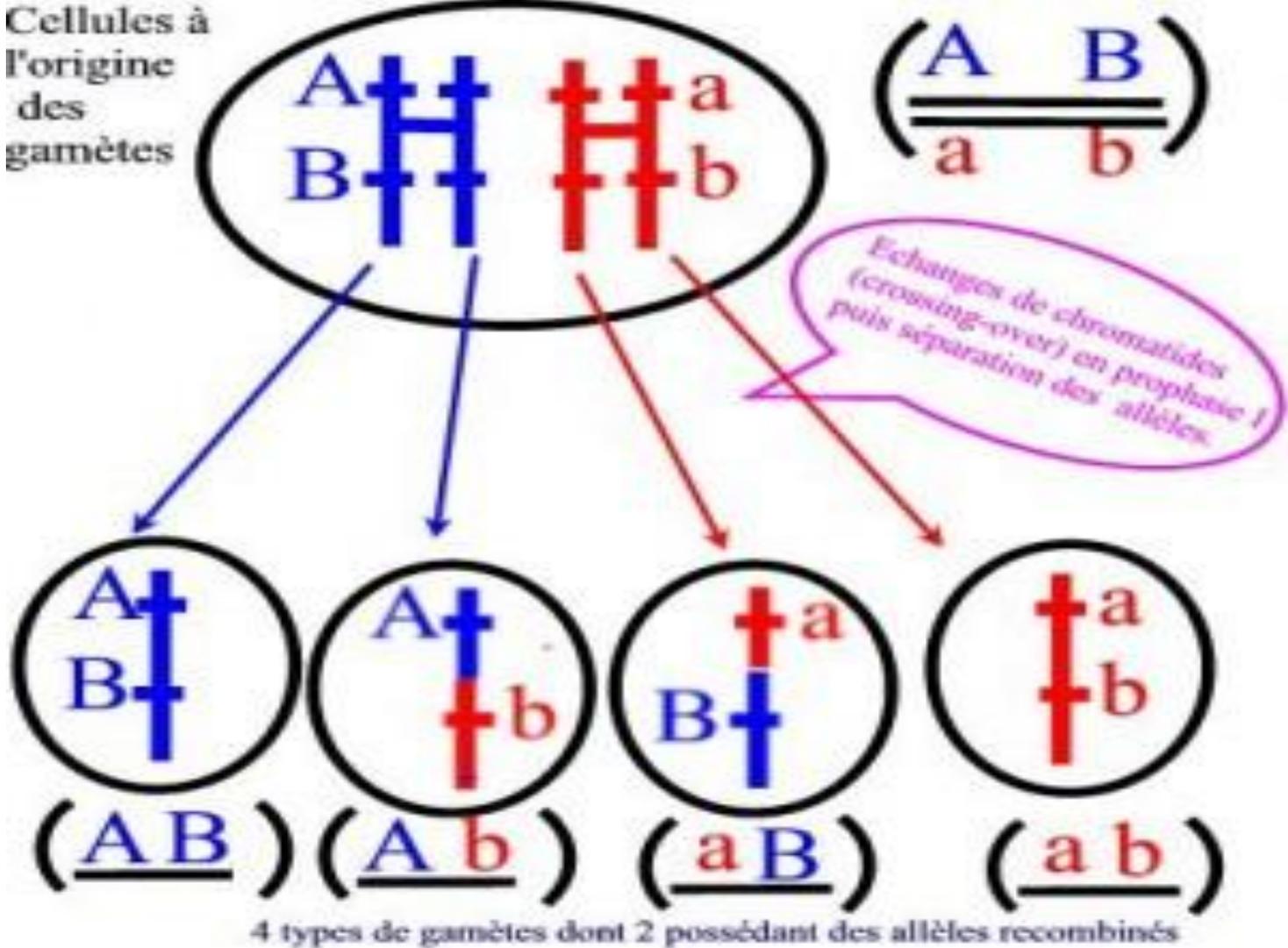
I^a ⇒ la synthèse de l'antigène A à la surface des globules rouges

I^b ⇒ 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

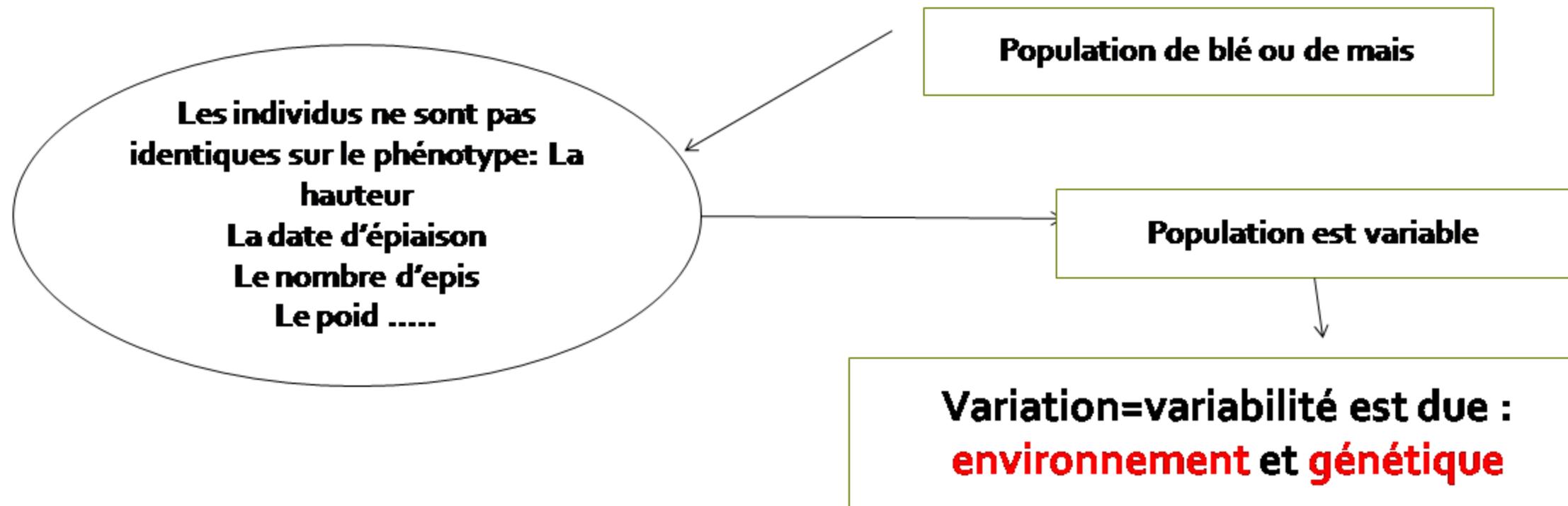


Identification de trois gènes liés à l'apparition des migraines

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-aaau 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:

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

Si $H = 100\%$ _____ $SD = 20\text{cm}$

Si $H = 50\%$ _____ $SD = 10\text{cm}$

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

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**.

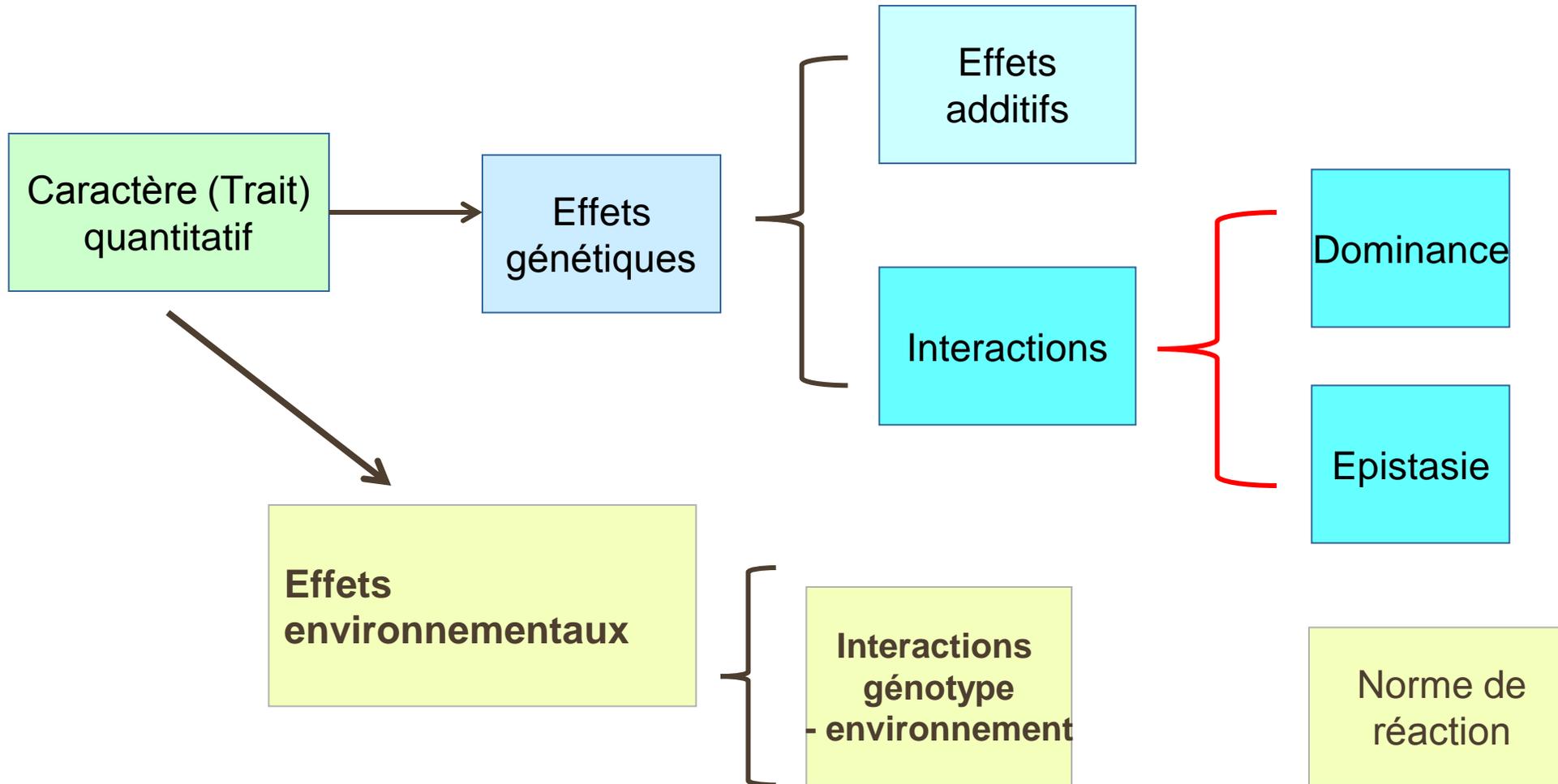
$$- H^2 = \frac{\sigma_G}{\sigma_P}$$

$$H^2 = 1$$

$$H^2 = 0$$

$$H^2 = 1/2$$

Interactions génétiques



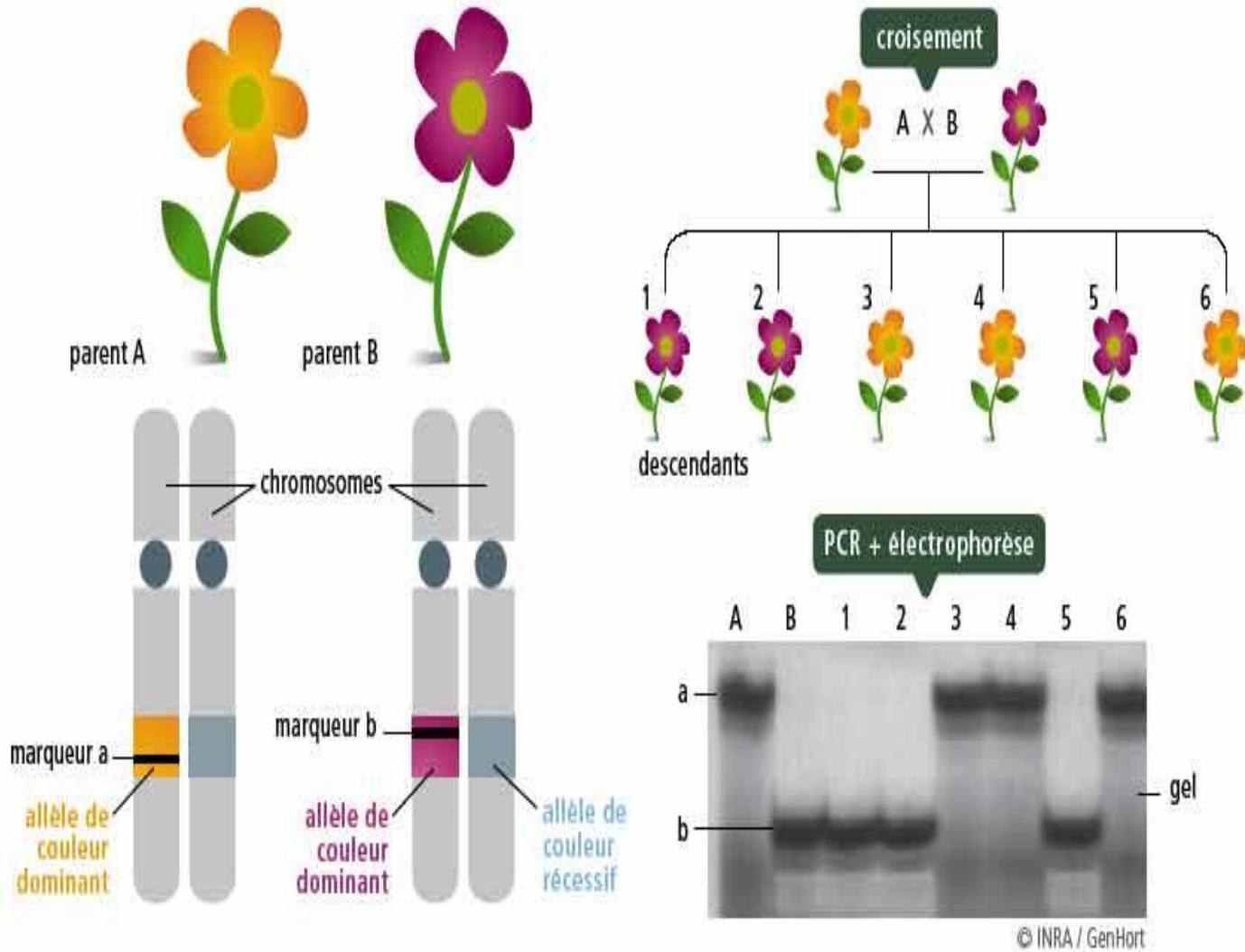
Remarques importantes sur la notion d'héritabilité

- ❑ 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** Bulk sensible **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

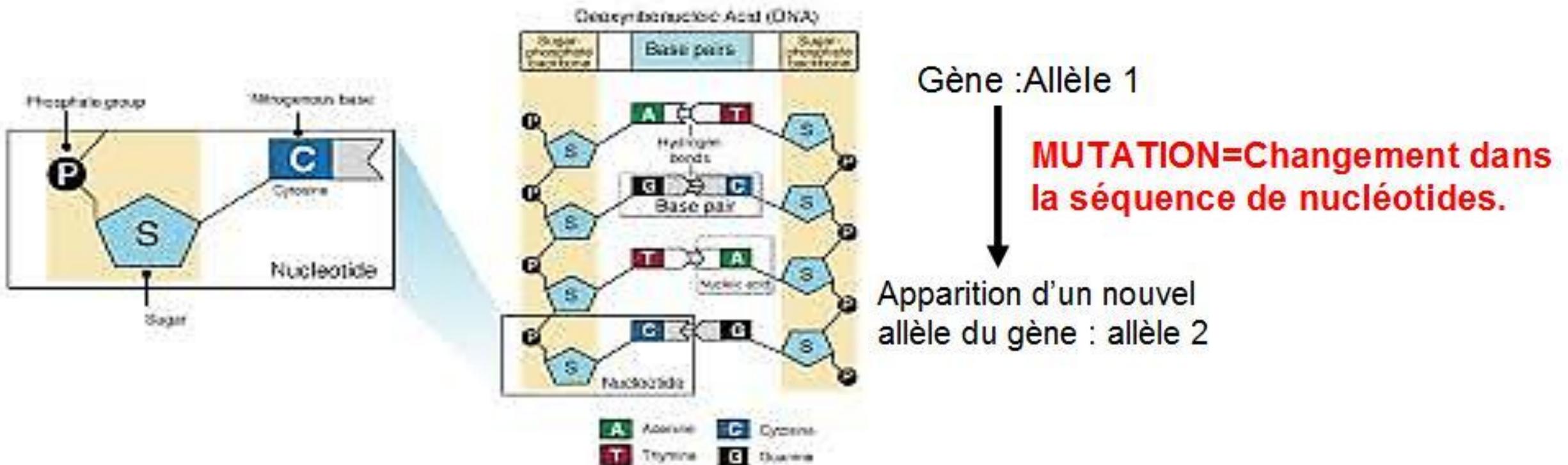
50

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.



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.

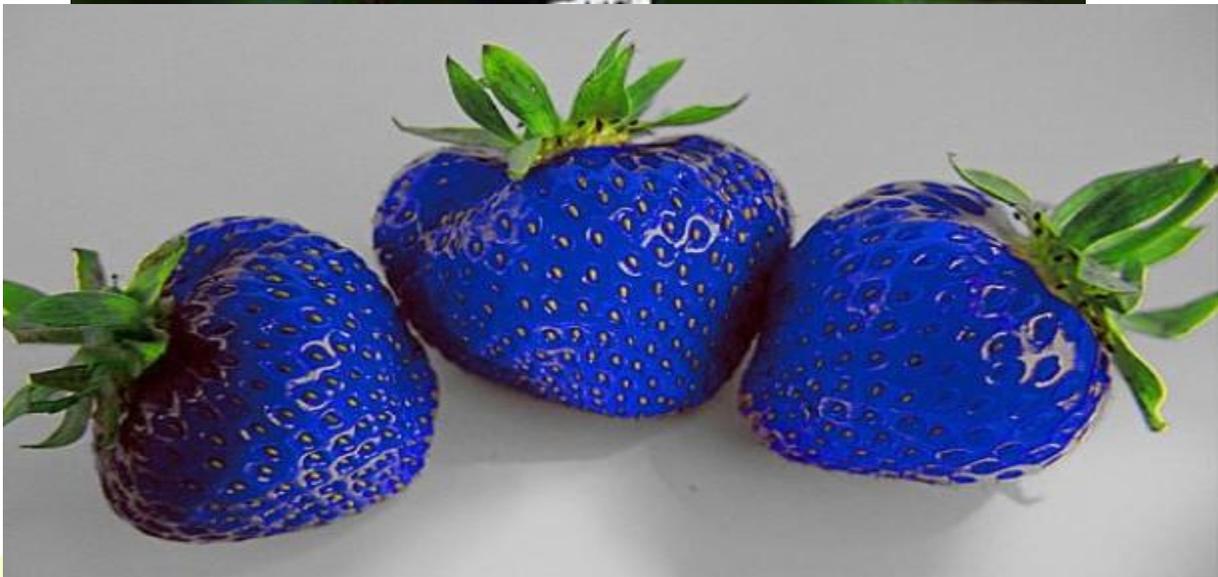
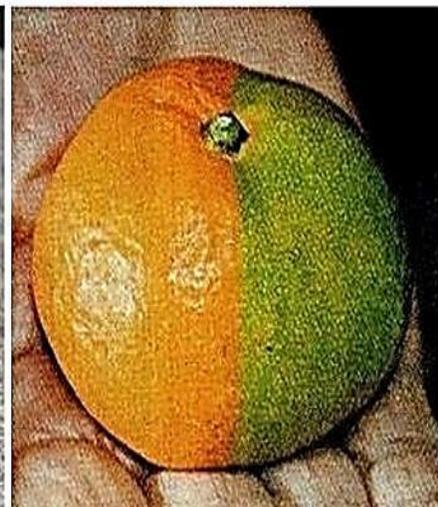
2 les mutations géniques

- **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 :

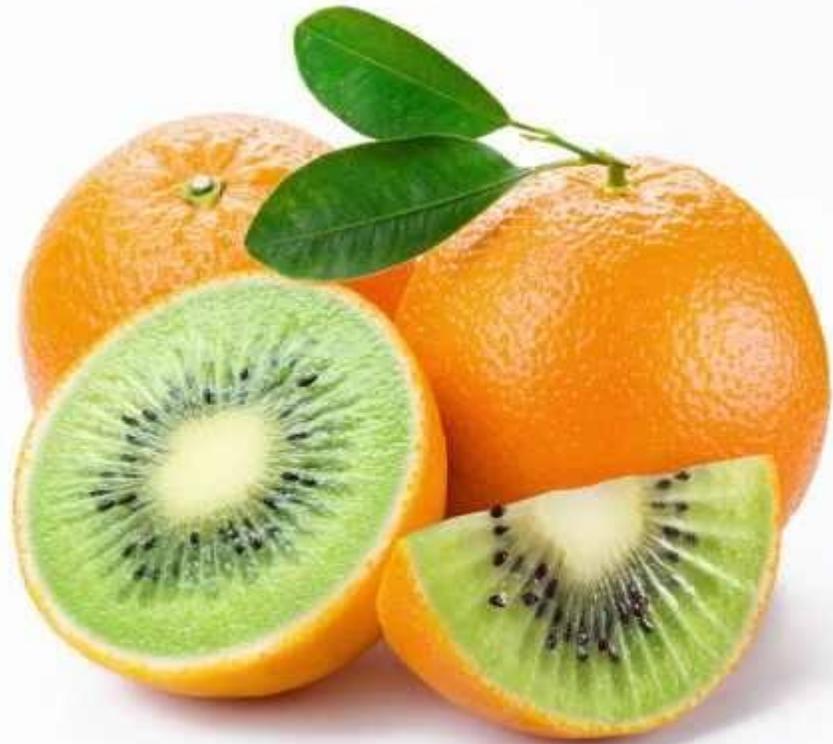
2-1 Mutation par substitution : Changement d'un nucléotide (d'une base) par un autre nucléotide.
Ex : groupes sanguins B, thalassémie 1.

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



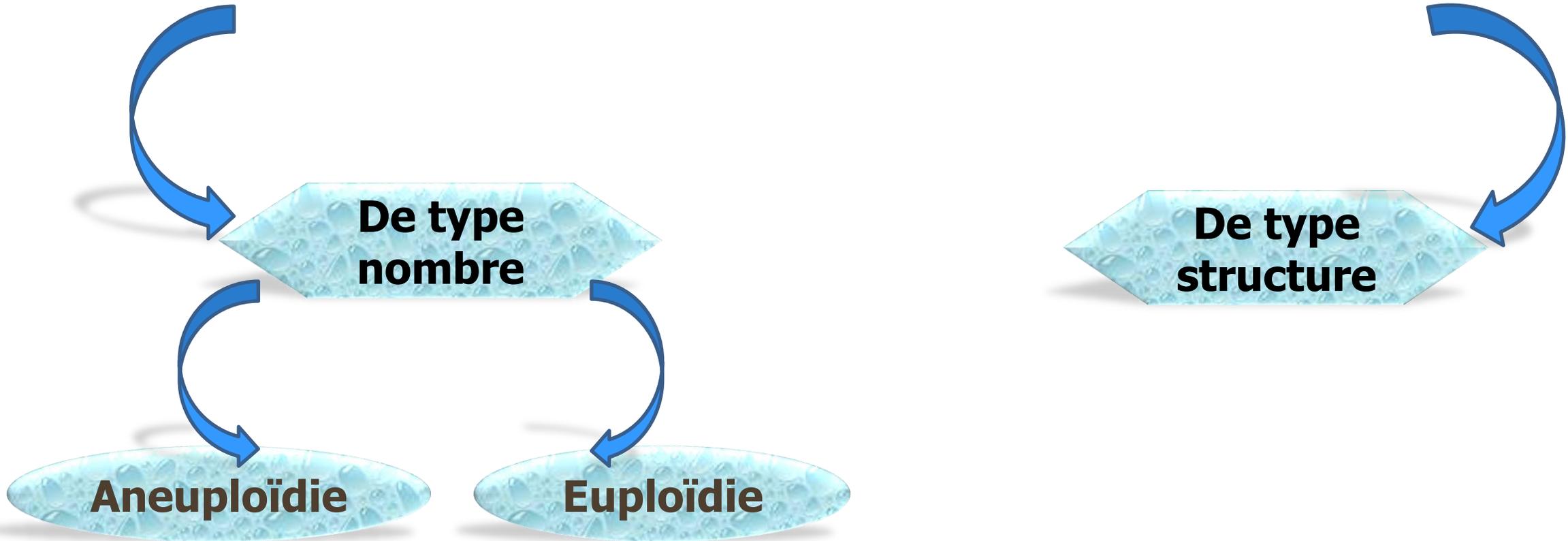
Fleurs doubles ou semi-doubles

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).



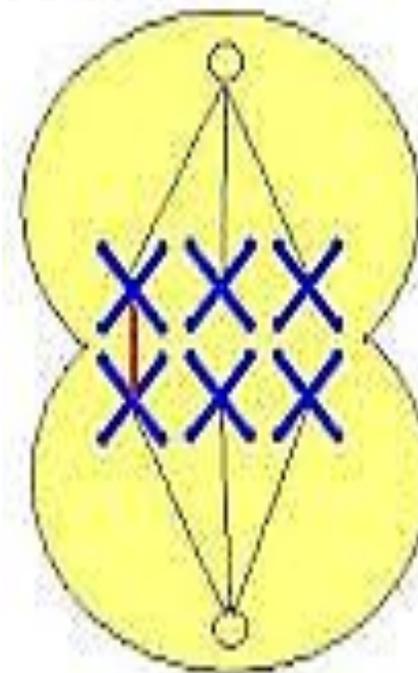
2-3 variations chromosomiques



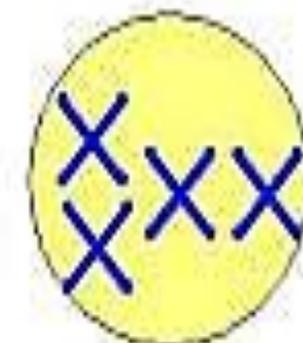
Aneuploïdie

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

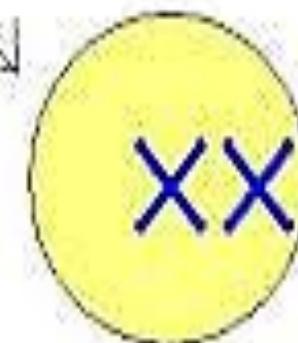
Meiose



non-disjunction



Trisomie



Monosomie
(letal)



La Trisomie 13 et 21

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

Haploïde
 $x=5$

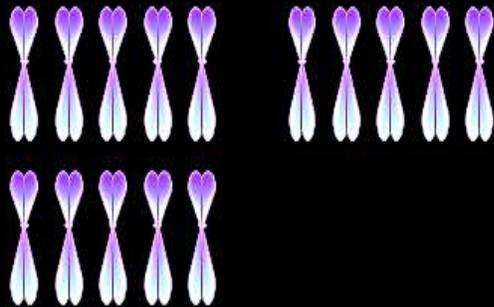


Le nombre de chromosomes de l'organisme est un multiple (>2) du nombre chromosomique de base

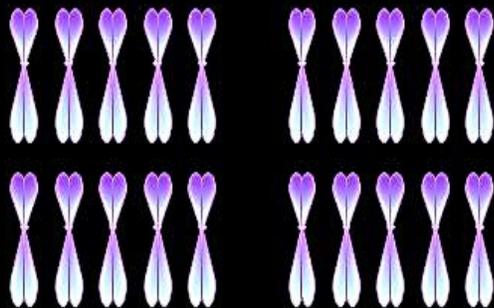
Diploïde
 $2x=10$



Triploïde
 $3x=15$

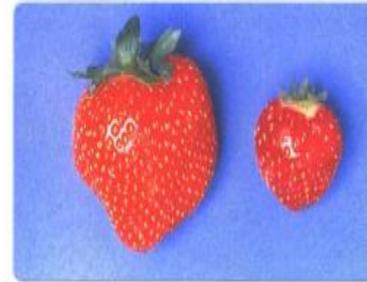


Tétraploïde
 $4x=20$



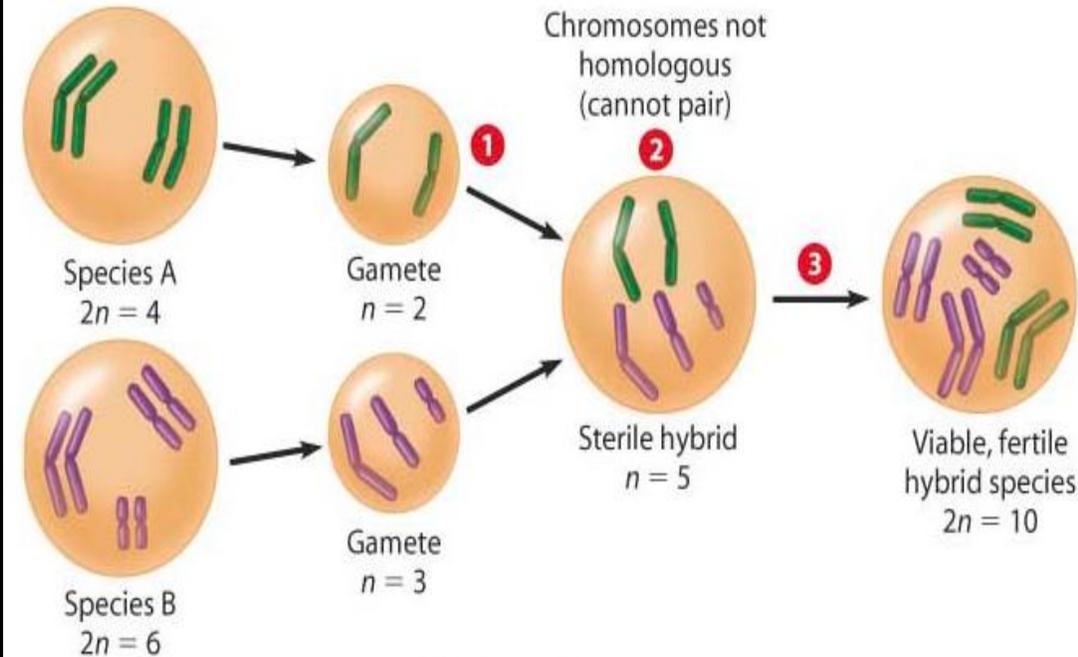
Pentaploïde (5x)
Hexaploïde (6x)
Heptaploïde (7x)
Octaploïde (8x) ...

Document A - La polyploidie 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).

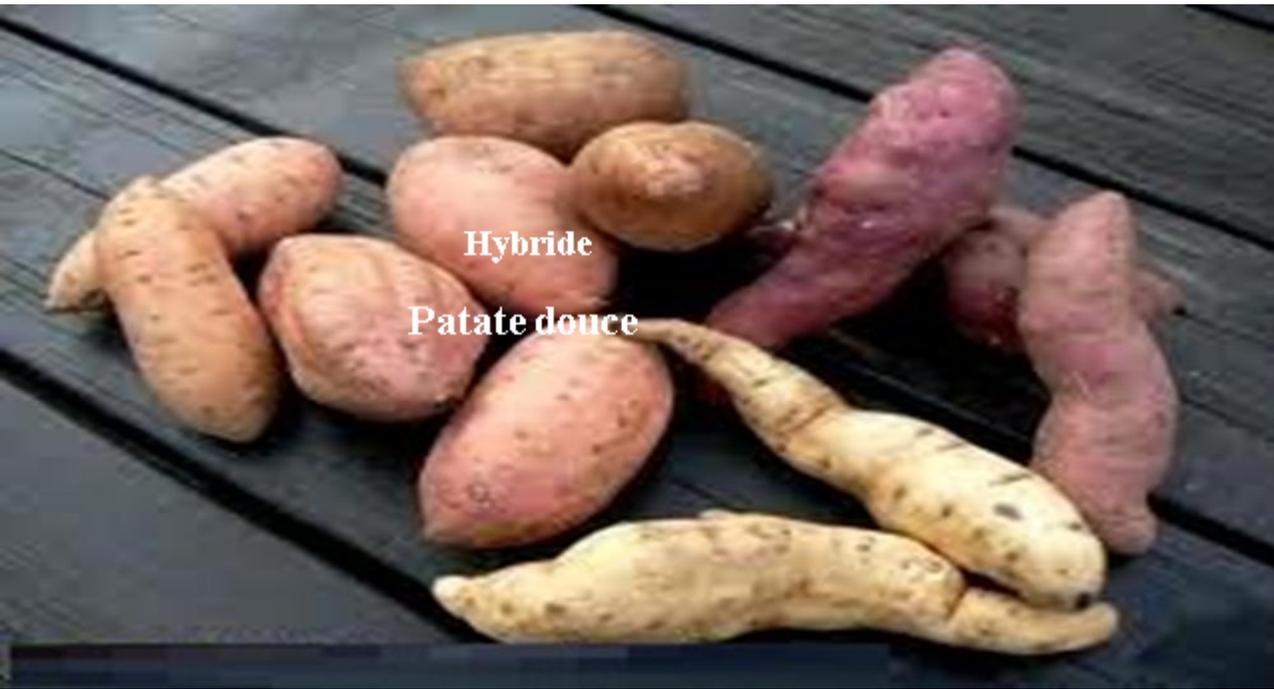


Figure 2: Autohexaploïdie de la patate douce

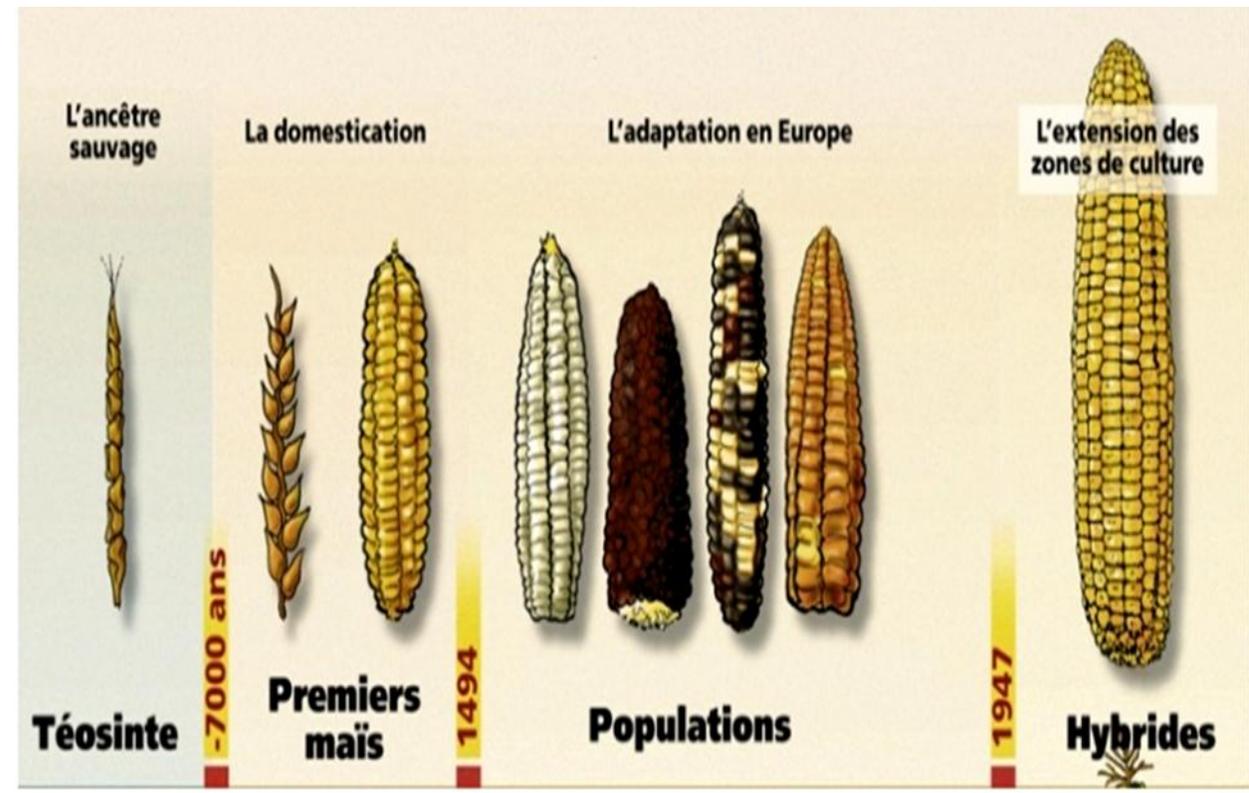
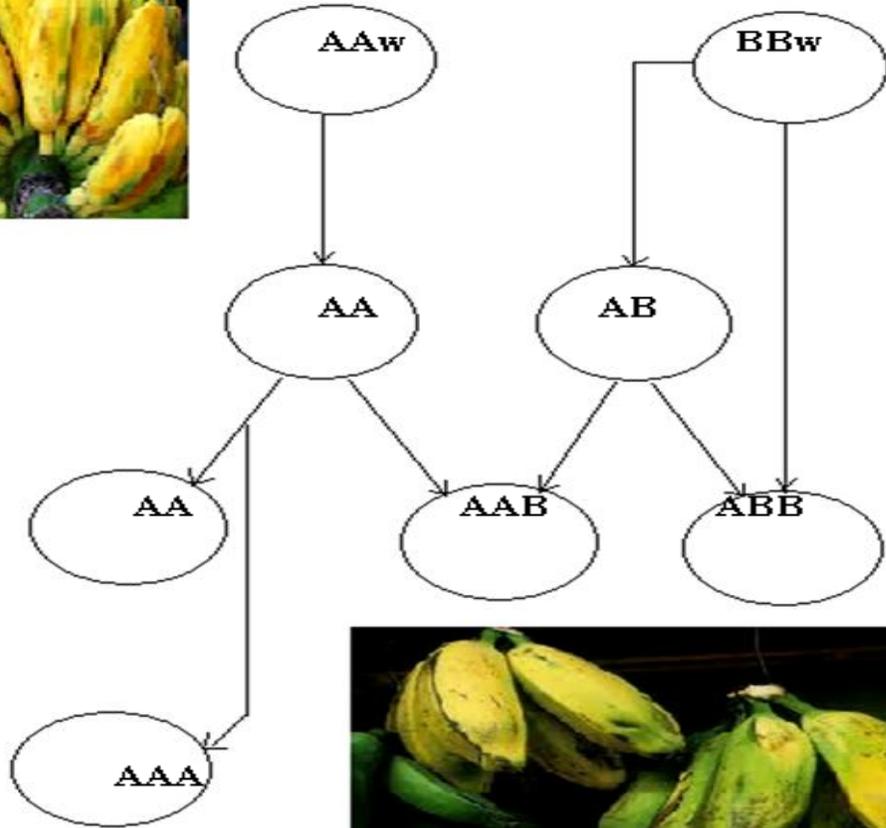


Figure 3: L'évolution de l'Autotétraployploidie chez le maïs.

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 : $3n = 33$

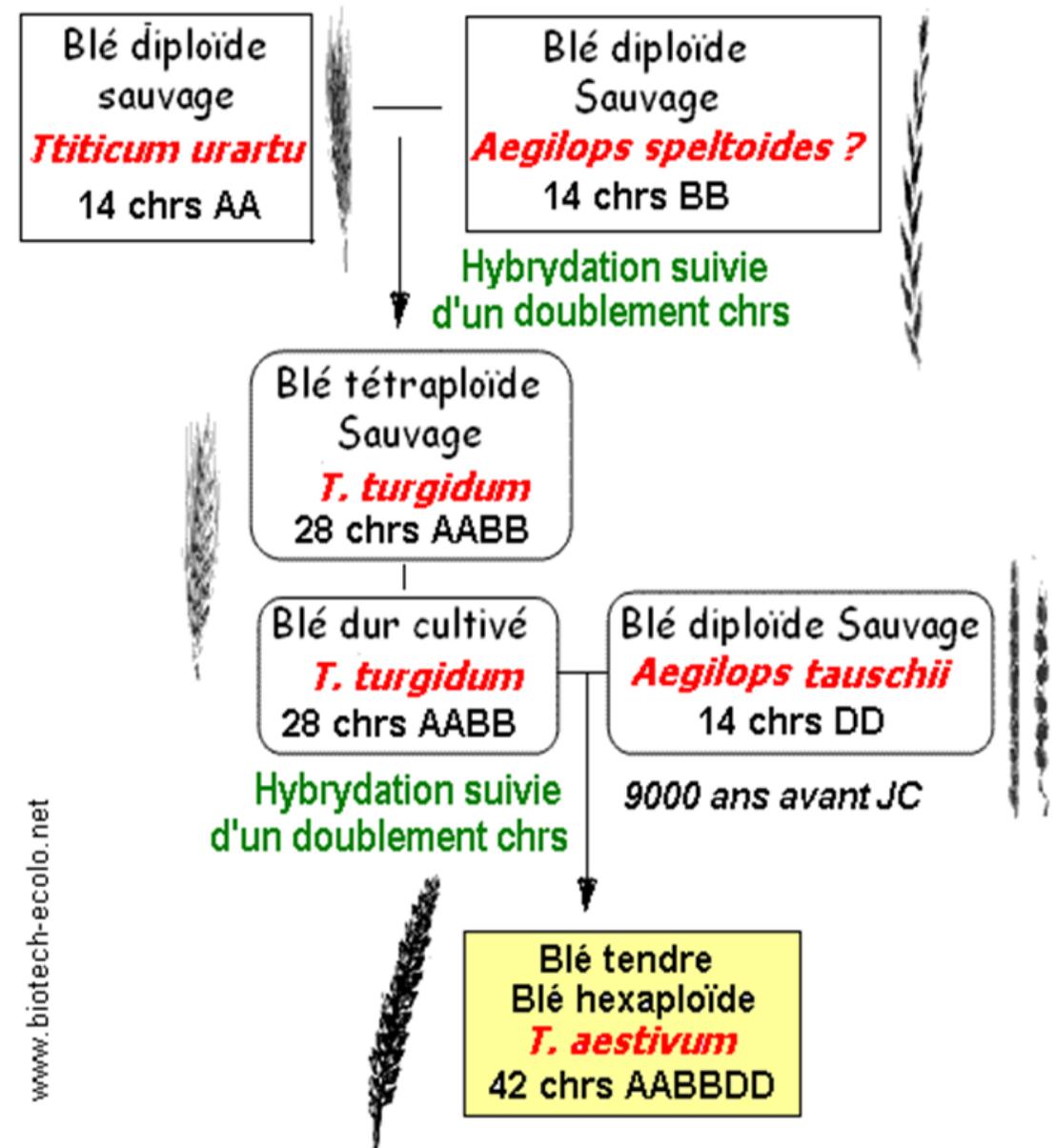
= polyplôidie (*triploïdie*)

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

=> Anomalie lors de la méiose

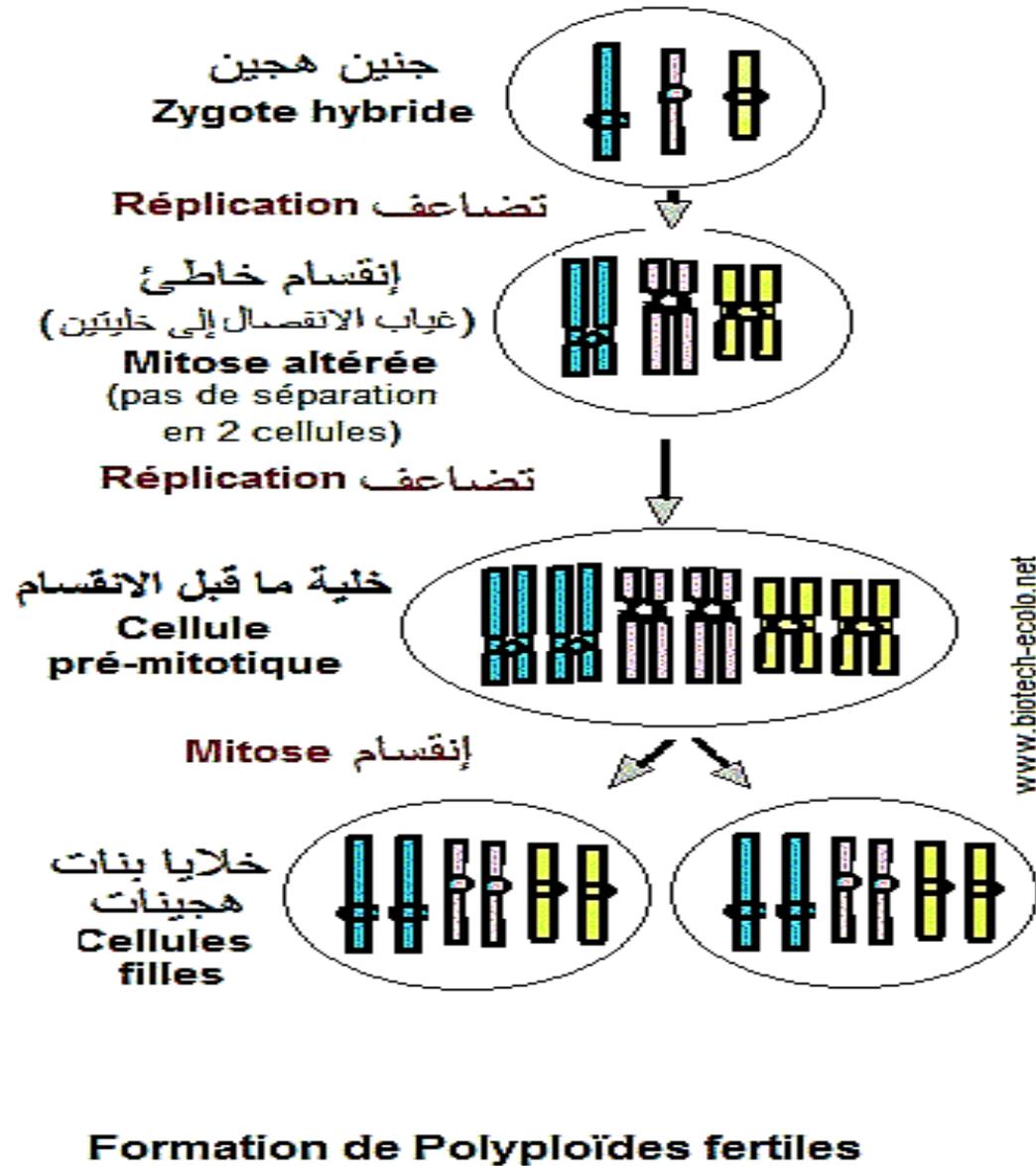
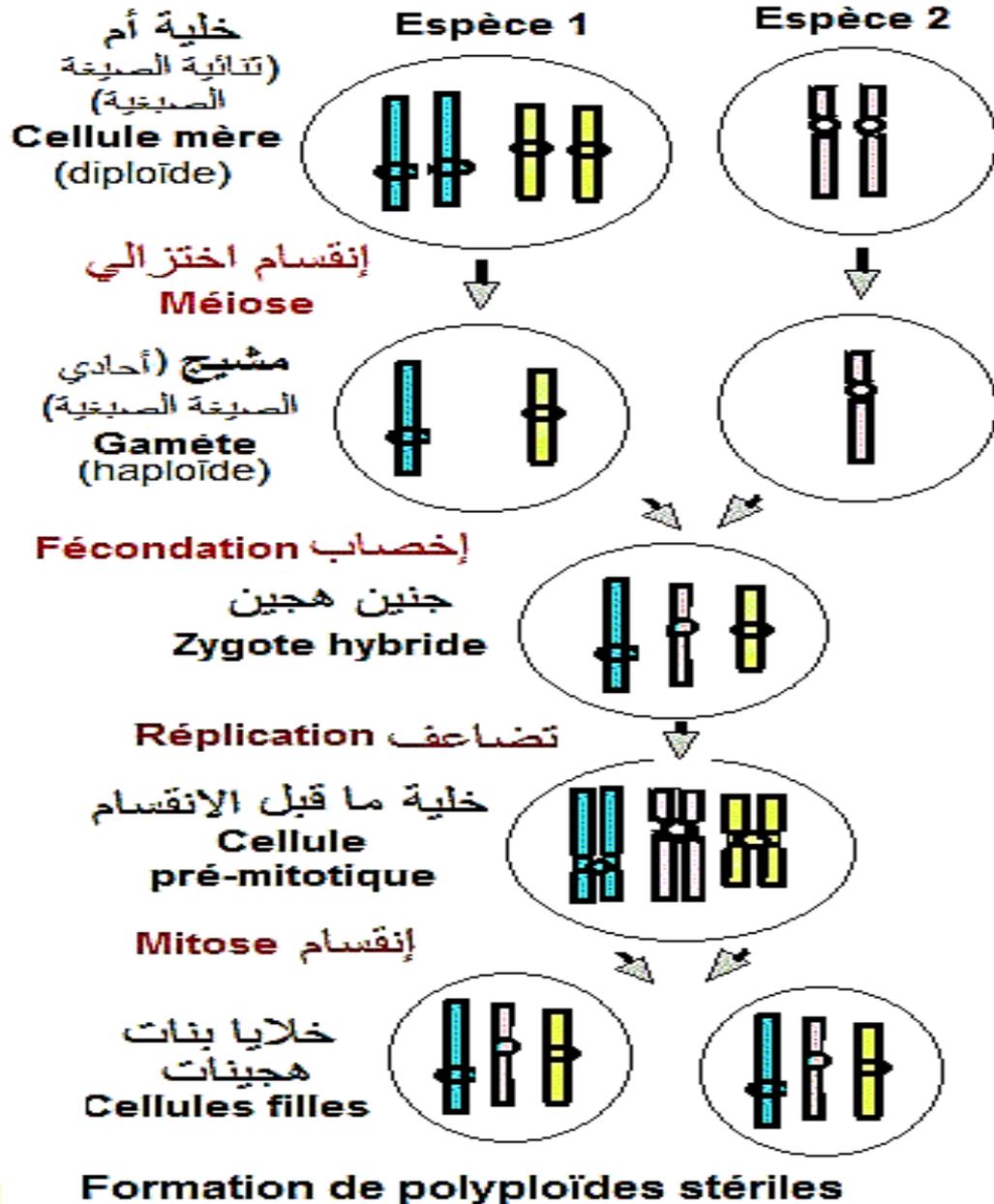
B/ L'hallopolyploïde:

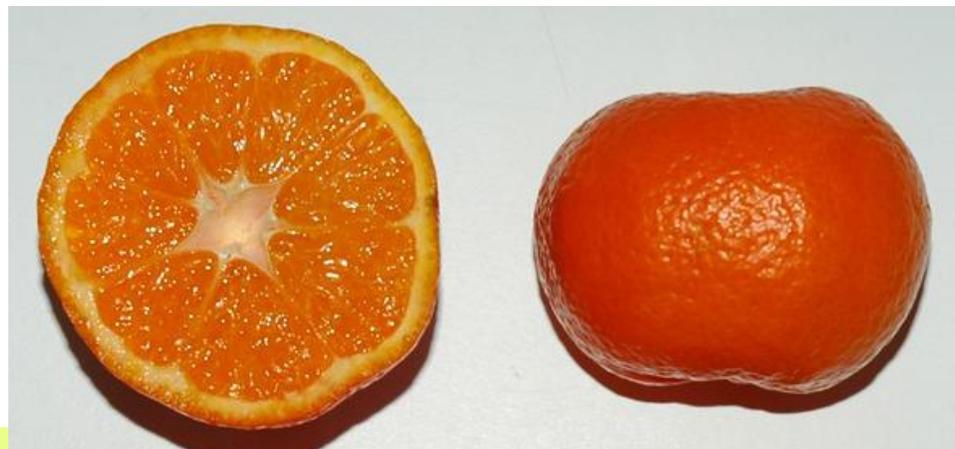
C'est le doublement des deux stocks chromosomiques différents, juxtaposés dans le noyau d'une seule cellule à l'issue d'un croisement interspécifique de deux espèces proches, appelée aussi amphiploïdie. Une variante courante est l'allotétraploïdie, le cas de l'arachide (*Arachis hypogaea* L.) ($2n = 4x = 40$) 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



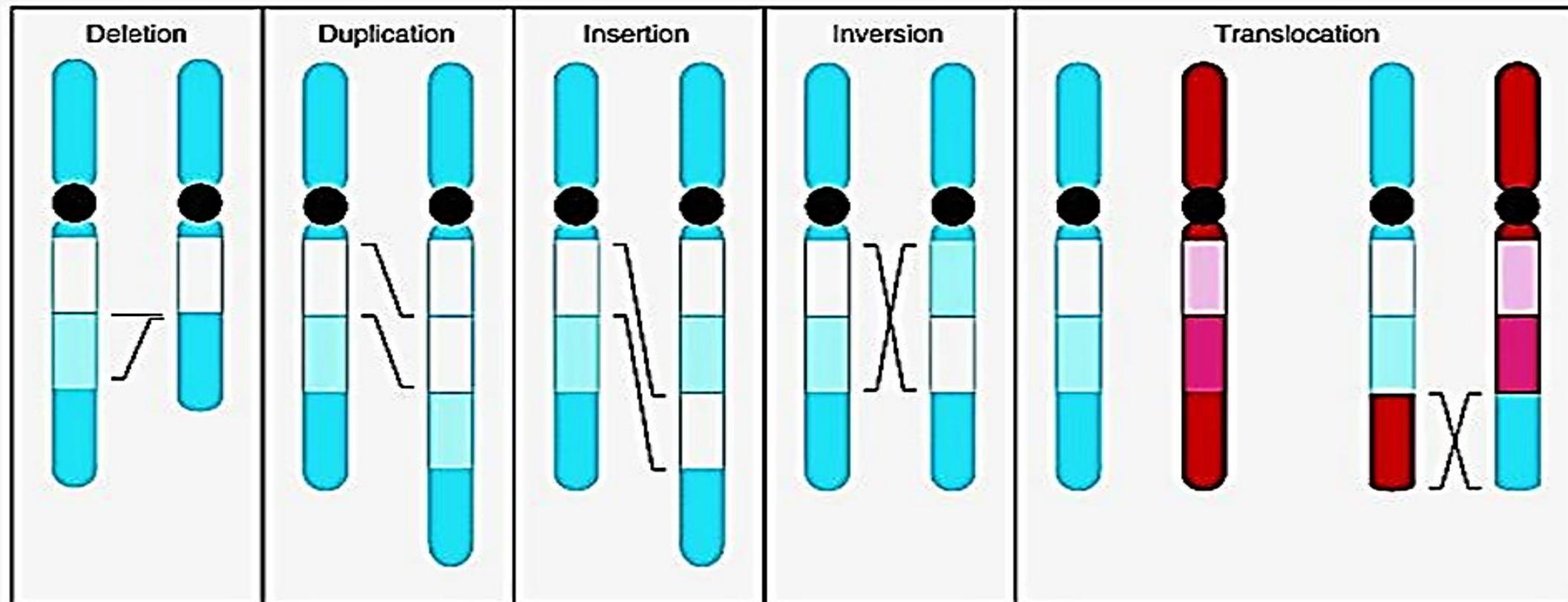


De type structure

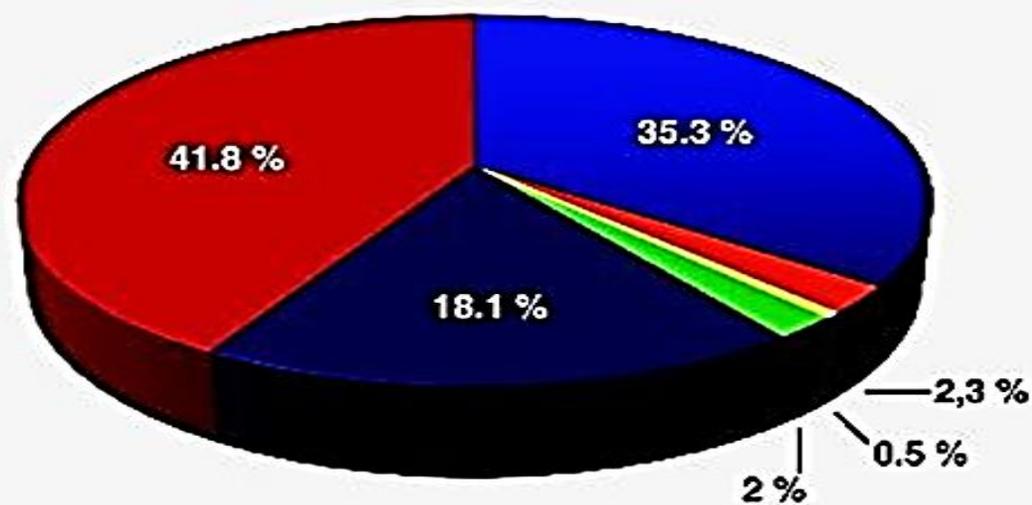
Les anomalies de Structure

- 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

